Grundriss der Hygiene für Studierende und praktische Ärzte, Medizinal- und Verhaltungsbeamte / von Carl Flügge.

Contributors

Flügge, Carl, 1847-1923.

Publication/Creation

Leipzig : Veit, 1915.

Persistent URL

https://wellcomecollection.org/works/ge4yy2wh

License and attribution

The copyright of this item has not been evaluated. Please refer to the original publisher/creator of this item for more information. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use.
See rightsstatements.org for more information.

wellcome collection

Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
https://wellcomecollection.org

Carl Flügge

Grundriss der Hygiene

Achte Auflage

Verlag von Veit & Comp.
in Leipzig

22101759174

Med
K21876

Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b29810231

GRUNDRISS

DER

HYGIENE

FÜR STUDIERENDE UND PRAKTISCHE ÄRZTE,
MEDIZINAL- UND VERWALTUNGSBEAMTE

VON

DR. MED. CARL FLÜGGE,
O. Ö. PROFESSOR UND DIREKTOR DES HYGIENISCHEN INSTITUTS
DER UNIVERSITÄT BERLIN.

ACHTE, UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

MIT 223 FIGUREN IM TEXT.

LEIPZIG
VERLAG VON VEIT & COMP.
1915

14557464

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY

Coll.	welMOmec
Call No.	WA

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort zur achten Auflage.

Daß bereits nach $2^1/_2$ Jahren der 7. Auflage eine neue folgen muß, ist mir ein Beweis dafür, daß ein erheblicher Teil der Ärzte und Studierenden auf die kritische und zu eigenem hygienischen Denken anregende Art der Darstellung Wert legt, die ich von vornherein als das Unterscheidende dieses Buches gegenüber anderen kürzeren Lehrbüchern der Hygiene bezeichnet habe.

Eine Umarbeitung verschiedener Kapitel war auch diesmal unerläßlich. Meine Kollegen Kruse, Hahn, Reichenbach, Römer und Heymann haben mich dabei in liebenswürdigster Weise unterstützt. Ihnen allen möchte ich auch an dieser Stelle meinen herzlichen Dank aussprechen.

Hauptsächlich sind Abschnitte der sozialen und praktischen Hygiene einer Neubearbeitung unterzogen. Auch auf diesen Gebieten muß allmählich das bisher vielfach geübte gedankenlose Nachsprechen einer mehr kritischen Erörterung Platz machen. Wird doch selbst die Begründung der Wohnungsreform; oder die Deutung des Rückgangs der Tuberkulose; oder die Erklärung für die günstige Wirkung des vermehrten Aufenthalts und der Leibesübungen im Freien und vieles andere mehr, in populären und wissenschaftlichen Schriften bisher vielfach in einer Weise erledigt, die unserem Bedürfnis nach gesicherter Erkenntnis auf diesen wichtigen Gebieten keineswegs genügen kann.

Die erhebende, wenngleich schwere und ernste Zeit, in der wir leben, erteilt auch dem Hygieniker eine gewichtige Mahnung. Nicht zum wenigsten hat er zu sorgen, daß in Deutschland ein tüchtiges Geschlecht heranwächst, das befähigt ist, die führende Stellung zu behaupten, die wir im jetzigen Kriege uns erkämpfen werden. Nach

dem 66er und 70er Kriege wurde der Schullehrer als derjenige bezeichnet, der durch die Ausbildung von Geist und Charakter unserer Jugend die Siege vorbereiten half. Aber seither haben wir auf diese Ausbildung fast zu viel Mühe und Zeit verwendet, und der Körper droht daneben zu kurz zu kommen. Der Hygieniker ist an erster Stelle berufen, demgegenüber für die großen praktischen Aufgaben der Hygiene einzutreten. Er hat die Bestrebungen für die körperliche Tüchtigkeit unseres Volkes, insbesondere unserer heranwachsenden Jugend, in richtige Bahnen zu leiten und ihnen eine solche Unterlage von zuverlässiger wissenschaftlicher Begründung zu geben, daß wir vor Fehlern und schädlichen Übertreibungen sicher bewahrt bleiben. Auf diese Weise vermag der hygienisch geschulte Arzt nicht nur dem einzelnen, sondern dem ganzen Vaterlande wertvollste Dienste zu leisten. Kann es eine schönere Aufgabe geben?

Berlin, im Dezember 1914.

C. Flügge.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Erstes Kapitel.

Die klimatischen Einflüsse 23
A. Der Luftdruck 24
Örtliche und zeitliche Verteilung des Luftdrucks 25
Hygienische Bedeutung der Luftdruckschwankungen 26
B. Die Luftbewegung 28
Verteilung der Luftbewegung auf der Erdoberfläche 29
Hygienische Bedeutung der Luftbewegung 31
C. Die Luftfeuchtigkeit 33
Verteilung der Luftfeuchtigkeit auf der Erdoberfläche 35
Hygienische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit 37
D. Die Wärme 41
Örtliche und zeitliche Schwankungen der Temperatur 42
Hygienischer Einfluß der beobachteten Temperaturgrade und Temperaturschwankungen 45
Die Wärmeregulierung des Körpers 45
a) Die Einwirkung hoher Temperaturen 50
b) Die Einwirkung niedriger Temperaturen 52
E. Niederschläge 55
F. Sonnenstrahlung 56
1. Die Wärmestrahlen 56
2. Die Helligkeitsstrahlen 57
3. Die kurzwelligen Strahlen 58
G. Luftelektrizität 59
H. Allgemeiner Charakter von Witterung und Klima 60
1. Die Witterung 60
Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle 61
2. Das Klima 64
a) Die tropische und (subtropische) Zone 65
Krankheiten der Tropenzone 66
b) Die arktische Zone 67
Krankheiten des polaren Klimas 67
c) Die gemäßigte Zone 68
Krankheiten der gemäßigten Zone 69
d) Das Höhenklima 70
Krankheiten des Höhenklimas 71
Akklimatisation 73

Seite

Zweites Kapitel.

Die gas- und staubförmigen Bestandteile der Luft 76
I. Chemisches Verhalten 77
1. Der Sauerstoff 78
2. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd 78
3. Kohlensäure 81
4. Sonstige gasförmige Bestandteile der Luft 82
II. Der Luftstaub 91
1. Grob sichtbarer Staub 92
2. Rauch und Ruß 94
3. Die Sonnenstäubchen 95
4. Die Mikroorganismen 95

Drittes Kapitel.

Der Boden 101
I. Oberflächengestaltung und geognostisches Verhalten 101
II. Die mechanische Struktur der oberen Bodenschichten 102
a) Korngröße, Porenvolum, Porengröße 103
b) Flächenwirkungen des Bodens 105
III. Temperatur des Bodens 108
IV. Chemisches Verhalten des Bodens 110
V. Die Bodenluft 111
VI. Verhalten des Wassers im Boden 113
A. Das Grundwasser 113
B. Das Wasser der oberen Bodenschichten 118
VII. Die Mikroorganismen des Bodens 122

Viertes Kapitel.

Das Wasser 126
A. Allgemeine Beschaffenheit der natürlichen Wässer 126
B. Die hygienischen Anforderungen an Trink- und Brauchwasser . . . 131
C. Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers 138
D. Die Wasserversorgung 150
1. Lokale Wasserversorgung 150
2. Zentrale Wasserversorgung 153
Eis. Künstliches Selterwasser 167

Fünftes Kapitel.

Ernährung und Nahrungsmittel 168
A. Die Deckung des Nährstoffbedarfs des Menschen 168
I. Die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe 168
1. Die Eiweißstoffe 170
2. Die Fette 172
3. Die Kohlehydrate 173
4. Das Wasser 174
5. Die Salze 175
6. Die Vitamine 175
7. Die Genuß- und Reizmittel 176

Seite

II. Quantitative Verhältnisse des Kostmaßes 178
1. Erhaltung des Körperbestandes (Erhaltungskostmaß) . . . 180
2. Eiweiß-(Fleisch-)Ansatz beim Erwachsenen 182
3. Fettansatz 183
4. Fettverlust 183
5. Wachstum 184
III. Weitere Anforderungen an eine rationelle Kost 186
1. Die Ausnutzbarkeit und Verdaulichkeit der Nahrungsmittel 187
2. Aufbewahrung und Zubereitung der Nahrungsmittel . . . 189
3. Das Volum der Nahrung 191
4. Die Temperatur der Nahrung 192
5. Verteilung der Tageskost auf Mahlzeiten 192
6. Schutz gegen Verfälschung der Nahrungsmittel 193
IV. Auswahl und Zusammensetzung der Kost für praktische Zwecke 193
V. Sozialhygienische Gesichtspunkte bei der Beschaffung der Kost 197
B. Die einzelnen Nahrungsmittel 204
1. Die Kuhmilch 204
a) Die Zersetzungen der Milch 205
b) Die Fälschungen der Milch 208
c) Krankheitserreger und Gifte der Milch 209
Prophylaktische Maßregeln:
1. Die Untersuchung und Kontrolle der Milch 211
2. Die Überwachung der Milchwirtschaften 215
3. Präparation der Milch vor dem Verkauf 215
4. Präparation der Milch nach dem Kauf 219
2. Die Ernährung der Kinder mit Milch und Milchsurrogaten . . 219
3. Molkereiprodukte 227
4. Fleisch 233
Gesundheitsschädigungen durch Fleischgenuß:
1. Tierische Parasiten des Fleisches 235
2. Auf pflanzlichen Parasiten beruhende Krankheiten der Schlachttiere 239
3. Postmortale Veränderungen des Fleisches 241
4. Seltenere Anomalien des Fleisches 242
Prophylaktische Maßregeln:
1. Vorsichtsmaßregeln bei der Viehhaltung 243
2. Fleischbeschau 245
3. Aufbewahrung des Fleisches nach dem Schlachten 248
4. Zubereitung des Fleisches 250
5. Vegetabilische Nahrungsmittel 255
a) Getreide, Mehl, Brot 255
b) Reis und Mais 261
c) Leguminosen 262
d) Kartoffeln 262
e) Die übrigen Gemüse 263
6. Genußmittel 264
a) Alkoholische Getränke 264
b) Kaffee, Tee, Kakao 270
c) Tabak 271
d) Gewürze 272

Seite

Sechstes Kapitel.

Kleidung und Hautpflege 273
Eigenschaften der Stoffelemente der Kleidung 273
Eigenschaften der zu Geweben verarbeiteten Kleiderstoffe 276
Die Beziehungen der Kleidung zu Wärmeabgabe 278
Beziehungen der Kleider zur Wasserdampfabgabe des Körpers . . 281
Schutz des Körpers gegen Wärmestrahlen 282
Sonstige Anforderungen an Kleidung; Schuhwerk 282
Hautpflege; Bäder 285

Siebentes Kapitel.

Die Wohnung (Wohnhaus- und Städteanlagen) 287
I. Vorbereitungen für den Bau des Wohnhauses 287
A. Wahl und Herrichtung des Bauplatzes 287
B. Die verschiedenen Formen des Wohnhauses und ihre hygienische Bedeutung 288
C. Die Reform des städtischen Wohnungswesens 294
1. Vorläufige Abhilfemaßregeln 294
2. Bebauungspläne und Straßenanlagen 295
3. Bauordnung und Wohnungskontrolle 299
4. Baupläne für Kleinhäuser 303
5. Die Gartenstadtbewegung 309
II. Fundamentierung und Bau des Hauses 311
III. Austrocknungsfrist; feuchte Wohnungen 317
IV. Temperatur-Regulierung der Wohnräume 323
A. Temperatur-Regulierung im Sommer 323
B. Temperatur-Regulierung im Winter 327
a) Lokalheizungen 332
b) Zentralheizung 337
V. Lüftung der Wohnräume 350
A. Der quantitative Ventilationsbedarf 351
B. Die Deckung des Ventilationsbedarfs 352
1. Natürliche und künstliche Ventilation 352
2. Systeme der künstlichen Lüftung 354
3. Anordnung der Ventilationsöffnungen 355
4. Motoren 356
C. Prüfung der Ventilationsanlagen 361
D. Leistung der Ventilationsanlagen 362
VI. Beleuchtung 366
A. Tageslicht 366
B. Künstliche Beleuchtung 375
VII. Entfernung der Abfallstoffe 386
A. Die Beschaffung der Abfallstoffe 387
B. Gesundheitsschädigungen durch die Abfallstoffe 389
C. Die einzelnen Systeme zur Entfernung der Abfallstoffe 392
1. Abfuhrsysteme 392
Das Grubensystem 392
Das Tonnensystem 394
Abfuhr mit Präparation der Fäkalien 396

Seite
2. Schwemmkanalisation 398
3. Die Separationssysteme 405
4. Beseitigung des Kanalinhalts 409
a) Einlauf in die Flüsse 409
b) Beseitigung lediglich der Sink- und Schwimmstoffe . . . 411
c) Beseitigung auch der gelösten organischen Stoffe 418
5. Beseitigung gewerblicher Abwässer 426
6. Untersuchung der Abwässer. 428
7. Der Kehricht und die Tierkadaver 430
VIII. Leichenbestattung 432

Achtes Kapitel.

Hygienische Fürsorge für Kinder und Kranke 438
A. Das kindliche Alter 438
1. Die Säuglingsfürsorge 438
2. Kleinkinderfürsorge 446
3. Die schulpfichtigen Kinder 447
4. Die schulentlassene Jugend 467
Leibesübungen für die Jugend 471
B. Fürsorge für Kranke 472

Neuntes Kapitel.

Beruf und Beschäftigung (Gewerbehygiene) 483
I. Gesundheitsschädigungen durch die allgemeinen hygienischen Verhältnisse 485
II. Gesundheitsschädigungen durch die Beschäftigungsweise der Arbeiter 488
1. Alter und Körperbeschaffenheit; Arbeitszeit 488
2. Die Arbeitsräume 489
3. Die Muskelarbeit und die Körperhaltung 489
4. Schädigung der Sinnesorgane 490
5. Gesteigerter Luftdruck 491
6. Exzessive Temperaturen 492
7. Einatmung von Staub 493
8. Die Einatmung giftiger Gase 497
9. Beschäftigung mit giftigem Arbeitsmaterial 500
10. Gefährdung der Arbeiter durch Kontagien 506
11. Unfälle 508
III. Belästigung und Schädigung der Anwohner durch Gewerbebetriebe 511

Zehntes Kapitel.

Die parasitären Krankheiten 513
A. Allgemeine Morphologie und Biologie der Mikroorganismen. 513
a) Die Faden-(Schimmel-)pilze. 515
b) Die Actinomyzeten 516
c) Die Sproßpilze 517
d) Die Spaltpilze. 519
1. Morphologisches Verhalten 519
2. Lebensbedingungen 525

Seite
3. Lebensäußerungen 530
4. Absterbebedingungen 535
5. Die diagnostische Unterscheidung und systematische Einteilung der Spaltpilzarten 542
e) Protozoen 544
B. Allgemeines über Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten 547
I. Die Infektionsquellen 554
A. Beschaffenheit und Bedeutung der einzelnen Infektionsquellen 554
B. Fernhaltung, Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen 556
1. Fernhaltung 556
2. Mechanische Beseitigung und Abtötung der Parasiten (Desinfektion) 562
Mechanische Beseitigung der Keime 563
Keimtötung, Desinfektion 564
Formaldehyddesinfektion 566
Dampfdesinfektion 569
Desinfektion von Büchern, Ledersachen usw. 573
Ausführung der Desinfektion in der Praxis 575
II. Die Infektionswege 580
III. Die individuelle Disposition und Immunität 585
A. Wesen und Ursachen der Disposition und Immunität 586
1. Äußere Ursachen 586
2. Innere Ursachen 588
a) Die Phagocytose 590
b) Schutzstoffe im Blut usw. 592
1. Antitoxine 593
2. Bakteriolysine 598
3. Opsonine, Bakteriotropine 605
4. Agglutinine 607
5. Präzipitine 610
6. Komplementbindende Antikörper (Reagine) 612
7. Überempfindlichkeit erzeugende Antikörper 614
B. Die absichtliche Herstellung der Immunität und die Schutzimpfungen 619
1. Erhöhung der allgemeinen Resistenz 619
2. Spezifische Schutzimpfungen 620
IV. Die örtliche und zeitliche Disposition zu Infektionskrankheiten . . 627
Verbreitungsweise und Bekämpfung der einzelnen parasitären Krankheiten 633
A. Schimmelpilze als Erreger von Mykosen 633
B. Aktinomyzeten als Parasiten 635
C. Sproßpilze als Parasiten 637
D. Spaltpilze als Parasiten 638
1. Staphylococcus pyogenes 640
2. Streptococcus pathogenes 643
3. Diplococcus lanceolatus 646
4. Micrococcus Gonorrhoeae 649
5. Meningococcus 650

Seite
6. Micrococcus catarrhalis 654
7. Micr. tetragenus 654
8. Micr. Melitensis 654
9. Bacillus anthracis 655
10. Bac. typhi 659
11. Bac. aërogenes und coli 670
12. Bac. paratyphi und enteritidis 671
13. Dysenterie- und Pseudodysenteriebazillen 673
14. Baz. der hämorrhag. Sepsis 674
15. Bac. pestis 675
16. Bac. malleï 681
17. Bac. diphtheriae 683
18. Bac. tuberculosis 689
19. Bac. leprae 710
20. Bac. tetani 711
21. Baz. des malignen Ödems 713
22. Baz. des Rauschbrands 714
23. Bac. botulinus 714
24. Bac. influenzae 714
25. Baz. des Keuchhustens 717
26. Bac. pyocyaneus 717
27. Baz. des Schweinerotlaufs 717
28. Vibrio cholerae asiaticae 718
E. Protozoenkrankheiten 729
1. Amöbendysenterie 730
2. Spirochaete der Febris recurrens 731
3. Spirochaete pallida 733
4. Trypanosen 734
5. Piroplasmosen 738
6. Malaria 740
F. Parasitäre Erkrankungen mit unsichtbaren, Bakterienfilter passierenden Erregern 751
1. Variola 751
2. Scharlach 765
3. Masern 766
4. Flecktyphus 767
5. Poliomyelitis, Kinderlähme 769
6. Körnerkrankheit 769
7. Gelbfieber 771
8. Danguefieber, Pappatacifieber 771
9. Hundswut, Lyssa 772

Anhang.

Die wichtigsten Untersuchungsmethoden 776
I. Allgemeine Methodik der bakteriologischen Untersuchung 776
A. Mikroskopische Untersuchung 776
B. Kulturverfahren 782
C. Serumdiagnostik 784

Seite

II. Spezielle parasitologische Diagnostik 792
1. Abdominaltyphus 792
2. Bazilläre Dysenterie 796
3. Cholera 797
4. Pest 802
5. Genickstarre 806
6. Diphtherie 807
7. Tuberkulose 810
8. Syphilis 811
9. Gonorrhoe 812
10. Malaria, Trypanosen usw. 812
11. Tollwut 814
III. Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden 815
1. Bestimmung der Luftfeuchtigkeit 815
2. Bestimmung des CO_2-Gehaltes der Luft 817
3. Untersuchung der Luft auf Kohlenoxyd und schweflige Säure 820
4. Chemische Trinkwasseranalyse 821
A. Organische Stoffe 821
B. Ammoniak 822
C. Salpetrige Säure 822
D. Salpetersäure 822
E. Chloride 823
F. Härte 823
G. Eisennachweis 824
H. Mangannachweis 825
I. Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit 825
Register 827

Berichtigungen.

S. 179 ist in der Tabelle bei „Kartoffeln“ statt „40 %“ zu setzen „25 %“.
Ferner ist in der 4. Zeile unter der Tabelle statt „dabei aber“ zu setzen „beziehungsweise“.

S. 193 ist in der Zeile oberhalb der Tabelle zuzufügen „(ohne Berücksichtigung der Abfälle)“.
Ferner in der Tabelle, 2. Zeile, statt „Fleisch“ zu setzen „Fisch“.

S. 731 Zeile 3 von unten statt „(Wanzen, Flöhe)“ zu setzen „(Läuse)“.

S. 734 letzte Zeile: „neun“ statt „acht“.

S. 767 Zeile 16 von unten: hinter „und“ ist einzufügen „bei einer ähnlichen im Felsengebirge beobachteten Krankheit durch“.

S. 767 Zeile 16 von unten ist statt „bis 4 Tage“ zu setzen „zwischen 5 bis 7 Tagen“.

Einleitung.

Zahlreiche statistische Erhebungen über die Sterblichkeitsverhältnisse der jetzt lebenden Menschen liefern uns den Nachweis, daß wir von dem biblischen Ideal „Unser Leben währet 70 Jahre“ weit entfernt sind. Wenn dies Alter die normale Grenze darstellt, an welcher der menschliche Körper im Kampf ums Dasein erschöpft wird, so muß eine ausschließlich aus solchen normalen Individuen bestehende Bevölkerung eine jährliche Sterblichkeit von 14·3 p. m. zeigen, d. h. auf 1000 Lebende müssen im Jahre 14·3 Gestorbene entfallen. Es befinden sich alsdann unter jenen 1000 Lebenden 14·3 im ersten Lebensjahre, 14·3 im zweiten, und so fort bis schließlich 14·3 im 70. Lebensjahre. Nur die letzte Altersklasse stirbt im laufenden Jahre fort, und die Zahl der Bevölkerung wird dafür durch 14·3 Lebendgeborene regeneriert, welche wiederum je eine Lebenserwartung von 70 Jahren haben.

Selbstverständlich besteht in Wirklichkeit nirgends eine derartige Besetzung der Altersklassen und eine derartige Absterbeordnung. Auch bei einer unter den günstigsten Verhältnissen lebenden Bevölkerung wird die Mortalität größer, die durchschnittliche Lebenserwartung geringer und insbesondere die Verteilung der einzelnen Altersklassen weit weniger gleichmäßig sein.

Betrachten wir aber die Bewegung der Bevölkerung in den modernen zivilisierten Ländern, so werden wir überrascht durch ihr völlig abweichendes und zugleich nach Ländern und Bevölkerungsgruppen wechselndes Verhalten.

Die folgende, für Preußen abgeleitete Sterblichkeitstafel zeigt zwar, daß die absolute Zahl der Todesfälle unter den erwachsenen Lebensaltern bei etwa 70 Jahren am größten ist (ein gesetzmäßiges Verhalten, das auch für andere europäische Länder statistisch festgestellt wurde); daß aber im Gesamtdurchschnitt die Lebenserwartung viel geringer ist, und daß namentlich den niederen Altersklassen bis zum dritten Jahre eine enorm hohe Sterblichkeit zukommt. (Tab. 1.)

Tabelle 1.

Sterbetafel für Preußen 1901—1910.

Alter in vollen Jahren:	Zahl der zu Anfang der nebenbezeichneten Altersstufen Überlebenden **Absterbeordnung:**		Von Tausend sterben jährlich bis zur Erreichuug der nächsten Altersstufe:		Wahrscheinliche Lebensdauer in Jahren vom Eintritt in die nebenbezeichnete Altersklasse an gerechnet **Lebenserwartung:**	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.
0	100000	100000	202·34	170·48	44·8	48·3
1	79766	82952	39·8	38·7	55·1	57·2
2	76585	79761	14·9	14·6	56·4	58·5
3	75442	78594	9·5	9·3	56·2	58·3
4	74727	77867	6·9	6·8	55·8	57·9
5	74211	77334	5·3	5·3	55·2	57·3
10	72827	75845	2·4	2·6	51·2	53·4
15	72007	74887	2·8	3·0	46·7	49·0
20	70647	73564	5·0	4·2	42·6	44·8
25	68881	71849	5·1	5·4	38·6	40·8
30	67092	69848	5·6	6·0	34·6	36·9
35	65104	67679	7·0	6·9	30·5	33·0
40	62598	65283	9·2	7·7	26·2	29·2
45	59405	62717	12·4	8·5	22·9	25·3
50	55340	59812	17·0	11·3	19·4	21·4
55	50186	55984	23·6	16·2	16·2	17·6
60	43807	50780	32·6	24·7	13·1	14·2
65	36079	43540	47·1	39·6	10·4	11·1
70	27136	34078	69·4	62·1	8·0	8·5
75	17586	25006	106·4	98·3	6·0	6·3
80	8987	12348	157·9	146·5	4·4	4·7
85	3212	4752	231·6	217·4	3·2	3·4
90	683	1131	320·0	295·7	2·4	2·6
95	74	157	414·0	368·6	1·8	2·1
100	4	13	496·7	420·8	1·5	2·0

In Tabelle 2 ist ferner die Zahl der Todesfälle pro 1000 Einwohner in den größeren europäischen Staaten angegeben. Die Sterblichkeit zeigt danach in verschiedenen Ländern sehr bedeutende Schwankungen. — Nach Lebensaltern zerlegt, treten, wie Tab. 3 zeigt, außerordentlich große Differenzen hervor, so daß die Zusammensetzung einer Bevölkerung nach Lebensaltern auf die Gesamtsterblichkeit offenbar von größtem Einfluß ist.

Tabelle 2.

Allgemeine Sterbeziffern in den europäischen Ländern.

Länder	Auf 1000 Einwohner entfallen Gestorbene ohne Totgeborene				
	1871—1880	1881—1890	1891—1900	1901	1903
Deutsches Reich . .	271	251	222	207	200
Österreich	315	295	266	240	—
Ungarn	411	329	297	254	261
Italien	300	273	247	220	222
Frankreich	237	221	215	201	192
England und Wales	214	192	182	169	154
Schottland	216	192	187	179	166
Irland	182	180	183	178	175
Schweden	183	169	163	161	151
Norwegen	170	170	161	149	148

Tabelle 3.

Auf je 1000 in jeder Altersklasse stehende Personen entfallen Gestorbene (ohne Totgeborene).

Altersklasse in Jahren	Deutsches Reich 1901		Österreich 1900		Frankreich 1895	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.
bis 1	282·2	232·2	314·2	251·9	242·5	196·7
1—3	34·3	32·9	47·6	47·5	34·7	32·5
3—5	10·1	10·1	15·3	15·4	10·1	10·0
5—10	4·5	4·6	6·3	6·9	4·2	4·5
10—15	2·6	2·7	3·4	4·3	2·8	3·5
15—20	4·1	3·7	4·9	5·6	5·5	5·7
20—25	5·6	4·9	7·6	7·5	9·6	6·5
25—30	5·8	6·3	7·6	8·4	8·2	7·9
30—35	6·5	6·6	8·2	9·1	9·1	8·3
35—40	8·7	7·9	10·1	10·4	10·4	8·7
40—45	11·6	8·7	12·4	11·1	12·6	9·8
45—50	15·1	9·8	16·3	12·7	15·1	11·6
50—55	20·6	13·8	21·1	17·0	19·9	14·8
55—60	27·7	20·1	29·4	26·1	26·8	20·6
60—65	38·5	31·2	40·9	37·7	38·8	32·3
65—70	56·0	49·3	60·9	60·1	58·2	49·5
über 70	121·7	114·9	125·1	128·4	131·1	123·1
Durchschnitt	22·1	19·6	26·2	24·2	23·5	21·1

Am bedeutendsten fallen endlich die Schwankungen aus, wenn die Wohlhabenheit einer städtischen Bevölkerung oder als Ausdruck derselben die Höhe der Miete in Rechnung gezogen wird (Tab. 4, Breslau 1890 und Tab. 5, Bremen 1901—10).

Tabelle 4.

Betrag der Wohnungsmiete	Auf 1000 Einwohner Gestorbene:
bis 300 Mk.	20·7
„ 750 „	11·2
„ 1500 „	10·7
über 1500 „	6·5

Tabelle 5.

Sterblichkeit (nach Wohlstand und Wohnung).

Auf je 10000 Lebende jeden Geschlechts und jeder Altersstufe kommen Gestorbene:

Altersstufe:	Wohlhabende:			Mittelstand:			Ärmere:		
	männl.	weibl.	zus.	männl.	weibl.	zus.	männl.	weibl.	zus.
0— 1 Jahre	598	381	489	804	1031	909	3018	2119	2558
1— 5 „	31	25	28	65	121	92	277	246	262
5—15 „	10	24	17	20	30	25	47	34	40
15—30 „	23	9,6	12	31	24	27	62	70	66
30—60 „	86	46	62	106	70	86	165	107	136
60—X „	547	480	507	578	548	561	518	502	509
0—X Jahre	105	58	73	109	106	107	210	182	196

Die kolossale Steigerung der Todesfälle in den ersten Lebensjahren und die starken Kontraste der Sterblichkeit zwischen verschiedenen Ländern und Bevölkerungsklassen lassen die jetzige Absterbeordnung nicht etwa als einfache Folge gewisser unabänderlicher, teils vererbter, teils erworbener krankhafter Abweichungen des menschlichen Körpers erscheinen.

Wir sehen vielmehr, daß in einigen Ländern und bei den Wohlhabenden Verhältnisse vorliegen, welche dem erreichbaren Ideal sehr nahe kommen; und wenn die Bewegung der Bevölkerung in den weitaus größten Teilen der zivilisierten Länder so außerordentlich abweicht, dann berechtigt uns das zu der Annahme, daß allerlei unnatürliche und abnorme äußere Verhältnisse, unter denen der heutige Kultur-

mensch zu leben gezwungen ist, seine Existenz erschweren und sein vorzeitiges Erliegen bewirken. Es ist von vornherein wahrscheinlich, daß manche jener schädigenden Momente vermeidbar und viele der jetzt vorherrschenden Todesursachen durch menschliches Zutun einer Einschränkung zugänglich sind.

In Tabelle 6 ist angegeben, mit welchem Prozentsatz sich in Preußen die einzelnen Krankheiten an der Gesamtmenge der Todesfälle beteiligen. Trotzdem diese Statistik noch vielfache Mängel aufweist, welche namentlich in der noch sehr geringen Ausbreitung der obligatorischen ärztlichen Leichenschau liegen, so läßt sich aus derselben doch so viel entnehmen, daß allein etwa 20 Prozent aller Todesfälle auf Infektionskrankheiten und Ernährungsstörungen der Kinder zu rechnen sind; 9 Prozent entfallen auf Tuberkulose, ein wechselnder Anteil auf andere Infektionskrankheiten, 14 Prozent auf akute Erkrankungen der Respirationsorgane. Die große Mehrzahl aller Todesfälle ist also auf Infektionen, Anomalien der Nahrung und Störung der Wärmeregulierung zurückzuführen; d. h. die tödlichen Erkrankungen kommen zum größeren Teile durch Einwirkung von schädlichen Einflüssen unserer äußeren Umgebung auf den bis dahin gesunden Körper zustande.

Die Bedeutsamkeit der äußeren Umgebung für den Gesundheitszustand einer Bevölkerung kann im Grunde für uns nichts Überraschendes haben. Physiologie und Pathologie haben uns längst gelehrt, daß der Mensch nur lebensfähig ist durch einen steten regen Wechselverkehr mit seiner Umgebung, aus welcher er Nahrung, Wasser, Luft usw. aufnimmt, an welche er Wärme, Wasser, Kohlensäure und eine Reihe von anderen Exkreten abgibt, daß aber nur eine Umgebung von bestimmter, in gewissen engen Grenzen schwankender Beschaffenheit einen normalen Ablauf des Lebens ermöglicht. Auf jede zu intensive oder zu anhaltende Abweichung im Verhalten der äußeren Umgebung reagiert der Körper mit krankhafter Störung.

Daher bergen sowohl die natürlichen Lebenssubstrate — Luft, Wärme, Boden, Wasser, Nahrung —, wie auch die künstlich modifizierte Umgebung des Menschen — Kleidung, Wohnung, Beruf und Beschäftigung — vielfache Krankheitsursachen, die eben um so gefährlicher erscheinen, weil der Mensch mit allen seinen Funktionen auf einen steten regen Verkehr mit der Außenwelt angewiesen ist. Tritt daher abnorme Sterblichkeit innerhalb einer Bevölkerung auf, oder kommt es zu auffällig starker Erkrankung einzelner Lebensalter, oder greifen epidemische Krankheiten um sich, — fast ausnahmslos werden wir in den jeweiligen Verhältnissen der äußeren Umgebung die Ursache zu suchen haben.

Tabelle 6.

Das Auftreten der einzelnen Todesursachen in Preußen während des Jahres 1912.

Laufende Nummer	Todesursachen	Von den nebenverzeichneten Todesursachen betrafen unter 100 Fällen:
1	Angeborene Lebensschwäche und Bildungsfehler .	6·81
2	Altersschwäche (über 60 Jahre)	11·21
3	Im Kindbett gestorben	0·64
	darunter: Kindbettfieber	0·30
4	Scharlach	0·67
5	Masern und Röteln	0·94
6	Diphtherie und Krupp	1·32
7	Keuchhusten	1·49
8	Typhus	0·25
9	Übertragbare Tierkrankheiten.	0·00
10a	Rose (Erysipel)	0·21
10b	Andere Wundinfektionskrankheiten	0·42
11	Tuberkulose.	9·42
12	Lungenentzündung	8·70
13	Influenza	0·72
14	Andere übertragbare Krankheiten	0·21
	darunter: Venerische Krankheiten	0·15
15	Krankheiten der Atmungsorgane (ausschließlich 6, 7, 11, 12, 13 und 20).	5·61
16	Krankheiten der Kreislaufsorgane (Herz usw.) . .	9·97
17a	Gehirnschlag	3·63
17b	Andere Krankheiten des Nervensystems	3·19
18	Krankheiten der Verdauungsorgane (ausschl. 20) .	10·29
	darunter: a) Magen- und Darmkatarrh	4·54
	b) Brechdurchfall	2·42
	c) Blinddarmentzündung	0·35
19	Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane (ausschließlich 3 und 20)	1·85
20a	Krebs	4·72
20b	Andere Neubildungen	0·54
21a	Selbstmord	1·37
21b	Mord und Totschlag	0·13
21c	Verunglückung oder andere gewaltsame Einwirkung	2·63
22	Andere benannte Todesursachen	10·52
	darunter: Alkoholismus (Säuferwahnsinn) . . .	0·15
23	Todesursache unbekannt	2·54
		100·00

Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß wir das größte Interesse an einer gründlichen Durchführung und genauen Erkenntnis der äußeren Lebenssubstrate und der dort gelegenen Krankheitsursachen haben.

Die medizinische Wissenschaft früherer Jahre hat der äußeren Umgebung des Menschen nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Sie beschäftigte sich vorzugsweise mit den Vorgängen im menschlichen Körper, und wenn sie einmal die Beziehungen der äußeren Lebenssubstrate zum Menschen berücksichtigte, so begnügte sie sich mit einer relativ rohen Empirie und mit ergänzenden Spekulationen, exaktere Forschung auf diesem Gebiet andern Disziplinen, der Meteorologie, Chemie, Botanik, Zoologie überlassend. Da aber erfahrungsgemäß in naturwissenschaftlichen Disziplinen lediglich induktive und experimentelle Methode zu sicheren Erfolgen führt; und da wiederum die Vertreter jener andern Fächer ihre Arbeiten nicht nach medizinischen Gesichtspunkten wählten und ausführten, war der Fortschritt in der Erkenntnis der uns interessierenden Verhältnisse der Außenwelt bisher nur ein äußerst langsamer.

Erst vor wenigen Jahrzehnten hat sich — teils infolge des schnellen Anwachsens der großen Städte und der dort sich häufenden Gefahren für die Gesundheit, teils unter dem mächtigen Eindruck der verheerenden Cholerainvasionen — in den weitesten Kreisen die Überzeugung Bahn gebrochen, daß die Erkenntnis der äußeren Umgebung des Menschen und der in dieser gelegenen Krankheitsursachen eines der wichtigsten Ziele der medizinischen Forschung ist, und daß die hier gewonnenen Untersuchungsergebnisse einen bedeutsamen Teil der medizinischen Lehre ausmachen.

Diese Forschung und diese Lehre bilden die spezielle Aufgabe der Hygiene. Kurz definiert ist demnach die Hygiene derjenige Teil der medizinischen Wissenschaft, welcher sich mit der gewohnheitsmäßigen Umgebung des Menschen beschäftigt und diejenigen Momente in derselben zu entdecken sucht, welche häufiger und in erheblicherem Grade Störungen im Organismus zu veranlassen oder die Leistungsfähigkeit herabzusetzen imstande sind.

Begrenzt man das Forschungs- und Lehrgebiet der Hygiene in der angegebenen Weise, so kollidiert dasselbe nicht etwa mit einer der übrigen medizinischen Disziplinen, sondern bildet für diese eine notwendige Ergänzung. Die meisten Berührungspunkte zeigt die Hygiene mit der allgemeinen Pathologie; aber auch dieser gegenüber ergibt sich eine einfache und natürliche Scheidung. Die allgemeine Pathologie beschäftigt sich zwar ebenfalls mit den Ursachen der Krankheiten; sie

verfolgt dieselben indes nur innerhalb des menschlichen Körpers, ihr Studium beginnt erst von dem Moment an, wo die äußere Ursache mit dem Körper in Berührung getreten ist. Das Verhalten der krankheitserregenden Ursachen außerhalb des menschlichen Körpers, die Entstehung derselben in den den Menschen umgebenden Medien, ihre Entwicklung, Verbreitung und die Wege, auf denen sie zum Menschen Zugang finden, das alles bildet die Aufgabe der Hygiene.

Begreift man freilich unter Hygiene, so wie es früher geschah, die Summe der praktischen Maßnahmen zur Förderung der Volksgesundheit, so ist die Hygiene so alt wie die älteste Kultur. Schon im alten Ägypten bestanden hygienische Vorschriften über Nahrungsmittel, über Beschau der Schlachttiere, ferner über Kleidung und Reinlichkeit. Ähnlich enthält die mosaische Gesetzgebung Vorschriften über Nahrung, Wasserbezug, Reinhaltung des Körpers, der Kleidung, der Wohnung, die ein volles Verständnis des Gesetzgebers für die hygienische Bedeutung solcher Gebote zeigen. Im alten Rom wurde bekanntlich durch ein Netz unterirdischer Kanäle die Entfernung der Abfallstoffe besorgt; der Verkauf von Nahrungsmitteln, die Straßenreinlichkeit, gewerbliche Anlagen wurden von den Ädilen überwacht; und Quellwasserleitungen führten so reichliches Wasser hinzu, daß z. B. zu Trojans Zeit 510 Liter pro Tag auf jeden Einwohner entfielen, eine selbst für unsere heutigen Begriffe ungewöhnlich reichliche und für die Hygiene der Stadt gewiß äußerst förderliche Menge.

Nach dem Untergang des weströmischen Reiches folgen Jahrhunderte, wo die Fortsetzung hygienischer Maßregeln mit wenigen Ausnahmen fehlt; erst sehr allmählich, mit der Kultur der germanischen Völker, gewinnt das Interesse für hygienische Einrichtungen wieder Boden. Selbst die Seuchen des 14. und 15. Jahrhunderts werden anfangs gar nicht, später mit ganz unzulänglichen Maßregeln bekämpft. Erst im 18. Jahrhundert beginnt man, systematisch Quarantänen und Anzeigepflicht für ansteckende Krankheiten einzuführen, verseuchte Wohnungen durch Räucherungen mit Schwefel oder salzsauren Dämpfen zu reinigen. Ferner werden bei der Bau-, Straßen- und Marktpolizei hygienische Gesichtspunkte berücksichtigt, und es zeigen sich die Anfänge einer Gewerbehygiene und einer Schulhygiene. In Peter Franks „System der medizinischen Polizei", dessen erster Band 1779 erschien, ist uns eine achtbändige Zusammenstellung aller damals für erforderlich gehaltenen hygienischen Maßnahmen überliefert. Auf welch rohe Empirie damals aber die hygienische Kritik angewiesen war, das geht z. B. aus folgenden Worten hervor, mit denen Peter Frank die Kennzeichen eines guten Trinkwassers schildert: „Man hält dasjenige Wasser für gut, welches in einem kupfernen Gefäß längere Zeit aufbewahrt, keine

Flecken darin zuläßt, wenn es gekocht keinen Sand oder Leimen abwirft, wenn es helle und rein ist und keine Pflanzengewächse in sich nähret. Da aber alles dies sich dem Ansehen nach so verhalten und doch eine verborgen übele Eigenschaft dahinter stecken kann: so muß man das Trinkwasser selbst aus der gesunden Beschaffenheit der Einwohner eines Ortes beurteilen."

Einen ganz neuen Impuls bekamen die hygienischen Reformbestrebungen in den Jahren 1830—1850 in England. Einmal war es das ungeahnt rasche Wachsen der großen Städte, das zu außerordentlichen hygienischen Mißständen führte und Abhilfemaßregeln erforderlich machte. Sodann aber wirkte akut auslösend die Cholera, die 1813 den europäischen Kontinent und speziell auch England zum ersten Male heimsuchte.

Englische Ärzte leiteten damals zunächst eine genaue medizinische Statistik ein. An der Hand eines großen Zahlenmaterials wurde z. B. festgestellt, daß die städtische Bevölkerung Englands eine viel höhere Mortalität aufwies als die Landbevölkerung, und daß ein großer Prozentsatz der Erkrankungen und Todesfälle auf sog. „vermeidbare" Krankheiten entfiel. 1842 wurde eine königliche Untersuchungskommission eingesetzt mit dem Auftrag, den gegenwärtigen Zustand der großen Städte zu untersuchen und über die Mittel zur Abhilfe der gefundenen Schäden zu berichten. Dieser Enquete folgte 1848 die Public health Act, ein Gesetz zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit, und dann die Durchführung großartiger praktischer Reformen. Enge dicht bewohnte Straßen und Stadtteile wurden niedergerissen, neue Quartiere mit hygienisch einwandfreien Wohnungen erbaut; durch unterirdische Schwemmkanäle oder durch besondere Abfuhrsysteme wurden die Abfallstoffe entfernt, zentrale Wasserversorgungen eingerichtet, die Nahrungsmittel einer strengen Kontrolle unterworfen, die Kranken- und Armenpflege besser organisiert. In dem energischen Streben nach Beseitigung der hygienischen Schäden beugte sich das englische Volk einer Menge von lästigen polizeilichen Kontrollen und Eingriffen in seine kommunale Selbstverwaltung. Der General Board of health hatte beispielsweise eine Anzahl Inspektoren, welche von den Gemeinden Einsicht in alle Dokumente, Pläne, Steuerrollen usw. verlangen konnten, und auf deren Bericht hin die Gemeinden zur Einrichtung eines Ortsgesundheitsamts gezwungen werden konnten, welches das Recht erhielt zur Erhebung von Steuern behufs Deckung aller im Interesse der öffentlichen Gesundheit aufgewendeten Kosten.

Allerdings wurde nach Ablauf einiger Jahre durch diese Reformen eine meßbare Wirkung auf den Gesundheitszustand erzielt. Die Mortalitätsziffer sank; die einheimischen infektiösen Krankheiten nahmen

in vielen Städten ab oder hörten ganz auf; an Cholerainvasionen schloß sich keine Ausbreitung im Lande an. — Mit Stolz blickten Staatsmänner und Ärzte auf diese Erfolge, und die Hygiene war innerhalb kurzer Zeit nicht nur in England, sondern auch in den übrigen zivilisierten Staaten populär geworden.

Trotzdem wir auch heute dem energischen Vorgehen der englischen Hygieniker unsere Anerkennung nicht versagen können, dürfen wir uns aber doch nicht verhehlen, daß jene Reformen im wesentlichen und in erster Linie eine Besserung der sozialen Lage der ärmeren Bevölkerung, und größtenteils erst auf dem Umwege durch die gebesserten sozialen Verhältnisse eine Beseitigung jener Gesundheitsschädigungen bewirkten, die eigentlich den Ausgangspunkt der Reformen gebildet hatten. Spezifisch hygienische Reformen waren damals auch gar nicht möglich; und zwar weil man über die Ursachen der hygienischen Schäden, speziell der besonders gefürchteten Infektionskrankheiten, so gut wie nichts wußte, und weil doch diese Ursachen jeder rationellen hygienischen Reform zum Angriffspunkt dienen mußten. In bezug auf die Ätiologie der Krankheiten und auch der Infektionskrankheiten stand man damals auf einem rein empirischen Standpunkt, der von dem oben gekennzeichneten Peter Franks kaum verschieden war. Daneben ließ man sich von allerlei, der wissenschaftlichen Begründung noch durchaus entbehrenden Hypothesen leiten. Speziell von den Infektionskrankheiten nahm man an, daß sie ihre Entstehung riechenden Gasen und der Anhäufung von Schmutz und Abfallstoffen verdanken, und daß sie verschwinden durch systematische Reinhaltung von Haus, Boden, Körper und Nahrung — Anschauungen, denen wir ebenso schon in der altägyptischen und mosaischen Hygiene begegnen.

Daß Beseitigung sozialer Mißstände und systematische Reinhaltung die Volksgesundheit günstig beeinflußt, das ist nicht zu bezweifeln und durch die englischen Reformen aufs neue bestätigt. Aber es ist auch von vornherein wahrscheinlich, daß diese Art des Vorgehens vom streng hygienischen Standpunkt einen starken Luxusbetrieb darstellt, und daß die hauptsächlichsten vermeidbaren Krankheiten durch viel einfachere Mittel beseitigt werden können. Und ebenso ist es wahrscheinlich, daß jene ohne Kenntnis der Krankheitsursachen durchgeführten Reformen die speziellen hygienischen Ziele oft ganz verfehlt haben. In der Tat haben sich z. B. so manche der damals angelegten Wasserversorgungen nicht bewährt und mußten später durch andere ersetzt werden, weil scheinbar reine, in Wirklichkeit aber sehr verdächtige Wasser gewählt waren. Ebenso kam man, geleitet von übertriebenen Ansichten über die Gefahren verunreinigten Bodens, zu Verfahren der Abfallbeseitigung, die in der Neuzeit von Grund aus

geändert werden mußten. In manchen der assanierten Städte zeigten sich trotz allem ausgedehnte Typhusepidemien, als Zeichen, daß man die eigentliche Krankheitsursache nicht in richtiger Weise beseitigt hatte; und eine Reihe wichtiger endemischer Krankheiten blieb in zahlreichen Städten von den eingeführten Reformen völlig unbeeinflußt.

Offenbar lag damals eine klaffende Lücke unserer wissenschaftlichen Erkenntnis vor, die erst ausgefüllt werden mußte, ehe rationell begründete praktische Reformen auf dem Gebiet der Hygiene möglich waren.

Es fehlte eben damals an einer wissenschaftlichen hygienischen Forschung. — Diese hat erst vor etwa 45 Jahren begonnen. Pettenkofer war der erste, welcher eine größere Reihe von Experimentaluntersuchungen über Fragen der Heizung und Ventilation, über Kleidung, über das Verhalten von Neubauten, über das Grundwasser und die Bodenluft anstellte, und welcher dadurch der Experimentalhygiene eine erste feste Basis gab. Im Verein mit Voit legte Pettenkofer außerdem den Grund zu unseren heutigen Anschauungen über Nahrungsmittel und Ernährung. In späterer Zeit waren es besonders die Entdeckungen Kochs, welche neue Arbeitsgebiete erschlossen und für die so überaus wichtigen Fragen der Entstehung und Verbreitung der Infektionskrankheiten die Anwendung exakter Forschungsmethoden ermöglichten.

Seitdem hat die Hygiene in kurzer Zeit vielfache Aufklärung über interessante Beziehungen der Außenwelt zum Menschen gegeben und Erfolge errungen, welche der gesamten medizinischen Wissenschaft im höchsten Grade förderlich gewesen sind, und vor allem sind seitdem meßbare praktische Erfolge viel deutlicher zutage getreten als früher. Stellt man die Zahl der Todesfälle auf je 1000 Lebende zusammen, so zeigt sich seit den 70er Jahren eine regelmäßige Abnahme (vgl. Tab. 7 u. 8).

Tabelle 7.

Entwicklung der Sterblichkeit in Preußen. (Auf 1000 Lebende.)

Zeitperiode	Stadt	Land
1849—1855	31·5	29·8
1856—1861	28·9	27·8
1862—1870	30·8	27·8
1871—1875	31·4	28·3
1876—1880	28·9	26·3
1881—1885	27·8	26·5
1886—1890	25·7	25·4
1891—1895	24·1	24·3
1896—1900	22·2	22·2
1901—1905	19·2	19·8
1906—1908	17·8	18·2

Tabelle 8.

Sterblichkeit in Deutschland. (Auf 1000 Lebende.)

1888—1892	23·75
1893—1897	22·13
1898—1902	20·71
1903—1907	18·99
1908—1910	17·04

Das gleiche ergibt sich aus folgender Zusammenstellung über a) die mittlere Lebensdauer (d. h. die Anzahl von Jahren, welche durchschnittlich von den Gestorbenen beim Tode erreicht ist); b) die wahrscheinliche Lebensdauer (d. h. die Anzahl von Lebensjahren, nach deren Zurücklegung der Tod bei der Hälfte aller in einem bestimmten Zeitraum Geborenen eingetreten ist).

Tabelle 9.

	Mittlere Lebensdauer (Jahre)		Wahrscheinliche Lebensdauer (Jahre)	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.
1881—1890	37·17	38·45	41·70	47·0
1891—1900	40·56	43·97	48·85	54·9
1901—1910	44·82	48·33	55·10	60·6

Derartige statistische Vergleiche sind allerdings mit erheblichen Fehlerquellen behaftet. Sterblichkeitsziffern aus verschiedenen Perioden sind überhaupt schwer vergleichbar; vor allem ist die Höhe der Geburtenziffer von bedeutendem Einfluß. Ein besseres Urteil gestattet ein Vergleich der Sterblichkeit in den einzelnen Altersklassen. Aber auch eine solche Zusammenstellung führt, wie Tab. 10 zeigt, zu einem ähnlich günstigen Ergebnis:

Tabelle 10.

Zunahme der Lebenserwartung in Deutschland 1871—1910.

Für die Altersklassen von:	Männliche Personen:		
	1871—1880	1891—1900	1900—1910
0 Jahren	35·58	40·56	44·82
1 „	46·52	51·85	55·12
10 „	46·51	49·66	51·16
20 „	38·45	41·23	42·56
30 „	31·41	33·46	34·55
40 „	24·46	25·89	26·64
50 „	17·98	19·00	19·43
60 „	12·11	12·82	13·14
70 „	7·34	7·76	7·99

Tabelle 10 (Fortsetzung).

Für die Altersklassen von:	Weibliche Personen:		
	1871—1880	1891—1900	1900—1910
0 Jahren	38·45	43·97	48·34
1 „	48·06	53·78	57·20
10 „	48·18	51·71	53·35
20 „	40·19	43·37	44·84
30 „	33·07	35·62	36·94
40 „	26·32	28·14	29·16
50 „	19·29	20·58	21·35
60 „	12·70	13·60	14·17
70 „	7·60	8·10	8·45

Einen guten Indikator haben wir ferner an den infektiösen Krankheiten. An Typhus z. B. starben in Preußen: 1875—79 = 6·2 auf 10000 Lebende; 1880—84 = 5; 1885—89 = 2·8; 1890—94 = 1·9; 1900 bis 1903 = 1·7 und 1908—10 nur 0·04, also eine starke stetige Abnahme, die sicher zum großen Teil auf Rechnung unserer rationelleren Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, sowie der besseren Isolierung der Kranken und der Krankenhausbehandlung zu setzen ist. — Noch intensiver ist die Abnahme der Sterblichkeit an Diphtherie: in dem Jahrzehnt 1880—90 sind noch die meisten Jahre mit 18—19 Todesfällen auf 10000 Lebende belastet; bis 1894 tritt Abnahme ein, aber noch gering und unregelmäßig, 12, 13, 18, 15 Todesfälle; im Jahre 1895 9; 1896 7·6; 1897 6·2; 1903 4·9 und 1908—10 nur noch 2·0 Todesfälle; trennt man Stadt und Land, so ist die Abnahme in den Städten eine noch erheblich rapidere. Hier haben wir zum großen Teil die Wirkung des Behringschen Serums vor uns; zum Teil ist sicher auch die frühzeitige Erkennung der Krankheit durch bakteriologische Diagnose beteiligt. — Besonders wichtig ist ferner die Abnahme der Lungenschwindsucht, dieser mörderischen Krankheit, die bei den im Alter von 15—16 Jahren Gestorbenen 30—40 Prozent aller Todesfälle verursacht. In den Jahren 1888—90 sehen wir eine allmähliche, von 1891 bis 1900 eine rascher vorschreitende, dann wieder eine etwas langsamere Abnahme der Phthise. Hier sind die zur Verhütung der Ansteckung ergriffenen Maßnahmen sowie die Krankenversicherungsgesetze von wesentlichstem Einfluß gewesen.

Noch deutlicher und unbestrittener ist die Wirkung der neueren hygienischen Lehren und Maßnahmen auf die exotischen Infektionskrankheiten, Cholera und Pest. Das Schreckgespenst der Cholera rief in Deutschland zum letzten Male 1892 eine Panik hervor. Zufällig betraf damals die erste Einschleppung eine Stadt, die in bezug

auf manche hygienische Einrichtungen und namentlich in bezug auf Wasserversorgung um Jahrzehnte hinter anderen Städten zurück war; und so entstand jene explosive Hamburger Cholera-Epidemie, die an vielen Orten übertriebene Angst und Vorsichtsmaßregeln zeitigte. Es schien ganz in Vergessenheit geraten zu sein, daß wir inzwischen den Choleraerreger genau kennen und sicher vernichten gelernt hatten. Aber bald erfolgte eine Bekämpfung genau entsprechend den nunmehr erkannten Lebenseigenschaften des Erregers; und diese Bekämpfung war ebenso einfach und für den Verkehr und das wirtschaftliche Leben schonend wie sie erfolgreich war. Viele Male hat seither in Schlesien, Ostpreußen und Westpreußen eine Einschleppung von Cholera stattgefunden; an die meisten dieser Einschleppungen schlossen sich kleine Epidemien an; es gelang aber jedesmal rasch, dieselben zu begrenzen; und das Publikum hat sich an diese Erfolge bald so gewöhnt, daß eigentlich von den späteren Einschleppungen gar keine Notiz mehr genommen ist. Was ist das für ein Kontrast gegen die Aufregung und gegen die Störung von Handel und Verkehr, die sonst durch eine Cholerainvasion hervorgerufen wurde!

Ähnlich steht es jetzt mit der Pest. Diese alte Geißel des Menschengeschlechts war seit mehr als einem Jahrhundert aus Europa verschwunden, als sie plötzlich 1878 in Wetljanka im Gouvernement Astrachan auftauchte. Die Nachricht rief damals große Bestürzung in ganz Europa hervor. Und als nun gar ein Hausknecht in St. Petersburg unter pestverdächtigen Symptomen erkrankte, da stand die Pest im Zentrum des öffentlichen Interesses, die abenteuerlichsten Sperr- und Schutzmaßregeln wurden diskutiert, und allgemein sah man bereits die Schrecken des „schwarzen Todes" sich wieder wie im Mittelalter über Europa ausbreiten. — Wie anders die heutige Auffassung! Die Pest verläßt seit einigen Jahren Europa und die nächst angrenzenden Länder kaum mehr. In Alexandrien, Beirut, Porto, Lissabon, Plymouth, Glasgow, Triest, Wien, Hamburg sind in den letzten Jahren Pesterkrankungen vorgekommen, und wir haben sicher noch manches neue Auftauchen von Erkrankungen zu erwarten. Aber inzwischen haben wir den Erreger, seine Existenzbedingungen, seine Verbreitungsweise genau kennen gelernt; jetzt können wir die Krankheit mit sicher wirkenden, und doch schonenden, allen überflüssigen Aufwand vermeidenden Mitteln bekämpfen. Und die Erfahrung zeigt uns, daß nun diese Krankheit nicht schwer, sondern relativ leicht zu tilgen oder in Schranken zu halten ist.

Wie unrichtig ist die Vorstellung, von der man nicht selten hört und liest, daß die Entdeckung der Bazillen eine übertriebene Bazillenfurcht und Beunruhigung ins Publikum getragen habe! Gerade im

Gegenteil ist die verläßliche und zielbewußte Art, in der wir jetzt die Epidemien zu bekämpfen imstande sind, gewiß nur geeignet, Ruhe und Vertrauen unter der Bevölkerung zu verbreiten.

Seit dem Beginne ihrer selbständigen Entwicklung ist die Hygiene auch mannigfaltigen Angriffen und namentlich Einwänden gegen die praktische Leistungsfähigkeit dieser Wissenschaft ausgesetzt gewesen.

Zunächst stellen manche der praktischen Hygiene deshalb eine schlechte Prognose, weil die Reformen sowohl auf dem Gebiete der individuellen wie der öffentlichen Hygiene zuviel Mittel zu ihrer Durchführung beanspruchen, und weil deshalb die ärmeren Volksschichten für absehbare Zeit von den meisten hygienischen Reformen ausgeschlossen seien.

Zu dieser Anschauung kommt man jedoch nur dann, wenn die hygienischen Maßnahmen, so wie es früher allgemein geschah, mit sozialen Reformen verwechselt oder zu sehr verquickt werden. Versteht man unter speziell hygienischen Reformen nur solche, welche manifeste Gesundheitsstörungen unmittelbar zu beseitigen oder fernzuhalten imstande sind, und welche gerade deshalb Anspruch auf dringliche Durchführung haben, so lassen sich diese oft durch spezifische, die einzelne Schädlichkeit treffende Vorschriften und Maßregeln relativ leicht erreichen. Wollte man damit warten, bis die ganze soziale Lage der Bevölkerung sich geändert hat, damit auf dieser Basis und vielleicht in etwas vollkommener Weise die hygienische Besserung sich etabliert, so würden Jahrzehnte vergehen, ehe gegen die schreiendsten hygienischen Mißstände Abhilfe gewährt wird. Man bessert nicht, sondern schadet nur, wenn man bei der Bekämpfung jeder einzelnen Krankheit immer wieder eine günstigere soziale Lage als unerläßliche Vorbedingung hinstellt.

Gibt man statt dessen spezifische Maßregeln an, durch welche auch ohne Änderung der sozialen Lage und innerhalb ärmlicher enger Verhältnisse ein möglichster Schutz gegen die betreffende Krankheit gewährt werden kann, so ist damit oft sehr viel zu erreichen. Gelingt es doch, die Pocken durch Impfung, die Trichinose und Fleischvergiftungen durch öffentliche Schlachthäuser, die Diphtherie durch Isolierung, Desinfektion und Schutzimpfung, die Cholera und Pest durch Absperrmaßregeln und Desinfektion wirksam zu bekämpfen, ohne daß die soziale Lage geändert wird. Wohl erschweren schlechte soziale Verhältnisse den Erfolg und machen eine schärfere Anwendung mancher Maßregeln nötig. Aber selbst in dem Eingeborenenviertel in Alexandrien

und in den Proletariatsquartieren in Porto sind sie noch immerhin durchführbar gewesen, und man hat dort nicht zu warten brauchen, bis die ganze Bevölkerung auf eine höhere Kulturstufe gebracht ist.

Aber noch zwei weitere Einwände sind gegen die praktische Leistungsfähigkeit der Hygiene erhoben. — Der erste derselben ist schon vor etwa 100 Jahren von Malthus ausgesprochen und begründet. — Nach Malthus vermehrt sich jede Bevölkerung, solange keinerlei Hemmung existiert, in geometrischer Progression, verdoppelt sich also immer in einer bestimmten Reihe von Jahren (z. B. bei 1·3 Prozent jährlichem Zuwachs alle 55 Jahre; bei 1·8 Prozent Zuwachs alle 39 Jahre); die Unterhaltsmittel dagegen können nur in arithmetischer Progression vermehrt werden. Hierdurch ist das Anwachsen einer Bevölkerung stark beschränkt, denn dasselbe kann naturgemäß nicht weiter gehen, wenn das niedrigste Maß von Unterhaltsmitteln erreicht ist, dessen die Bevölkerung zu ihrem Leben bedarf. Jeder intensiveren Vermehrung wirken vielmehr kräftige Hemmnisse entgegen; und diese sind zum Teil vorbeugende (Beschränkung der Nachkommenschaft durch sittliche Enthaltsamkeit, Ehelosigkeit, Vorsicht nach der Heirat), im wesentlichen aber zerstörende, auf gesundheitsschädliche Einflüsse aller Art basierte (schlechte Ernährung der Kinder, Epidemien, Kriege, Hunger usw.). Wirkt eine erfolgreiche Hygiene dahin, daß die Mortalitätsziffer absinkt, der jährliche Bevölkerungszustand also größer wird, so müssen nur um so eher jene hemmenden Einflüsse zur Geltung kommen. Dauernde stärkere Zunahme der Bevölkerung kann also auch durch die hygienischen Reformen gar nicht erreicht werden.

Angesichts der starken Bevölkerungszunahme, welche die meisten Kulturstaaten in den letzten Jahrzehnten aufwiesen, war in der Tat ein Zweifel darüber wohl berechtigt, ob sich für solche Menschenmassen Unterhaltsmittel werden beschaffen lassen. Aber es ist das eine Frage, die den Hygieniker eigentlich wenig berührt. Wir können nicht eine einzige, die Gesundheit der jetzt lebenden Generation fördernde Maßregel unterlassen, weil eventuell kommenden Generationen der Nutzen wieder verloren geht oder gar Schwierigkeiten daraus erwachsen. Außerdem aber ist es zweifellos, daß gerade in unserer jetzigen Zeit das Malthussche Gesetz in bezug auf die langsame und begrenzte Vermehrung des Unterhalts seine Gültigkeit verloren hat. Auf den verschiedensten Wegen gelingt es jetzt, dank den sich häufenden wissenschaftlichen Entdeckungen und technischen Erfindungen, den Kreis der nutzbaren Lebensmittel zu erweitern. Die Landwirtschaft kann eine gesteigerte Produktion in Aussicht stellen durch neue Hilfsmittel für die Regenerierung des Ackers, durch wirksame Bekämpfung der Viehseuchen, durch Verwertung der neu entdeckten Assimilierung des Stick-

stoffs der Luft durch gewisse Pflanzen. Schon ist der Chemie die künstliche Herstellung von Kohlenhydraten im Laboratorium geglückt, und in nicht zu ferner Zeit werden gewiß die technischen Schwierigkeiten überwunden sein, welche sich einer rentablen künstlichen Herstellung mancher Nährstoffe noch entgegenstellen. Daneben gelingt es schon jetzt, Abfallprodukte der Industrie in brauchbare Nahrungsmittel umzuwandeln oder hygienisch vollwertige Surrogate für teuere Nährstoffe aus billigem Material herzustellen. Und schließlich sind die modernen Verkehrsmittel imstande, durch reichlichen Import eine ungenügende heimische Produktion in hohem Maße auszugleichen.

Allerdings treten gleichzeitig sehr deutlich jene Hemmnisse der weiteren Vermehrung der Bevölkerung zutage, die Malthus als vorbeugende bezeichnet, und die sich namentlich in einer Verminderung der Nachkommenschaft und in einer geringeren Bevölkerungszunahme aussprechen. In Deutschland betrug allerdings der Bevölkerungszuwachs:

1890—1895	1·12 %
1895—1900	1·50 „
1900—1905	1·46 „
1905—1910	1·36 „ ,

so daß vorläufig von einer vorschreitenden Verminderung des Zuwachses nicht gesprochen werden kann. Aber zweifellos ist der eine maßgebende Faktor der Bevölkerungszunahme, die Geburtenziffer, in allen Kulturländern in starkem Rückgang begriffen; dieser Rückgang beträgt (1909) in den letzten 30 Jahren in:

Rußland	1 %	Schweden	14 %
Österreich	13 „	Belgien	21 „
Italien	13 „	Frankreich	21 „
Deutschland . . .	18 „	England	25 „

Speziell in Deutschland nimmt die Geburtenziffer in den letzten Jahrzehnten und Jahren, namentlich in den Städten, stetig ab. 1871—80 entfielen auf 1000 Einwohner 40·7; 1901—10 33·9 Geburten; und die Fruchtbarkeitsziffer, d. h. die Zahl der Geburten, die auf je 1000 gebärfähige Frauen im Alter von 15—45 Jahren entfällt, betrug in Preußen:

		in den Städten:	auf dem Lande:
1876—1880 . . .	174·6	160·6	182·9
1906—1910 . . .	143·7	118·7	168·9
1911 . . .	129·5		

Noch viel stärker ist der Rückgang der ehelichen Fruchtbarkeit in großen Städten; z. B. in Berlin:

1876 . . .	240	1896 . . .	138
1880 . . .	206	1900 . . .	127
1884 . . .	184	1904 . . .	112
1888 . . .	172	1908 . . .	104
1892 . . .	159	1912 . . .	80

Diese Abnahme der Geburtenziffer geht sogar so rasch vor sich, daß auch ein Rückgang der Bevölkerungszunahme demnächst befürchtet werden muß; denn eine erhebliche und fortschreitende Verringerung der Sterblichkeitsziffer, des zweiten dafür maßgebenden Faktors, ist kaum zu erwarten.

Der Geburtenrückgang beruht nicht etwa auf Degeneration und Zeugungsunfähigkeit; nur Alkoholismus und Geschlechtskrankheiten geben in größerer Ausdehnung zu physischer Unfruchtbarkeit Anlaß und sind infolge des Anwachsens der Städte in den letzten Jahren etwas an dem Rückgang beteiligt. Im wesentlichen kommen vielmehr jene von Malthus betonten freiwilligen Hemmungen in Betracht, die durch die vorschreitende Kultur und durch den wirtschaftlichen und kulturellen Aufstieg der breiten Volksmassen angeregt und gefördert werden. Auf der Grundlage der höheren Kultur entwickelt sich in den breiten Massen der Bevölkerung teils ein gesteigertes Gefühl der elterlichen Verantwortlichkeit, teils „ein zügelloser Individualismus, die Überschätzung von materiellem Besitz und Genuß als Lebensgüter und die damit zusammenhängende, anscheinend unhemmbar fortschreitende Steigerung der Lebensansprüche“ (v. Gruber).

Eine besondere Betrachtung erfordern noch die Bedenken, die von Spencer gegen die Leistungen der Hygiene erhoben sind. Spencer stellt sich im großen ganzen auf den Malthusschen Standpunkt, fügt aber noch die Behauptung hinzu, daß durch die Verminderung der Schädlichkeiten eine Anzahl schwächerer Individuen am Leben erhalten werde, welche sich dann vermehren und so die durchschnittliche Tüchtigkeit herabsetzen. Die schwächlicher gewordene Gesellschaft vermöge dann auch den geringer gewordenen Schädlichkeiten nicht zu widerstehen, und so komme die Sterblichkeit bald wieder auf das frühere Maß, und die hygienische Besserung sei vergeblich gewesen. — Auch der Kampf der Hygiene gegen die Infektionskrankheiten kann vom Standpunkt der Rassenhygiene beanstandet werden, insoweit man diese Krankheiten als Mittel zur Herstellung einer besseren Auslese betrachtet. Wird ein Teil der Menschen durch die Tuberkulose rasch dahingerafft, so bedeutet das einen geringeren Schaden, als wenn sie durch frühzeitige Gegenmaßregeln länger am Leben erhalten werden, mit geschädigten Keimzellen Kinder produzieren und dadurch neue „Minusvarianten“ schaffen.

Diese Deduktionen treffen indes die Hygiene eigentlich nicht. Die Hygiene hat nicht sowohl die Aufgabe, Erkrankte und Degenerierte am Leben zu erhalten, sondern vielmehr die Erkrankung und Degeneration zu verhüten. Werden durch hygienische Maßregeln gewisse Schädlichkeiten beseitigt, denen gegenüber eine Anzahl von Individuen die Schwächeren waren, so *sind* diese nach Beseitigung der Schädlichkeit gar nicht mehr die Schwächeren, sondern sie *waren* es nur gegenüber jenen bestimmten Krankheitsursachen. Auch die für Infektionskrankheiten Disponierten sind nicht etwa die allgemein schwächeren, weniger leistungsfähigen und den Nachwuchs verschlechternden Individuen; vielmehr suchen Cholera, Typhus, Diphtherie usw. ihre Opfer oft gerade unter den kräftigsten Männern und Kindern, die nur infolge einer besonderen Epithelbeschaffenheit, Giftempfänglichkeit u. dgl. diesen Krankheiten erliegen, aber wenn sie gegen die Aufnahme der Erreger geschützt werden, die Rasse keineswegs verschlechtern. Die furchtbare Säuglingssterblichkeit betrifft auch nicht vorzugsweise Kinder, die von Anfang an schwächlich waren und zu kräftigen Menschen nicht heranwachsen konnten, sondern ursprünglich vollgesunde Kinder sehen wir durch unverständige Behandlung und Diätfehler disponiert werden für die Seuchen der heißen Sommermonate, die sie nun in großer Zahl blitzartig dahinraffen. Und wenn wir die zur Erkrankung an Tuberkulose Disponierten vor der Ansiedlung des Krankheitserregers von Jugend auf wirksam zu schützen vermögen, so konservieren wir uns damit nicht notwendigerweise schwächliches Menschenmaterial; sondern die Minderwertigkeit dieser Menschen bestand vielleicht im wesentlichen nur darin, daß sie für den Tuberkelbazillus empfänglich waren, und sie sind lebens- und leistungsfähig wie andere und liefern vermutlich vollwertigen Nachwuchs, wenn diese spezifische Gefahr beseitigt ist.

Eine andere Frage ist die, ob auch die tunlichste Erhaltung der bereits Erkrankten für die Rasse empfehlenswert ist. Der Kulturmensch kann sich zweifellos der Aufgabe, auch die Geschwächten nach Möglichkeit zu erhalten, nicht entziehen. Aber in der Gegenwart besteht doch wohl in übertriebenem Maße das Bestreben, gerade die Schwachen zu schützen, sie am Leben zu erhalten und ihnen die Fortpflanzung zu ermöglichen. Demgegenüber muß entschieden betont werden, daß es wichtigste Aufgabe der Rassenhygiene ist, die Fortpflanzung der Vollgesunden mit allen Mitteln zu unterstützen (F. Galtons „*Eugenik*"), dagegen der Vermehrung jener Minusvarianten nach Möglichkeit vorzubeugen.

Noch in einem anderen Sinne kann man die hygienischen Reformen als nutzbringend ansehen: sie bewirken eine gewisse *Auslese* der Bevölkerung derart, daß die sittlich und intellektuell höher stehenden

Menschen vor den übrigen bevorzugt werden. — Dies ergibt sich, wenn man zweierlei Arten von hygienischen Reformen unterscheidet: erstens generelle, von denen alle ohne jedes Zutun des einzelnen profitieren. Dahin gehören z. B. allgemeine obligatorische Impfungen, wie die Schutzpockenimpfung; Kanalisation und Wasserversorgung, wenn sie allen Einwohnern in gleicher Weise zugänglich gemacht wird. Zweitens hat aber ein sehr großer Teil der hygienischen Reformen mehr fakultativen Charakter, und durch diese kann dann eine gewisse elektive Wirkung ausgeübt werden. Z. B. kann bei Diphtherie Ansteckung nur durch frühzeitige Isolierung und Anwendung von Serum verhütet werden. Nur die Eltern, die ihre Kinder sorgsam hüten und das Auftreten der ersten Krankheitssymptome beachten, haben den vollen Vorteil von jenen Maßnahmen; während diese in nachlässigen, indolenten Familien keinen Erfolg haben. Ebenso kommt es bei der Phthise auf große Sorgsamkeit im Verhüten der Ansteckung an; leichtsinnige und willensschwache Menschen finden bei weitem nicht in dem gleichen Maße Schutz. Mögen wir den Müttern in der kritischen Zeit der Hochsommerepidemien einwandfreie Kindernahrung unentgeltlich zur Verfügung stellen, immer wird ein Teil derselben durch sonstige nachlässige Behandlung der Kinder oder durch törichte Behandlung der gelieferten Nahrung trotzdem eine günstige Wirkung nicht aufkommen lassen. Und wenn in manchen Kulturländern die Schutzpockenimpfung nicht obligatorisch, sondern nur empfohlen ist, so wirkt dies wiederum im Sinne einer Auslese, indem gerade derjenige Teil der Bevölkerung sich die Vorteile dieser fakultativen Maßregel entgehen läßt, der zu indolent ist oder die Tragweite seiner Unterlassung nicht zu beurteilen vermag.

Kurz — wir können uns mit der Mehrzahl der hygienischen Reformen stets nur an einen Teil der Bevölkerung wenden; nicht etwa an den bemittelteren, sondern im Gegenteil sind es selbstverständlich die ärmeren Klassen, die vorwiegend unsere Fürsorge erfordern; wohl aber nur an diejenigen, die Verständnis, sozialen Sinn und guten Willen in ausreichendem Maße unseren Reformen entgegenbringen.

Die so durch die hygienischen Bestrebungen zustande kommende intellektuelle und moralische Auslese darf man nicht gering veranschlagen. Die Gesundheit ist der Güter höchstes nicht; und wenn schließlich eine Hebung der Volksgesundheit in noch höherem Grade als jetzt gelänge durch hygienische Reformen von durchweg generellem Charakter, und wenn davon unterschiedslos auch die moralisch und intellektuell minderwertigen Elemente betroffen würden, so könnte doch die Zeit kommen, wo, gerade begünstigt durch die Erleichterung der physischen Existenzbedingungen, ein kultureller Niedergang und eine

Gefährdung von Kunst, Wissenschaft und Sitte drohen würde. Dem vermag jener fakultative Charakter der meisten hygienischen Maßnahmen entgegenzuwirken. Und so sehen wir, daß die Hygiene auch in den Kampf für die idealen Güter kräftig einzugreifen hat, und daß sie sich hierin den übrigen wissenschaftlichen Fächern anreiht, von denen jedes in seiner Weise in diesem Kampfe mitzuwirken berufen ist.

Eine übersichtliche und ungezwungene Einteilung des Inhalts der Hygiene ist durch die Fülle und Ungleichartigkeit des Materials einigermaßen erschwert. Zweckmäßig werden zwei größere Abteilungen dadurch hergestellt, daß zunächst die allgemeinen, überall in Betracht kommenden Einflüsse der natürlichen Umgebung besprochen werden; diesen gegenüber sind zweitens die speziellen Einflüsse der künstlich durch Eingreifen des Menschen modifizierten Umgebung zu erörtern. Es würde jedoch das Verständnis nur erschweren, wollte man diese Gruppierung in rigoroser Weise durchführen. In einzelnen Kapiteln, wie z. B. beim Wasser, ist die Beschreibung der künstlichen Einrichtungen zur Wasserversorgung nicht wohl von der Schilderung der natürlich gegebenen Bezugsquellen des Wassers zu trennen. Demnach wird die angegebene Einteilung nur im allgemeinen für die Reihenfolge der einzelnen, im Inhaltsverzeichnis näher aufgeführten Kapitel maßgebend sein.

Die folgende Darstellung berücksichtigt in erster Linie die hygienischen Beziehungen zwischen der Außenwelt und dem menschlichen Individuum; denn die Art, wie das Individuum auf schädliche Momente der Umgebung reagiert, muß die Grundlage für die Bewertung der hygienisch bedeutsamen Faktoren liefern. Daneben sind aber auch die Aufgaben und Leistungen der sozialen Hygiene nicht zu vernachlässigen. Diese behandelt die Beziehungen zwischen hygienischen Einflüssen und ganzen Gruppen der Bevölkerung von sozialen Gesichtspunkten aus und hat zum Inhalt z. B. sozial interessierende statistische Ergebnisse, Wohlfahrtseinrichtungen verschiedenster Art und Feststellungen über deren Wirksamkeit, ferner zahlreiche rassenhygienische Probleme. Ein Lehrbuch der Hygiene wird in vielen Kapiteln auf diese sozialhygienischen Bestrebungen eingehen müssen. Dagegen erscheint es einstweilen kaum empfehlenswert, die soziale Hygiene als besondere Disziplin abzutrennen, weil der Zusammenhang mit der Individualhygiene, die auch für das Verständnis der sozialhygienischen Aufgaben und Leistungen erst die unerläßlichen Unterlagen liefert, schlechterdings nicht entbehrt werden kann.

Nicht zu verwechseln ist — wie es manchmal geschieht — mit der sozialen Hygiene die soziale Medizin. Diese behandelt die ärztliche Tätig-

keit auf sozialem Gebiete und besonders die Aufgaben des praktischen Arztes gegenüber der modernen sozialen Gesetzgebung. Sie hat also als Lehr- und Arbeitsgebiet nichts mit der Hygiene gemein. Wenn trotzdem vielfach einzelne Teile der Hygiene, z. B. Gewerbehygiene, Seuchenbekämpfung usw. in die soziale Medizin einbezogen und als soziale Medizin bezeichnet werden, so geschieht das mit Unrecht. Diese Kapitel finden keinen Platz im Rahmen der sozialen Medizin, weil sie für Unterrichts- und Forschungszwecke vollste Vertrautheit mit den Lehren und Methoden der Hygiene voraussetzen und daher nur in der Hygiene eine sachgemäße Behandlung erfahren können.

Literatur über soziale Hygiene, hygienische Statistik und Rassenhygiene: Grotjahn-Kaup, Handwörterbuch der sozialen Hygiene. 1912. — Grotjahn, Soziale Pathologie. 1912. — Prinzing, Handbuch der mediz. Statistik. 1906. — v. Gruber-Rüdin, Katalog zur Abteilung „Rassenhygiene" der Dresdener Hygiene-Ausstellung, 2. Aufl. 1913. — v. Gruber, Die Bedeutung des Geburtenrückgangs, D. Viert. f. öff. Ges. Bd. 46. Heft 1. — Fahlbeck, Der Neomalthusianismus, Arch. f. Rassenbiol. 1911. — J. Wolf, Der Geburtenrückgang. 1912.

Erstes Kapitel.

Die klimatischen Einflüsse.

In der freien Atmosphäre laufen eine Reihe von Erscheinungen ab, welche in hohem Grade hygienisches Interesse beanspruchen; und zwar kommen sowohl physikalische Vorgänge, wie die Druck-, Bewegungs-, Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse der Atmosphäre in Betracht; als auch das chemische Verhalten der Luft, ihr Gehalt an Sauerstoff, Ozon, Kohlensäure und fremden Gasen; und drittens die Beimengung staubförmiger Bestandteile.

Viele der physikalischen Prozesse faßt man gewöhnlich in den Ausdrücken „Witterung und Klima“ zusammen. Unter Witterung versteht man speziell die betreffenden physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre während einer bestimmten kürzeren Zeit; unter Klima dagegen das mittlere Verhalten der meteorologischen Faktoren, welches für irgend einen Ort durch längere Beobachtung sich ergeben hat.

Beide, Wetter und Klima, sind von alters her als hygienisch bedeutungsvoll erkannt; beide werden jetzt noch von Ärzten und Laien gern als Ursache zahlreicher geringer oder schwerer Störungen der Gesundheit angeschuldigt.

Statistische Erhebungen haben in der Tat gezeigt, daß gewisse Krankheiten nur in einem bestimmten Klima vorkommen, daß andere eine wesentlich verschiedene Energie und Ausbreitung zeigen, je nach den klimatischen Verhältnissen des Landes. — Ferner hat sich herausgestellt, daß die Mortalität an verschiedenen Krankheiten variiert je nach dem Wechsel der Jahreszeiten und der gleichzeitig wechselnden Witterung.

Es wird daher erforderlich sein, sowohl die einzelnen klimatischen Faktoren wie ihre vereinte Wirkung sorgfältig darauf zu prüfen, inwieweit sie für den Ablauf des menschlichen Lebens von Bedeutung sein können. — Dabei wird es nicht zu vermeiden sein, daß schon in

diesem Kapitel an manchen Stellen auch die künstlich modifizierten klimatischen Einflüsse, denen wir in Kleidung und Wohnung ausgesetzt sind, mit in Betracht gezogen werden, während deren ausführliche Würdigung den späteren Kapiteln „Kleidung" und „Wohnung" vorbehalten bleibt.

A. Der Luftdruck.

Die Messung des Luftdrucks erfolgt für hygienische Zwecke in der üblichen Weise durch Quecksilberbarometer oder Holosteric-(Aneroid-) Barometer (auch selbstregistrierende Apparate). Da bei gleichem Luftdruck die Ausschläge des Barometers von der Temperatur beeinflußt werden, sind die Ablesungen an verschiedenen Orten und zu verschiedener Zeit nur vergleichbar, wenn nach jeder Ablesung eine Reduktion der Barometerangabe auf 0°, am einfachsten mit Hilfe von Tabellen, vorgenommen wird.

Höhe einer Luftsäule, deren Druck 1 mm Hg das Gleichgewicht hält.

Barometerstand	+ 30°	+ 20°	+ 10°	0°	− 10°
780 mm	11·5 Meter	11·1 Meter	10·7 Meter	10·2 Meter	9·8 Meter
760 „	11·8 „	11·4 „	10·9 „	10·5 „	10·1 „
740 „	12·1 „	11·7 „	11·2 „	10·8 „	10·4 „
720 „	12·4 „	12·0 „	11·6 „	11·1 „	10·7 „
700 „	12·8 „	12·3 „	11·9 „	11·4 „	11·0 „
680 „	13·2 „	12·7 „	12·2 „	11·8 „	11·3 „

Will man, wie es bei meteorologischen Beobachtungen gewöhnlich der Fall ist, aus den Barometerbeobachtungen verschiedener Orte auf die augenblicklich vorhandenen Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer schließen, so muß vorher noch ein wichtiger lokaler Einfluß eliminiert werden, nämlich die Höhenlage des Ortes. Mit der Erhebung über die Erdoberfläche nimmt der Luftdruck in geometrischer Progression ab; und um daher vergleichbare Zahlen zu erhalten, müssen die sämtlichen Beobachtungszahlen auf das Meeresniveau reduziert werden. Dies geschieht entweder mit Hilfe von komplizierten Formeln oder einfacher durch Tabellen, welche wenigstens eine annähernde Reduktion auszuführen gestatten. Für hygienische Zwecke reicht meist die obenstehende, stark abgekürzte Tabelle aus, welche angibt, wie hoch eine Luftsäule ist, deren Druck 1 mm Hg beträgt, und zwar bei verschiedenem Barometerstand und bei verschiedenen Wärmegraden. Je nach der Temperatur und dem Luftdruck, welche während einer Ablesung geherrscht haben, sucht man in der Tabelle den Wert für die Höhe einer Luftsäule, welche im konkreten Falle eine Druck-Zu- oder Abnahme um 1 mm Hg bewirkt. Dividiert man dann die Höhenlage des Ortes durch die so gefundene Zahl von Metern, so findet man diejenigen Millimeter Quecksilber, welche dem abgelesenen Barometerstand hinzuzuaddieren sind, um den Barometerstand im Meeresniveau zu erhalten.

Örtliche und zeitliche Verteilung des Luftdrucks.

Die Tagesschwankung des Luftdrucks ist geringfügig und in der gemäßigten Zone unregelmäßig. Die Monats- und Jahresschwankung zeigt in unserem Klima das Minimum im Sommer, das Maximum im Winter. Die monatliche Amplitude beträgt bei uns etwa 12—20 mm; die Jahresamplitude macht in maximo 30—40 mm aus; zwischen den Extremen mehrerer Jahre können 40—50 mm Differenz liegen, die aber immerhin erst eine Exkursion um 6 Prozent des gesamten Luftdrucks repräsentieren.

Die örtliche Verteilung des Luftdrucks wird gewöhnlich registriert durch Isobaren, d. h. Linien, welche die Orte mit gleichem Luftdruck bzw. mit gleichem Monatsmittel des Luftdrucks verbinden (die Barometerstände auf Meeresniveau reduziert). Eine Karte der Isobaren zeigt geschlossene Kreise, um welche konzentrisch in größerem oder geringerem Abstand die übrigen Isobaren folgen (vgl. Fig. 1, S. 30). Es existieren sonach lokal begrenzte Maxima und Minima, und von diesen Zentren aus steigt oder fällt der Luftdruck nach allen Richtungen hin. Auch diese örtliche Vergleichung läßt indessen nur eine geringe Amplitude der Schwankungen erkennen; dieselben bewegen sich zwischen 740 und 770 mm, betragen also höchstens 2—3 Prozent des gesamten Luftdrucks.

Weitaus stärkere Schwankungen resultieren, wenn die Höhenlage nicht eliminiert wird, da jede Erhebung um 11 m eine Druckabnahme um 1 mm, jedes Hinabsteigen unter das Meeresniveau eine entsprechende Steigerung bewirkt.

Folgende mittlere Barometerstände sind an dauernd bewohnten hochgelegenen Ortschaften beobachtet:

Mexiko	2270	Meter	586 mm Hg
Quito	2850	„	549 „ „
Pikes Peak (Kolorado, N.-Am.)	4300	„	451 „ „
Dorf S. Vincente (bei Portugalete, Bolivia)	4580	„	436 „ „
Kloster Hanle (Tibet)	4610	„	433 „ „

Bei vorübergehendem Aufenthalt wurden noch niedrigere Ablesungen erhalten: so von Gebr. Schlagintweit im Himalaya 6780 m Höhe = 340 mm Hg; im Luftballon von Glaisher 8840 m Höhe = 248 mm Hg, von Berson und Süring 1901 10500 m Höhe = 202 mm Hg, −40° C.

Anderseits sind Menschen in tiefen Bergwerken bei oft langdauerndem Aufenthalt und anstrengender Arbeit einem um 50 mm und mehr über das Normale gesteigerten Luftdruck ausgesetzt. Noch höherer Druck (bis zu 2, 3 Atmosphären und mehr) kommt in den Taucherglocken und in den sogenannten Caissons zustande, mit deren

Hilfe Arbeiten unter Wasser ausgeführt werden (s. im 9. Kap.). Die oben aufgeführten örtlich und zeitlich wechselnden Druckschwankungen des Luftmeeres verschwinden fast gegenüber diesen enorm großen Exkursionen.

Hygienische Bedeutung der Luftdruckschwankungen.

1. **Stark gesteigerter** Luftdruck ruft zunächst eine Verlangsamung und Vertiefung der Atmung hervor; der Puls wird ein wenig verlangsamt. Bei geschlossener Tube wird das Trommelfell eingewölbt und dadurch das Gehör beeinträchtigt. Sprechen und Pfeifen ist erschwert, auch die sonstige Muskelarbeit etwas behindert. Alle diese Erscheinungen gleichen sich unter normalem Luftdruck bald wieder aus, nur bei längerem Aufenthalt bleibt abnorme Ausdehnung der Lunge leicht bestehen.

Außer der Druckwirkung kommt noch der Einfluß der vermehrten Sauerstoffaufnahme in Frage. Da komprimierte Luft in 1 cbm eine dem stärkeren Druck entsprechend größere Gewichtsmenge Sauerstoff enthalten muß, als weniger dichte Luft, da aber das eingeatmete Luftvolum mindestens das gleiche bleibt, so müßte eigentlich eine stärkere Sauerstoffaufnahme erfolgen.

In der Tat wird beim Aufenthalt in komprimierter Luft das Venenblut heller; zu einer erheblichen Vermehrung des Blutsauerstoffs kommt es jedoch nicht, da das Hämoglobin schon bei weniger als gewöhnlichem Druck mit Sauerstoff gesättigt ist und eine vermehrte Aufnahme von Sauerstoff daher nur mittels einfacher Absorption im Plasma erfolgen kann.

Bedeutendere Schädigungen werden daher selbst durch sehr stark vermehrten Luftdruck nicht ausgelöst. Dagegen muß der Übergang aus der komprimierten Luft in gewöhnliche mit größter Vorsicht erfolgen; bei raschem Wechsel können durch plötzlichen Austritt der im Blut absorbierten Gase in Form von Gasblasen gefährliche Gefäßverstopfungen entstehen (s. im 9. Kap.).

2. **Stark verminderter** Luftdruck wirkt teils durch die Druckabnahme, teils durch Verminderung der Sauerstoffzufuhr. Das Trommelfell wölbt sich nach außen, Muskelbewegungen sind erleichtert; die Atmung wird durch Ausdehnung der Magen-Darmgase und Hinauftreiben des Zwerchfells etwas beeinträchtigt. — Nicht ohne Bedeutung ist unter manchen Verhältnissen die mit der Abnahme des Luftdrucks sich einstellende Erleichterung der Wasserverdampfung von der Haut, wenn dieselbe auch nicht gerade hohe Werte erreicht.

Einflußreicher ist die verminderte Sauerstoffzufuhr. In 2000—2500 m Höhe ist die im gleichen Luftvolum enthaltene Sauerstoffmenge schon um mehr als ein Viertel verringert; in 5000 m Höhe ist sie fast auf 50 Prozent reduziert, so daß das gleiche Quantum Sauerstoff unter gewöhnlichem Luftdruck bei einem Gehalt der Luft von nur 11 Prozent Sauerstoff aufgenommen werden würde; man kann also mit einem kurzen Ausdruck sagen, daß die Luft in 5000 m Höhe nur noch 11 Prozent Sauerstoff enthält. Diese Verminderung macht sich aber physiologisch relativ wenig bemerkbar, weil — wie oben erwähnt — die Aufnahmefähigkeit des Hämoglobins für O nur sehr langsam mit dem Druck abnimmt, so daß es bei nur 50 Prozent des normalen O-Drucks immer noch zu 92 Prozent gesättigt ist. — Das Maßgebende für den Gaswechsel ist allerdings die Zusammensetzung der Alveolarluft. Diese zeigt bei 5000 m Höhe nur 30—35 mm O-Spannung, und dabei würde Gefährdung eintreten, wenn nicht durch Beschleunigung der Blutzirkulation und Vermehrung der Atemfrequenz ein Ausgleich geschaffen würde. Der Puls steigt bei 1000 m Erhebung um 4—5, in 4000 m Höhe um 12—20 Schläge pro Minute (einige Beobachter behaupten, daß diese Zunahme sich bei längerem Aufenthalt in gleicher Höhe wieder verliere); die Atemfrequenz ist bei 4000 m nahezu verdoppelt; das Atemvolum ist dagegen verringert. Außerdem hat sich aus den vielfach einander widersprechenden Versuchsresultaten schließlich doch ergeben, daß unter dem Einfluß des verminderten Partiardrucks des Sauerstoffs eine Zunahme der roten Blutkörperchen und eine Vermehrung des Hämoglobingehalts des Blutes sich einstellt. Infolgedessen treten erfahrungsgemäß keine Symptome verminderter Sauerstoffzufuhr bis zu einer Höhe von etwa 3000 m auf. (Zuntz.)

Erst in 4—5000 m Höhe ist schwächliche Konstitution und verminderte Leistungsfähigkeit der Bewohner unausbleiblich; die Gesichtsfarbe wird blaßgelb, die Muskeln sind schlaff, die Resistenz vermindert (Anoxyhémie Jourdanets).

Bei vorübergehendem Aufenthalt in größeren Höhen kommt es leichter zu Gesundheitsstörungen, weil die akute Veränderung nicht immer eine genügende Anpassung des Körpers gestattet. Es tritt dann hochgradige Ermüdung, Herzklopfen, Atemnot, Schwindel, schließlich Bewußtlosigkeit ein, oft kommt es zu Hämorrhagien. An diesen Wirkungen ist sowohl die Druck- wie die Sauerstoffabnahme (weniger die von Mosso angeschuldigte geringere CO_2-Spannung des Blutes) beteiligt; die O-Abnahme am wesentlichsten, da bei Ballonfahrten die Erfahrung gemacht wurde, daß durch zeitweises Einatmen von reinem Sauerstoffgas die meisten störenden Erscheinungen vermieden werden. — Bei der sog. „Bergkrankheit“ sind die ähnlichen Symptome, die hier

schon unter 3000 m auftreten können, zum Teil auch auf Druck- und O-Abnahme, zum Teil aber auf die Kälte, den Wind und vielleicht auch das elektrische Verhalten der Luft, namentlich aber auf die anstrengende Muskelarbeit zurückzuführen; bei Ruhe pflegen die Erscheinungen zu schwinden.

Die Schwankungen des Luftdrucks, wie sie in den Isobaren zum Ausdruck kommen, oder die zeitlichen Differenzen desselben äußern offenbar keinerlei direkte Wirkungen auf den gesunden Menschen. Was statistisch über Änderungen im subjektiven Befinden und im psychischen Verhalten infolge von Luftdruckabnahme ermittelt ist, bedarf noch weiterer kritischer Prüfung. Ein indirekter Einfluß zeigt sich darin, daß die Barometerschwankungen Bewegungen der im Boden enthaltenen Luft veranlassen; beim Sinken des Luftdrucks erhebt die Bodenluft sich über die Oberfläche und dringt eventuell in unsere Wohnungen ein. — Ferner spielen die Luftdruckschwankungen zuweilen eine Rolle beim Entstehen der sogenannten „bösen Wetter" in Steinkohlengruben, weil das in tieferen Erdspalten sich findende Methan, welches mit Luft gemengt explosiv ist, infolge eines plötzlichen Sinkens des Luftdrucks in größerer Masse in die Gruben einzutreten vermag.

B. Die Luftbewegung.

Die Bewegungsvorgänge in der Atmosphäre zeigen sich aufs innigste abhängig von den Verhältnissen des Luftdrucks bzw. der Temperatur.

Messung der Luftbewegung. Die Richtung des Windes wird bestimmt durch frei aufgestellte Windfahnen, die aus zwei im Winkel von 20° gegeneinander geneigten Flügeln bestehen.

Die Stärke der Luftbewegung kann entweder approximativ ermittelt werden; schwächste Strömungen durch die Ablenkung einer Kerzenflamme, durch Tabaksrauch, Flaumfedern oder dergleichen; stärkerer Wind durch Feststellung seiner Wirkung auf Baumblätter, Baumzweige usw.

Zu genaueren Messungen benutzt man Anemometer; entweder statische, bei denen der Druck des Windes gemessen wird, oder dynamische, bei welchen man die Geschwindigkeit aus der Zahl der Umdrehungen eines Rotationsapparates entnimmt (Flügel-Anemometer; Robinsonsches Schalenkreuz-Anemometer). Die nachstehende, der 6stufigen, sog. Landskala entsprechende Tabelle gibt einen Vergleich der empirisch beobachteten Windgeschwindigkeit und der durch statische und dynamische Instrumente gemessenen. Vielfach wird eine 12stufige „Seeskala" benutzt. — Mit großen Schwierigkeiten ist die Wahl eines für die Aufstellung der Anemometer geeigneten Ortes verbunden. Wenige Meter über der Erdoberfläche sind Hemmnisse nicht zu vermeiden; und in größerer Höhe sind die gefundenen Werte mit denen in unserer Umgebung nicht vergleichbar. Außerdem wechselt, wie sich an selbstregistrierenden

Anemometern zeigen läßt, die Windgeschwindigkeit fortwährend in sehr hohem Grade, so daß kurz dauernde Beobachtungen keine Charakteristik für längere Perioden geben. In Mittelwerten für längere Zeit werden aber wiederum enorme Differenzen verwischt.

	Windstärke	Geschwindigkeit des Windes	Winddruck	Wirkungen des Windes
	0—6	Meter in der Sekunde	Kilogr. auf den Quadratmeter	
0	Stille	0—0·5	0—0·15	Der Rauch steigt gerade oder fast gerade empor.
1	Schwach	0·5—4	0·15—1·9	Für das Gefühl merkbar, bewegt einen Wimpel.
2	Mäßig	4—7	1·9—6	Streckt einen Wimpel, bewegt die Blätter der Bäume.
3	Frisch	7—12	6—16	Bewegt die Zweige der Bäume.
4	Stark	12—20	16—42	Bewegt große Zweige und schwächere Stämme.
5	Sturm	20—29	42—112	Die ganzen Bäume werden bewegt.
6	Orkan	über 29	über 112	Zerstörende Wirkungen.

Verteilung der Luftbewegung auf der Erdoberfläche.

Die Winde, welche durch die Gleichgewichtsstörungen im Luftmeer bedingt sind, werden im allgemeinen in senkrechter Richtung zu den Isobaren nach dem Luftdrucksminimum hin oder vom Maximum weg sich bewegen; und sie werden um so raschere Strömung zeigen müssen, je kürzer die Wegstrecke zwischen zwei Isobaren wird, je dichter letztere aufeinander rücken und je steiler also der Abfall des Luftdrucks ist. Die Beziehung zwischen der Druckdifferenz einerseits und der Wegstrecke, auf welcher sich dieselbe vollzieht, andererseits, bezeichnet man als den barometrischen Gradienten. Derselbe gibt an, wie groß die Druckdifferenz ist auf eine bestimmte, einheitliche, senkrecht zu den Isobaren gemessene Weglänge. Als Einheit der Weglänge dient ein Äquatorgrad = 111 Kilometer. Je höher der Gradient, d. h. je mehr Millimeter Druckdifferenz auf 111 Kilometer Weglänge entfallen, um so rascher muß die Windbewegung sein.

Während die Luftteilchen in solcher Weise von allen Seiten nach einem Minimum hin oder von einem Maximum weg strömen, erleiden sie noch eine gewisse Ablenkung, teils durch die Erdumdrehung, teils durch die Zentrifugalkraft. In Wirklichkeit entstehen daher nicht Bewegungen in der Richtung des Gradienten, sondern es entstehen Spiralen, welche auf der nördlichen Halbkugel von links nach rechts nach dem Minimum hin, bzw. vom Maximum fort sich bewegen. Die von einem Minimum beherrschten Strömungen nennt man Zyklonen, die von einem Maximum ausgehenden Winde Antizyklonen. Die letzteren zeigen eine relative Ruhe und Unveränderlichkeit, während die

Zyklonen im allgemeinen veränderliches Wetter bewirken. Minima und Maxima findet man oft in lebhaft fortschreitender Bewegung; auf der nördlichen Halbkugel wandern die Minima vorzugsweise von West nach Ost und der Wind hat hier den niederen Druck links und etwas vor sich, den höheren rechts und etwas hinter sich. Minima können sich unter Umständen mit einer Geschwindigkeit von 800—1000 Kilometer pro 24 Stunden bewegen.

Eine gute Übersicht über die momentan herrschenden Windverhältnisse geben die synoptischen Witterungskarten (Fig. 1), die täglich von den amtlichen Wetterdienststellen ausgegeben und von vielen Tagesblättern publiziert

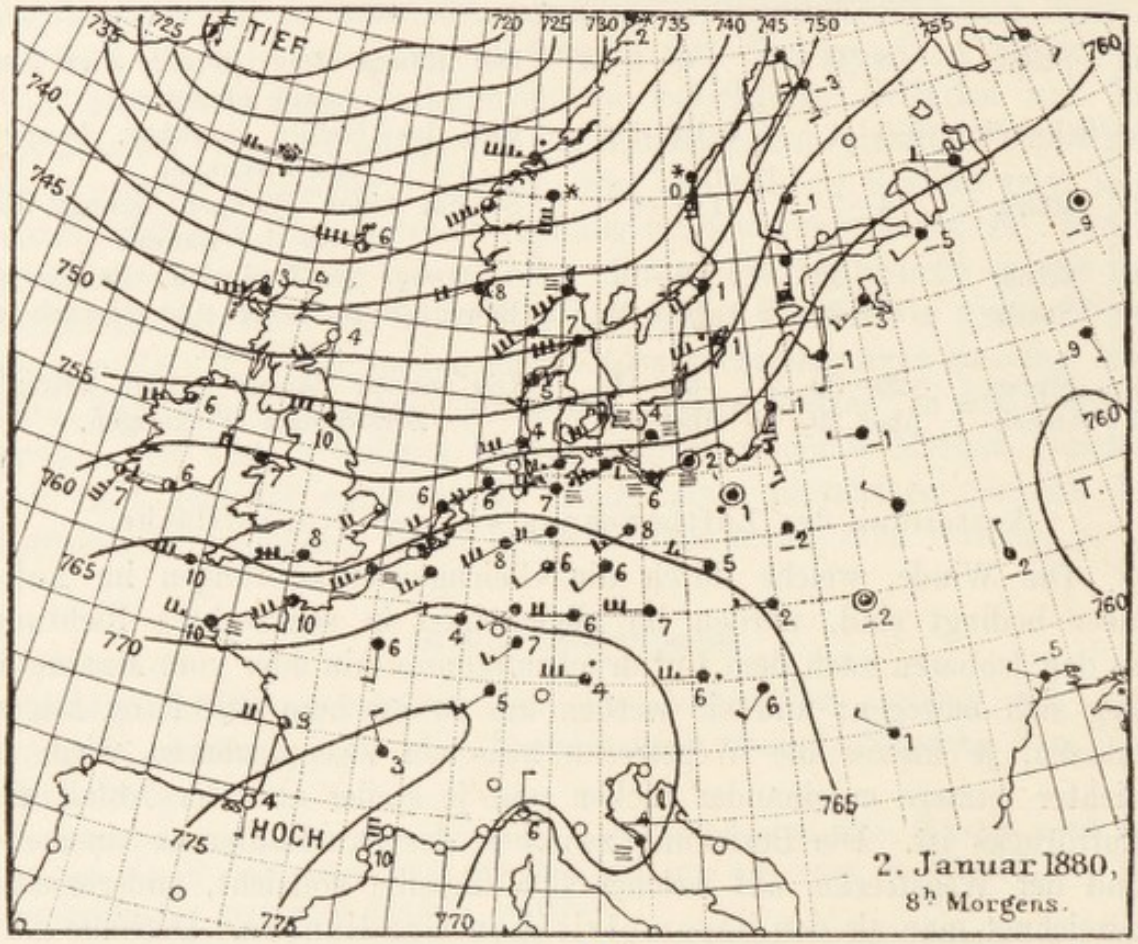


Fig. 1. Synoptische Witterungskarte.

werden. Auf diesen Karten sind die Isobaren eingezeichnet; ferner Pfeile, welche die Windrichtung anzeigen (der runde Kopf des Pfeiles geht voran), und durch die Fiederung des Pfeiles die Windstärke (sechs ganze Striche bedeuten stärksten Orkan). Der Kopf der Pfeile gibt außerdem durch die verschiedene Schattierung Aufschluß über den Grad der Bewölkung; ein Punkt neben dem Kopf bedeutet Regen usw.

In der gemäßigten Zone stehen die Luftströmungen unter dem Einflusse der Zyklonen und Antizyklonen; häufig findet ein regelloser Wechsel der Windrichtung und Windstärke statt. In Westeuropa herrschen im allgemeinen West- und Südwestwinde vor, und zwar

unter dem Einflusse von Depressionen, welche über dem Atlantischen Ozean entstehen und von da nach Nordosten fortschreiten.

Außerdem treten an vielen Orten lokale Ursachen für die Windbewegung hinzu. So haben wir am Meeresufer häufig lokale Land- und Seewinde; vormittags findet in den oberen Schichten eine Strömung von dem stark erwärmten Land zur See statt, in den unteren Schichten umgekehrt, in den Abendstunden erfolgt allmählicher Ausgleich und in der Nacht stellt sich eine entgegengesetzte Strömung her wie am Tage, weil jetzt das Land stärkere Abkühlung erleidet. — Höhere Gebirgskämme führen zu Föhnwinden dadurch, daß die Luftmassen, die über den Kamm ziehen, sich beim Herabsinken erwärmen und ein höheres Sättigungsdefizit bekommen. Ferner beobachtet man in Gebirgstälern eine Periodizität der Luftströmungen, indem am Tage ein energisches Aufsteigen der erwärmten Talluft, nachts dagegen ein Niederströmen der kalten Luft eintritt. Größere nahe der Meeresküste gelegene Gebirgsmassen pflegen oft sehr starke Temperaturdifferenzen und dadurch heftige lokale Winde zu veranlassen, so den Mistral in der Provence, die Bora in Dalmatien usw.

Außer der Richtung und Stärke des Windes ist auch seine sonstige Beschaffenheit, namentlich die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft, von Bedeutung. Für meteorologische Zwecke sucht man die mittlere Temperatur, Feuchtigkeit usw. für jede einzelne Windrichtung aus langjährigen Beobachtungen zu ermitteln. Man erhält in dieser Weise Charakteristika der Windrichtungen und zugleich lokale Wahrscheinlichkeitszahlen für das Wetter, welches jede Windrichtung bringt.

Regelmäßige zeitliche Schwankungen der Windrichtung und Windstärke kommen in unserem Klima nicht vor; wir können höchstens eine sturmreichere Jahreshälfte von Ende September bis Ende März unterscheiden gegenüber einer ruhigeren, welche sich über Sommer und Herbst erstreckt.

Ferner beobachten wir auf dem Kontinent bei relativ ruhigem heiteren Wetter eine Tagesschwankung in der Windstärke derart, daß dieselbe um 10 Uhr ansteigt, kurz nach Mittag das Maximum erreicht und gegen Sonnenuntergang absinkt. Es erklärt sich dieser Gang dadurch, daß in der Nacht die untere Luftschicht als die kältere dem Vermischen mit der oberen nicht ausgesetzt ist: die obere ist aber stets in viel rascherem Strömen begriffen, weil sie nicht wie die untere durch Häuser, Bodenerhebungen usw. in der horizontalen Fortbewegung behindert ist. Gegen 10 Uhr morgens aber ist die untere Luftschicht durchwärmt, wird nun nach oben gedrängt und mischt sich mit den lebhafter bewegten Schichten. Gegen Abend tritt infolge der Bodenausstrahlung allmählich wieder die frühere Schichtung und Stagnation ein. Daher kommt es, daß sich über Nacht die stärkste Ansammlung von Gerüchen geltend macht, namentlich im Hochsommer, wo die engen Straßen und Höfe und die Souterrains der Häuser die relativ niedrigsten Temperaturen zeigen. — Ballonfahrer können sich bei Weitfahrten diese Schichtung zunutze machen, indem sie in der Nacht gleichsam auf der kalten Schicht schwimmen.

Hygienische Bedeutung der Luftbewegung.

Die Windrichtung ist nur bedeutungsvoll durch den begleitenden Charakter des Windes, durch die Temperatur, Feuchtigkeit, Wolken, Niederschläge, welche eine bestimmte Windrichtung mit sich zu bringen pflegt.

Die Windstärke ist von bedeutendem Einfluß auf die

Wärmeabgabe des Körpers, und darauf beruht die mächtige Wirkung der bewegten Luft im Freien. Hier ist selbst bei Windstille und schwachem Wind noch eine Luftbewegung von $^1/_2$—3 Meter vorhanden, ungleich mehr, als je in geschlossenen Räumen beobachtet wird. — Es ist festgestellt, daß gegenüber leblosen Körpern die Abkühlung durch Leitung sich proportional der Quadratwurzel aus der Windgeschwindigkeit verhält. Die Abkühlung z. B. einer 30° warmen Glaskugel innerhalb 5 Minuten erfolgt (allerdings nur während der Zeit, wo die Temperaturdifferenz konstant ist) nach der Gleichung: $D = 0{\cdot}094\ (30 - t)\ \sqrt{v}$, wo D die Abkühlung in Graden, t die Lufttemperatur, v die Windgeschwindigkeit bedeutet. Diese stärkere Abkühlung durch die bewegte Luft im Freien muß sich auch am lebenden Menschen äußern. In der Tat ist durch direkte Messungen festgestellt, daß in den praktisch hauptsächlich in Betracht kommenden mittleren Temperaturlagen die Wärme sowohl der nackt getragenen Hautstellen wie der bekleideten Oberflächen im Wind um 4 bis 7° sinkt. Selbst bei schwachen Strömen resultiert daraus ein erfrischendes Gefühl, das namentlich dann hervortritt, wenn die Haut durch warme ruhende Luft oder durch körperliche Arbeit stärker erwärmt, blutreich und feucht geworden war und dadurch Unbehagen hervorgerufen hatte. Die vorher nur durch aktive Beteiligung der Haut ermöglichte Entwärmung des Körpers geht im Winde durch vermehrte Leitung sehr leicht von statten. — Der Stoffwechsel wird dabei zum Teil geändert: in mittleren Temperaturlagen wird die Wasserdampfabgabe von der Haut bedeutend herabgesetzt, Atemgröße und CO_2-bildung bleiben ungefähr gleich; bei ausgesprochenen Kältesymptomen wird CO_2 und Atemgröße gesteigert; bei Wärme über 30° sinkt die CO_2 etwas ab. — Außer dem Behagen und der Erfrischung, welche bewegte Luft gewährt, scheint die Luft im Freien durch die steten bedeutenden Schwankungen der Windgeschwindigkeit auch noch einen kräftigen Reiz auf die Vasomotoren der Haut auszuüben und dadurch gegen Erkältungskrankheiten abzuhärten. Der günstige Einfluß des Aufenthalts und der Körperbewegung im Freien, auch der Liegekuren, der Luftbäder und Waldschulen ist hauptsächlich auf diese Wirkungen der bewegten Luft zurückzuführen.

Andererseits können stärkere Winde bei kaltem Wetter in außerordentlich hohem Grade schädliche Wirkungen durch zu intensiven Wärmeverlust (Erkältungen, Erfrierungen) befördern, trotzdem der Körper einer zu stark abkühlenden Wirkung des Windes bei niederer Temperatur durch gesteigerte Wärmeproduktion bis zu einem gewissen Grade zu begegnen vermag. — Ferner ist die zerstörende Gewalt der heftigsten Stürme und Orkane zu erwähnen, denen alljährlich eine große Anzahl von Menschen zum Opfer fällt. Um die Seefahrer zu schützen, sind die Sturmwarnungen von großer Bedeutung. Sobald auf Grund telegraphischer Witterungsberichte in der deutschen Seewarte in Hamburg eine synoptische Witterungskarte zusammengestellt ist und sich aus dieser ergibt, daß ein von dichtgedrängten

Isobaren umgebenes Minimum sich gegen die Küste hin fortbewegt, werden die Häfen mit telegraphischen Warnungen versehen.

Indirekt haben die Winde insofern hygienische Bedeutung, als sie ein lebhaftes Durchmischen der Atmosphäre verursachen, üble Gerüche, schädliche Gase und suspendierte Bestandteile schnell ins Unendliche verdünnen und eine einigermaßen gleiche Beschaffenheit der Luft garantieren. Auch eine Lüftung der Wohnungen wird nicht zum wenigsten durch die Winde ermöglicht, wenn auch größere Häusermassen die Windbewegung außerordentlich abschwächen. — Eine fernere Wirkung der Winde besteht in ihrem mächtigen Einfluß auf die Wasserverdampfung von allen freien Flächen, speziell von der Bodenoberfläche; heftigere Winde vermögen große Massen von Staub aufzuwirbeln und der Luft beizumengen.

C. Die Luftfeuchtigkeit.

Verhalten des Wasserdampfes in der Luft. Der beim Verdunsten des Wassers gebildete Wasserdampf verteilt sich gleichmäßig in der Luft und übt dort einen gewissen Druck aus, so daß das Barometer um einige Millimeter fallen müßte, wenn die Luft plötzlich getrocknet würde. Die Menge des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes kann durch den von demselben ausgeübten Druck (Spannung, Tension) gemessen werden; man gibt daher die Wasserdampfmenge gewöhnlich in Millimetern Quecksilbersäule an. — Um den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurteilen, bestimmt oder berechnet man folgende Größen:

1. Die maximale Feuchtigkeit. Mit steigender Temperatur vergrößert sich das Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf; je wärmer daher die Luft, um so höher kann der Druck des Wasserdampfes steigen. Für jeden Temperaturgrad ist aber die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf scharf begrenzt, es existiert für jeden Grad ein Zustand der Sättigung mit Wasserdampf oder der maximalen Tension des Wasserdampfes; sobald Temperaturerniedrigung eintritt, muß Kondensation von Wasserdampf oder Taubildung eintreten, da nunmehr die der höheren Temperatur entsprechende Wasserdampfmenge nicht mehr von der kälteren Luft in Dampfform behalten werden kann. Die maximale Feuchtigkeit für jeden Temperaturgrad ist aus der „Spannungstafel" (s. im Anhang) ohne weiteres abzulesen. Für gewöhnlich ist aber die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt, sondern enthält eine geringere Menge, so daß bei der betreffenden Temperatur noch mehr Wasser in Dampfform aufgenommen werden könnte. Die dann wirklich in der Luft vorhandene Wasserdampfmenge bezeichnet man als

2. Die absolute Feuchtigkeit, d. h. diejenige Menge Wasserdampf in Millimetern Hg oder in Gramm oder Liter pro 1 cbm Luft ausgedrückt, welche augenblicklich in der Luft enthalten ist. Dieser Ausdruck bildet gewöhnlich die Grundlage für die Berechnung der übrigen Faktoren.

3. Die relative Feuchtigkeit oder die Feuchtigkeitsprozente geben die vorhandene Feuchtigkeit an in Prozenten der für die betreffende Temperatur möglichen maximalen Feuchtigkeit. Bezeichnet man die maximale Feuchtigkeit mit F, die absolute mit F_0, so sucht die relative Feuchtigkeit das Verhältnis $\frac{F_0}{F}$ anzugeben oder in Prozenten berechnet $\frac{100\,F_0}{F}$.

4. Das Sättigungs-(Spannungs-)defizit, mißt die Differenz zwischen maximaler und wirklich vorhandener absoluter Feuchtigkeit, also $F—F_0$; dasselbe wird ausgedrückt entweder in Millimeter Quecksilber (Spannungsdefizit) oder in Gramm Wasserdampf auf 1 cbm Luft (Sättigungsdefizit). Beide Ausdrücke zeigen sehr geringe Differenzen; im folgenden wird der Ausdruck Sättigungsdefizit auch für die Spannungsdifferenz gebraucht.

5. Der Taupunkt, d. h. diejenige Temperatur, für welche die Luft mit der augenblicklich vorhandenen Wasserdampfmenge (absolute Feuchtigkeit) gesättigt ist; oder: für welche F_0 die Bedeutung von F hat. Sobald diese Temperatur um ein Minimum erniedrigt wird, muß Kondensation, Taubildung eintreten. Die Taupunktbestimmung dient wesentlich zur Wetterprognose.

Methoden zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.

1. Bestimmung durch Wägung des Wasserdampfes, welcher aus einem gemessenen Luftvolum durch Schwefelsäure oder Calciumchlorid absorbiert ist.

2. Kondensationshygrometer, bestimmen den Taupunkt und aus diesem mit Hilfe der oben gegebenen Tabelle die absolute Feuchtigkeit. Ein kleines zylindrisches Gefäß, welches außen mit einer glänzend polierten Silberbekleidung (oder Goldbelag oder Quecksilberfüllung) versehen ist, wird künstlich abgekühlt; mit Hilfe von empfindlichen Thermometern wird genau beobachtet, bei welcher Temperatur Taubildung auf der Silberfläche eintritt. (Daniel, Regnault.)

3. Haarhygrometer; entfettete Haare oder Strohfasern oder Streifen tierischer Membranen verkürzen sich bei relativ trockener Luft und verlängern sich mit steigender relativer Feuchtigkeit. Sie können leicht in passender Weise aufgehängt und mit einem Zeiger verbunden werden, der sich auf einer Skala bewegt; die Zahlen der empirisch geeichten Skala geben dann direkt die relative Feuchtigkeit in Prozenten an. Die Instrumente sind sehr veränderlich und müssen häufig kontrolliert werden. — Eine leichte Kontrolle gestatten die Koppeschen Hygrometer. — Zur Beobachtung des menschlichen Hautklimas zwischen den Kleiderschichten dient das Wurstersche Kleiderhygrometer.

4. Atmometer, messen das in der Zeiteinheit von einer bekannten Fläche verdunstete Wasser und, da dieses in ruhiger oder gleichbewegter Luft und bei gleichem Luftdruck nur von dem Sättigungsdefizit abhängt, liefern sie direkte Bestimmungen dieses letzteren Ausdrucks. Mit den bisher konstruierten Atmometern sind jedoch zuverlässige Angaben nicht zu erhalten.

5. Psychrometer. Man beobachtet zwei Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin umhüllt und mit Wasser befeuchtet ist; an dem feuchten Thermometer wird Wasser verdunsten, und zwar um so energischer, je trockener die Luft und je niedriger der Barometerstand ist; entsprechend dem Grade der Wasserverdunstung wird mehr oder weniger Wärme latent und das feuchte Thermometer muß eine um so niedrigere Temperatur gegenüber dem trockenen Thermometer zeigen, je austrocknender die Luft wirkt. Man wartet, bis das feuchte Thermometer seinen tiefsten Stand erreicht hat, liest dann ab und berechnet aus der Temperatur des trockenen und des feuchten Thermometers nach einer einfachen Gleichung (s. im Anhang) oder mit Hilfe von Tabellen die absolute Feuchtigkeit.

Das Psychrometer liefert ungenaue Angaben, sobald die Windgeschwindigkeit, welche die Verdunstung gleichfalls energisch beeinflußt, wechselt. Vergleichbare Werte erhält man daher sowohl im Freien, wie besonders in der Zimmerluft nur dann, wenn man stets einen Luftstrom von gleicher Ge-

schwindigkeit über die feuchte Kugel streichen läßt. Dies läßt sich erreichen durch Asmanns Aspirationspsychrometer, bei welchem die beiden Thermometer sich in einem dünnwandigen Metallgehäuse befinden; im Kopfe des Gehäuses liegt ein Federkraft-Laufwerk, durch welches ein Exhaustor-Scheibenpaar in schnelle Umdrehung versetzt wird; letzteres unterhält einen konstanten Luftstrom, der mit 2·3 m pro Sek. Geschwindigkeit an beiden Thermometergefäßen vorbeistreicht. — Oder man befestigt das feuchte Thermometer an einer 1 m langen Schnur und schwingt es einmal pro Sekunde im Kreise. Mit einem solchen Schleuder-Psychrometer, das für hygienische Untersuchungen das brauchbarste Instrument ist, erhält man ausreichend genaue Werte (s. Anhang).

Verteilung der Luftfeuchtigkeit auf der Erdoberfläche.

1. Die Menge der **absoluten** Feuchtigkeit hängt vor allem ab von der Temperatur, sodann von der Möglichkeit reichlicher Wasserverdunstung. Maximal ist sie z. B. im mexikanischen Meerbusen bei windstillem Wetter; das Minimum finden wir in den Polargegenden.

Die Tagesschwankung zeigt kurz vor Sonnenaufgang das Minimum, weil während der Nacht gewöhnlich Taubildung eingetreten ist; dann steigt die absolute Feuchtigkeit infolge der zunehmenden Wasserverdunstung bis etwa 9 Uhr morgens, darauf erfolgt Abnahme bis 4 Uhr nachmittags, weil sich unter dem Einflusse der stärkeren Erwärmung ein aufsteigender Luftstrom ausbildet, welcher einen Teil des Wasserdampfes mit sich fortführt. Von 4 Uhr ab sinkt die erkaltende Luft allmählich wieder abwärts und damit tritt Steigerung der Luftfeuchtigkeit ein bis etwa 9 Uhr abends. Bei trübem Wetter wird der Gang dieser Kurve mehr oder weniger verwischt.

Die Jahresschwankung verläuft so, daß wir im Januar die geringste, im Juli die höchste absolute Feuchtigkeit haben (s. Tab. auf S. 36).

2. Die **relative** Feuchtigkeit zeigt eine Tagesschwankung der Art, daß das Maximum (im Mittel 95 Prozent Feuchtigkeit) zur Zeit des Sonnenaufgangs liegt. Von da nimmt sie allmählich ab, erreicht zwischen 2 und 4 Uhr das Minimum (50—90 Prozent), um gegen Abend wieder zu steigen. Die Jahresschwankung zeigt im ganzen nur geringe Differenzen; in unserem Klima haben wir im Winter die höchste relative Feuchtigkeit von 75—85 Prozent; in den Sommermonaten das Minimum mit 65—75 Prozent Feuchtigkeit. — Den geringsten Sättigungsprozenten, zwischen 20 und 40 Prozent, begegnen wir im Frühjahr und Sommer zur Mittagszeit und bei östlichen Winden.

Die örtliche Verteilung weist ebenfalls nur geringe Differenzen auf. Über den Kontinenten finden wir im allgemeinen ein Jahresmittel von 70—80 Prozent relativer Feuchtigkeit, an den Meeresküsten 80—90 Prozent. — An der bekanntlich sehr trockenen Ostküste von

Örtliche Verteilung der Luftfeuchtigkeit.

	Mittlere absolute Feuchtigkeit (in mm)	Mittlere relative Feuchtigkeit (Prozente)	Mittleres Sättigungsdefizit (in mm)
Archangel	3·8	80	0·9
St. Petersburg	4·8	82	1·1
Königsberg	6·4	80	1·8
Kiel	6·7	82	1·5
Borkum	7·8	86	1·4
Berlin	6·8	74	2·6
Darmstadt	7·0	75	2·7
Breslau	6·6	75	2·5
Basel	6·7	75	2·2
Wien	6·9	72	2·1
Athen	9·1	62	5·6
Odessa	6·8	76	2·1
Tiflis	8·0	67	3·9
Bombay	19·3	77	5·8
Lahore	11·5	52	10·6
New York	6·6	67	3·2
Philadelphia	7·0	68	3·3

Jahreszeitliche Verteilung der Luftfeuchtigkeit.

	Borkum			Königsberg			Darmstadt		
	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Defizit	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Defizit	Absol. Feucht.	Relat. Feucht.	Sätt.-Defizit
Januar	4·5	90	0·5	3·5	88	0·4	4·2	83	0·9
Februar	5·1	91	0·5	3·4	86	0·6	4·6	81	1·1
März	5·2	86	0·8	3·8	82	0·8	4·7	73	1·7
April	6·4	84	1·3	5·1	75	1·7	5·7	66	2·9
Mai	7·8	81	1·8	7·0	71	2·9	7·4	64	4·2
Juni	10·6	82	2·4	9·6	72	3·7	9·6	66	4·9
Juli	12·0	82	2·6	10·9	74	3·8	11·1	68	5·3
August	12·0	83	2·5	10·7	75	3·6	10·7	70	4·6
September	10·4	86	1·8	7·3	80	1·8	9·3	74	3·3
Oktober	8·0	87	1·2	6·7	83	1·4	7·0	80	1·7
November	6·1	89	0·7	4·6	87	0·7	5·6	84	1·1
Dezember	5·1	92	0·5	3·8	88	0·5	4·3	87	0·7

Nordamerika beträgt die mittlere relative Feuchtigkeit noch nahezu 70 Prozent. Die niedrigsten Zahlen, 25—30 Prozent, werden beobachtet in Ägypten, während der Chamsin weht; ferner an der Riviera in den Wintermonaten. Dort werden sogar nur 15—20 Prozent gemessen, wenn der föhnartige, vom kälteren Hinterland aus die ligurischen Alpen übersteigende und beim Absinken sich stark erwärmende Nordwind herrscht.

3. Das **Sättigungsdefizit** zeigt eine tägliche Periode, welche derjenigen der relativen Feuchtigkeit ähnlich ist, aber größere Exkursionen macht. Die Jahresschwankung läßt ungeheuere Differenzen hervortreten (s. Tabelle S. 36); im Juni und Juli ist das Sättigungsdefizit um 500—700 Prozent größer, als im Dezember und Januar. An warmen Sommertagen mit östlichen Winden erhebt es sich nicht selten bis zu einer Höhe von 20 mm. — Auch örtlich treten sehr starke Differenzen hervor; schon auf unserem Kontinent ist die Lage an der Küste gegenüber dem Inneren durch ein erheblich geringeres Sättigungsdefizit ausgezeichnet; Darmstadt z. B. zeigt ein fast doppelt so großes mittleres Sättigungsdefizit als Borkum.

Hygienische Bedeutung der Luftfeuchtigkeit.

Es liegt der Gedanke nahe, daß eine direkte Wirkung der Luftfeuchtigkeit auf den menschlichen Organismus dadurch zustande kommt, daß die Wasserdampfabgabe und durch Vermittlung dieser auch die Wärmeabgabe vom Körper quantitativ abhängig ist vom Verhalten der Luftfeuchtigkeit.

Das vom Organismus abgegebene Wasser verläßt den Körper ungefähr zu gleichen Teilen in Form von Dampf, und in flüssiger Form im Schweiß, Harn und Kot. Ist die Verdampfung behindert, so steigert sich die Menge des im Schweiß und Harn ausgeschiedenen Wassers; ist die Verdampfung reichlich, so werden jene Sekrete spärlicher (Schonung der Nieren in trockenen tropischen Klimaten).

Ist der Ersatz des durch die Haut, den Harn oder den Darm ausgeschiedenen Wassers unzureichend, so tritt zunächst ein Gefühl der Trockenheit an der Zungenwurzel und am Gaumen auf; durch diese „Durstempfindung" erfolgt vorzugsweise die Regulierung der Wasserzufuhr. Dieselbe Trockenheitsempfindung kann aber auch durch örtliche Eintrocknung hervorgerufen werden.

Die Wasserdampfabgabe vollzieht sich teils von den Atmungsorganen, teils von der Haut aus. Von den 1300 g (im Mittel) in Dampfform ausgeschiedenen Wassers entfallen etwa 400 g (in warmen Klimaten weniger) auf die Lunge, der Rest auf die Haut.

Früher nahm man an, daß die Wasserdampfabgabe von der Haut sich nicht anders verhalte wie die von der toten feuchten Fläche des Atmometers, deren Wasserabgabe vom Sättigungsdefizit, vom Barometerstand und von der Luftbewegung abhängt.

Ein abweichendes Verhalten wurde nur für die Atmungsluft berechnet. Nimmt man an, daß diese im Mittel mit einer Temperatur von 36—37° und gesättigt mit Wasserdampf ausgeatmet wird, einerlei, welche Temperatur und Feuchtigkeit die Außenluft hat, so enthält die Ausatmungsluft stets zirka 41 g Wasserdampf pro 1 Kubikmeter, und die Menge des in den Lungen verdampften und der Einatmungsluft zugefügten Wassers ergibt sich, wenn die absolute Feuchtigkeit der Einatmungsluft von jenen 41 g subtrahiert wird. Die Wasserdampfabgabe durch die Atmung würde daher nach der absoluten Feuchtigkeit der Luft bemessen sein.

Experimente von Rubner zeigen aber, daß wir uns die Wasserdampfabgabe von den Flächen des lebenden Körpers nicht als einen passiven Vorgang vorstellen dürfen ähnlich der Verdunstung von totem Substrat, sondern der Körper ist dabei ganz wesentlich aktiv beteiligt. Auch die Abhängigkeit der Wasserabgabe seitens der Lungen von der absoluten Feuchtigkeit ist nicht als genau zutreffend anzusehen; die ganze mit der verdunstenden Oberfläche in Berührung kommende Atmungsluft wird nicht immer gleichmäßig erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, und außerdem muß die bei verschiedenen Körperzuständen sehr erheblich schwankende Menge der Atmungsluft die Größe der Wasserabgabe alterieren.

Aus den physiologischen Versuchen ergibt sich bezüglich des Einflusses der äußeren Verhältnisse, daß die Gesamtwasserdampfabgabe cet. par. und namentlich bei gleichbleibender Temperatur von dem Wassergehalt der Luft abhängig ist. Bei gleicher Luftfeuchtigkeit ist dagegen die Wasserdampfabgabe vor allem von der Temperatur abhängig. Von 15° abwärts steigt sie, aber nur infolge der Zunahme der Lungenabscheidung. Mit höherer Temperatur steigt die Wasserabscheidung durch die Haut, und zwar von etwa 25° in steilerer Kurve. — Wind setzt die Wasserdampfabgabe von der Haut bei 20 bis 35° erheblich herab, weil er eine kräftige Entwärmung durch Leitung bewirkt, die eine Mitwirkung der Wasserverdunstung bei der Wärmeregulation entbehrlich macht; erst bei sehr hoher Temperatur wird diese gesteigert (Wolpert). Der Luftdruck hat wenig Einfluß.

Neben den äußeren Verhältnissen ist von großer Bedeutung der jeweilige Zustand des Organismus; und zwar haben den stärksten Einfluß Muskelarbeit und Ernährung. Durch Muskelarbeit kann die Wasserdampfabgabe auf das Mehrfache gesteigert werden. Die Ernährung zeigt ihren Einfluß namentlich bei höherer Temperatur. Bis +15° hat die relative Feuchtigkeit den wesentlichsten Einfluß, gleichgültig, welcher Art die Ernährung ist. Von 25° aufwärts zeigt sich eine unbedingte Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur, selbst beim hungernden und wenig genährten Organismus. Für die zwischenliegenden Wärmegrade, die uns gewöhnlich umgeben, gilt aber das Gesetz, daß bei stärkerer Ernährung resp. überschüssiger Nahrung eine Steigerung der Wasserdampfabgabe mit der Temperatur schon von 15° ab beginnt und so bedeutend wird, daß die Temperatur

das bestimmende Moment für die Wasserdampfabgabe ausmacht. Die Haut kommt dann früher in den sog. „aktiven" Zustand (s. unter „Wärmeregulierung", S. 49).

Eine unter allen Umständen normale relative Feuchtigkeit kann infolge dieser verschiedenartigen mitwirkenden Faktoren nicht angegeben werden. Indessen ist ein Überschuß der Wasserdampfabgabe vom Körper zweifellos von viel geringerer hygienischer Bedeutung als eine Hemmung. Ersterer führt höchstens zu vermehrtem Durstgefühl; bei extremen Graden zum Trocken- und Rissigwerden der Haut und der exponierten Schleimhäute. Eine Hemmung der Wasserdampfabgabe ist dagegen mit einer Wärmestauung verbunden, die bei höheren Temperaturgraden geradezu gefährlich werden kann. Außerdem erzeugen hohe Sättigungsprozente ein spezifisches Gefühl der Beklemmung und Beängstigung; 70—80 Prozent Feuchtigkeit werden schon bei 24° sehr schlecht ertragen, vollends bei Muskelarbeit und reichlicher Nahrung. — Bei 18—20°, Ruhe, gemischter Kost, fehlender Luftbewegung scheinen 40—50 Prozent Feuchtigkeit am günstigsten zu sein; bei höheren Temperaturen 30—40 Prozent. — Nur bei niederen Temperaturen unter 15° bewirkt feuchte Luft eine Vermehrung der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung im Vergleich zu kalter trockener Luft; erstere macht daher bei gleichem Temperaturgrad einen viel kälteren Eindruck. Eine Zunahme der Luftfeuchtigkeit um $12^1/_2$ Prozent erzeugt eine ähnliche Vermehrung des Wärmeverlustes durch Leitung, wie eine Verminderung der Temperatur um 1° (Rubner). — Extrem niedrige Feuchtigkeitsprozente sind bei niederer Temperatur ohne erhebliche Wirkung. Bei höheren Wärmegraden sind sie willkommen zur Erleichterung der Wärmeabgabe; die oben erwähnten störenden Erscheinungen kommen nur vor, wenn sehr hohe tropische Temperaturen und namentlich heftige Winde und starker Staubgehalt der Luft gemeinsam zur Wirkung gelangen.

Abgesehen von der geschilderten Beeinflussung der Wasserdampfabgabe und Wärmeabgabe des Körpers zeigt die Luftfeuchtigkeit noch eine Reihe von ausgesprochenen hygienischen Beziehungen zu unserer alltäglichen Umgebung. Wenn wir im gewöhnlichen Leben von trockener oder feuchter Luft sprechen, so bezeichnen wir damit eigentlich die in unserer Umgebung das Wasser zum Verdunsten bringende Kraft der Luft. Durch eine trockene Luft wird die Feuchtigkeit unserer Kleidung, die Feuchtigkeit der Bodenoberfläche rasch verdunstet, es bildet sich Staub; Holz, Nahrungsmittel, die Vegetation vertrocknen. Diese Wirkung der Luft hat eine vielfache indirekte hygienische Bedeutung dadurch, daß die Bildung und Verbreitung von Luftstaub, die Lebensfähigkeit, die Vermehrung und Verbreitung der

Mikroorganismen, die Wasserverhältnisse des Bodens u. a. m. von derselben abhängig sind. Bei trockener Luft hört die Vermehrung der auf dem Boden oder in irgendwelchen feuchten Substraten lebenden Mikroorganismen auf; viele Arten werden sogar durch das Trocknen getötet; dafür werden aber die resistenteren mit dem Staub in die Luft übergeführt und durch Winde verbreitet. Wird die Bodenoberfläche trocken, so sinkt das Grundwasser und die Brunnen können versiegen. Auch die Bewohnbarkeit von Neubauten und Kellerwohnungen, die Konservierbarkeit mancher Nahrungsmittel usw. ist wesentlich von der austrocknenden Kraft der Luft abhängig.

Es ist daher hygienisch auch von Interesse festzustellen, welcher unter den verschiedenen Ausdrücken für das Verhalten der Luftfeuchtigkeit die verdunstende Kraft der Luft gegenüber unserer toten Umgebung am richtigsten kennzeichnet.

Diesen Maßstab gibt uns nicht die absolute Feuchtigkeit, die sich vielmehr eher gegensätzlich verhält. Aber ebensowenig wird die austrocknende Wirkung der Luft durch die relative Feuchtigkeit gemessen. Wir machen stets die Erfahrung, daß die trocknende Wirkung der Luft im Hochsommer der des Winters um ein ganz Bedeutendes überlegen ist, viel mehr als dies in den S. 36 aufgeführten zeitlichen Differenzen der relativen Feuchtigkeit hervortritt. Ferner weisen vielfache Erfahrungen der Bewohner der östlichen Vereinigten Staaten (z. B. das schnelle Austrocknen der Neubauten, der Wäsche, aufbewahrten Brotes usw.) darauf hin, daß dort eine ganz erheblich trocknere Luft herrscht als auf unserem Kontinent; trotzdem ist die relative Feuchtigkeit dort kaum geringer als z. B. in Wien. — Die eminent austrocknende Wirkung des Chamsin ist vollauf bekannt, und doch zeigt hier die Luft immer noch höhere relative Feuchtigkeit als in den Wintermonaten an der Riviera, wo weder Menschen noch Vegetation unter austrocknender Luft zu leiden haben.

Für die austrocknende Wirkung der Luft gibt vielmehr erst das Sättigungsdefizit den richtigen Ausdruck. Die Intensität der Wasserverdunstung ist cet. par. der Größe des Sättigungsdefizits proportional; je mehr Wasserdampf die Luft noch bis zur maximalen Sättigung aufnehmen kann, um so energischer austrocknend wirkt die Luft. Im Grunde sind zwar für die Verdunstung noch zwei andere Faktoren in Betracht zu ziehen, die Luftbewegung und der Luftdruck. Abgesehen vom Höhenklima kommen aber bedeutende Differenzen des Luftdrucks auf der Erdoberfläche nicht in Betracht; und es sind daher im Freien nur Sättigungsdefizit und Wind, in geschlossenen Räumen und bei Windstille sogar das Sättigungsdefizit allein maßgebend für die Verdunstung.

Die zeitliche und örtliche Verteilung des Sättigungsdefizits harmoniert in der Tat mit allen unseren Erfahrungen über die Verschiedenheiten in der austrocknenden Wirkung der Jahreszeiten und Klimate. Die starken zeitlichen Differenzen stimmen mit der Tatsache überein, daß wir im Sommer ein viel schnelleres Austrocknen beobachten als im Winter; die starken örtlichen Differenzen entsprechen den Unterschieden des kontinentalen und des Seeklimas in bezug auf trocknende Wirkung der Luft.

Auch das aus der relativen Feuchtigkeit in keiner Weise erklärliche Verhalten der Luftfeuchtigkeit im Osten der Vereinigten Staaten, an der Riviera und in Ägypten findet volle Erklärung, sobald man die Luftfeuchtigkeit nicht durch die relative Feuchtigkeit, sondern durch das Sättigungsdefizit mißt. Der Unterschied beider Ausdrücke liegt eben wesentlich darin, daß bei gleicher relativer Feuchtigkeit, aber wechselnder Temperatur, das Sättigungsdefizit außerordentlich verschieden ausfällt, und daß im Sättigungsdefizit der Einfluß der Temperatur gleichsam mitenthalten ist. Bei $+5^{0}$ repräsentiert eine relative Feuchtigkeit von 70 Prozent eine gar nicht austrocknende Luft von 2 mm Sätt.-Def., bei 35^{0} dagegen eine sehr stark trocknende Luft von 12 mm Sätt.-Def. Im Osten der Vereinigten Staaten und in Ägypten zur Zeit des Chamsin haben wir zwar ungefähr gleiche relative Feuchtigkeit wie bei uns, aber erheblich höhere Temperatur, und daraus ergibt sich die viel größere trocknende Wirkung, entsprechend dem viel höheren Sättigungsdefizit.

D. Die Wärme.

Methode der Beobachtung. Gewöhnlich benutzt man empfindliche Quecksilberthermometer mit kleinen Gefäßen, welche in gewissen Zwischenräumen geeicht werden müssen; zuweilen Metallthermometer; für große Kältegrade Weingeistthermometer.

Speziell für meteorologische Beobachtungen werden vielfach Maximal- und Minimalthermometer gebraucht. Die jetzt gebräuchlichste Konstruktion ist das U-förmige Thermometer von Six und Casella, ein Weingeistthermometer mit Einschaltung eines Quecksilberfadens, der an jedem Ende einen Index vorschiebt, so daß Maximum und Minimum beobachtet werden können.

Die Aufstellung des Thermometers muß, wenn nur die Lufttemperatur gemessen werden soll, in solcher Weise erfolgen, daß es gegen die Strahlung vom Boden und von erwärmten Hauswänden, ebenso auch gegen Regen usw. geschützt ist. Daher soll das Thermometer an der Nordwand des Hauses, mindestens vier Meter über dem Boden und in einem Gehäuse angebracht werden, welches keine Bestrahlung, sondern nur eine Einwirkung der zutretenden Luft auf das Thermometer gestattet. — Auch im Zimmer zeigt das an einer Wand anliegende Thermometer nur die Temperatur dieser Wand, die oft von der Temperatur anderer Wände und der Luft erheblich abweicht.

In einfacher und hinreichend genauer Weise läßt sich dagegen die wirkliche Lufttemperatur bestimmen durch das „Schleuderthermometer", d. h. durch ein gewöhnliches Thermometer, welches an einer 1 Meter langen Schnur einige Male im Kreise geschwungen wird. — Für meteorologische Stationen empfiehlt sich die Anwendung des Assmannschen Aspirationsthermometers, das in dem S. 35 beschriebenen Aspirationspsychrometer mit enthalten ist.

Über die Messung und Bedeutung der Sonnenstrahlung s. unten.

Die Thermometerbeobachtungen zu meteorologischen Zwecken erfolgen am vollkommensten durch selbstregistrierende Metallthermometer, welche den Gang der Temperatur aufzeichnen. Auch stündliche Ablesungen ergeben fast ebenso brauchbare Resultate, werden indes nur an wenigen Stationen ausgeführt. Addiert man die Stundenbeobachtungen eines Tages und dividiert durch 24, so erhält man das Tagesmittel der Temperatur. Die Tagesmittel addiert und durch die Zahl der Tage des Monats bzw. Jahres dividiert ergeben das Monatsmittel bzw. Jahresmittel. — Ein richtiges Tagesmittel wird auch erhalten, wenn man nur dreimal täglich, 8 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags, 10 Uhr abends beobachtet und die Summe der erhaltenen Zahlen durch 3 dividiert; oder wenn man um 7 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags, 9 Uhr abends abliest, die für die Abendstunde erhaltene Zahl doppelt setzt und durch 4 dividiert; oder wenn man aus den Daten für 8 Uhr früh, 2 Uhr nachmittags, 7 Uhr abends und für das Minimum das Mittel bildet. Auch das allein aus Maximal- und Minimaltemperatur entnommene Mittel gibt ein annähernd richtiges, im ganzen jedoch zu hohes Tagesmittel.

Örtliche und zeitliche Schwankungen der Temperatur.

Die auf die Erde gelangende Wärme rührt ausschließlich her von der Sonnenstrahlung. Die Atmosphäre absorbiert je nach ihrer Dicke einen großen Teil der Wärmestrahlen; bei 10° Sonnenhöhe wird nur etwa der vierte Teil der Wärme durchgelassen wie bei größter Sonnenhöhe; an hochgelegenen Orten ist die Atmosphärenschicht niedriger und die Strahlung um so kräftiger. Ferner ist diese in sehr hohem Grade von der Trübung der Atmosphäre durch Wasserdunst, Wolken, Staub usw. abhängig. — Für die Intensität der Wirkung kommt daneben die Dauer der Strahlung (Tageslänge, Sonnenscheindauer) und der Winkel in Betracht, in welchem die Sonnenstrahlen auffallen. Für die Erwärmung des Bodens sind die senkrechten Strahlen, für Hauswände, aufrechte Menschen usw. die horizontalen cet. par. von größter Wirkung.

Der Erwärmung durch Strahlung wirkt entgegen die Abkühlung durch Ausstrahlung gegen den Weltenraum, die bei klarer trockener Luft und dünner Atmosphärenschicht (Hochgebirge) am größten ausfällt. Die Höhenlage eines Orts ist daher auf sein Wärmeverhalten von großem Einfluß; im Mittel nimmt die Temperatur für je 100 m Steigung um 0,57° (in größerer Höhe langsamer) ab.

Zur Charakterisierung der Wärmeverhältnisse im Freien wird meist nur die Lufttemperatur herangezogen, und zwar wird ermittelt:

1. Die mittlere Jahrestemperatur, die außer vom Breitengrad hauptsächlich noch von der Höhenlage beeinflußt wird (s. die umstehende Tabelle).

2. Die absoluten und mittleren Extreme. Unter absoluten Extremen versteht man die höchste bzw. niedrigste Temperatur, welche während der gesamten Beobachtungsjahre zu verzeichnen war; die mittleren Extreme findet man, indem man die höchsten bzw. niedrigsten Temperaturen der einzelen Beobachtungsjahre addiert und durch die Zahl der Jahre dividiert.

3. Die mittlere Tagesschwankung, d. h. die mittlere Differenz zwischen der Maximal- und Minimaltemperatur eines Tages. Über dem Meere ist die Tagesschwankung selbst unter dem Äquator, wo die Teilung des Tages in Tag und Nacht am schärfsten hervortritt, sehr gering, inmitten der großen Kontinente selbst polarer Region bedeutend. Außerdem sind die örtlichen Lageverhältnisse, die Neigung zur Bewölkung usw. für die Temperaturschwankung des einzelnen Ortes von Wichtigkeit.

In unseren Breiten begegnet man den höchsten Tagesdifferenzen an heiteren Sommertagen, wo Schwankungen von 15—20° (morgens früh +13°, nachmittags +31°) nicht selten sind; ferner zuweilen im Winter und Frühjahr, wenn Windrichtung und Wetter eine plötzliche Änderung erfahren. So gehört ein rasches Ansteigen der Temperatur von −7° auf +6° in unserem Klima zu den alljährlichen Vorkommnissen.

4. Die mittlere Jahresschwankung wird gemessen durch die Differenz zwischen den mittleren Temperaturen des heißesten und des kältesten Monats; sie gibt einen Ausdruck für den durchschnittlichen Kontrast der Jahreszeiten. Wie wichtig dieser für die Charakterisierung eines Klimas ist, das geht z. B. aus einem Vergleich zwischen Dublin und Astrachan hervor. Beide Orte zeigen gleiche mittlere Jahreswärme; der Unterschied zwischen heißestem und kältestem Monat beträgt aber in Dublin nur 11°, in Astrachan 33°; die unperiodische Jahresschwankung beziffert sich in Dublin auf 30°, in Astrachan auf 62°.

5. Die interdiurne Veränderlichkeit, d. h. der unperiodische Temperaturwechsel, der sich von einem Tag zum anderen vollzieht. Bei starkem derartigen Wechsel sprechen wir von „veränderlichem Wetter“, und wenn sich derselbe in einem größeren Abschnitt des Jahres wiederholt bemerkbar macht, von „veränderlichem Klima“.

Die mittlere Veränderlichkeit eines Monats erhält man dadurch, daß man die Differenzen zwischen der Mitteltemperatur je zweier aufeinander folgender Tage bildet, die für den ganzen Monat gefundenen Differenzen addiert und durch die Zahl der Monatstage dividiert. Aus den Monatswerten erhält man die mittlere

	Geograph. Breite	Höhe über dem Meeresniveau in Met.	Mittlere Jahrestemperatur	Mittlere Extreme Max.	Mittlere Extreme Min.	Absolute Extreme Max.	Absolute Extreme Min.	Mittlere Tagesschwankung	Mittlere Temperatur wärmsten Monats	Mittlere Temperatur kältesten Monats	Mittlere Jahresschwankung	Veränderlichkeit von Tag zu Tag
Chartum	15°36′	388	28·6	46·6	10·0	—	—	—	34·5	22·7	11·8	—
Sansibar	6°10′S.	—	26·7	31·7	21·7	32·6	20·4	4·1	28·1	25·2	2·4	—
Kalkutta	22°32′	6	24·8	38·6	12·1	41·1	9·3	7·1	28·4	18·1	10·3	—
Darjeeling	27° 3′	2107	12·3	25·8	− 1·6	—	—	—	16·7	4·9	11·8	—
Veracruz	19°12′	—	25·4	37·0	13·3	—	—	—	27·7	22·1	5·6	—
Mexiko	19°26′	2266	16·4	29·4	− 1·1	—	—	—	19·6	12·5	7·1	—
Madrid	40°25′	655	13·5	49·5	− 6·9	—	—	13·2	24·5	4·9	16·6	1·0
Rom	41°54′	50	15·3	35·0	− 3·5	—	− 6·0	8·0	24·8	6·7	18·1	1·5
Paris	48°50′	34	10·3	33·5	− 9·8	—	−23·9	—	18·3	2·0	16·3	—
Köln	50°55′	60	10·1	32·2	−11·8	35·1	−22·5	—	18·7	1·6	17·1	—
München	48° 9′	528	7·5	30·4	−18·5	37·5	−30·1	7·3	17·3	− 3·0	20·3	—
Berlin	52°30′	48	9·0	33·0	−15·4	37·0	−23·0	—	18·8	− 0·8	19·6	1·6
Wien	48°12′	197	9·7	33·5	−14·5	38·0	−25·5	8·0	20·5	− 1·7	22·2	1·9
Dublin	53°22′	58	9·5	24·7	− 5·1	—	—	—	15·4	4·7	11·3	—
London	51°33′	37	10·3	31·3	− 8·1	—	−15·6	—	17·9	·3·5	14·4	1·8
Hammerfest	70°42′	10	1·9	24·0	−14·2	30·1	−20·0	—	11·8	− 5·2	17·0	—
St. Petersburg	59°56′	10	3·6	29·3	−28·5	—	−39·0	4·7	17·7	− 9·4	27·1	2·2
Moskau	55°46′	160	3·9	31·4	−30·5	—	−42·5	—	18·9	−11·1	30·0	2·6
Astrachan	46°21′	−20	9·4	36·3	−26·0	—	−31·9	—	25·5	− 7·1	32·6	—
Irkutsk	62° 1′	160	−11·2	33·0	−54·8	—	−62·0	9·0	18·8	−42·8	61·6	3·2
Washington	38°53′	27	12·0	34·9	−15·8	—	—	—	24·4	0·2	24·2	1·5
Reykiavik	64° 8′	—	3·3	—	—	—	—	—	12·1	− 2·5	14·6	—
Spitzbergen	79°53′	—	− 8·9	12·8	−38·0	—	—	—	4·6	−22·7	27·3	—
N.-W.-Grönland	72°48′	—	−11·1	—	—	—	—	—	4·4	−28·0	32·4	—

Veränderlichkeit des Jahres. Dieselbe nimmt im allgemeinen nach den Polen hin zu, jedoch sind lokale Momente und namentlich die herrschenden Windrichtungen von bedeutendem Einfluß. — Zeitlich findet sich die höchste Veränderlichkeit im Winter, die geringste im Sommer.

Hygienischer Einfluß der beobachteten Temperaturgrade und Temperaturschwankungen.

Direkte Störungen der Gesundheit durch die Temperatureinflüsse der Atmosphäre müssen vorzugsweise die Wärmeregulierung unseres Körpers betreffen, und es ist daher erforderlich, zunächst auf die Art und Weise, wie die Eigenwärme des Körpers unter den verschiedensten äußeren Verhältnissen erhalten wird, etwas näher einzugehen.

Die Wärmeregulierung des Körpers.

Im allgemeinen findet die Abfuhr der 3000 W.-E., welche im Mittel der Körper des Erwachsenen in 24 Stunden produziert, auf folgenden Wegen statt:

1. Durch die Speisen, welche indes für gewöhnlich nur 40—50 Wärmeeinheiten aufnehmen. 2. Durch die Erwärmung der Atemluft und durch Wasserverdunstung an der Lungenoberfläche, 200—400 W.-E. 3. Durch Wärmeabgabe von der Haut, 2000 W.-E. und mehr.

Die letztere überwiegend wichtige Wärmeabfuhr erfolgt teils durch Leitung, teils durch Strahlung, teils durch Wasserverdunstung. Diese drei Abfuhrwege können in der freien Atmosphäre sämtlich außerordentlich kräftig funktionieren und jeder für sich den ganzen Wärmebetrag abführen. Andererseits aber kann es auch im Freien zu einem völligen Abschluß des einen oder des anderen oder sogar auch aller drei Wege kommen.

Durch Leitung gibt der menschliche Körper Wärme vor allen Dingen an die umgebende Luft ab, um so mehr, je größer die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft ist, und je rascher die Luft wechselt. Hat die Luft z. B. eine Temperatur von 17°, so läßt sich berechnen, daß 1 cbm Luft bei seiner Erwärmung auf Körpertemperatur höchstens 6 W.-E. aufnimmt; in einem geschlossenen Raume wird daher die gesamte Wärmeabgabe durch Leitung unbedeutend sein, insbesondere bei höheren Lufttemperaturen, wo die Temperaturdifferenz zwischen Haut und Luft sehr gering wird. Eine erhebliche Abgabe durch Leitung findet nur statt bei bewegter Luft, und da im Freien gewöhnlich eine Luftbewegung von mindestens $^1/_2$—2 Meter pro Sekunde besteht, so wird dort diese Art der Wärmeabgabe viel mehr leisten können, als im Zimmer. Immerhin ist auch im Freien die Menge der abgeleiteten Wärme

sehr wechselnd; bei kalten heftigen Winden sehr groß, bei warmer ruhiger Luft geringfügig.

Die Wärmeabgabe durch Strahlung ist teils von der Größe und dem Ausstrahlungsvermögen der Körperoberfläche, teils von der Temperaturdifferenz gegenüber den umgebenden Gegenständen und von einigen anderen weniger einflußreichen Faktoren abhängig. Dieser Weg der Wärmeabgabe funktioniert ausgiebig innerhalb geschlossener Räume, wo durch die Ausstrahlung gegen kältere Wände, Möbel u. dgl. unter Umständen die hauptsächlichste Wärmeabgabe des Körpers erfolgen kann. Derselbe Weg gelangt auch im Freien zur Benutzung, wenn z. B. kältere Hauswände, namentlich aber Bäume oder Sträucher, die durch ihre stete reichliche Wasserverdunstung eine relativ niedrige Eigentemperatur haben, in der Umgebung sich finden. Andererseits kann die Wärmeabgabe durch Strahlung minimal werden, wenn z. B. stark erwärmte Felswände, Hausmauern oder andere Menschen die Umgebung des Körpers bilden.

Durch Wasserverdunstung können ebenfalls sehr große Mengen Wärme dem Körper entzogen werden. Bei der Verdunstung von 1 g Wasser werden 0·51 W.-E. latent. Da nun der Mensch für gewöhnlich 900 g, bei stärkerer Körperanstrengung 2000—2600 g Wasser durch Verdunstung von der Haut verlieren kann, so beträgt die Wärmeentziehung auf diesem Wege allein 500 bis 1500 W.-E.; jedoch ist das Maß der Wasserverdunstung durchaus abhängig teils von gewissen im Körper gelegenen Momenten, teils von der Lufttemperatur, der Lufttrockenheit, der Luftbewegung und dem Luftdruck (s. S. 38).

Gegenüber dieser außerordentlich variablen Zahl und Breite der Wege der Wärmeabfuhr ist es von großer Bedeutung, daß durch Abänderungen der äußeren wärmeentziehenden Faktoren stets eine derartige Reaktion der im Körper gelegenen regulierenden Faktoren angeregt wird, daß der Wärmezustand des Körpers der gleiche bleibt.

Namentlich ist die Wärmeabgabe von der Haut nach deren jeweiliger Beschaffenheit eine wechselnde und mit der Tätigkeit der kälte- und der wärmeempfindlichen Hautnerven eng verknüpft. Bei Reizung durch Temperaturänderungen der Haut regen die kälteempfindlichen Nerven die Gefäßverengerer der Haut zur Tätigkeit an: Die Haut wird blutleer, blaß, trocken und schrumpft; die wärmeempfindlichen Nerven dagegen bewirken Gefäßerweiterung und Schweißsekretion: Die Haut wird blutreich, rot, feucht und gedunsen. Einen Maßstab für die Art und Stärke des Nervenreizes gewinnt man durch thermoelektrische Messungen der Hauttemperatur. Für den nackten Körper liegt diejenige Hauttemperatur (an Brust oder

Rücken oder Stirn gemessen), bei der „Behagen“ vorhanden ist, zwischen 31·5 und 33·5° (Kisskalt). — Für den bekleideten Körper gelten etwas andere Werte; auf der Haut unter der Kleidung 29 bis 31° (während des Schlafs bis 34°); auf der Oberfläche der Kleidung im Mittel 21°, aber je nach der Kleidung ziemlich stark schwankend, bei Sommerkleidung etwa 22°, bei Winterkleidung 19° (s. Kap. VII). Wenn auch für die Wärmeabgabe des Körpers durch Strahlung und Leitung wesentlich die bekleideten Teile in Betracht kommen, so können doch, gerade wegen der durch die Kleidung selbst bedingten Verschiedenheiten, Messungen auf der bekleideten Oberfläche die Beziehungen zwischen der Oberflächentemperatur und den Entwärmungsverhältnissen des Körpers nicht klar zum Ausdruck bringen.

Dagegen hat sich herausgestellt (Reichenbach und Heymann), daß thermoelektrische Messungen in der Stirnmitte bei bekleideten Personen gut verwertet werden können, um gesetzmäßige Beziehungen zwischen Körpertemperatur, Lufttemperatur und körperlichem Empfinden festzulegen. Es hat sich gezeigt, daß

bei einer Stirntemperatur	unter 28°	empfunden wird:	sehr kalt
„ „ „	von 28—29°	„ „	kalt
„ „ „	„ 29—30°	„ „	kühl
„ „ „	„ 30—31·5°	„ „	normal
„ „ „	„ 31·5—32·5°	„ „	warm
„ „ „	„ 32·5—33·5°	„ „	sehr warm
„ „ „	„ über 33·5°	„ „	heiß.

Bei 30—31·5° Stirntemperatur des bekleideten Körpers befinden sich also die Temperaturnerven im Zustande geringster Reizung. Bei Temperaturanstieg treten die Wärme-, beim Sinken die Kältenerven in Tätigkeit, um so lebhafter, je weiter und schneller sich die Hauttemperatur von jener Indifferenztemperatur entfernt. Für Gesicht und Hände (mit Ausnahme der Spitzenteile, Nasenspitze, Ohrmuschel, Fingerspitzen) beträgt die Steigerung bzw. der Abfall der Hauttemperatur für je 1° Lufttemperatur etwa 0·3°, an den bekleideten Stellen sehr viel weniger, verschieden je nach der Bekleidung. Genauer ergibt sich die Beziehung zwischen Stirn- und Lufttemperatur aus der Formel $St = 25 + 0{\cdot}34 \cdot L$, wo St die Stirn-, L die Lufttemperatur bedeutet (Windstille und 40—50 Prozent Feuchtigkeit vorausgesetzt; gewisse individuelle Schwankungen kommen vor).

Erhebt sich die Stirntemperatur auf 34°, so treten bei vielen Menschen bereits Symptome einer Wärmestauung — Kopfschmerz, Flimmern, Schwindel, Übelkeit und Ohnmacht — ein; bei höheren Graden von Wärmestauung kommt es zu den S. 50 geschilderten bedrohlichen Erscheinungen des Hitzschlags. Besonders empfindlich

sind die meisten Menschen in dieser Beziehung gegen hohen Wasserdampfgehalt der Luft und Fehlen der Luftbewegung, so daß die Wasserverdampfung von der Haut und die damit verbundene kräftige Entwärmung behindert wird. Bei einer Lufttemperatur von 27° und 55 Prozent tritt ungefähr die gleiche Temperatursteigerung der Haut und dieselbe Wärmestauung ein, wie bei 23° und 75 Prozent Feuchtigkeit. Mit der abnormen Hauttemperatur pflegt auch ein Anstieg der Feuchtigkeit der die Haut des bekleideten Körpers umspülenden Luftschichten einzutreten; diese beträgt bei normalen Entwärmungsverhältnissen 35 Prozent; bei drohender Wärmestauung 55 bis 65 Prozent (s. unter „Kleidung"). — Indes scheint bei manchen Menschen eine Gewöhnung der Art möglich zu sein, daß selbst Hauttemperaturen über 35° nicht mehr mit Wärmestauungssymptomen einhergehen.

Die Regulierung, welche dem Körper seine Eigenwärme wahren und ihn sowohl vor Wärmestauung wie vor zu starker Abkühlung schützen soll, erfolgt durch Änderungen teils in der Wärmeproduktion, teils in der Wärmeabgabe des Körpers.

Eine Vermehrung oder Verminderung der Wärmeproduktion kommt namentlich zustande durch Vermittelung der Hautnerven. Je nachdem diese in stärkerem oder geringerem Grade abgekühlt werden, regen sie reflektorisch den Verbrennungsprozeß in den Muskeln mehr oder weniger an (chemische Wärmeregulation). Für je 1° Temperatursteigerung sinkt die CO_2-Ausscheidung und die Wärmeproduktion um etwa 2 Prozent. Bei einer Außentemperatur von mehr als 20° sistiert aber die weitere Herabsetzung (Grenze der chemischen Wärmeregulation). — Zweitens kann durch Vermehrung oder Einschränkung der willkürlichen Muskelbewegungen die Wärmeproduktion geändert werden. Bei starker Abkühlung tragen außerdem unwillkürliche Muskelbewegungen (Zittern, Frostschauer) zu vermehrter Wärmebildung bei. — Drittens kann durch Variierung der Quantität und Qualität der Nahrung die Wärmeproduktion beeinflußt werden. Namentlich wird durch Fettaufnahme die Wärmebildung vermehrt; bei ruhendem Körper steigert in erster Linie reichliche Eiweißzufuhr den Umsatz der Zellen.

Die Wärmeabgabe wechselt nach dem Atemvolum; zweitens je nach der Vergrößerung oder Verringerung der Wärme abgebenden Körperoberfläche (Ausstrecken und Zusammenkauern des Körpers); vor allem aber nach der Blutfülle und Blutzirkulation des vorzugsweise für die Wärmeabgabe in Betracht kommenden Organs, der Haut, und nach der Intensität der Wasserverdampfung von der Haut. — Diese physikalische Wärmeregulation, bei der in erster

Linie die Haut aktiv ist, setzt namentlich dann ein, wenn die chemische Wärmeregulation versagt, also bei Außentemperaturen über 20°. Unter gewissen Verhältnissen, z. B. bei lebhaftem Wind, tritt sie erst bei erheblich höheren Temperaturen in Aktion; stärkerer Wind versetzt uns gleichsam in ein kühleres Klima als die Lufttemperatur anzeigt, und die chemische Regulation reicht dann bis zu den höheren Temperaturgraden hinauf (vgl. S. 32). Andererseits setzt die physikalische Regulierung schon bei unter 20° liegenden Lufttemperaturen ein, wenn Überernährung und reichliche Muskelaktion statthat (Rubner, Wolpert).

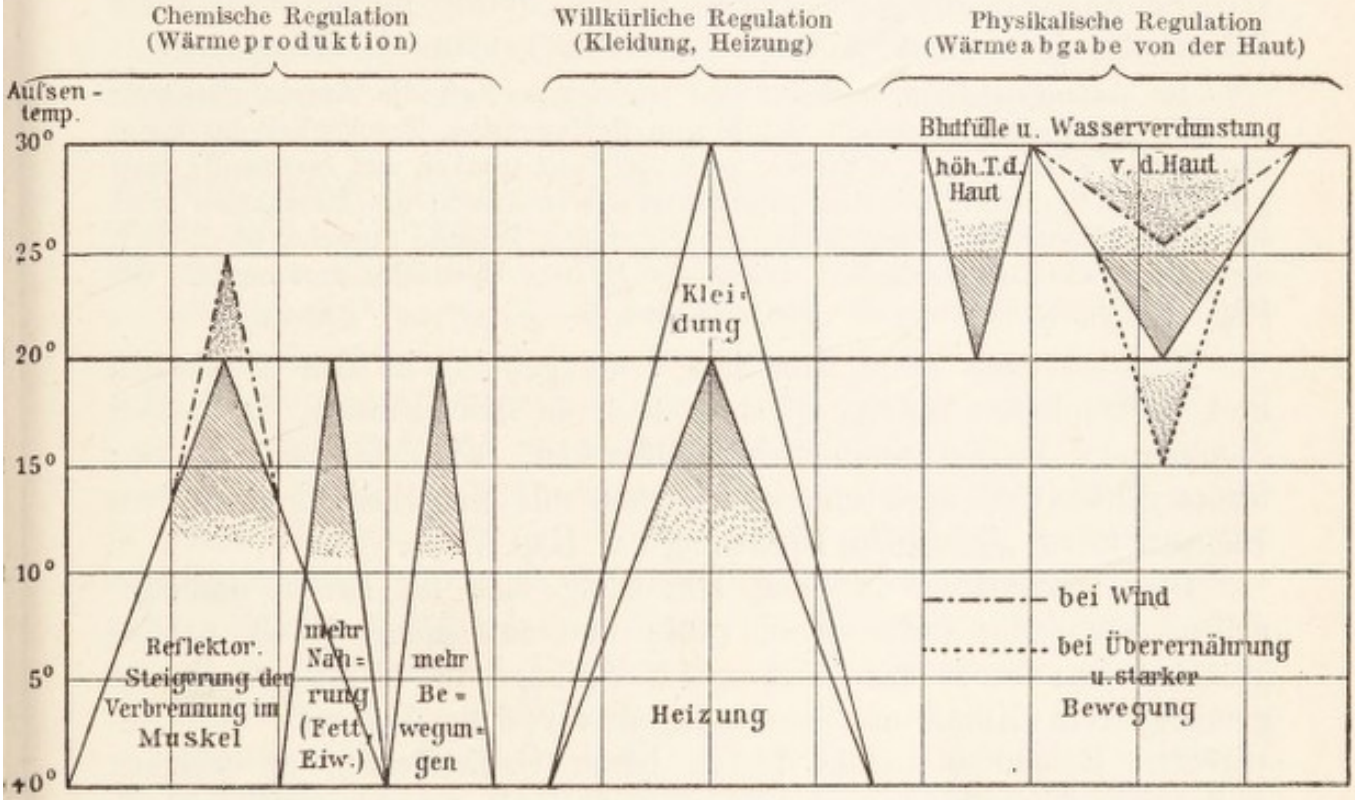


Fig. 2. Wärmeregulierung, schematisch.

Indes würden alle diese regulierenden Vorrichtungen nicht ausreichen, um dem menschlichen Körper unter allen klimatischen und Witterungsverhältnissen die Erhaltung der normalen Körperwärme zu garantieren. Erst durch Einschaltung der Kleidung und Wohnung, und durch entsprechende Abwechselung sowohl in Zahl und Dicke der Kleidungshüllen wie in Heizung und Lüftung der Wohnung gelingt es dem Menschen, sich gegen die überaus starken Variationen der Lufttemperatur zu schützen.

Fig. 2 gibt eine schematische Darstellung der Wärmeregulierung, jedoch ohne die quantitativen Beziehungen der wirksamen äußeren Einflüsse genau zur Anschauung zu bringen, und ohne Berücksichtigung der sehr erheblichen individuellen Einflüsse (Fettreichtum usw.).

Es ist nach vorstehendem begreiflich, daß die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre trotz aller der geschilderten natürlichen und künstlichen Reguliervorrichtungen nicht selten zu Gesundheitsstörungen führen. Entweder kann durch zu hohe Temperatur die Entwärmung des Körpers behindert werden, so daß eine Art Wärmestauung entsteht; oder niedere Temperaturgrade führen zu starke Abkühlung und dadurch Erfrierungen oder Erkältungen herbei.

a) Die Einwirkung hoher Temperaturen.

Die akuten Krankheitserscheinungen, welche durch hochgradige Wärmestauung zustande kommen, bezeichnet man als **Hitzschlag.**

Im Anfangsstadium erscheint das Gesicht gerötet, die Augen glänzend; es stellt sich Kopfschmerz, ein Gefühl von Beklemmung, Trockenheit im Halse und heisere Stimme ein. Weiterhin wird die Haut trocken und brennend; dazu gesellt sich Flimmern vor den Augen und Ohrensausen; die Herzaktion wird stürmisch; dann tritt ohnmachtähnliche Schwäche, lallende Sprache, oft Zittern der Glieder ein, und schließlich bricht der Kranke bewußtlos zusammen. Oft folgen Krämpfe, in denen der Tod eintreten kann.

Wir begegnen dem Hitzschlag vorzugsweise in den tropischen und subtropischen Ländern, aber auch in Mitteleuropa, in heißen Sommern z. B. bei militärischen Märschen, bei Feldarbeitern usw.; ferner gelegentlich auch in geschlossenen, mit Menschen dichtgefüllten Räumen (über „infantilen Hitzschlag“ s. Kap. VIII).

Die Bedingungen für den Hitzschlag sind im Freien dann gegeben, wenn die Luft warm, ruhig und mit Feuchtigkeit nahezu gesättigt ist; so in den Tropen im Anfange der Regenperiode, in gemäßigterem Klima an Sommertagen vor dem Ausbruch von Gewittern. Besondere Gefahr bieten ferner Örtlichkeiten, an welchen auch eine Abstrahlung unmöglich wird, z. B. erwärmte Felswände und Engpässe oder die Umgebung mit gleichwarmen Menschen, z. B. bei militärischen Märschen in geschlossener Kolonne. Disponierend wirken außerdem Muskelbewegungen; je angestrengter die Arbeitsleistung ist, um so größer wird die Gefahr des Hitzschlags. (Über die Steigerung der Gefahr durch starke Sonnenstrahlung s. u. —) Eine sehr vollständige Behinderung der Wärmeabgabe kommt bei Tunnelarbeiten und in tiefen Bergwerken zustande; auch hier treten aber die Erscheinungen von Beklemmung, großer Mattigkeit, bedeutender Pulsfrequenz und Steigerung der Eigenwärme auf 39 bis 42° nur bei starker Arbeitsleistung ein. — Disponierend wirken ferner: reichliche Nahrung, welche erhöhte Wärmeproduktion veranlaßt; ungenügendes Getränk, so daß nicht fortwährend Wasserverdunstung von der Haut unterhalten werden kann; ferner Alko-

lika und eng anliegende warme Kleidung. — In ausgesprochenem Grade wird eine individuelle Disposition und eine Gewöhnung an hohe Temperaturen beobachtet; auch eine regelmäßige Steigerung der Körpertemperatur um etwa 1° während der Arbeitsschichten wird anscheinend ohne Nachteil ertragen.

Um dem Hitzschlag vorzubeugen, muß versucht werden, auf irgendeinem Wege eine Wärmeabgabe des Körpers zu erreichen. In den Tropen sind, außer zweckmäßiger Kleidung und Wohnung, Vermeiden von Körperbewegungen, mäßige Nahrung, Bewegung der Luft durch Fächer usw. und häufigere kalte Übergießungen indiziert. Bei den militärischen Märschen ist die Kleidung, Nahrung und Getränkaufnahme zu regulieren, und die Kolonnen sind möglichst weit auseinander zu ziehen, um eine Zirkulation von Luft und so die Möglichkeit einer gewissen Wärmeabgabe für die im Innern der Kolonne marschierenden Mannschaften herzustellen. Bei Tunnelbauten und in Bergwerken ist durch kräftigste Ventilation die Entwärmung zu unterstützen, die Schichten sind event. zu kürzen usw.

Chronische partielle Wärmestauung kann durch länger anhaltende Einwirknng mäßig hoher, durch Feuchtigkeit und Windstille unterstützter Temperaturen zustande kommen. Eine Periode mit Tagesmitteln über 25° wird bereits von vielen Menschen schlecht ertragen. Derartige Temperaturen kommen in unseren Breiten fast in jedem Sommer vor und führen bei empfindlichen Individuen zu ausgesprochenen Störungen. Namentlich kann es innerhalb der Wohnungen infolge der Insolationswärme der Mauern zu besonderer Steigerung der Wärme und Erschwerung der Wärmeabgabe kommen (s. Kapp. Wohnung und Säuglingsfürsorge).

In tropischen Klimaten stellt sich als erste Folge einer andauernden Erschwerung der Wärme- und Wasserdampfabgabe durch warme und feuchte Luft eine Erschlaffung und ein Schwächegefühl des Körpers her, sog. „Tropenanämie", jedoch ohne erhebliche Abweichungen im Blutbefunde. Bei längerer Dauer des Aufenthaltes gesellen sich oft Vergrößerung der Leber und der Milz hinzu, ferner Abnormitäten der Verdauungssäfte. Die Erschlaffung der Haut führt zu einer außerordentlichen Empfindlichkeit gegen die geringfügigsten Temperaturschwankungen, und die Menschen sind daher disponiert zur Akquirierung von Erkältungskrankheiten (vgl. unten „Tropenklima").

Die **Schutzmaßregeln** gegen die aus anhaltend heißer Witterung entstehenden Gesundheitsstörungen stimmen zum Teil mit den gegen den Hitzschlag empfohlenen Maßregeln überein. Für mäßige, eben ausreichende Nahrungsaufnahme, mäßige Muskelarbeit, leichte

Kleidung ist in erster Linie zu sorgen; Lage und Einrichtung des Wohnhauses ist so zu wählen, daß dasselbe Schutz gegen exzessive Temperaturen gewährt (s. Kap. Wohnung); durch häufige kalte Waschungen, Fächer usw. ist die Wärmeabgabe zu unterstützen.

b) Die Einwirkung niedriger Temperaturen.

Erfrierungen einzelner Körperteile oder des ganzen Körpers kommen nicht zustande, solange die Möglichkeit zu genügender Bekleidung, ausgiebigen Muskelbewegungen und reichlicher Nahrungsaufnahme gegeben ist. Erst wenn einer dieser Faktoren versagt, z. B. im Schlaf, ferner wenn Störungen des Verdauungsapparates vorliegen und nicht reichlich Nahrung assimiliert werden kann, droht Gefahr für die Gesundheit und das Leben.

Zunächst entsteht dann eine merkliche Abkühlung der peripheren Körperteile. Die Blutgefäße der Haut erscheinen hier anfangs kontrahiert; dann aber tritt Gefäßlähmung, Hyperämie und Schwellung und gleichzeitig um so stärkere Entwärmung ein. Bei weiterer Kälteeinwirkung erfolgt dann Erfrieren der peripheren Teile und damit eine Zerstörung der zelligen Elemente und mehr oder weniger ausgedehnte Nekrose. Während dieser Prozeß an den Extremitäten abläuft, macht sich gleichzeitig infolge der ausgedehnten Kontraktion der Hautgefäße Kongestion in Lunge und Gehirn geltend, und infolgedessen Beklemmung und Kopfschmerz. In späteren Stadien steigern sich die Zerebralsymptome; es tritt Schwindel, Betäubung ein und schließlich der Tod durch Lähmung der nervösen Zentralorgane.

Am leichtesten kommt eine derartige Kältewirkung zustande bei stark bewegter kalter Luft. Ferner kann bei relativ hoher Luftwärme abnorme Abkühlung des Körpers erfolgen durch intensive Ausstrahlung; bei völlig heiterem Himmel vermögen selbst Tropennächte zum Erfrieren zu führen. In hohem Grade unterstützt wird der schädigende Einfluß der Kälte durch Alkoholgenuß, der zwar Hyperämie der Haut und dadurch zunächst Wärmegefühl, aber dann auch um so vermehrte Wärmeabgabe herbeiführt.

Bei geringerem Grade der Einwirkung können durch niedere Temperaturen **Erkältungskrankheiten** hervorgerufen werden.

Über das Wesen der Erkältung haben wir noch wenig sichere experimentell begründete Vorstellungen. Wir dürfen annehmen, daß Erkältungen wesentlich durch intensive oder anhaltende Wärmeentziehungen von der Haut zustande kommen, die zu fühlbarer Abkühlung der Hautnerven führen. Eine direkte Schädigung der Schleimhäute des Respirationstraktus durch kalte Luft scheint gar nicht oder selten Ursache von Erkältungen dieser Organe zu sein, da das Hinaustreten aus dem 20° warmen Zimmer in kalte Winterluft bei genügendem Hautschutz keine Störung zu veranlassen pflegt. Betrachtet man die Wirkung eines Kältereizes auf die Haut, so resultiert zunächst aller-

dings Zusammenziehung der Blutgefäße und Anämie der Haut, aber dieser Zustand dauert nur sehr kurze Zeit; normalerweise tritt sehr rasch eine Reaktion ein: die Haut rötet sich und wir bekommen Wärmeempfindung, d. h. es haben die vom Kältereiz getroffenen Hautnerven vasomotorische Zentren zur Wiedererweiterung der Hautgefäße angeregt. In dieser Reaktion liegt vermutlich unser normaler Schutz gegen Kältewirkung; ihr ist es zu danken, daß ein eigentliches Kältegefühl in den Hautnerven nicht leicht zustande kommt. In typischer Weise sehen wir einen solchen Reaktionsvorgang verlaufen z. B. bei einer kalten Übergießung des Körpers.

Nun aber können die Hautnerven angeborene mangelhafte Reaktion zeigen oder durch Verweichlichung, d. h. durch Mangel an Übung erschlaffen; sie dürfen nicht für zu lange Zeit des Kältereizes und der Auslösung der Reaktion entwöhnt werden. Es tritt das besonders hervor bei solchen Körperteilen, welche für gewöhnlich bedeckt und gegen Kältewirkung geschützt gehalten werden. Während Hände und Gesicht sich stets reaktionsfähig zeigen, vermögen die Hautnerven einer Halspartie, welche durch warme Kleidung vor Kältereizen bewahrt war, keine Reaktion zu zeigen, sobald der Hals ausnahmsweise entblößt und von kalter Luft getroffen wird. Andererseits wird die Reaktion unterstützt durch Übung der Haut, durch systematische Gewöhnung an normale Kältereize, z. B. kalte Abwaschungen. — Ferner kann durch Körperbewegung einem schädlichen Einfluß der Kältewirkung vorgebeugt werden, weil dann durch die beschleunigte Zirkulation und die Gefäßerregung der Haut mehr Wärme zugeführt und die Kälteempfindung gehindert wird. Bei Körperruhe dagegen, und besonders im Schlaf, kommt es viel leichter zu einem Versagen der schützenden Reaktion.

Eine schädliche Kältewirkung entsteht, sobald fühlbare Abkühlung der Haut eintritt. Diese Erscheinung tritt z. B. ein bei jeder zu lange anhaltenden Kältewirkung auf ausgedehntere Hautpartien. — Weit häufiger kommen aber lokale Wärmeentziehungen von kleineren empfindlichen Hautbezirken aus in Betracht. Die vorerwähnten, gewöhnlich geschützten und an Kälte nicht gewöhnten Körpergegenden, ferner die peripher gelegenen Teile und namentlich die Füße, die relativ am schwersten auf normaler Wärme zu erhalten sind, können bei sonst warmem Körper eine fühlbare Abkühlung erfahren.

Eine besondere Gefahr liegt ferner dann vor, wenn vorher durch Aufenthalt bei hoher Temperatur oder durch starke Muskelarbeit Hyperämie der Haut und Schweißsekretion eingetreten war und nun bei Körperruhe stärkere teilweise Abkühlung eintritt. Unter solchen Verhältnissen pflegt die schützende Reaktion völlig zu versagen; um so leichter, je ausgiebiger der schwitzenden Haut durch Verdunstung Wärme entzogen wird. Ferner löst eine allmähliche, aber anhaltende lokale Wärmeentziehung, wie sie z. B. durch feuchte Kleidung und Schuhwerk zustande kommt, bei vielen Menschen Kältegefühl aus. Manche zeigen endlich eine besondere Empfindlichkeit gegen gleichmäßig bewegte und auf beschränkte Stellen des Körpers auftreffende kältere Luftströme und die dadurch erfolgende Wärmeentziehung („Zugluft"). Zuweilen können Neuralgien innerhalb weniger Stunden nach vorübergehender Einwirkung solcher Zugluft sich einstellen.

Sobald die Kältereize ein Erkalten der Nervenenden der Haut herbeigeführt haben, resultieren von diesen aus reflektorisch Störungen in den vasomotorischen Zentren, und dadurch Hyperämien der Schleimhäute, der Nieren, der Muskeln usw. Außerdem ist experimentell festgestellt, daß durch abnorme

Abkühlung der tierische Körper eine Schädigung seiner Schutzeinrichtungen gegen lebende Krankheitserreger erfährt. Die Leukocytenzahl wird um 50 bis 75 Prozent herabgesetzt; erst später tritt Hyperleukocytose ein; die Beweglichkeit und Freßfähigkeit der Leukocyten wird stark verringert; die Bakteriolysine, die Opsonine und besonders der Komplementgehalt des Blutes werden herabgesetzt. Da an den entstehenden „katarrhalischen" Krankheitsprozessen in hervorragender Weise die Mikroorganismen sich beteiligen, welche in den normalen Sekreten vorhanden und nur gegenüber der völlig intakten Schleimhaut ohne Gefahr sind, sind diese Veränderungen für Ausbreitung und Verlauf des Krankheitsprozesses von größter Bedeutung.

Diejenigen Witterungsverhältnisse, welche am leichtesten zu Erkältungskrankheiten Anlaß geben, sind: 1. heftige, kühle Winde; 2. plötzliche Temperaturschwankungen. Nicht etwa die Schwankungen, die sich im Laufe eines Jahres oder eines Monats vollziehen, und denen wir durch unsere künstlichen Reguliereinrichtungen vollauf begegnen können; sondern Schwankungen, die so rasch zustande kommen, daß eine entsprechende Regulierung der künstlichen Einrichtungen zur Erhaltung der Eigenwärme, Kleidung, Heizung usw., auf Schwierigkeiten stößt. In dieser Beziehung ist nicht nur plötzlicher Abfall der Temperatur bedeutungsvoll, sondern auch plötzliche Steigerung; denn diese führt dann leicht zu einer Überhitzung des Körpers und im Gefolge davon zu einer um so leichteren Schädigung durch Abkühlung. 3. Niederschläge, welche zu Bodennässe und zur Durchnässung des Schuhzeugs, oder zur Durchfeuchtung der Kleidung und damit zu abnormer Wärmeentziehung führen.

Als besonders für Erkältungskrankheiten disponierende Klimate werden wir bezeichnen dürfen: 1. ein feuchtes tropisches Klima, in welchem es während des größten Teils des Jahres an normalen Kältereizen fehlt, und in welchem daher eine Verweichlichung der Haut zustande kommt; 2. ein Klima, in welchem heftige kalte Winde und Niederschläge mit Bodennässe vorherrschen; 3. welches vielfache plötzliche Schwankungen der Temperatur darbietet. Zwar läßt sich schließlich allen Schwankungen durch genaue Anpassung der künstlichen Schutzvorrichtungen begegnen, und bei fehlerfreier Handhabung dieser Vorrichtungen braucht auch ein an Schwankungen reiches Klima nicht zu Erkältungen zu führen, aber je vielseitiger der anzuwendende künstliche Apparat ist, je häufiger eingreifende Regulierungen erforderlich sind, um so leichter werden Mißgriffe und schädigende Temperatureinflüsse durch das modifizierte Klima des Hauses zustande kommen. Besonders bedenklich sind Perioden abnormer Witterung — Eintritt größerer Wärme zur Winterszeit, Rückfall von Kälte während des Sommers —, weil sie in überraschender Weise eine völlige Änderung unserer Gewohnheiten erfordern.

E. Niederschläge.

Die Messung erfolgt durch ein Auffanggefäß von 500 qcm Fläche; 5 ccm entsprechen dann 0,1 mm Regenhöhe. Instruktiver sind Apparate, die graphisch auch die Verteilung der Regenhöhen auf die Zeit anzeigen (durch einen Schwimmer, der auf rotierender Trommel zeichnet).

Die größten Regenmengen fallen innerhalb der tropischen Zone. Dort führt der aufsteigende warme Luftstrom enorme Mengen Wasserdampf in die höheren kälteren Luftschichten und veranlaßt massenhafte Kondensation. — Ferner sind Gebirge, ausgedehnte Waldungen und andere lokale Momente von bedeutendem Einfluß (s. Tab.).

Regenhöhen in cm:

Cherrapoonje (Ostind.)	1210	Madeira	74
Sansibar	225	Konstantinopel	72
Bombay	188	Hamburg	72
Kalkutta	166	München	71
Chile	164	Sylt	67
Brocken	124	Berlin	59
Nordalpen	121	Hannover	58
Habana	117	Paris	58
Mittelitalien	84	Kassel	54
Karlsruhe	80	Breslau	52
Kapland	78	Würzburg	40

Außer der Regenmenge wird die Zahl der Regen- und Schneetage und die Verteilung derselben auf die Jahreszeit registriert. Die Zahl der Regentage nimmt zu mit der Erhebung über das Meeresniveau; ferner in Europa von Süden nach Norden; außerdem mit der Annäherung an das Meer.

Hygienische Bedeutung der Niederschläge. Ein direkter Einfluß liegt insofern vor, als durch die Niederschläge eine Durchfeuchtung der Kleidung, insbesondere des Schuhzeuges, bewirkt werden kann, die zu Erkältungen Anlaß gibt. — Indirekt sind die Niederschläge bedeutungsvoll einmal dadurch, daß sie einen Teilfaktor des Klimas bilden, der für die Vegetation und die Bodenkultur besonders wichtig ist. Zweitens sind stärkere Niederschläge eines der wirksamsten Reinigungsmittel für Luft und Boden, ein Einfluß, der namentlich in tropischen Ländern scharf hervortreten muß; Staub, angesammelte Fäulnisstoffe, Mikroorganismen und eventuell Infektionserreger werden fortgeschwemmt und aus dem Bereich der Menschen entfernt. Drittens können mäßige Niederschläge organisches Leben und auch die Vermehrung und Erhaltung von Mikroorganismen befördern. Viertens ist von den Niederschlägen der Feuchtigkeitsgehalt der oberen Boden-

schichten und der Stand des Grundwassers abhängig. Allerdings kommt, genau genommen, nur ein gewisser Teil der Niederschläge für die Durchfeuchtung des Bodens und die Speisung des Grundwassers in Betracht; nämlich diejenige Wassermenge, welche nicht oberflächlich abfließt und auch nicht kurze Zeit nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Wie groß dieser Anteil ausfällt, das hängt einerseits von lokalen Einflüssen, von dem Gefälle der Oberfläche, von der Durchlässigkeit des Bodens, von der Temperatur, dem Sättigungsdefizit und der Bewegung der Luft usw. ab; andererseits ist die Art des Regenfalls maßgebend. Erfolgt dieser plötzlich in großen Mengen, so wird der abfließende Anteil unter den gleichen örtlichen Bedingungen viel größer, als wenn dieselbe Regenmenge langsam und stetig innerhalb eines längeren Zeitraums niedergeht. Um daher sowohl den eventuell zu Hochwasser führenden oberflächlichen, wie den zum Grundwasser durchdringenden Anteil aus der gemessenen Gesamtregenmenge abschätzen zu können, muß man die zeitlichen Beziehungen des Regenfalls genauer berücksichtigen.

F. Sonnenstrahlung (Wärme-, Licht- und chemisch wirksame Strahlen).

Zu unterscheiden sind 1) die langwelligen, roten Wärmestrahlen; 2) die gelben Helligkeitsstrahlen; 3) die kurzwelligen blauvioletten (photochemischen) und ultravioletten Strahlen. Erst neuerdings ist es gelungen, diese ganz verschieden wirksamen Strahlenanteile genauer zu unterscheiden und getrennt zu messen (Dorno in Davos).

1. Die Wärmestrahlen.

Die Messung kann nicht mit gewöhnlichen Thermometern erfolgen, da die Strahlen an der Thermometerkugel fast vollständig reflektiert werden. Die früher viel benutzten Vakuumthermometer, deren Kugel geschwärzt und in eine luftleere Hülle eingeschlossen ist, haben sich als ungenau herausgestellt. — Brauchbar sind das Pyrheliometer von Angström und Michelsons Aktinometer. — Ferner wird die Sonnenscheindauer bestimmt mit dem Campbellschen Autographen; unter einer als Brennlinse wirkenden Glaskugel liegt ein Papierstreifen, auf dem die Tagesstunden markiert sind; die Sonne erzeugt eine beim Dazwischentreten von Wolken unterbrochene Brandlinie, deren addierte Strecken der Sonnenscheindauer entsprechen.

Vergleichende Messungen zwischen Davos und Potsdam haben ergeben, daß im Sommer die Unterschiede gering sind, im Winter dagegen in Davos die 3fache Menge Wärmestrahlen gemessen wird.

Die Wärmestrahlen haben durch die Erwärmung des menschlichen Körpers, des Bodens, der Hauswände wohltuende Effekte. Aber auch die Insolation der Hauswände kann zu hochgradig werden (s. Kap. VII); und die zu intensive Bestrahlung des Körpers kann den Sonnenstich

hervorrufen, der entweder die von anderen Faktoren abhängige Wärmestauung unterstützt oder isolierte Schädigung auslöst, namentlich wenn der Schädel direkt von den Sonnenstrahlen getroffen wird. In letzterem Falle können die Strahlen durch die diathermane Schädeldecke bis zur Hirnrinde vordringen und lokale Überhitzung des Gehirns mit meningitischen Erscheinungen hervorbringen (Schmidt). Bei senkrecht auffallenden Strahlen, klarem Himmel und möglichst dünner Atmosphärenschicht (Berge) droht diese Gefahr am meisten. Durch weiße Bekleidung und namentlich locker sitzende, mit Luftöffnungen versehene und den Nacken schützende weiße Kopfbedeckungen ist ihr vorzubeugen.

2. Die Helligkeitsstrahlen.

Messung durch Webers Photometer (s. Kap. VII). — Vergleichende Messungen der Mittagshelligkeit liegen vor für Davos und Kiel. Im Winter wurde die Helligkeit an ersterem Orte 6mal, im Sommer 1,8mal größer gefunden.

Störende Einflüsse auf das Sehorgan durch Lichtmangel kommen vorzugsweise innerhalb der Wohnungen zustande; hier ist daher eine genauere Messung der Helligkeit oft erforderlich.

Über den allgemeinen Einfluß des Lichts auf belebte Wesen ist durch Experimente an Tieren festgestellt, daß diese im Licht größere Mengen Kohlensäure ausscheiden als im Dunkel; und zwar ist der Grund dafür nicht etwa nur in einer Erregung der Retina zu suchen, sondern auch geblendete Tiere reagieren in derselben Weise. Es wird daher dem Licht eine Reizwirkung auf das Protoplasma zugeschrieben, welche den Zerfall der organischen Stoffe in der Zelle erhöht. Trotzdem gedeihen kleinere und größere Tiere auch in dunklen Behausungen, und ein Weniger von Licht läßt oft deutliche Nachteile nicht erkennen (Stalltiere, Pferde der Kohlengruben usw.). — Durch Beobachtungen an Menschen, die dem Licht wenig ausgesetzt sind (Grubenarbeiter, Kellerbewohner, die Bewohner englischer Städte während der nebligen Wintermonate) konnten bestimmte körperliche Störungen infolge Lichtmangels beim Fehlen anderer Schädlichkeiten bisher nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Zweifellos sprechen aber viele Erfahrungen von Ärzten und Laien dafür, daß eine größere oder geringere Lichtfülle erhebliche nervöse oder psychische Einflüsse äußern kann, und daß für unsere Stimmung, unser Behagen und unser subjektives Wohlbefinden die Belichtung von größter Bedeutung ist. Dabei sind aber nicht nur die Helligkeitsstrahlen, sondern auch die übrigen Strahlungsanteile zweifellos stark beteiligt.

3. Die kurzwelligen Strahlen.

Bei der Messung lassen sich trennen:

a) Die blauvioletten (photographischen) Strahlen, die am besten mit Bromsilberpapier nach den Angaben von Weber und König bestimmt werden. — Der v. Esmarchsche Helligkeitsmesser registriert die gesamte photographische Helligkeit des Himmelsgewölbes durch die Verfärbung von Chlorsilberpapier, das durch einen schmalen Spalt belichtet und auf einem Zylinder angebracht wird, der sich einmal in 24 Stunden dreht und zugleich auf seiner gewundenen Achse absinkt, so daß am nächsten Tage eine tiefer liegende Zeile getroffen wird.

b) Die ultravioletten (elektrisch wirksamen) Strahlen, deren Messung neuerdings mit dem Zinkkugelphotometer von Elster und Geitel gelingt.

Die photographische Strahlung ist in Davos im Winter 3mal größer als in der Ebene; im Sommer ist sie etwa gleich. — Die ultraviolette Strahlung ist im Sommer und Herbst weitaus am höchsten; der Betrag eines Sommertages kann dem eines Wintermonats gleichkommen. Die Höhensonne liefert ferner viel größere Beträge, als die Ebene, weil hier sehr starke Absorption der Strahlung durch die Atmosphäre erfolgt.

Die Wirkung der blau-ultravioletten Strahlen auf den menschlichen bzw. tierischen Körper ist eine mannigfaltige. Eine günstige Wirkung wird darin gefunden, daß z. B. frisches Blut von bestrahlten Kaninchen größere Aktivität auf der photographischen Platte zeigt. Ferner werden Steigerungen der Oxydationen (von Neuberg für Kombinationen von organischen Stoffen und Mineralstoffen bei Gegenwart von Katalysatoren nachgewiesen; von Behring und Meier für die Lockerung der O-Hämoglobin-Verbindung und die Steigerung der Peroxydase-Wirkung), der Muskelleistungen, des Wachstums unter dem Einfluß ultravioletter Strahlen behauptet. Die Vasomotoren der Haut sollen gelähmt, der Blutdruck herabgesetzt, die Atmung vertieft und verlangsamt werden. Auf derartige Momente wird z. B. der zweifellos bedeutende Einfluß der Höhensonne auf tuberkulöse Affektionen der Knochen und Gelenke zurückgeführt (Dr. Rollier in Leysin). Auch mit „künstlicher Höhensonne", Bestrahlung durch die ultravioletten Strahlen einer Quarzlampe (s. Kap. IV) will man ähnliche Effekte erzielt haben, obwohl hier das Fehlen der übrigen Strahlungsanteile gewiß nicht ohne Belang ist.

Andererseits ist wohl zu beachten, daß auch schädigende Wirkungen von den ultravioletten Strahlen ausgehen. Eine empfindliche Haut reagiert mit Hyperämie und Entzündung (durch rote oder gelbe Stoffe oder Salben zu verhüten); allmählich bildet sich Pigment, dem eine schützende Wirkung vor übermäßigem Lichtchemismus zukommt und auch ein Wärmeschutz insofern, als dadurch die tieferen, schwerer abkühlbaren Hautschichten vor zu tiefem Eindringen der Strahlen und zu großer Wärme bewahrt werden. — Bei manchen (hereditär oder durch Gifte usw.) geschädigten Individuen kann schon im Kindes-

alter nach Besonnung Xeroderma pigmentosum auftreten, rote und braune Flecken, auf denen warzenartige Gebilde und schließlich Epithelkarzinom sich ausbildet. — Bekannt ist auch, daß bei Variola und Vaccine durch rote Binden, rote Fenster, welche die ultravioletten Strahlen absorbieren, der Heilungsprozeß begünstigt wird. Ferner erfolgt eine merkwürdige Sensibilisierung durch fluoreszierende Farbstoffe im bestrahlten Körper (Buchweizenexanthem der Schafe im Frühjahr; Haarausfall bei bestrahlten Meerschweinchen nach Fütterung mit gelbem Mais), wobei allerdings auch rote, tiefdringende Strahlen biologisch wirksam werden können.

Eine indirekte hygienische Beziehung äußern die ultravioletten Strahlen ferner dadurch, daß sie eine mächtige Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen ausüben. Durch Sonnenlicht gehen manche Krankheitserreger binnen 3 Stunden, durch diffuses Tageslicht binnen 3—4 Tagen zugrunde. — In der Praxis darf indessen nicht viel von dieser Wirkung des Lichts erwartet werden, weil nur die offen zutage liegenden Krankheitserreger davon betroffen werden und genug unbelichtete Infektionsquellen in jedem Krankenzimmer vorhanden sind. Für Desinfektionszwecke ist das Licht daher kaum verwendbar (s. Kap. IX).

G. Luftelektrizität.

Beobachtet wird im Freien 1. die elektrische Spannung (das Potentialgefälle). Mit einem auf einem Stabe befindlichen Kollektor (kleine Spiritusflamme), der sich stets auf die in seiner unmittelbaren Umgebung befindliche elektrische Spannung ladet, wird ein Elektroskop verbunden, dessen Gehäuse zur Erde abgeleitet wird. Die Divergenz der Aluminiumblättchen des Elektroskops gibt ein Maß der Spannungsdifferenz der Elektrizität der Luft und derjenigen des Erdbodens. — Bei heiterem Wetter ist die Luft stets positivelektrisch gegen die Erde. Denkt man sich die Punkte gleicher elektrischer Spannung durch Flächen verbunden, so entstehen zur Erdoberfläche parallele Niveauflächen (Äquipotentialflächen), von denen die höher gelegenen fast stets stärker positiv elektrisch sind als die niederen. Ist die Luft bei heftigem Wind mit Staubteilen erfüllt, ferner bei Regen, Hagel, oder wenn stark negativ geladene Wolken auftreten, ergibt sich negatives Potentialgefälle. Bei Gewitter kommt es zu starken positiven Ladungen und bedeutenden Schwankungen des Gefälles.

2. Die Elektrizitätszerstreuung (Ionisation der Luft) wird gemessen durch ein Elektroskop, mit dem ein mit positiver bzw. negativer Elektrizität geladener Zerstreuungskörper verbunden wird. Die Luft zeigt ein wechselndes Leitvermögen infolge ihres Gehaltes an positiven und negativen Ionen, abhängig teils von der Radioaktivität (die z. B. bei vielen Bodenarten den Bodengasen eigentümlich und

daher in Kellerräumen stark gesteigert ist); teils von der Einwirkung ultravioletter Strahlen. Meist sind positive und negative Ionen im Gleichgewicht; zuweilen, namentlich auf Berggipfeln, stellt sich unipolare Leitfähigkeit her, kenntlich an der schnelleren Entladung eines negativ geladenen Zerstreuungskörpers.

Beziehungen zwischen dem elektrischen Verhalten der Luft und dem körperlichen Wohlbefinden sind vermutlich — wenn auch vielleicht individuell verschieden — vorhanden. Es fehlt aber noch an Beobachtungsreihen, welche Gesetzmäßigkeiten abzuleiten gestatten; namentlich auch an Untersuchungen über das Verhalten der Leitfähigkeit innerhalb der Wohnräume, das angeblich durch die radioaktive Bodenluft stark beeinflußt wird.

H. Allgemeiner Charakter von Witterung und Klima.

1. Die Witterung.

Die Witterungsverhältnisse, wie sie sich aus den meteorologischen Beobachtungen ergeben, pflegen seit lange regelmäßig mit den für die gleiche Zeitperiode erhaltenen Morbiditäts- und Mortalitätsziffern zum Zweck der Auffindung ätiologischer Beziehungen verglichen zu werden.

Sowohl die Charakteristik der Witterung, wie wir sie bis jetzt aufzustellen pflegen, wie auch die übliche Mortalitätsstatistik, die immer nur den Tod durch die oft viel früher und unter ganz anderen Verhältnissen entstandene Krankheit anzeigt, ist indessen für diesen Zweck wenig brauchbar.

Die meteorologischen Daten berücksichtigen zu sehr die Mittelwerte; sie lassen die Intensität der Schwankungen und das gleichzeitige Zusammenwirken verschiedener Faktoren nicht genügend hervortreten; sie geben für besonders wichtige Faktoren, z. B. die Windstärke, völlig ungenaue und unbrauchbare Werte.

Einen vollkommeneren Einblick gewähren graphische Darstellungen der Witterungsverhältnisse, welche namentlich auch die Intensität der Exkursionen aller gleichzeitig beteiligten Faktoren zur Anschauung bringen.

Falls die graphische Darstellung nicht anwendbar ist, kann die Methode der Auszählung der Tage nach verschiedenen Stufen der Temperaturschwankung, der Windstärke, des Sättigungsdefizits usw. zur Anwendung kommen. Für die Tagesschwankung der Temperatur unterscheidet man dann z. B. die Stufen: 0—5°, 5—10°, mehr als 10°; für die Veränderlichkeit der Temperatur von Tag zu Tag die Stufen: 0—2°, 2—4°, 4—6°, 6—8° und mehr als 8°. Ähnlich stuft man Windstärke und Sättigungsdefizit ab und zählt, wie viele Tage von jeder Stufe innerhalb des untersuchten Zeitraums beobachtet wurden.

Bei dieser Methode fehlt indes ein Einblick in die gleichzeitige, sich ergänzende Wirkung verschiedener Faktoren. Erst wenn es gelänge, alle wesentlichen bei einer hygienischen Wirkung beteiligten Faktoren, Lufttemperatur, Feuchtigkeit, Windstärke usw. in ihrer Wirkung auf die Entwärmung unseres Körpers in eine kombinierte Ziffer zusammenzufassen, würde die Auszählungsmethode wirklich benutzbar werden.

Vincent versuchte zuerst, die Hauttemperatur, die einen Maßstab für unser Temperaturempfinden liefert, aus den verschiedenen klimatischen Faktoren zu bestimmen und so eine „Temperature climatologique" zu gewinnen, die in einer Ziffer die Gesamtlage der für die Entwärmung in Betracht kommenden klimatischen Einflüsse angibt. Die Beobachtungen Vincents sind indes mit mancherlei Fehlern behaftet. — Neuerdings konnte wenigstens die Beziehung zwischen Temperaturempfinden und Hauttemperatur etwas genauer festgelegt werden (s. S. 47). Die physikalischen Beziehungen zwischen Temperatur und Wind sind derart, daß z. B. eine Abkühlungsziffer für eine 30° warme Glaskugel binnen 5 Minuten für verschiedene Lufttemperaturen und Windgeschwindigkeiten berechnet werden kann (s. S. 32); sie beträgt beispielsweise bei + 20° Lufttemp. und 2 m Windgeschw. = 1,32°, bei 12 m Wind = 3,25; bei + 10° = 2,64 bzw. 6,50°; bei ± 0° = 3,96 bzw. 9,75°. Die Übertragung dieser Werte auf das physiologische Verhalten des menschlichen Körpers und die Einbeziehung der sonstigen wirksamen Faktoren muß jedoch noch weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Jahreszeitliche Verteilung der Todesfälle.

Die Verteilung der Todesfälle in Deutschland geht aus dem Diagramm Fig. 3 hervor. An demselben beobachten wir in zwei Erhebungen, die allerdings im Verhältnis zur Gesamtmenge der Todesfälle nur geringfügige Exkursionen darstellen (bei durchschnittlich 100 Todesfällen beträgt das Minimum 91, das Maximum 112 Todesfälle pro Monat). Die eine, kürzere und niedrigere Erhebung fällt in den Hochsommer, die zweite breitere in den Spätwinter bzw. Frühling. — Fig. 4 gibt zugleich eine Übersicht, wie sich in den verschiedenen Lebensaltern die Verteilung der Todesfälle auf Jahreszeiten gestaltet. Wir ersehen aus dieser Tabelle, daß an der Sommerakme ganz überwiegend das kindliche Lebensalter beteiligt ist, und daß Cholera und Diarrhoea infantum in dieser Jahreszeit die weitaus größte Zahl von Todesfällen veranlassen. Außerdem zeigen Ruhr, Cholera nostras und

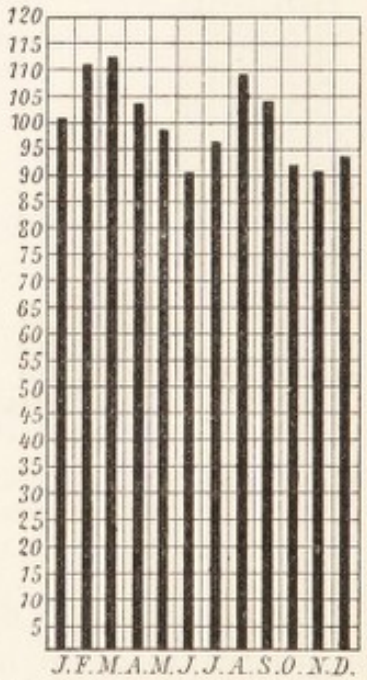


Fig. 3. Mortalität im Deutschen Reich nach Monaten

andere infektiöse Darmerkrankungen der Erwachsenen eine ausgesprochene Sommerakme.

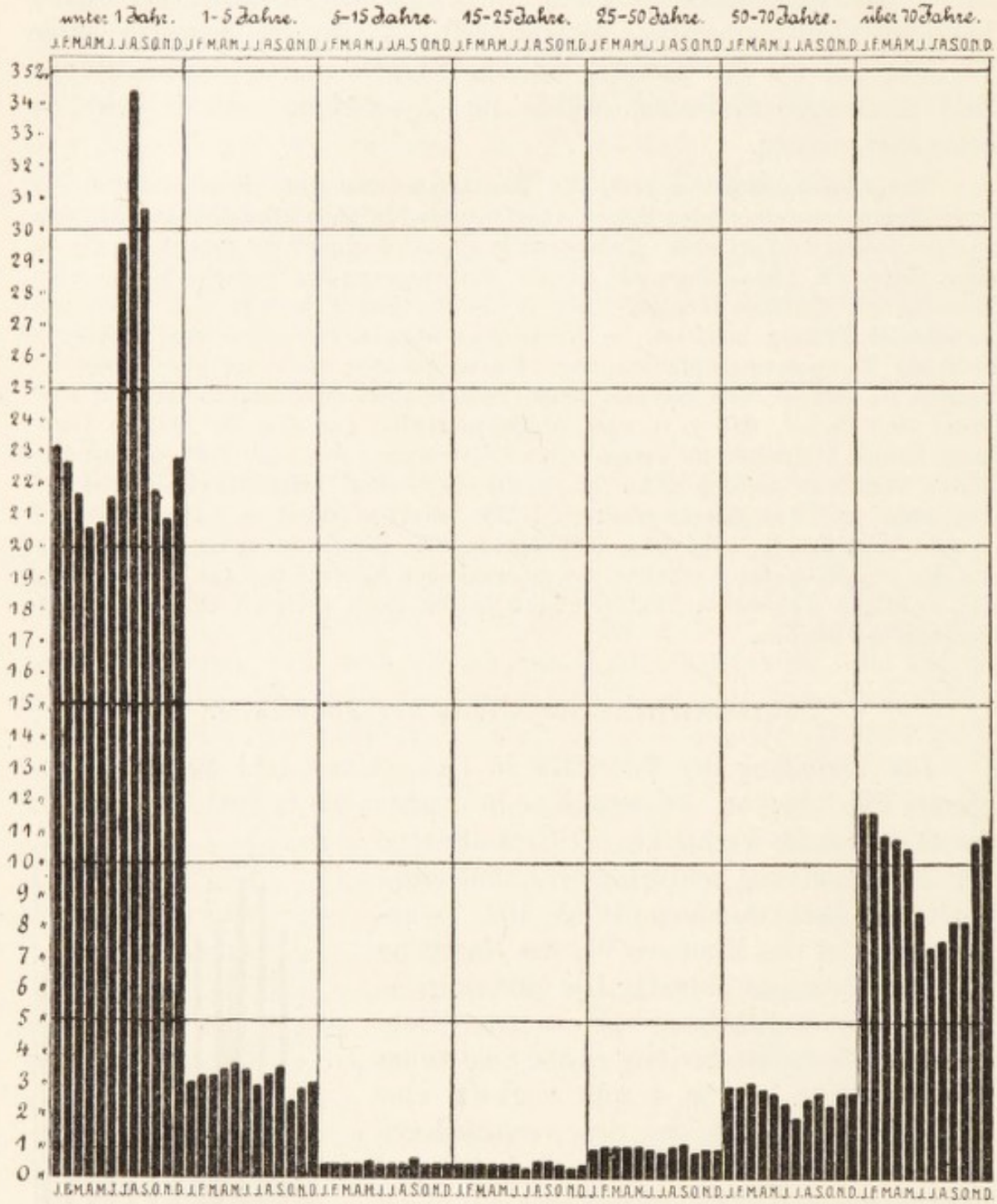


Fig. 4. Sterblichkeit der verschiedenen Altersklassen in den einzelnen Monaten, berechnet auf 1000 Lebende derselben Altersklassen. Hamburg 1872—1896.

Aus der Ätiologie der Cholera infantum, die im Kapitel VIII genauer besprochen wird, sei hier nur hervorgehoben, daß eine gewisse Höhe der Wohnungstemperatur auf ihr Zustandekommen begünstigend wirkt.

Die übrigen infektiösen Darmkrankheiten zeigen Sommerdisposition, weil die stärkere Wucherung von Bakterien in Nahrung und Wasser, der Wassermangel und die Heranziehung unreiner Wässer, um den gesteigerten Durst zu löschen, sowie andere Umstände zu dieser Zeit die allerverschiedensten Darmaffektionen begünstigen und vermehrte Vorsichtsmaßregeln zu ihrer Verhütung notwendig machen.

Die Krankheiten mit Winterakme betreffen vorzugsweise die höheren Lebensalter, und an ihr beteiligen sich in geringem Grade kontagiöse Krankheiten, Pocken, Masern, Scharlach, Diphtherie (jedoch mit häufigen Ausnahmen); viel deutlicher ist die Steigerung bei Phthise, Pneumonie, Bronchitis, Angina. — Die Begünstigung der kontagiösen Krankheiten erfolgt vor allem durch das im Winter häufigere und innigere Zusammenleben der Menschen in den Wohnungen; die Chancen für die Ausbreitung wachsen um so mehr, je mehr sich das ganze Leben der Bevölkerung innerhalb des Hauses abspielt. Außerdem werden in der kalten Jahreszeit mehr Kleidungsstücke benutzt, die Reinigung der Wäsche, des Körpers, der Wohnung usw. stößt auf größere Schwierigkeiten als im Sommer. Die Zunahme der Todesfälle an Phthise, deutet nicht etwa darauf hin, daß die Phthise vorzugsweise im Winter akquiriert und verbreitet wird, sondern nur darauf, daß das tödliche Ende dieser Krankheit hauptsächlich in der zweiten Hälfte des Winters und im Frühjahr eintritt. Die Ursache hierfür liegt vorzugsweise darin, daß für die Phthisiker in diesen Monaten eine erhöhte Gefahr für die Akquirierung von Erkältungskrankheiten, Bronchitis, Pneumonie, gegeben ist, die bei dieser Kategorie von Kranken leicht zum Tode führen. Die Steigerung der Erkältungskrankheiten im Winter ist auf die launischen Schwankungen der Temperatur namentlich gegen Ende des Winters und ihr häufiges Zusammenfallen mit heftigen Winden, Bodennässe und Niederschlägen zurückzuführen. Ein genauerer Einblick in die ätiologischen Beziehungen und eine Abschätzung der Bedeutung der einzelnen beteiligten Faktoren ist aber, wie bereits oben hervorgehoben wurde, zurzeit schon wegen der Mängel der Registrierung nicht möglich. Die in den letzten Jahren erschienenen Zusammenstellungen von Maggelssen, Ruhemann u. a. über die Abhängigkeit mancher Krankheiten von Witterungsverhältnissen sind völlig unbrauchbar, weil diese Autoren einseitig die Lufttemperatur oder die Sonnenscheindauer u. dgl. als Maßstab benutzt und dazu noch ausschließlich mit Mittelwerten gerechnet haben.

Geringfügigere, nicht in der Mortalitäts- und Morbiditätsstatistik zum Ausdruck kommende Störungen der Gesundheit und des Wohlbefindens durch „das Wetter“ liegen zweifellos oft vor, sind aber schwer bestimmt nachzuweisen. Abercromby, Lomer, Miller, Trabert u. a. geben an, daß die mit barometrischen Depressionen einhergehenden Änderungen der Witterung namentlich

das psychische Verhalten und nervöse Leiden ungünstig beeinflussen. LEHMANN und PEDERSEN wollen aus solchem Anlaß Abnahme der Muskelkraft und der Gedächtnisleistungen beobachtet haben. Die bisherigen Erhebungen sind zu wenig zahlreich, um einen Rückschluß auf die dabei wirklich einflußreichen Witterungsfaktoren zu gestatten.

2. Das Klima.

Eine hygienisch brauchbare Charakterisierung der einzelnen Klimate stößt auf noch bedeutendere Schwierigkeiten, als die Charakterisierung einer Witterung, weil wir dazu der Mittelwerte aus mehrjährigen Beobachtungen nicht entraten können. Wenigstens muß auch hier eine Auszählung der Tage von bestimmter Variation der Temperatur, von bestimmter Windstärke usw. erfolgen, so daß die Intensität der einzelnen Schwankungen einigermaßen hervortritt. Von besonderer Wichtigkeit scheint dies für die interdiurnen Temperaturschwankungen zu sein (s. Tabelle). Schon beim Vergleich mit der

Mittlere Häufigkeit von Temperaturveränderungen bestimmter Größe (in Tagen):

Um mindestens	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	Oktober	November	Dezember	Jahr
Berlin.													
2°	10·8	11·2	9·2	10·1	10·3	10·6	8·6	6·8	7·6	9·3	9·4	11·0	114·9
4	2·6	2·4	1·9	1·6	2·0	3·0	1·3	0·8	0·7	1·5	1·2	3·9	22·9
6	0·7	0·7	—	0·3	0·2	0·1	—	0·1	0·1	0·1	0·1	1·3	3·7
8	0·2	—	—	—	—	0·1	—	—	—	—	—	0·3	0·6
10	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·2
München.													
2°	15·9	12·9	12·2	12·2	13·5	14·7	15·9	11·4	8·6	10·3	13·1	13·2	123·9
4	5·0	5·4	2·7	3·6	4·3	4·8	3·7	2·5	2·3	1·9	4·3	4·3	47·8
6	3·1	1·5	0·8	0·4	1·2	0·9	0·8	0·8	0·6	0·1	1·4	1·6	12·2
8	1·3	0·6	0·3	—	0·4	0·1	0·3	0·1	0·1	—	0·5	0·7	4·4
10	0·5	0·4	0·2	—	0·2	—	—	—	—	—	0·1	0·4	1·8
12	0·2	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2	0·6
14	0·1	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·3
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·1	0·1

Gesamtmortalität ergibt sich hier eine Beziehung, insofern (in den preußischen Provinzen) die höchste Veränderlichkeit der Temperatur mit der höchsten Mortalität zusammengeht (KREMSER).

Den so gewonnenen Ziffern haftet immer noch ein sehr großer Fehler dadurch an, daß das Zusammenwirken verschiedener klimatischer Faktoren gar nicht zum Ausdruck kommt. Mehr noch als für die Charakterisierung der Witterung würde daher für Klimaschilderungen die Aufstellung kombinierter

Entwärmungsziffern angezeigt sein. — Manche Hinweise können den pflanzen- und tierphänologischen Beobachtungen entnommen werden. Diese benutzen teils das Vorkommen verschiedener Pflanzen zur Charakterisierung des Klimas, namentlich die mittleren Eintrittszeiten der Vegetationserscheinungen (Belaubung, Blüte, Fruchtreife, Laubverfärbung und Laubfall) bei verschiedenen allverbreiteten Pflanzen, z. B. Roßkastanie, Syringa vulgaris, Weinrebe usw.; teils gewisse Beobachtungen an Tieren, so das erste Rufen des Kuckucks, der Wachtel, das Kommen und Abziehen der Schwalben, der Stare usw.

Auch die Morbiditäts- und Mortalitätsstatistik der einzelnen Klimate ist noch durchaus mangelhaft. Nur wenige europäische Staaten bieten in dieser Beziehung ein einigermaßen befriedigendes Material und wir müssen uns daher einstweilen auf eine Abgrenzung und Charakterisierung weniger großer klimatischer Zonen beschränken.

a) Die tropische (und subtropische) Zone.

Charakteristik. Tropische Klimate sind ausgezeichnet durch den regelmäßigen, periodischen Ablauf der Witterungserscheinungen, während unperiodische Schwankungen und das, was wir „Wechsel der Witterung" nennen, fast völlig fehlen. — Meistens sind allerdings Jahreszeiten unterscheidbar, aber nicht sowohl nach der Temperatur, als vielmehr nach Winden und Niederschlägen. In einem Teil des Jahres herrschen die Passate und veranlassen trockenes Wetter. Mit dem Aufhören der Passate beginnt dann die Regenzeit, und zwar stellt dieser Regen eigentlich Sommerregen dar, da er in die Zeit des höchsten Sonnenstandes fällt; meistens bringt aber die Regenzeit infolge der Bewölkung eine gewisse Abkühlung zustande und daher wird diese Periode in manchen Gegenden fälschlich als „Winter" bezeichnet.

Bemerkenswert ist der Einfluß, den die tropische Regenzeit mit ihren stundenweise, aber in ungeheueren Mengen fallenden Niederschlägen oft gegenüber der Anhäufung von Schmutzstoffen zeigt, welche während der trockenen Jahreszeit sehr hochgradig geworden zu sein pflegt. Die Bodenoberfläche wird abgeschwemmt, stagnierende Teiche und Flüsse werden mit reichlichem, reinem Wasser gefüllt, der Bezug guten Trinkwassers und die Reinigung der Kleider, der Wohnung usw. außerordentlich erleichtert. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß in dieser Weise durch die massenhaften Niederschläge der Regenzeit an vielen Orten kontagiöse und infektiöse Krankheiten in ihrer Verbreitung gehemmt werden müssen.

Entsprechend dem Wechsel der trockenen und der nassen Jahreszeit, ferner je nach der Nähe der Meeresküste variiert die Luftfeuchtigkeit in den tropischen Gebieten, und da bei hoher Temperatur die Luftfeuchtigkeit zu einem äußerst einflußreichen klimatischen Faktor wird, ist die Wirkung des tropischen Klimas, je nach Art und Jahreszeit, außerordentlich verschieden. — Eine fernere Eigentümlichkeit des Tropenklimas bildet die intensive Sonnenstrahlung. Das Vakuumthermometer steigt auf der besonnten Bodenoberfläche bis über 80°. Innerhalb weniger Minuten kann die entblößte Haut des Europäers unter der Tropensonne rot und schmerzhaft werden.

Durch die überaus günstigen Bedingungen für organisches Leben kommt es einerseits zu doppelten Ernten; andererseits zu einer enormen Anhäufung von zersetzungsfähigem Material und zu intensiven Fäulnis- und Gärungsvorgängen. Man begegnet daher oft einer hochgradigen Verpestung der Luft

durch Fäulnisgase, wenn nicht entweder starke Trockenheit die Zersetzungen hindert oder lebhafte Winde die Gase zerstreuen.

Wesentlich abweichende klimatische Verhältnisse bieten Höhenlagen:

	Jahresmittel der Temp.	Mittl. Jahres-schwankung	Mittl. Tages-schwankung	Relative Feuchtigkeit
Maranga . . . . . (3° südl. Br., 1560m)	16·7°	6·8°	11·8°	77%
Moschi . . . . . (3° südl. Br., 1150m)	20·7°	5·9°	10·7°	66%
Bulawayo . . . . . (20° südl. Br., 1360m)	19·6°	9·0°	14·9°	57%
Dar es Salaam . . . (7° südl. Br., 10m)	25·3°	5·0°	6·9°	83%

Krankheiten der Tropenzone.

Nach allen Erfahrungen ist die Gesamtmortalität in den Tropen — abgesehen von den eben erwähnten Ausnahmelagen — eine sehr hohe. Vergleichbare Zahlen sind wenig vorhanden; angeführt sei nachstehend eine ältere Tabelle über die Mortalität europäischer Truppen in den Tropen:

Unter 1000 Mann europäischer (französischer bzw. englischer) Truppen starben jährlich in:

		Dagegen in:	
Algier 1847—46	78		
Senegal 1819—55	106		
Sierra Leone 1819—36 . . .	483	Kapland 1817—49	14
Bengalen 1838—56	70	Neu-Seeland 1844—56. . .	9
Britisch-Westindien 1816—46	75	Kanada 1837—46	13

Aus neuerer Zeit stammen folgende Angaben:

In Englisch-Indien starben 1906 von rund 70000 europäischen Soldaten 10·4 Promille; 28 Promille mußten invalidisiert werden. Ferner starben von 79 Benediktiner-Missionaren in Deutsch-Ostafrika in 15 Jahren 24; 80 Prozent der Todesfälle trafen auf die ersten $1^1/_2$ Jahre. — Über die Sterblichkeit der Eingeborenen, die von der der Europäer meist stark abweicht, ist noch weniger bekannt. In Hongkong starben 1898 von den Europäern 16·2 Promille, von den Eingeborenen 23·6 Promille. —

Die Steigerung der Mortalität ist vorzugsweise bedingt durch folgende Krankheiten:

Sonnenstich und Hitzschlag; sogenannte Tropenanämie (s. S. 51). Diese erscheinen als schwer vermeidliche Klimakrankheiten. Zweifellos kann durch die Lebensweise, insbesondere Reduktion der Wärmeproduktion durch körperliche Arbeit, die Disposition verringert werden. Aber selbst bei großer Vorsicht pflegen nach einer gewissen Zeit in dauernd tropischem Klima Gesundheitsstörungen (Herzaffektionen) aus der fortgesetzt schwierigen Wärmeregulierung zu resultieren.

Malaria ist außerordentlich verbreitet und tritt vielfach in perniziöser Form auf, so zwar, daß sie unbedingt den gefährlichsten Feind des tropischen Klimas darstellt. Ruhr und schwerer Darmkatarrh fordern nächst der Malaria die meisten Opfer. Cholera asiatica tritt in mörderischen Epidemien auf, fordert aber nicht so viel Opfer wie die vorgenannten Krankheiten. Cholera infantum ist in den meisten tropischen Gebieten stark verbreitet.

Auch von Erkrankungen der Respirationsorgane ist die tropische Zone nicht frei. Phthise ist, mit Ausnahme der Hochplateaus und einiger subtropischer Gebiete, fast überall verbreitet, wenn auch nicht so stark wie in Europa. Pneumonie ist in einzelnen Teilen Indiens, ferner in Unterägypten und Tunis selten, kommt aber in anderen tropischen Ländern häufig vor. Bronchitis und andere katarrhalische Erkrankungen werden in den Tropen in großer Zahl beobachtet. Nur gewisse subtropische Gegenden, wie einzelne Teile Ägyptens, der Ostküste Afrikas, Kaliforniens zeigen eine relative Immunität; ferner die Antillen und St. Helena, welch letzteres unter der Herrschaft kühler südlicher Winde steht und daher ein im Verhältnis zu der geographischen Breite sehr gemäßigtes Klima hat.

b) Die arktische Zone.

Charakteristik. Im polaren Klima tritt uns der Wechsel der Jahreszeiten in ausgesprochenster Weise entgegen.

Während des Winters fehlt die Sonnenstrahlung ganz, die Kälte ist intensiv. Auch März und April sind noch sehr kalt; erst im Mai steigt die Temperatur, und die höchste Wärme tritt im Juli-August ein. Im Herbst erfolgt langsamer Abfall der Temperatur. Selbst im Sommer fallen die Strahlen immer noch in sehr spitzem Winkel auf; trotzdem erhebt sich die Temperatur an den meisten Tagen über 0°, das geschwärzte Thermometer steigt noch in $78\,^1/_2{}^0$ Breite bis 21° C. Der Sommer würde noch erheblich wärmer sein, wenn nicht so viel Wärme durch Schmelzen von Eis und Schnee absorbiert würde.

Die absolute Feuchtigkeit ist im Winter minimal, daher Klagen über quälendes Durstgefühl. Der Himmel ist fast stets heiter, Niederschläge sind selten. Im Sommer tritt oft Nebel ein, ebenso vielfache Niederschläge.

Der Winter bringt eine furchtbare Monotonie; überall zeigt sich das Bild vollkommener Gleichmäßigkeit, Erstarrung und Ruhe. Unter diesen psychischen Eindrücken und unter dem Einfluß des Lichtmangels werden die Menschen anfangs schläfrig und deprimiert; später reizbar. Gewöhnlich gesellen sich Dyspepsien, und bei mangelnder Abwechslung in der Kost skorbutische Erscheinungen hinzu.

Mit großer Begeisterung wird von allen Polarreisenden das erste Wiedererscheinen der Sonne geschildert. Schon mehrere Tage ehe sie selbst am Horizont erscheint, wird ihr Nahen durch prachtvolle Dämmerungsfarben angekündigt.

Der Sommer bietet durchweg angenehme Witterungsverhältnisse. Nur die stete Tageshelle bewirkt bei Ungewohnten Reizbarkeit und schlechten Schlaf.

Krankheiten des polaren Klimas.

Die Gesundheitsverhältnisse sind im allgemeinen sehr günstig, abgesehen davon, daß in Island, Grönland usw. ein verhältnismäßig großer Teil der Bevölkerung verunglückt, beim Fischen ertrinkt, oder in Schneestürmen umkommt. Malaria, infektiöse Darmkrankheiten, vor allem Cholera infantum, fehlen so gut wie vollständig. Auch die asiatische Cholera hat in Nordamerika den 50., in Rußland den 64. Breitengrad nicht überschritten; Island, Lappland, die Färoerinseln sind bisher frei geblieben; gleichwohl liegen beschränkte Epidemien in noch höheren Breiten gewiß nicht außer dem Bereich der Möglichkeit, und daß es bisher zu solchen nicht gekommen ist, daran trägt jedenfalls die Erschwerung der Einschleppung die Hauptschuld. Auch Australien und das Kapland sind aus diesem Grunde lange von Cholera verschont geblieben.

Krankheiten der Respirationsorgane sind in Island, Skandinavien, Nordrußland usw. häufig, jedoch nicht häufiger, als in der gemäßigten Zone. Im hohen Norden zeigt die Witterung im ganzen weniger gefährliche Schwankungen als in unserem Winter und Frühling; und dabei sind dort die Einrichtungen und Gewohnheiten oft in zweckmäßigerer Weise auf die Bekämpfung der Kälte und den Witterungswechsel zugeschnitten.

Phthise kommt in Island, Spitzbergen, auf den Shetlandinseln, den Hebriden und im nördlichen Norwegen so gut wie gar nicht vor; Pneumonien sind in denselben Gebieten relativ selten. Dagegen werden in Westgrönland und Kanada Phthise und Pneumonien außerordentlich häufig angetroffen. Wodurch diese eigentümliche Differenz zwischen der östlichen und westlichen Polarregion bedingt ist, läßt sich zurzeit nicht sagen.

c) Die gemäßigte Zone.

Charakteristik. Begrenzt durch die Isothermen des wärmsten Monats von 10° und 20°. Unterhalb der Isotherme von 10° ist Waldwuchs und Getreidebau ausgeschlossen. Weder erschlaffende Wärme, noch hemmende Kälte herrscht während des ganzen Jahres, sondern es findet ein solcher Wechsel der Jahreszeiten und ein so häufiges aperiodisches Schwanken der Witterung statt, daß einerseits intensive Kultur des Landes ermöglicht ist, andererseits scharfe Kontraste und kräftige Reize auf den Körper einwirken. Frühling und Herbst mit ihrem stets wechselnden Wetter kommen erst in dieser Zone zu merklicher Entwicklung.

Innerhalb der gemäßigten Zone findet man im übrigen außerordentlich große klimatische Differenzen. — Die stärksten Kontraste werden durch die mehr maritime oder mehr kontinentale Lage eines Landes bewirkt. Wie bereits früher ausgeführt wurde (S. 43), beobachten wir im kontinentalen Klima die stärksten Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur; im Sommer Perioden unerträglicher Hitze, abwechselnd mit plötzlicher hochgradiger Abkühlung; im Frühjahr fortwährend schroffe Witterungswechsel; im Winter Perioden intensiver Kälte, aber auch mit Rückfällen in höhere Wärmegrade untermischt. Die Luftfeuchtigkeit ist im Sommer und Herbst gering, die Luft oft stauberfüllt; Niederschläge sind mäßig, Nebel selten.

An den Küsten begegnet man erheblich gleichmäßigeren Temperaturen. Im Sommer fehlt es ganz an den längeren Perioden stärkerer, erschlaffend wirkender Hitze; im Winter wird die Kälte weniger intensiv. Die Übergänge im Frühjahr und Herbst vollziehen sich spät, aber langsam und allmählich, ohne bedeutendere Rückschläge. Meist herrschen lebhafte Winde; das Sättigungsdefizit ist gering und die Luft rein und staubfrei. Niederschläge sind relativ häufig, der Himmel oft bewölkt; leicht kommt es zu Nebelbildung.

Auch innerhalb ein und desselben Küsten- oder Binnenlandes machen sich noch vielfache klimatische Unterschiede bemerkbar. So kann das lokale Klima wesentlich beeinflußt werden, indem durch Gebirge (Riviera) oder Waldungen ein Schutz gegen die kältesten Winde gewährt wird; indem ferner durch die Lage des Ortes an einem nach S oder SW geneigten Abhang besonders starke Insolation erfolgt; indem die Bodenbeschaffenheit selbst nach stärkeren Niederschlägen ein Trockenbleiben der Bodenoberfläche garantiert usw. — Von mächtigem Einfluß sind ausgedehntere Waldungen. Sie bewirken, ähnlich wie große Wassermassen, ein Ausgleichen der Temperatur, dadurch daß sie einer zu starken Insolation durch fortwährende Verdunstung von Wasser ent-

gegenwirken, und einer zu starken Abkühlung durch die reichlichere Feuchtigkeit der Atmosphäre und durch Wolken- und Nebelbildung vorbeugen. Ebenso ausgleichend wirken sie auf die Verteilung der Niederschläge. Von dem gefallenen Regen halten sie einen relativ großen Bruchteil in der oberen lockeren Bodenschicht zurück, und dieser Anteil fällt nicht einer plötzlichen, sondern einer langsamen, mäßigen Verdunstung anheim, da die Luft ein niedriges Sättigungsdefizit zeigt und die Winde nur abgeschwächt zur Wirkung kommen. Die Jahresmenge der Niederschläge ist zwar bedeutend, aber dieselben gehen allmählich und nicht mit plötzlicher Gewalt nieder, weil keine Gelegenheit zu schroffen Abkühlungen und dadurch zu starker Kondensation von Wasserdampf gegeben ist. — Außerdem hält sich die Luft innerhalb der Waldungen aromatisch und staubfrei, und bei hoher Luftwärme wird die Entwärmung des Körpers durch Abstrahlung begünstigt.

Krankheiten der gemäßigten Zone.

In den Ländern mit vorzugsweise kontinentalem Charakter des Klimas ist vor allem die Säuglingssterblichkeit höher, als in den Ländern mit relativ stärkerer Küstenentwicklung; die Cholera und Diarrhoea infantum macht über 20 Prozent der Todesfälle aus; dazu kommen zahlreiche Todesfälle an Phthise, Pneumonie und Bronchitis, die zusammen ebenfalls mehr als 20 Prozent der Gesamtmortalität betragen.

Im Küstenklima ist die Mortalität der Kinder viel geringer, weil hier die heißen Sommermonate fehlen, die allein zahlreichere Opfer an Cholera infantum fordern. Ferner tritt an den Küsten in auffälliger Weise die Frequenz der Todesfälle an Phthise zurück. Die klimatischen Verhältnisse, denen dieser günstige Einfluß auf die Phthise zugeschrieben werden muß, liegen vermutlich hauptsächlich in den selteneren und geringeren Schwankungen der Witterung, welche zu einer Verminderung der Erkältungen und dadurch zu günstigerem Verlauf der Phthise führen; ferner in den gemäßigten Hochsommertemperaturen. Völlig unrichtig ist die Vorstellung, als ob das Freisein der atmosphärischen Luft von Tuberkelbazillen von wesentlicher Bedeutung sei. Die Infektionen erfolgen fast ausschließlich innerhalb der Wohnungen und der Keimgehalt der Wohnungsluft wird von den klimatischen Differenzen kaum berührt. — Experimentelle Untersuchungen von Loewy u. a. über den Einfluß des Seeklimas auf den Gaswechsel, die Blutbildung, Pulsfrequenz usw. beim Menschen haben kein einheitliches Resultat ergeben.

In übrigen spielen bei der Mortalität einzelner Landstriche und Städte die Erwerbsverhältnisse, Ernährung und Beschäftigung eine große Rolle. So ist in manchen Küstenländern die geringere Entwicklung industrieller Anlagen und die vorzugsweise Beschäftigung der ärmeren Bevölkerung mit Schiffahrt und Fischfang gewiß ebenfalls bei der niederen Mortalitätsziffer der Phthise beteiligt; und wiederum

die hohe Sterblichkeit in Belgien zwischen dem 10. und 30. Lebensjahre durch die dortigen ausgedehnten Arbeiterdistrikte bedingt. Auch die Bauart der Häuser, die Wohn- und Schlafeinrichtungen, die Tracht, eine Menge von Sitten und Gebräuchen findet man nicht selten in benachbarten Teilen eines Landes sehr verschieden; und in allen diesen Momenten ist oft neben den klimatischen Differenzen der Grund für eine lokale Steigerung oder Verminderung der Mortalität an einzelnen Krankheiten zu suchen.

d) Das Höhenklima.

Charakteristik. In der gemäßigten Zone beginnen die Eigentümlichkeiten des Höhenklimas etwa in 400—500 m Höhe; in niederen Breitengraden jedoch erst in bedeutend größerer Höhe. An dem Aufhören der Vegetation und dem Beginn des ewigen Schnees läßt sich diese Abhängigkeit des Höhenklimas von der geographischen Breite am deutlichsten verfolgen; in den Anden Südamerikas erhebt sich bekanntlich die Baumregion noch bis in eine Höhe von 4000 Meter.

Die klimatischen Eigentümlichkeiten des Höhenklimas sind folgende:

Die Lufttemperatur erfährt, während die Intensität der Sonnenstrahlung gesteigert ist (s. unten), eine Verminderung und außerdem eine Änderung, welche im allgemeinen der vom Meere bewirkten ausgleichenden Beeinflussung ähnlich ist. Für je 100 m Erhebung nimmt die Temperatur im Mittel um 0·57° ab; diese Abnahme erfolgt aber im Sommer schneller, nämlich 1° auf 160 m Erhebung; im Winter langsamer, 1° auf 280 m. Ferner nimmt die jährliche und die tägliche Temperaturschwankung mit der Höhe ab. Die nächtlichen Temperaturen sind im Sommer infolge der stärkeren Ausstrahlung erheblich niedriger als in der Ebene.

Die für das Höhenklima charakteristischen Temperaturverhältnisse gelten allerdings nur für die Gipfel, Rücken, Abhänge und breiten Hochtäler, nicht dagegen für größere Plateaus und für enge Hochtäler. Erstere können sehr starke Kontraste zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter bieten, namentlich wenn ihnen die Bewaldung fehlt; und die engeren Täler zeigen nachts im Winter sehr niedrige Temperaturen, weil dann die kalte Luft in ihnen herabsinkt und dort lagern bleibt.

Die absolute Feuchtigkeit ist, entsprechend den niederen Wärmegraden, gering; die relative Feuchtigkeit meist hoch und das Sättigungsdefizit niedrig. Da aber im Freien stets lebhafter Wind herrscht und auch der geringe Luftdruck die Verdunstung erleichtert, kommt es trotzdem zu einer merklichen, stark trocknenden Wirkung der Luft. Diese wird sofort außerordentlich groß, wenn etwa durch Sonnenwirkung hohe Temperatur hergestellt wird (ebenso in den beheizten Wohnräumen). Halten sich die Menschen vorzugsweise in der Sonne und im geheizten Zimmer auf, so werden sie das in den umgebenden Luftschichten sich herstellende starke Sättigungsdefizit an der Trockenheit der Kleider und der unbekleideten Haut deutlich empfinden. Es kommt daher weniger leicht als im Tale zu Schweißbildung und zu fühlbarer Durchfeuchtung der Kleider.

Die Regenmenge steigt mit der Erhebung; erst in größeren Höhen nimmt sie wieder ab. Der Regen hinterläßt aber bei der fast stets vorhandenen Neigung des Terrains und bei dem starken Austrocknungsvermögen der Luft selten anhaltendere Bodennässe.

Die Luftbewegung ist lebhafter als in der Ebene; aber meist kann leicht völliger Windschutz aufgesucht werden. Bei der Trockenheit der Haut und Kleidung pflegt selbst kalter Wind nur kräftig anregend zu wirken.

Die niedere Temperatur, namentlich zur Nachtzeit, und der lebhafte Wind vereinigen sich, um schon in relativ geringer Höhe die Perioden der schwülen Sommermonate zu beseitigen, die so schwer auf den meisten Menschen lasten und Kranke vollends herunterbringen. Die Wärmeabgabe erfolgt vielmehr stets, auch bei reichlichster Nahrungszufuhr, außerordentlich leicht; und der Appetit pflegt daher das ganze Jahr hindurch außerordentlich rege zu sein. — Außerdem führt die Herabsetzung des Luftdruckes und die Verminderung der Sauerstoffaufnahme der Luft zu den S. 26 geschilderten Wirkungen.

Besondere Effekte sind noch der überaus kräftigen Insolation zuzuschreiben. Die niedere Schicht der Atmosphäre, ihre große Armut an Wasserdampf, ihre Klarheit und Staubfreiheit läßt im Gebirge einen viel größeren Bruchteil der Sonnenstrahlen zur Erde gelangen als im Tale. Alle Gegenstände, welche Wärme zu absorbieren vermögen, z. B. schneefreier Boden, die Häuser, die Kleider der Menschen usw. müssen sich daher sehr intensiv unter den Sonnenstrahlen erwärmen. In der Tat finden wir noch in großer Höhe eine ebenso große Bodenwärme wie im Tal, während die Lufttemperatur der der Polargegend gleichkommt. Infolge der intensiven Insolation können selbst Kranke im Winter des Hochgebirges sich dauernd im Freien aufhalten; an besonnten Plätzen und in dunkler Kleidung fühlen sie sich warm und behaglich, während sie eine enorm kalte Luft einatmen.

In Davos (Seehöhe 1560 m) zeigte z. B. das Vakuumthermometer am 27. Dezember:

8	Uhr	20	Min.	morgens	(vor	Sonnenaufgang)					= −	18·3°
8	„	45	„	„							= +	22°
9	„	—	„	„							= +	30°
12	„	—	„	„							= +	42·4°
1	„	45	„	„							= +	43°

am 25. Dezember:

12 Uhr in der Sonne = + 40°, im Schatten = − 9·1°.

Mit der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen geht ferner eine außerordentlich intensive Wirkung der ultravioletten Strahlen parallel, für welche die Atmosphäre viel durchgängiger ist (s. oben).

Endlich ist zu erwähnen die Reinheit und Staubfreiheit der Luft (namentlich in waldbedeckten Gebirgen), welche anregend auf die Respiration wirkt. Das oft betonte Freisein der Gebirgsluft von Mikroorganismen kann für die Ansiedelungsstätten nicht so bedeutsam sein, wie oft behauptet wird, ebensowenig wie die gleiche Eigenschaft der Seeluft, da sich dieses Freisein nicht auf die Luft der Wohnräume und auf die gewöhnliche unmittelbare Umgebung des Menschen erstreckt.

Krankheiten des Höhenklimas.

Dem Höhenklima wird gegen eine Reihe von verbreiteten Infektionskrankheiten relative oder vollständige Immunität nachgerühmt; nämlich gegen Cholera asiatica und andere infektiöse Darmkrankheiten, gegen Cholera infantum, gegen Malaria und gegen Phthise.

Die Verminderung bzw. das Fehlen der Cholera infantum ist durch die niederen Sommertemperaturen verursacht. Wo trotz der Höhenlage die Sommerwärme hochgradig wird, z. B. auf kahlen Plateaus und in großen Städten, findet sich oft eine höhere Kindersterblichkeit als in der Ebene.

Cholera asiatica ist zwar an vielen hochgelegenen Orten noch nicht aufgetreten, doch beweist das nichts für eine Immunität des Höhenklimas, da auch in der Ebene manche Orte bis jetzt verschont geblieben sind, und da die Erschwerung des Verkehrs im Gebirge die Chancen für die Einschleppung der verschiedensten Infektionskrankheiten sehr herabsetzt. Andererseits ist es erwiesen, daß selbst große Höhenlage vor Cholera nicht schützt, sobald nur reichliche Verkehrsgelegenheit gegeben ist; so hat die Stadt Mexiko (2200 m) seit Herstellung der Eisenbahnverbindung mit Veracruz mehrfache heftige Epidemien erlebt.

Malaria kommt in den Alpen bis zu einer Höhe von etwa 500 m vor, in Italien bis 1000 m, in den Anden bis 2500 m. Die immune Zone beginnt daher erst dann, wenn solche Herabsetzung der Temperatur eintritt, daß die Existenzbedingungen für Anophelesmücken ungünstig werden (s. Kap. X). Gleichwohl ist die Kälte keineswegs das einzige Moment, das im Gebirge wirksam ist; denn in der Ebene veranlassen erst erheblich niedrigere Temperaturen, ein geradezu polares Klima, die Abnahme bzw. das Aufhören der Malaria. Wahrscheinlich ist im Gebirge der Umstand mit von Einfluß, daß hier Ebenen oder muldenförmige Täler mit starker und anhaltender Bodendurchfeuchtung, wie sie für eine Entwicklung der Stechmücken erforderlich sind, höchst selten vorkommen.

Die Todesfälle an Phthise nehmen mit der Höhenlage entschieden ab. In Persien, Indien, am Harz, im Riesengebirge, in der Schweiz, den Anden und Cordilleren Amerikas konnte diese Beobachtung bestätigt werden. Auf bewaldeten Gebirgsrücken wurde schon in der Höhe von 5—600 m Abnahme der Phthise konstatiert. Aber es tritt nicht etwa volle Immunität ein, vielmehr nur ein allmähliches Geringerwerden der Mortalitätsziffer. Auch in der Schweiz finden sich in den höchst gelegenen Ortschaften noch Fälle von Phthise. Stark verwischt wird der Einfluß der Höhenlage in stark bevölkerten industriereichen Städten, wie die Beispiele von München und Bern zeigen.

Am deutlichsten tritt der Einfluß des Höhenklimas auf die Phthise in Höhen über 2000 m zutage. In den 2000—2500 m hoch gelegenen Städten (Puebla, Quito usw.) kommt nach übereinstimmenden Berichten Phthise nur in ganz verschwindender Menge vor.

Die Erklärung für die ausgesprochene günstige Beeinflussung der Phthise wird darin gesucht werden müssen, daß die gleichmäßigere

Witterung und die niedrigere Temperatur des Hochsommers den Ernährungszustand des Körpers in ähnlicher Weise begünstigt und vor Erkältungen schützt wie das Seeklima. Außerdem kommt vermutlich noch die Vermehrung der roten Blutkörperchen, die (geringe) Vermehrung der Pulsfrequenz und der Respiration in Betracht, welche unter der Einwirkung der Verminderung des Luftdrucks und der Sauerstoffaufnahme sich herstellt; ferner auch die intensive Sonnenstrahlung und in dieser der hohe Anteil der ultravioletten Strahlen.

Akklimatisation.

Vielfach besteht die Ansicht, daß es möglich sein müsse, den schädlichen Einflüssen eines Klimas durch allmähliche Gewöhnung des Körpers — sei es, daß sich diese nur auf das einzelne Individuum, oder aber auf eine Reihe von Generationen erstreckt — zu begegnen, und daß der Mensch im Grunde befähigt sei, in jedem Klima zu leben und zu gedeihen.

Die Erfahrung hat jedoch diese Ansicht, namentlich bezüglich des arischen Völkerstammes, nicht bestätigt. Unter den extremen Klimaten kommt das arktische wenig in Frage; es ist naturgemäß selten das Ziel größerer Kolonisationsversuche. Jedenfalls scheint es relativ geringe Gefahren für die Gesundheit zu bieten; gesunde und mit guten Verdauungsorganen ausgerüstete Menschen pflegen sich dort wohl zu befinden. Auch bei einer Fortpflanzung durch mehrere Generationen tritt keine abnorme Entwicklung des Körpers zutage. Eine Grenze wird der Existenzfestigkeit des Menschen hier nur gesetzt durch die Schwierigkeit einer ausreichenden Ernährung, durch das Fehlen einer Flora und Fauna, und durch den steten Kampf mit elementaren Gewalten.

In der gemäßigten Zone und auch in den subtropischen Gebieten stößt die Kolonisation ebenfalls auf keine Schwierigkeiten. So haben wir blühende europäische Niederlassungen im südlichen Australien, in Südafrika, in Chile, Argentinien, dem südlichen Teil von Brasilien u. a. m.

Ungleich schwieriger ist für die arischen Völker, speziell für die Bewohner des mittleren Europas, eine Besiedelung tropischer Gebiete. Im Küstenklima zwischen dem Äquator und 15° nördlicher und südlicher Breite und in einer Höhe von weniger als 800 m vermag anscheinend der Europäer keine dauernden Wohnsitze zu begründen. Schon das eingewanderte Individuum selbst pflegt kaum einen ununterbrochenen Aufenthalt von mehreren Jahrzehnten ohne manifeste Gesundheitsstörung zu ertragen. Die in den Tropen geborenen Kinder

von Einwanderern (Kreolen) sind besonders leicht vulnerabel und müssen meist für Jahrzehnte nach der Heimat oder in ausnahmsweise günstig gelegene Gegenden, Sanatorien im tropischen Hochgebirge usw. gesandt werden, falls sie zu gesunden Menschen heranwachsen sollen; andernfalls treten sehr leicht Zeichen körperlicher und psychischer Degeneration hervor. In der zweiten und dritten Kreolengeneration tritt bereits eine geringe Vermehrung hervor, und schließlich bleiben die Ehen unfruchtbar. Nur in relativ günstig gelegenen, namentlich gebirgigen tropischen Regionen mit nicht zu großer Feuchtigkeit und stärkeren Schwankungen der Wärme kommt es zu einer längeren Nachkommenreihe und zu einer Vermehrung arischer Einwanderer; aber im allgemeinen sind die Ansiedlungsversuche der weißen Rasse in den Tropen als fehlgeschlagen zu bezeichnen.

Die gefährlichsten Störungen, durch welche diese Mißerfolge bedingt werden, sind, wie S. 66 hervorgehoben wurde, die Erschwerung der Wärmeregulierung, der notgedrungene Verzicht auf körperliche Bewegung, der wenig erquickende Schlaf; daneben vor allem infektiöse Krankheiten, Malaria, Dysenterie und Schlafkrankheit, denen sich in manchen Gegenden noch Gelbfieber, Beri-Beri usw. hinzugesellen.

Diese Klimawirkungen kommen aber nicht gegenüber allen Menschen zustande. Die eingeborene Bevölkerung zeigt zwar meist eine stärkere Gesamtmortalität, als wir in der gemäßigten Zone finden; aber trotzdem reichliche Vermehrung, kräftige Körperbeschaffenheit und ziemliche Leistungsfähigkeit. Ferner gibt es auch einige südeuropäische Völker, welche unter dem Tropenklima viel weniger zu leiden haben, und sich dort dauernd vermehren; so namentlich Spanier und Portugiesen. — Es muß von großer Bedeutung sein, festzustellen, worin diese Unterschiede in der klimatischen Wirkung begründet sind und ob nicht Aussicht vorhanden ist, daß durch Akklimatisation auch die anderen europäischen Völker eine gleiche Unempfindlichkeit sich aneignen können.

Für die Differenzen in dem Einfluß des Tropenklimas ist 1. angeborene Rassendisposition maßgebend. Dieselbe macht sich geltend durch eine „angeborene" Immunität gegen gefahrdrohende übertragbare Krankheiten, die allerdings bei genauerer Untersuchung sich meist als eine in der Jugend erworbene Immunität herausstellt. Ferner muß in der Beschaffenheit ihres Körpers ein gewisser Schutz gegen die Störungen der Wärmeregulierung und deren Folgen gegeben sein. Diese Körperbeschaffenheit vererbt sich von Generation zu Generation, und garantiert für die Nachkommen die gleiche Existenzfähigkeit,

falls diese nicht durch fortgesetzte Kreuzung mit weniger geeigneten Rassen beeinträchtigt wird.

Für europäische Völker ist es bezüglich ihrer Ansiedlungsfähigkeit in den Tropen von großer Wichtigkeit, ob ihre Vorfahren sich etwa mit Einwanderern aus der tropischen oder subtropischen Zone gekreuzt und so eine Rassenimmunität erworben haben. Es ist das zweifellos der Fall bei den Maltesern, Spaniern und Portugiesen, die sich mit phönizischem und maurischem Blut gemischt haben. Diese liefern daher noch jetzt die in der warmen Zone resistentesten Kolonisten. Nordfranzosen und Deutsche, die ihre Rasse reiner erhalten haben, sind am vulnerabelsten. Besonders widerstandsfähig sollen sich die Juden erweisen.

Jedoch sind die betreffenden statistischen Belege, die in Algier, Westafrika usw. für die Resistenz der verschiedenen Rassen gesammelt sind, wenig beweisend, da dieselben gewöhnlich die verschiedene Beschäftigung und Lebensweise der verglichenen Rassen nicht berücksichtigen. In Algier z. B. sind die eingewanderten Franzosen und besonders Elsässer die eigentlichen Ackerbauer gewesen, die ins Innere des Landes vorgedrungen sind und allen Gefahren exponiert waren; die Semiten dagegen haben sich wesentlich in den Städten aufgehalten und Handel getrieben. Dabei sind sie den Gefahren des Klimas in außerordentlich viel geringerem Maße ausgesetzt als jene Kolonisten; und ein Vergleich der Sterblichkeit beider Rassen gestattet noch keinen endgültigen Schluß auf ihre Resistenz gegen die Wirkungen des Klimas.

2. Ferner kommt eine angeborene individuelle Disposition für die Lebensfähigkeit in den Tropen in Betracht. Selbst unter den Individuen eines nordeuropäischen Volkes pflegt es einige zu geben, welche eine angeborene Immunität gegen die bedeutsamsten Infektionskrankheiten besitzen und außerdem über eine im übrigen möglichst für das Leben in den Tropen geeignete Körperbeschaffenheit verfügen. Magere, aber kräftige Menschen von normaler Blutfülle und Blutbeschaffenheit, mit gesundem Herzen, Gefäßen und Nieren, mit wenig schwitzender Haut sind anämischen, hydrämischen, fetten oder leicht schwitzenden Menschen überlegen. — Diese angeborenen Eigenschaften werden aber durch Ehen mit weniger günstig Konstituierten leicht verloren gehen.

3. Bis zu einem gewissen Grade ist eine Änderung des Individuums im Sinne einer Anspannung an das Klima denkbar. Dieselbe betrifft z. B. den Ernährungszustand; fette Menschen werden durch allmählichen Fettverlust geeigneter; gewohnheitsmäßige übermäßige Nahrungs- und Getränkezufuhr kann allmählich verringert werden; und richtig ausgewählte Kost und mäßige Muskelübung vermögen bestehende Ernährungsdefekte zu beseitigen, die im kalten Klima kaum als störend empfunden werden, in den Tropen aber gefahrdrohend werden.

Ferner wird allmählich die geistige und körperliche Tätigkeit weniger lebhaft, es bildet sich ein trägeres Temperament aus, bei welchem der materielle Umsatz im Körper und die Wärmeproduktion geringer ausfällt und der Wärmehaushalt erleichtert wird. Ohne schwere körperliche Arbeit, aber als Leiter von Arbeiten, kann der Europäer sich relativ lange leistungsfähig erhalten. Aber auch dann sinkt schließlich seine geistige Energie und diese ist bei der zweiten im Lande geborenen reineuropäischen Generation ebenfalls gering. — Weiter ist eine erworbene Immunität gegen Infektionskrankheiten von großer Bedeutung, namentlich gegen Malaria, bis zu einem gewissen Grade auch gegen Dysenterie und Cholera. — Eine Vererbung dieser erworbenen Körpereigenschaften scheint nicht vorzukommen.

4. Von großer Bedeutung ist das allmähliche Erlernen des hygienisch richtigen Verhaltens. Der neue Einwanderer wird in bezug auf Wohnung, Kleidung, Ernährung, Beschäftigung vielfache Fehler machen, die der ältere Kolonist vermeidet, und hierdurch wird der letztere weniger vulnerabel sein.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß eine „absolute Akklimatisation" für die tropischen Küstengebiete nicht besteht, wohl aber für ein zeitweise kühleres und trockeneres Klima und namentlich für das tropische Höhenklima. Auch hier läuft aber die Akklimatisation hauptsächlich auf das Erlernen der richtigen Lebensweise und auf eine geringfügige zweckentsprechende Änderung des Körpers hinaus. Wenn behauptet wird, daß die seit längerer Zeit in den Tropen lebenden Kolonisten sich weniger vulnerabel zeigen, und daß sie dies eben der Anpassung des Körpers zu danken haben, so ist zu erwägen, ob in solchen Fällen nicht vielmehr eine Auslese von Individuen vorliegt; die von vornherein weniger gut geeigneten Kolonisten erliegen bald, oder sind gezwungen, andere Klimate aufzusuchen; die von Anfang an körperlich besser Disponierten überdauern jene und zeigen auch bei längerem Aufenthalt eine relativ geringere Vulnerabilität. — In der Mehrzahl der Fälle wird aber ein günstiger Einfluß des verlängerten Aufenthalts im Tropenklima überhaupt nicht wahrgenommen. So hat man in den meisten englischen Kolonien die Erfahrung gemacht, daß die Mortalität der Truppen sich bedeutend verminderte, wenn die Mannschaften rasch wechselten und nicht über drei Jahre in den Kolonien blieben.

Von größter Bedeutung ist die Tilgung der Seuchen, insbesondere der Malaria, der Schlafkrankheit usw. in den Kolonialgebieten nach den im Kap. „Parasitäre Krankheiten" dargelegten Grundsätzen, Durch die auf der Erforschung dieser Krankheiten beruhenden Maßnahmen können in Zukunft Gebiete besiedlungsfähig werden, die bis-

her für das Bewohnen von Europäern als völlig ungeeignet gelten mußten. Unter solchen Kautelen wird, selbst in Gegenden, wo eine „absolute Akklimatisation" nicht zu erwarten ist, mindestens doch die Leitung tropischer Kolonien durch Europäer ausführbar sein.

Literatur: a) Methoden: Jelinek, Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen, Wien 1905. — Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden, Leipzig 1881. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, Wiesbaden, 2. Aufl., 1901. — Über Luftelektrizität: Elster u. Geitel, Physik. Zeitschr., Bd. 1, 2, 4, 5. — Dorno, Höhenklima, Braunschweig 1912.

b) Meteorologie und Klimatologie: Hann, Handbuch der Klimatologie, 1908. — Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, 3. Aufl., 1908. — van Bebber, Hygienische Meteorologie, 1895. — Assmann, Das Klima, im „Handb. der Hygiene", 1894. — Schilling, Tropenhygiene, 1909. — Zuntz, Loewy, Müller u. Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, 1906. — Berliner, mehrere Arbeiten in den letzten Bänden der „Zeitschr. f. Balneologie" (ebendort zahlreiche andere klimatologische Arbeiten). — Eine ausgezeichnete Zusammenstellung unserer jetzigen Kenntnisse über „Klima und Witterung" gibt Lode in den Kapp. „Atmosphäre" und „Klima" des „Handbuchs der Hygiene" von Rubner, v. Gruber u. Ficker Bd. 1, 1912.

Zweites Kapitel.

Die gas- und staubförmigen Bestandteile der Luft.

I. Chemisches Verhalten.

Die chemische Beschaffenheit der Luft ist für den menschlichen Körper von großer Bedeutung, weil zwischen beiden ein inniger Wechselverkehr besteht. Der Mensch atmet täglich etwa 10 cbm Luft ein und führt deren Gase teilweise ins Blut über; die gleiche Menge wird, beladen mit allerlei Exkreten, durch Lungen und Haut ausgeatmet. In ähnlicher Weise wird die Beschaffenheit der Außenluft durch die Atmung der Tiere und Pflanzen, durch Fäulnis- und Gärungsprozesse, durch Verbrennungen usw. verändert. Es fragt sich, welchen Grad diese Veränderungen allmählich innerhalb der freien Atmosphäre und im Wohnraum erreichen und welche Schädlichkeiten dem Körper eventuell daraus erwachsen können.

Untersucht man die atmosphärische Luft, so findet man im Mittel 20·7 Prozent Sauerstoff; 78·3 Prozent Stickstoff (O:N =

20·9:79·1); in letzterem etwa 1 Prozent Argon; Spuren von Krypton, Neon, Metargon; wechselnde Quantitäten, im Mittel etwa 1 Prozent Wasserdampf (s. im vorigen Kap.); ferner kleine Mengen Kohlensäure; Spuren von Ozon, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, Salpetersäure, salpetriger Säure; zuweilen auch schweflige Säure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe usw.

1. Der Sauerstoff.

Derselbe wird überall in der freien Atmosphäre in der gleichen prozentischen Menge gefunden; die Schwankungen des Gehalts betragen in maximo 0·5 Prozent; die niedrigsten Zahlen treten bei südlichen Winden und nach anhaltendem Regen auf. Für gewöhnlich zeigt die Luft selbst in Fabrikstädten kaum meßbare Unterschiede gegenüber der Land- und Waldluft.

Der Grund dieser Konstanz liegt darin, daß der Vorrat der Atmosphäre an Sauerstoff ein ganz enormer ist. Wenn auch in dem Maße, wie es jetzt geschieht, fortgesetzt Sauerstoff durch Verbrennung und Atmung verbraucht und zur Bildung von CO_2, H_2O usw. verwandt wird, und wenn aus allen diesen Verbindungen der O nicht nachträglich wieder frei wird, so müssen doch etwa 18000 Jahre verfließen, bis der O-Gehalt um 1 Prozent abnimmt. Ein wesentlicher Teil des zu Oxydationen verwandten Sauerstoffs wird aber bekanntlich durch die Chlorophyll führenden Pflanzen wieder in Freiheit gesetzt, so daß tatsächlich die Abnahme noch erheblich langsamer erfolgt. — Für eine stets gleichmäßige Verteilung des Sauerstoffs und der anderen Gase sorgen die Winde.

Auch infolge des Sauerstoffkonsums innerhalb bewohnter Räume werden nur geringe Abweichungen von der Norm beobachtet; die vorkommenden Schwankungen des Sauerstoffgehalts der Luft sind als hygienisch bedeutungslos anzusehen. Die absolute Menge des eingeatmeten Sauerstoffs wird dagegen in erheblichem Grade vermindert bei abnehmendem Luftdruck (S. 26); auch bei höherer Temperatur und der damit parallel gehenden Ausdehnung der Luft, aber in geringem Grade und ohne daß dieser letztere Ausfall an Sauerstoffzufuhr Symptome veranlassen könnte.

Eine Bestimmung des Sauerstoffgehalts der Luft ist daher äußerst selten im hygienischen Interesse wünschenswert. Die Ausführung hat eventuell nach den Vorschriften und unter den üblichen Kautelen der Gasanalyse zu erfolgen.

Der Stickstoff der atmosphärischen Luft hat keinerlei Funktion im tierischen oder pflanzlichen Körper; er stellt nur ein indifferentes, den Sauerstoff gleichsam verdünnendes Agens dar, das hygienisch bedeutungslos ist. Die gleiche Indifferenz scheint dem Argon zuzukommen.

2. Ozon und Wasserstoffsuperoxyd.

Beiden Körpern ist ein sehr energisches Oxydationsvermögen eigen, und sie machen daher zusammen die sogenannte „oxydierende Kraft“ der Luft aus.

Das Ozonmolekül wird aufgefaßt als ein Sauerstoffmolekül, welchem noch ein drittes Sauerstoffatom angelagert ist (O_3). Es ist ein farbloses Gas von eigentümlichem Geruch, das meist gemengt mit viel gewöhnlichem Sauerstoff bzw. Luft erhalten wird. In Wasser ist es nur in Spuren löslich. Bei höherer Temperatur und bei Berührung mit den verschiedensten oxydablen Stoffen wird es zersetzt.

Das Ozon der Atmosphäre entsteht durch elektrische Entladungen (Gewitter); bei allen in größerem Umfange ablaufenden Oxydationsprozessen; ferner bei Verdunstung von Wasser. In beiden letzteren Fällen entsteht gleichzeitig Wasserstoffsuperoxyd, bei der Verdunstung sogar in stark vorwiegender Menge, wenn nicht ausschließlich. — Künstlich läßt sich Ozon darstellen, wenn man elektrische Entladungen durch Luft oder Sauerstoff leitet; ferner durch langsame Oxydation von Phosphorstücken, die zur Hälfte in Wasser eintauchen; oder indem man einen erhitzten Platindraht in Ätherdampf bringt (Prinzip der Döbereiner-Jägerschen Ozonlampe), oder dadurch, daß man gepulvertes Kaliumpermanganat allmählich mit Schwefelsäure versetzt. — Ozonapparate zur Ozonisierung der Zimmerluft, die neuerdings in den Handel kommen, enthalten entweder Ozonröhren, bestehend aus äußerem Glaszylinder und innerem Al-Zylinder mit Glas-Al-Elektroden und Elektrodenkühlung durch die überschüssige kalte Luft; oder Ozonelemente mit Platten-Elektroden, abwechselnd aus vertikalen Metallplatten und glasumhüllten Metallstäben bestehend. Durch einen Wechselstrom von 10000 Volt werden stille, funkenlose, blau leuchtende Entladungen hervorgerufen.

Unter den Eigenschaften des Ozons ist sein kräftiges Oxydationsvermögen am bemerkenswertesten. Farbstoffe werden durch Ozon zerstört, Metalle oxydiert, Schwefelmetalle in Sulfate, gelbes Blutlaugensalz in rotes übergeführt. Organische Körper aller Art, Staub, Verunreinigungen der Luft werden gleichfalls oxydiert und bewirken damit Zerlegung des Ozons.

Zur Bestimmung des atmosphärischen Ozons benutzt man gewöhnlich Jodkaliumstärkepapiere, welche 24 Stunden an einem gegen Sonnenlicht geschützten Orte der Luft exponiert, dann befeuchtet und mit einer 16stufigen Farbenskala verglichen werden. Diese Art der Messung ist sehr ungenau; vor allem besteht der Fehler derselben darin, daß das Reagenzpapier die summierte Wirkung aller Ozonteilchen anzeigt, die in 24 Stunden darüber gestrichen sind, daß also der Reaktionsgrad wesentlich abhängig ist von der Intensität der Luftbewegung, während der Gehalt der Luft an Ozon, der Konzentrationsgrad, geprüft werden soll. Es kann dieser Fehler dadurch eliminiert werden, daß man das Papier in einer sog. Ozonbüchse einem Luftstrom von konstanter Geschwindigkeit aussetzt. Aber auch dann sind immer noch zahlreiche Ungenauigkeiten vorhanden; insbesondere ist auch die Luftfeuchtigkeit von erheblichem Einfluß auf das Resultat. — Etwas empfindlicher, aber ebenfalls quantitativ ungenau ist die Beobachtung mit Wursters Tetramethylparaphenylendiamin-Papier, kurz Tetra-Papier. — Genauere Bestimmung gelingt, indem man die Luft durch Jodkaliumlösung oder durch Lösung von arsenigsaurem Kali streichen läßt und dann jodometrische Titrierung anwendet. Auch dabei sind aber mancherlei Fehler zu berücksichtigen.

Der Eifer, mit welchem trotz der Unvollkommenheiten der Methoden Ozonmessungen betrieben sind, muß zu der Vermutung führen, daß dem Ozon eine erhebliche **hygienische Bedeutung** zukommt. Eine solche ist indessen nicht nachgewiesen. Eine künstlich stark

ozonhaltig gemachte Zimmerluft fällt zunächst durch ihren starken keineswegs angenehmen Geruch auf; leicht stellt sich Reizung der Conjunctiva ein, später treten Schläfrigkeit und Symptome einer Reizung der Respirationsschleimhaut auf. Bei noch stärkerem Ozongehalt kommt es zu Glottiskrampf und sehr heftiger Reizung der Schleimhäute. Von kleineren, aber im Vergleich zum Gehalt der Atmosphäre immerhin bedeutenden Ozonmengen haben Unbefangene keinerlei Empfindung. Auf der Haut machen selbst stärkste Konzentrationen keinerlei Eindruck.

Wenn sonach eine direkte Wirkung des in der Luft enthaltenen Ozons auf den Menschen bestritten werden muß, so hat man doch einen indirekten hygienischen Einfluß vermutet darin, daß das atmosphärische Ozon vielleicht Gerüche zu zerstören und Mikroorganismen zu töten vermag. Auch das hat sich indes nicht bestätigt. Gerüche werden auch durch viel stärkere Ozonkonzentrationen zumeist nur verdeckt und nur sehr unvollkommen zerstört. Eine Schädigung von wenig resistenten Bakterien beginnt erst bei einem Gehalt von 2 mg Ozon im Liter nach 48 Stunden, gegenüber resistenteren bei noch wesentlich höherem Gehalt. Die in der atmosphärischen Luft im Mittel gefundenen 2 mg Ozon in 100 Kubikmeter (in maximo 2 mg in 1 cbm Luft) sind also 1000—100000mal zu gering um wirksam zu sein.

Auch aus der zeitlichen und örtlichen Verteilung des atmosphärischen Ozons, soweit diese durch die bisherigen unsicheren Messungen ermittelt wurde, läßt sich nichts entnehmen, was für eine hygienische Bedeutung des atmosphärischen Ozons spräche. Am wenigsten beobachtet man im Herbst, bei trockenen Nord- und Nordostwinden, bei Windstille (z. B. vor Gewittern); die größten Mengen im Frühjahr, bei feuchter bewegter Luft, nach Gewittern, bei Schneefall. — Örtliche Steigerung findet sich in Wäldern, am Meer, auf Bergen usw. In den meisten größeren Städten (Paris, London, Boston, Prag usw.) war in der Straßenluft bzw. in bewohnten Räumen kein Ozon nachweisbar. Auch statistische Vergleiche zwischen den Resultaten der Ozonmessung und dem Auftreten von Infektionskrankheiten katten kein positives Ergebnis.

Nur insofern ist ein nachweisbarer Ozongehalt der Luft von Bedeutung, als derselbe anzeigt, daß die Luft frei von organischem Staub, riechenden Substanzen usw. ist, da diese das Ozon zersetzen. Die Reinheit der Luft beeinflußt aber den Respirationstypus und von da aus vielleicht andere körperliche Funktionen; nur ist das Wesentliche dabei nicht der Ozongehalt, der unter Umständen = 0 sein kann, sondern das Fehlen jener störenden Beimengungen bzw. das Vorhandensein

aromatischer, die Atmung geradezu anregender Substanzen (Wald-, Wiesenluft).

Das in der Atmosphäre enthaltene Wasserstoffsuperoxyd, H_2O_2, entsteht durch dieselben Prozesse wie das Ozon, meist aber in viel größeren Mengen als dieses. — Die oxydierende Kraft des H_2O_2 ist nicht so groß wie die des Ozons; Jodkalium wird langsamer zerlegt, Indigo wird nur allmählich entfärbt. Die Oxydationen erfolgen indes momentan, wenn einige Tropfen Eisenvitriollösung zugefügt werden. Ferner vermag H_2O_2 auch reduzierend zu wirken ($H_2O_2 + O = H_2O + O_2$), z. B. auf Kaliumpermanganat, Ferrizyankalium.

Das atmosphärische H_2O_2 ist leichter nachweisbar als das Ozon, weil es sich in den Niederschlägen löst und dort gleichsam gesammelt wird; man untersucht also diese oder bewirkt künstliche Taubildung. — Im Mittel findet man in 1 Liter Niederschlag 0·2 Milligramm; in Schnee und Hagel sehr wenig, am meisten im Juni und Juli und bei westlichen Winden.

Hygienische Bedeutung scheint dem atmosphärischen Wasserstoffsuperoxyd nicht zuzukommen. Die betreffenden Konzentrationen sind sowohl auf den Menschen wie auf Mikroorganismen ohne Wirkung.

3. Kohlensäure.

Als **Quellen** der atmosphärischen CO_2 kommen in Betracht: a) Die Atmung der Menschen und Tiere; ein Mensch liefert pro Tag etwa 1000 g; die Ausatmungsluft enthält 4 Prozent CO_2. b) Die Fäulnis- und Verwesungsprozesse, die namentlich im gedüngten Boden in großem Umfang verlaufen. c) Die Verbrennung von Brennmaterial, besonders in Industriebezirken. d) Unterirdische CO_2-Ansammlungen, die sich eventuell nach Bergwerken öffnen (matte Wetter) oder durch Erdspalten und Vulkane ausströmen. — Der fortlaufenden Produktion steht eine ausgiebige Fortschaffung der CO_2 aus der Luft gegenüber, und zwar erfolgt diese: a) Durch die grünen Pflanzen, die im Tageslicht CO_2 zerlegen. b) Durch die Niederschläge, welche im Mittel 2 ccm CO_2 in 1 Liter enthalten. c) Durch die kohlensauren Salze des Meerwassers.

Außerdem sorgen die Winde für eine gleichmäßige Verteilung der vorhandenen CO_2, so daß wir im Freien nur geringe Schwankungen, zwischen 0·2 und 0·55 pro mille, im Mittel 0·3 pro mille, beobachten. Einen etwas höheren Gehalt findet man im Innern größerer Städte zur Winterszeit. Eine geringfügige Steigerung ist in Wäldern, bei windstillem Wetter in Industriebezirken, ferner bei Moorrauch wahrzunehmen. Die zeitlichen Schwankungen fallen ähnlich aus. — Weit höher, bis 1, 2, ja 10 pro mille, kann der CO_2-Gehalt innerhalb der Wohnungen steigen, wo die Menschen und Leuchtmaterialien reichlich CO_2 liefern, ohne daß eine kräftige Luftbewegung ausgleichend eingreifen kann.

Bestimmung der Kohlensäure. Zur genaueren quantitativen Bestimmung füllt man die zu untersuchende Luft in eine Flasche von bestimmtem

Volum und läßt in dieselbe eine gemessene Menge Barytwasser (oder Strontianwasser) einfließen. Das Barytwasser absorbiert die CO_2, trübt sich durch Bariumkarbonat und enthält dann weniger alkalisch reagierendes Bariumhydrat als vorher. Der Ausfall an Bariumhydrat läßt sich durch Titrieren mittels einer Säure von bekanntem Gehalt leicht quantitativ ermitteln und gibt einen Maßstab für die Menge CO_2, welche in dem abgemessenen Luftquantum enthalten war und auf das Barytwasser eingewirkt hatte.

Approximativ läßt sich die CO_2 der Luft in der Weise bestimmen, daß durch eine kleine Flasche mit Sodalösung, welche mit einigen Tropfen Phenolphthaleinlösung versetzt und dadurch rot gefärbt ist, die zu untersuchende Luft hindurchgeleitet wird, bis Entfärbung auftritt (Bildung von Natriumbikarbonat). Je mehr Luft dazu erforderlich ist, um so geringer ist ihr CO_2-Gehalt. (Vgl. den Anhang.)

Hygienische Bedeutung der Kohlensäure der Luft. Ein direkt schädlicher Einfluß der in der Luft enthaltenen CO_2-Mengen kann nicht angenommen werden. Die CO_2 wirkt erst in großen Dosen giftig; ein Gehalt der Luft von 1 Prozent kann für längere Zeit, ein solcher von 5 Prozent vorübergehend ohne Schaden ertragen werden. Auch wenn gleichzeitig Verminderung des Sauerstoffgehalts zustande kommt, also wenn z. B. die CO_2 durch Verbrennung oder Atmung in einem geschlossenen Raum gebildet ist, muß der CO_2-Gehalt um mehrere Prozent steigen, der O-Gehalt um mehrere Prozent sinken, ehe krankhafte Symptome auftreten; der Tod erfolgt etwa bei 14 Prozent, wenn reichlich O vorhanden ist, sogar erst bei 40 Prozent.

Trotzdem ist durch vielfache Erfahrung festgestellt, daß freie Luft von mehr als 0·4 pro mille CO_2, wie sie stellenweise in Städten und Industriebezirken vorkommt, als belästigend empfunden wird und daß namentlich in Wohnungsluft von mehr als 1 pro mille CO_2 häufig Beeinträchtigung des Wohlbefindens auftritt.

Diese Wirkungen können nach dem oben Gesagten nicht durch die CO_2 direkt veranlaßt sein, sondern müssen auf andere Eigenschaften der betreffenden Luft zurückgeführt werden, die im folgenden genauer zu erörtern sind, und mit denen der Kohlensäuregehalt vielleicht so weit parallel geht, daß er uns einen Maßstab für die Beurteilung der Luft liefern kann.

4. Sonstige gasförmige Bestandteile der Luft.

a) Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffe.

Kohlenoxydgas gelangt in die freie Atmosphäre z. B. mit den Gichtgasen der Hochöfen, mit dem Schornsteinrauch usw., jedoch ohne daß nachweisbare Mengen sich in der Luft halten. — Im Wohnraum kann es in solchen Mengen, daß Vergiftungen entstehen, der Luft beigemengt werden durch ausströmendes Leuchtgas und durch Eindringen

von Heizgasen (s. Kap. VII); in sehr kleiner, nicht nachweislich schädlicher Menge durch Leuchtflammen, Zigarrenrauch usw.

Nachweis: Die zu untersuchende Luft wird in einer Flasche mit verdünntem Blut geschwenkt; das Blut wird spektroskopisch untersucht oder die Farbe der mit Eiweißfällungsmitteln entstehenden Niederschläge beobachtet. Auch Schwärzung von Palladiumchlorürpapier zeigt CO an.

Kohlenwasserstoffe sind als Produkte unvollkommener Verbrennung im Schornsteinrauch enthalten, aber schwerer bestimmbar. In Wohnräume gelangen sie namentlich von der städtischen Straßenluft; gelegentlich auch durch undichte Heizkörper, Tabaksrauch usw. Feinere Nachweismethoden fehlen. Schwerere Gesundheitsstörungen scheinen von dem unter gewöhnlichen Verhältnissen auftretenden Gehalt der Luft nicht auszugehen, wohl aber addieren sie sich zu der durch CO, SO_2 und Rußteilchen ausgehenden Belästigung.

b) Chlor, Salzsäure, schweflige Säure, salpetrige Säure.

Chlor findet sich spurenweise in der Luft im Freien in nächster Nähe von Chlorkalkfabriken, Chlorbleichen usw. Salzsäure in der Nähe von Steinguttöpfereien, Sodafabriken usw. Schweflige Säure (und Schwefelsäure) entstammt vor allem dem S-Gehalt der Kohlen (im Mittel 1·7 Prozent) und findet sich daher reichlich in der Luft von Industriestädten; in Manchester in 1 cbm bis 4 mg. Ferner liefern die Röstöfen der Hütten große Mengen SO_2, ebenso Alaunfabriken, Ultramarinfabriken, Hopfendarren usw. — Salpetrige Säure (bzw. Salpetersäure) findet sich in kleinster Menge fast stets in der freien Luft und entsteht z. B. in der Form von Ammoniumnitrit aus dem Stickstoff, Sauerstoff und Wasserdampf der Luft bei elektrischen Entladungen. In den Niederschlägen beobachtet man 0·4—16 mg in 1 Liter.

In der Wohnungsluft findet sich von diesen Gasen häufiger SO_2 und salpetrige Säure in kleinen Mengen als Produkt der Leuchtflammen (s. Kap. VII). In meßbarer und die Gesundheit akut gefährdender Menge kommen die Gase höchstens in Fabrikräumen vor.

Der Nachweis erfolgt dadurch, daß man größere Volumina Luft durch Kalilauge streichen läßt und in letzterer nach den üblichen Methoden die absorbierten Gase titrimetrisch bestimmt. Bei Cl-Verdacht ist die Vorlage mit JK-Lösung zu beschicken. SO_2-Bestimmung s. im Anhang.

c) Schwefelwasserstoff, Merkaptane, Schwefelammonium, Ammoniumkarbonat, flüchtige Fettsäuren und andere übelriechende Gase

entstehen namentlich bei Fäulnisprozessen. Die Luft im Freien kann manche dieser Gase aus Morästen und aus größeren Fäulnisherden (Fäkaldepots, Düngerhaufen, Poudrettefabriken, Abdeckereien usw.) auf-

nehmen. In sehr hohem Grade wird die Luft der Straßen neuerdings beeinträchtigt durch den übelriechenden Schmieröldampf der Autos. In die Luft der Wohnräume gelangen Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium von Aborten, Gruben und Kanälen aus; flüchtige Fettsäuren und andere riechende Gase vorzugsweise durch die Ausdünstung der Menschen, Merkaptane durch den Küchendunst beim Kochen von Kohl usw.

Einige dieser Gase lassen sich leicht chemisch nachweisen; so der Schwefelwasserstoff durch Bleipapier. Allerdings ist der Geruch ein noch viel feineres Reagens; in 50 ccm Riechluft werden beispielsweise noch ein $^1/_{5000}$ mg Schwefelwasserstoff und gar $^1/_{460\,000\,000}$ Merkaptan erkannt.

Manche übelriechende Gase, so Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, sind heftig wirkende Gifte. Aber ihre Menge in der Luft im Freien und in den üblichen Wohnungen ist kaum jemals so groß, daß Giftwirkungen entstehen, während man solche in Abortgruben, Kanälen usw., wo stärkere Konzentrationen sich angesammelt hatten, wiederholt beobachtet hat. Für die Auspuffdämpfe der Autos, die neben viel CO aus nicht vollständig verbranntem Benzin namentlich Acrolein aus Schmieröl enthalten, sind Giftwirkungen nachgewiesen; ob diese ausreichen, um empfindliche Menschen zu schädigen, mag dahingestellt bleiben; jedenfalls sind die Dämpfe ekelerregend und behindern die freie Atmung. — Von den durch Zersetzungsvorgänge auf der Haut und den Schleimhäuten des Menschen entstandenen übelriechenden Gasen hat eine toxische Wirkung nicht beobachtet werden können. Derartige Gerüche, die in besonders hohem Grade z. B. bei Menschen mit Schweißfüßen oder mit kariösen Zähnen oder von Karzinomkranken geliefert werden, erzeugen bei demjenigen, der den übelriechenden Raum betritt, Ekel, Widerwillen, Brechneigung; dagegen reagieren die Insassen eines solchen Raumes, die von Anfang an mit den Geruch liefernden Personen zusammen waren, so daß die gleichmäßig steigende Ansammlung der Gase eine Geruchsempfindung nicht auslösen konnte, gewöhnlich in keiner Weise; ebensowenig diejenigen, bei welchen durch Schnupfen, künstlichen Verschluß der Nase und dergl. die Geruchsempfindung ausgeschaltet ist. — Bei vielen Menschen findet außerdem eine weitgehende Gewöhnung an solche Gerüche statt; namentlich in den unteren Volksschichten begegnet man einer starken Gleichgültigkeit gegen üble Gerüche. Wenn aber auch von einer toxischen Wirkung solcher Gerüche nicht die Rede sein kann, so ist doch festzuhalten, daß sie bei einem Teil der Menschen Belästigung durch Ekelempfindung erzeugen und aus diesem Grunde entschieden zu beanstanden sind. Das gleiche gilt von den übelriechenden Beimengungen der Luft im Freien, zumal diese von vielen Menschen auf-

gesucht wird zum Zweck einer unbehinderten tiefen Atmung, die nur durch reine oder mit aromatischen Substanzen geschwängerte Luft angeregt wird (vgl. S. 80).

Vollends unbegründet ist die früher verbreitete Anschauung, als ob manche infektiöse Krankheiten (Malaria, Typhus) auf die Einatmung schlechter Luft und riechender Gase, sogenannter Miasmen, zurückzuführen seien. Auch ein flüchtiges Gift bewirkt nur Intoxikation, keine Infektion; diese hervorzurufen sind ausschließlich lebende Organismen befähigt (vgl. Kap. X). — Infolge der falschen Vorstellung von der Wirkung der Miasmen sehen viele Ärzte noch heute in üblen Gerüchen, Kanalgasen usw. die Ursache von Infektionen. In der Tat besteht ein Zusammenhang zwischen Infektionserregern und stinkenden Gasen, aber nur ein ganz entfernter und lockerer. Die Infektionserreger selbst produzieren bei ihrem Wachstum keine oder wenig intensive Gerüche; stärker riechende Gase deuten auf die Anwesenheit von wuchernden Saprophyten, namentlich Anaeroben, welche der gleichzeitigen Ansiedlung pathogener Organismen meist feindlich sind und diese schwer aufkommen lassen. Es ist also entschieden unzulässig, den Ausbruch einer Infektionskrankheit mit dem Hinweis auf irgendwelche Fäulnisgase u. dgl. zu erklären.

Man hat auch wohl die Ansicht geäußert, daß durch die fortgesetzte Aufnahme unreiner Luft eine individuelle Disposition zu Infektionskrankheiten geschaffen werde. Weder experimentell noch statistisch sind aber in dieser Richtung Tatsachen ermittelt, welche einwandfrei auf eine solche vorbereitende Rolle der genannten Gase bezogen werden dürften. Dagegen machen wir bei zahlreichen Individuen die Erfahrung, daß selbst langdauernde Einatmung verunreinigter Luft keine gesteigerte Empfänglichkeit für Infektionskrankheiten hinterläßt, falls die sonstigen Lebensbedingungen, Ernährung usw. günstig sind.

Zweifellos sind aber die Fäulnisgase häufig Symptome einer ungenügenden Reinlichkeit in bezug auf Haut, Kleidung, Wohnung, Boden usw.; und da wir wissen, daß in peinlicher Reinlichkeit auch ein Schutz gegen die Aufnahme von Infektionserregern gegeben ist, daß dagegen da, wo Schmutz- und Abfallstoffe sich häufen, auch keine genügende Beseitigung eventuell vorhandener Infektionserreger erfolgt, so deutet insofern übelriechende Luft indirekt auf Begünstigung der Infektionsgefahr. Dieser Indikator zeigt aber bei weitem nicht immer richtig und ist daher nur mit größter Reserve zu verwerten.

d) Unbekannte giftige, gasförmige Exkrete des Menschen und der Tiere.

Abgesehen von den übelriechenden Gasen, die von Fäulnisherden oder gelegentlich von Menschen durch Zersetzung von Exkreten geliefert werden können, hat man geglaubt annehmen zu müssen, daß die normale Exspirationsluft und die normale Hautausdünstung der Tiere und Menschen noch unbekannte flüchtige Gifte enthalte. Denn zweifellos kommen in mit Menschen erfüllten, schlecht gelüfteten Räumen Gesundheitsstörungen zur Beobachtung; und zwar:

1. akute Gesundheitsstörungen, bestehend in Kopfdruck, Schwindel, Übelkeit und Ohnmachtsanfällen. Beim zwangs-

weisen Zusammendrängen vieler Menschen in engen geschlossenen Räumen, z. B. im Zwischendeck von besetzten Schiffen, wo während eines Sturmes alle Luken dicht geschlossen werden mußten, ferner beim Einsperren zahlreicher Kriegsgefangener (schwarze Höhle von Kalkutta, der berüchtigte Turm von Austerlitz) sind sogar zahlreiche Todesfälle beobachtet, die allerdings ohne weiteres aus der unter diesen extremen Verhältnissen eintretenden Anhäufung von CO_2 und Verringerung von O erklärlich sind.

In der Meinung, für die in sog. „schlechter" Luft entstehenden Beschwerden eine Erklärung zu finden, hat namentlich Brown-Séquard auf die eigentümlichen Vergiftungserscheinungen hingewiesen, unter denen Tiere sterben, welche nur die mit den gasförmigen Ausscheidungen anderer Tiere erfüllte Luft zugeführt bekommen. Bei genauerer Prüfung hat sich jedoch gezeigt, daß solche Tiere ausschließlich dann zugrunde gehen, wenn die CO_2 auf etwa 14 Prozent gestiegen ist und der O der Luft entsprechend abgenommen hat, und daß der Tod in genau der gleichen Weise erfolgt, wenn die Luft in dieser Zusammensetzung aus reinsten Materialien chemisch dargestellt wird, ohne jedes Zufügen eines Giftes. Nur dann erfolgte der Tod der Tiere etwas früher, wenn auch noch NH_3 aus dem zersetzten Harn der Tiere sich der Einatmungsluft beimengen konnte. — Auch das von d'Arsonval behauptete Auffinden alkaloidartiger Substanzen im Kondenswasser aus der menschlichen Atemluft konnte bei Nachprüfungen nicht bestätigt werden. Peters hat die Wirkung solchen Kondenswassers auf das isolierte Froschherz, ein ungemein feines Reagens auf kleinste Spuren von Giften, untersucht und dabei eine minimale schwächende Wirkung erzielt; neuere Nachprüfungen von Konrich und Lange haben indes ergeben, daß, sobald für die Beseitigung der in den Kondensaten absorbierten CO_2 gesorgt ist, jeder Einfluß auf das isolierte Froschherz in Fortfall kommt. Ebenso konnte die Angabe Weichardts, daß ein Ermüdungsgift (Kenotoxin) in den Ausatmungsprodukten mancher Menschen nachweisbar sei, nicht bestätigt werden (Inaba, Korff-Petersen). Von Rosenau und Amoss ist neuerdings beobachtet, daß in der Ausatmungsluft mitunter flüchtige Eiweißstoffe (ohne toxische Eigenschaften) vorkommen, die sich durch den anaphylaktischen Versuch am Meerschweinchen nachweisen ließen. Weisman konnte jedoch in sorgfältigen Kontrollversuchen diesen Befund nicht bestätigen.

Direkte Versuche am Menschen, so angeordnet, daß Menschen, die mit den eigenen gasförmigen Ausscheidungen oder mit denen anderer Menschen beladene Luft einatmen mußten, sind von mehreren Autoren mit völlig negativem Resultat angestellt. Wolpert hat zwar gemeint, feststellen zu können, daß die CO_2-Ausscheidung des Menschen in einer

mit Ausscheidungsprodukten erfüllten Luft etwas geringer ausfalle, als in reiner Luft. Aber diese Abnahme ist so geringfügig, daß sie nicht einmal als sicher erwiesen gelten kann; und Schwankungen in der CO_2-Ausscheidung des Menschen gehen physiologisch und häufig in so viel höherem Grade vor sich, daß jene Abnahme, selbst wenn sie regelmäßig in verunreinigter Luft zustande käme, als belanglos bezeichnet werden müßte. Dagegen haben neuere Versuche (Konrich, Schuster) dargetan, daß eine Ansammlung von Ausatmungsprodukten sogar bei sehr hoher Konzentration keinerlei Alteration des Befindens hervorruft und sogar die Leistung am Ergographen durchaus nicht beeinflußt.

Es sind daher bisher keine ausreichenden Anhaltspunkte für die Annahme eines akut wirkenden flüchtigen Giftstoffs in den gasförmigen Ausscheidungen des Menschen gefunden worden.

Gleichwohl beruhen doch die oben hervorgehobenen Gesundheitsstörungen, die in Räumen mit zahlreichen Menschen auftreten, auf richtiger Beobachtung. Die Erklärung dafür ergibt sich ungezwungen, wenn man die Entwärmungsverhältnisse des Körpers mit berücksichtigt. Im Versuch hat sich das mit den Beobachtungen aus der Praxis übereinstimmende Resultat ergeben, daß in der Tat bei niederer Temperatur und Luftfeuchtigkeit keinerlei Gesundheitsstörung zu konstatieren ist, trotz sehr hoher Anhäufung von Exhalationsprodukten. Liegt dagegen die Temperatur bei 26° und höher oder bei einer Feuchtigkeit von 60—80 Prozent bei 22° und höher, so tritt fast bei allen Personen, am raschesten bei Herzkranken, Unbehagen, Kopfdruck, Beklemmung, Schwindel, Brechneigung ein. Gleichzeitig erhebt sich die Stirntemperatur auf 33—35°, die Hautfeuchtigkeit steigt um 20 bis 30 Prozent. Offenbar sind also jene subjektiven Symptome im wesentlichen durch Wärmestauung bedingt; eine Annahme, die durch mannigfaltige Variierung der Versuche auf das bestimmteste erwiesen werden konnte.

Die akuten Gesundheitsstörungen, die in stark gefüllten, ungenügend gelüfteten Räumen auftreten, führen wir daher bis jetzt irrtümlicherweise vorzugsweise auf chemische Änderung der Luft zurück; tatsächlich kommen dabei die Verhältnisse der Entwärmung in erster Linie in Betracht. Ist für genügende Entwärmung des Körpers gesorgt, so veranlaßt die Ansammlung der gasförmigen Exkrete der Bewohner unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Gesundheitsstörungen.

Aus dieser Erkenntnis ergibt sich ein neuer Beleg für die bereits oben (S. 32) betonte wichtige Verschiedenheit der Zimmerluft und der Luft im Freien. Letztere ist vor allem ausgezeichnet durch die kräftige Luftbewegung, die im Zimmer ganz fehlt, dagegen im Freien

in hohem Grade eine normale Entwärmung des Körpers begünstigt, so daß anhaltend lebhafte Körperbewegungen ausgeführt werden können, und einen anregenden und gegen Erkältungen abhärtenden Hautreiz ausübt. Dadurch ist der Aufenthalt im Freien für den Menschen und insbesondere für die sich herumtummelnden Kinder soviel bekömmlicher als der im geschlossenen Raum, und man kann nicht etwa Ersatz für die Luft im Freien dadurch schaffen, daß man den geschlossenen Raum ventiliert, bis die chemische Luftbeschaffenheit der im Freien ähnlich wird. Öffnet man die Fenster eines überfüllten Raumes und beobachtet man, daß dadurch bei den Insassen Erschlaffung, Kopfdruck usw. schwinden, so beruht dies eben darauf, daß die bewegte, kühlere, trockenere Luft eine bessere Entwärmung des Körpers herbeiführt. Ist die Luft außen gleichfalls warm, feucht und wenig bewegt, so erreicht man trotz stundenlangen Offenhaltens der Fenster und trotz chemischer Reinheit der Luft keine Besserung solcher Symptome.

Auch wenn wir die Luft im Freien in der Peripherie der Stadt viel „erfrischender" finden als im Inneren, so liegt das vor allem an der stärkeren Luftbewegung und der meßbar niedrigeren Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in den peripheren Stadtteilen. Auch durch chemische Beeinflussung — Rauch, Fabrikgase, Autodämpfe usw. — kann die Luft eines Stadtteils minderwertig gemacht werden, namentlich im Vergleich zu Stadtteilen mit viel Garten- und Parkanlagen; und chemische Reinheit oder angenehmes Aroma der Luft regen, wie bereits S. 80 ausgeführt wurde, zu ausgiebigerer Atmung an. Aber die thermischen Einflüsse sind das wichtigere für unser Empfinden, und wenn einmal in dieser Beziehung merkbare Differenzen zwischen Stadt- und Vorstadtluft nicht vorhanden sind, z. B. an sehr ruhigen schwülen Sommertagen oder während der ganzen kühleren Jahreszeit, dann versagt auch die sonst verspürte erfrischende Wirkung der Vorstadtluft.

Um Gesundheitsstörungen in der Luft geschlossener Räume zu verhüten, wird daher in erster Linie deren Erwärmung über 21° und deren Sättigung mit Wasserdampf über 50 Prozent vermieden werden müssen. Außerdem sind natürlich in Räumen, in denen Menschen verkehren, ekelerregende Gerüche nach Möglichkeit zu beseitigen.

2. Als chronische Gesundheitsstörungen infolge von „schlechter Luft" bezeichnet man vielfach den ungünstigen Ernährungszustand, die Anämie und Hautblässe der Menschen und besonders der Kinder, welche dauernd in engen Räumen sich aufhalten müssen. Es muß zugegeben werden, daß, wenn auch eine akute schädigende Wirkung verbrauchter Luft im Versuch am Tier und am Menschen nicht nachgewiesen werden konnte, trotzdem bei langer und oft wiederholter Einwirkung Gesundheitsstörungen allmählich entstehen können, die sich

der experimentellen Feststellung entziehen. Andererseits ist es entschieden unrichtig, in dem schlechten Aussehen und der verminderten Leistungsfähigkeit gewisser Bevölkerungsgruppen ohne weiteres einen Beweis für den schädlichen Einfluß „schlechter Luft" zu sehen. Denn bei denselben Menschen kommen meist Unterernährung, ungesunde Beschäftigung, Alkoholismus, kurz alle jene eine wirtschaftlich schlechte Lage begleitenden Faktoren als Ursachen der Gesundheitsstörungen in Betracht. Von besonderer Bedeutung ist anscheinend die Möglichkeit, sich viel im Freien aufzuhalten und zu bewegen. Wir sehen oft, daß Erwachsene und Kinder, die tagsüber im Freien leben, gute körperliche Entwickelung zeigen, auch wenn sie die Nacht und einen Teil des Tages in ganz ungenügend gelüfteten Räumen zubringen. Es scheint daher, daß jene vermuteten Schädigungen durch „schlechte Luft" wenigstens durch reichliches Leben im Freien in hohem Grade ausgeglichen werden können. Auch von diesem Gesichtspunkt aus kommen wir daher zu einer starken Betonung der Vorteile des Aufenthalts im Freien, insbesondere für die heranwachsende Jugend, und zu der Überzeugung, daß dieser ungemein wichtige hygienische Faktor keineswegs dadurch auch nur einigermaßen ersetzt werden kann, daß die Luft der Wohnräume durch Ventilation usw. chemisch verbessert wird.

Die Untersuchung und Begutachtung einer Luft hat in geschlossenen Räumen in erster Linie die Verhältnisse der Entwärmung, in zweiter Linie die Produktion übelriechender, ekelerregender Gase zu beachten.

Bezüglich der Entwärmungsverhältnisse können wir uns nicht auf das Empfinden des einzelnen verlassen, weil dieses individuell zu sehr variiert. Die Ermittelung der Hauttemperatur und der Hautfeuchtigkeit bei mehreren der anwesenden Menschen stößt noch auf mancherlei Schwierigkeiten. — Will man die äußeren Bedingungen prüfen, so sind eigentlich Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, ferner die Wärmequellen, die für die Abstrahlung in Betracht kommen (Heizkörper, Hauswände, andere Menschen), und die Luftbewegung zu berücksichtigen. Meistens wird man sich aber auf Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung beschränken. Die Kohlensäure der Luft hier als Maßstab heranzuziehen, ist nur mit großer Einschränkung statthaft. Sie geht der Wärmebehinderung wohl einigermaßen parallel, wenn Wärme und Feuchtigkeit im Raum von Menschen und Beleuchtungsflammen herrühren; sobald dagegen Heizkörper oder warme und feuchte Außenluft mit in Betracht kommen, ist von einem Parallelismus zwischen CO_2 und Entwärmungsbedingungen nicht mehr die Rede.

Um die Anwesenheit übelriechender Gase in einer Luft festzustellen, kann in vielen Fällen die Nase genügen. Aber unser Geruchsorgan vermag quantitative Differenzen nicht genügend abzuschätzen, und namentlich spielen individuelle Verschiedenheiten hier eine so große Rolle, daß sehr häufig der eine dieselbe Luft für gut erklärt, die der andere für schlecht hält. Wir müssen aber einen ziffermäßigen, nicht von dem individuellen Ermessen abhängigen Maßstab für die Luftbeschaffenheit wünschen; und insbesondere die Wohnungs- und Schulhygiene kann eines solchen schwer entraten.

In der CO_2-Bestimmung besitzen wir einen wenigstens in dieser Beziehung teilweise brauchbaren Maßstab. Die Produktion der CO_2 hält in den Wohnräumen meist ungefähr gleichen Schritt mit der Ausscheidung belästigender und übelriechender Gase. Auch dieser Parallelismus ist allerdings nicht unter allen Verhältnissen vorhanden; es macht einen erheblichen Unterschied, ob reinliche oder unreinliche, gesunde oder kranke Menschen sich im Raume befinden, ob außer den Menschen andere Geruchsquellen vorhanden sind u. dgl. Diese Verhältnisse sind daher, sobald aus der Menge CO_2 auf die Verschlechterung der Luft geschlossen werden soll, sehr wohl in Rücksicht zu ziehen. Durchschnittlich wird man annehmen dürfen, daß eine Steigerung des CO_2-Gehalts der Luft in Wohnräumen über 1—2 Promille mit belästigenden Gerüchen verbunden sein wird, und daß daher eine solche Luft beanstandet werden muß (vgl. unter „Ventilation“ und „Schulen“).

Für die Beurteilung der Luft im Freien gibt die CO_2-Bestimmung nicht ausreichende Ausschläge und ist als Indikator selten brauchbar. Hier sind wir einstweilen auf die sinnliche Wahrnehmung belästigender Beimengungen angewiesen.

Literatur: Ozon: Sonntag, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 8. — Ohlmüller, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt., Bd. 8. — Christmas, Annal. Pasteur 1893, Nr. 10. — Konrich, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 72. — Kohlensäure: Lehmann, Methoden 1901. — Toxische Wirkung der Exspirationsluft: Brown-Séquard, Compt. rend. 1888. — Hermans, Arch. f. Hyg. Bd. 1. — Lehmann u. Jessen, Arch. f. Hyg., Bd. 10. — Rauer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 15. — Lübbert-Schneider, Pharmazeutische Zentralhalle 1894. — Formánek, Arch. f. Hyg. 38. — Wolpert, Peters, Arch. f. Hyg., Bd. 47. 57. — Flügge, Heymann, Paul, Ercklentz, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 49. — Weichardt, Arch. f. Hyg., Bd. 65. — Inaba, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 68. — Korff-Petersen, Schuster, Lange, ibid. Bd. 78.

II. Der Luftstaub.

Unter den in der Luft suspendierten Elementen unterscheiden wir gröbere Staubpartikel, Ruß, Sonnenstäubchen und Mikroorganismen.

Zur quantitativen Bestimmung des gesamten Luftstaubes wird die Luft durch ein Glasrohr mit Wattepfropf aspiriert und die Gewichtszunahme des Rohrs bestimmt. — Um die Rußmengen allein zu bestimmen, kann man die Schwärzung von Filterpapier benutzen, durch welches eine größere Menge Luft ($^1/_2$ cbm) durchgesaugt ist (Rubner, Renk); die gröberen Rußteilchen lassen sich in Schalen, einer horizontal aufgestellten und einer vertikal dem Winde entgegengerichteten, deren Boden mit einer feinen Ölschicht bedeckt ist, auffangen und kolorimetrisch abschätzen (Liefmann). — Zur mikroskopischen Untersuchung des Luftstaubs setzt man z. B. eine Glasplatte, die mit einem klebrigen Überzug (Chlorcalciumlösung, Glyzerin, Lävulose) versehen ist, dem Luftstrom aus; nach Beendigung des Versuchs wird die Platte mit einem Mikroskop durchmustert. Um einigermaßen vergleichbare Resultate zu erhalten, muß man die Geschwindigkeit des Luftstroms, die Größe der Einströmungsöffnung und den Abstand der Glasplatte von letzterer in genau gleicher Weise regulieren (Miquel). — Zur Zählung der Staubteilchen hat Aitken eine interessante Methode benutzt. Bekanntlich werden die kleinsten Staubteilchen sichtbar, wenn sie mit übersättigtem Wasserdampf in Berührung kommen, da dann jedes Teilchen zu einem Kondensationskern wird, der zu einem leicht sichtbaren Tröpfchen anwächst. Aitken konstruierte nun einen Apparat, der es gestattet, die Untersuchungsluft mit staubfreier Luft beliebig zu mischen und dann mittels Luftpumpe zu verdünnen. Die Mischung wird stets so weit getrieben, bis alle Staubteilchen des Gemisches zu Kondensationskernen werden, so daß weitere Druckerniedrigung keine weitere Tropfenbildung veranlaßt. Die Tröpfchen werden mittels einer mit feiner Teilung versehenen Glasplatte gezählt. Unter Berücksichtigung des Mischungsverhältnisses mit staubfreier Luft ergibt sich daraus die Zahl der Stäubchen in der Volumeinheit der Untersuchungsluft.

Zur Zählung und Untersuchung der lebenden Mikroorganismen der Luft, die uns vorzugsweise interessieren, läßt sich indes keine dieser Methoden verwenden; bei der mikroskopischen Prüfung des gesamten Staubes verdecken die gröberen Objekte die etwa vorhandenen Bakterien, Sporen werden vollends leicht übersehen, und bei den sichtbaren Mikroorganismen bleibt ihre Lebensfähigkeit in Frage.

Eine Kenntnis der lebenden Luftmikroben können wir vielmehr nur durch Kulturmethoden erhalten. Soll das Verfahren quantitative Aufschlüsse geben, so müssen dabei alle in der Luft enthaltenen Bakterien aufgefangen werden, zugleich aber jedes Individuum oder jeder Komplex von Individuen isoliert zur Entwicklung kommen; wenn möglich müssen auch die Nährsubstrate und sonstigen Lebensbedingungen variiert werden. Diesen Forderungen sucht zu entsprechen:

1. das Hessesche Verfahren. Ein Glasrohr von 70 cm Länge und 3·5 cm Weite wird mit Nährgelatine beschickt, dann sterilisiert und horizontal gelagert, so daß die Gelatine nach dem Erstarren in dünner Schicht die ganze Wandung auskleidet. Dann wird langsam Luft hindurch aspiriert, etwa 1 Liter in 2—4 Minuten, bis 10—20 Liter hindurchgeströmt sind. Die Stäubchen und Bakterienverbände fallen nieder und entwickeln sich auf der Gelatine zu iso-

lierten Kolonien, die gezählt und qualitativ weiter untersucht werden können. — Genauer und bequemer ist:

2. das Petrische Verfahren. In ein kurzes etwa 2 cm weites Glasrohr wird ein Stück Drahtnetz eingeklemmt, darauf kommt eine etwa 3 cm dicke Schicht grober Sand von 0·4 mm Korngröße, dann wieder ein Drahtnetz. Das so hergestellte Filter wird sterilisiert, mit einem kräftigen Aspirator verbunden und die Luft in raschem Strome durchgesogen. Das Filter hält nachweislich alle Keime sicher zurück. Nach Beendigung des Versuchs wird der Sand und das Drahtnetz des Filters in Schälchen mit Gelatine oder Agar gebracht, und die gewachsenen Kolonien werden gezählt und untersucht. — Die Kolonien werden besser sichtbar und zählbar, wenn man statt des Sandes gestoßenes und gesiebtes Glas oder besser künstlich hergestellte Quarzstückchen benutzt. Außerdem ist es zweckmäßig, dem Glasrohr mit dem Filter eine bauchige Erweiterung zu geben und das Rohr, das die Luft zuführt, in das Pulver dieser Erweiterung hineinzuführen, um völlig sichere Absorption zu erzielen (Ficker).

Fig. 5. Fickersches Filter zur Bestimmung der Luftkeime. 1:2.

3. Falls es nicht auf vollständiges Auffangen aller Keime abgesehen ist: Aspiration der Luft durch ein Glasrohr, das mehrfach auf- und abwärts gekrümmt und mit Lävuloselösung ausgekleidet ist; das Rohr wird nach Aufnahme der Luftkeime mit Wasser wiederholt ausgespült, das Waschwasser gesammelt und auf Platten verteilt. 5—20 Prozent der Keime passieren stets selbst mehrere solche Rohre. — Oder der Luftstrom streicht durch eine Reihe untereinander mittels Glasröhren verbundener Reagenzgläser, deren jedes eine kleine Wasserschicht enthält; beim langsamen Durchgang durch letztere bleiben die Keime zurück, das gesammelte Wasser wird auf Platten gebracht (Bujwid). — Auch evakuierte, innen mit festem Nährsubstrat ausgekleidete Glasgefäße, deren Spitze abgebrochen werden kann und dann den plötzlichen Eintritt von Untersuchungsluft gestattet, sind unter Umständen mit Vorteil zu benutzen (Ficker).

Über den Ursprung und die Verbreitung der einzelnen Elemente des Luftstaubs haben neuere Untersuchungen folgendes ergeben:

1. Grob sichtbarer Staub.

Derselbe ist in der Luft europäischer Städte zu 0·2—25 mg in 1 cbm Luft gefunden; die Zahl der Staubteilchen betrug nach Aitken auf dem Lande 500 bis 5000, in großen Städten 100000 bis 500000 in 1 ccm, bei Steinpflaster am meisten, bei Makadam am wenigsten; die größten Mengen treten bei trockener Bodenoberfläche und austrocknenden heftigen Winden, die geringsten nach Regen und bei feuchtem Boden auf. Im Durchschnitt zeigt der Sommer die höchsten, das Frühjahr die niedrigsten Werte.

Die wesentlichste Quelle des Staubes ist die Bodenoberfläche. Wo die obersten Schichten des Bodens aus einem Gesteinsmaterial bestehen, das rasch verwittert und dabei relativ viel feinste Partikelchen liefert; ferner in einem Klima oder in einer Witterungsperiode, wo starkes Sättigungsdefizit und lebhafte Winde herrschen, werden die reichlichsten Staubmengen gefunden. Besonders in der tropischen und subtropischen Zone, speziell in Pendschap, in Ägypten, der Sahara usw. kommt es in einem Teil des Jahres zu heftigen Staubwinden, die mit enormen Massen von Staub die Luft im Freien und selbst im Innern der Wohnräume erfüllen und zu einer höchst lästigen Plage werden.

Genauere Untersuchungen über die Qualität des Staubes ergaben, daß er zu $^2/_3$ bis $^3/_4$ aus anorganischer Substanz, aus Gesteinssplittern, Sand- und Lehmteilchen besteht. Der Rest besteht größtenteils aus organischem Detritus, Pferdedünger, Haaren, Pflanzenteilchen, Fasern von Kleidungsstoffen, Stärkemehl usw. Ferner finden sich viel tote und lebensfähige Keime von höheren Pflanzen, Pollenkörner und Sporen von Kryptogamen. Der Blütenstaub von Nadelhölzern wird oft meilenweit fortgetragen (Schwefelregen). — Endlich haften vielfach noch Mikroorganismen, teils im toten, teils im lebenden Zustand, an den gröberen Staubteilchen.

Über die vom Staub ausgehenden Gesundheitsgefahren sind wir noch ungenügend orientiert. Zimmer-, Straßen- und Chausseestaub wird oft in großen Mengen von zahlreichen Menschen eingeatmet, ohne daß akute Erkrankungen sich anschließen (Manöver, von zahlreichen Autos befahrene Chausseen). Es scheint, daß eine mechanisch und chemisch reizende Wirkung auf die Respirationsschleimhaut durch derartigen Staub erst bei oft wiederholter Einatmung großer Quantitäten zustande kommt. Gewerbliche Staubarten mit scharfen und spitzigen Elementen oder chemisch reizendem Material führen im Experiment bei sehr viel kleineren Dosen zu Lungenaffektionen (s. Kap. IX).

Wohl aber kann eine akute Gesundheitsschädigung vom Staub dadurch ausgehen, daß seinen Elementen zufällig lebende Krankheitserreger anhaften. Dies wird namentlich zutreffen für Staub aus Wohnungen, in denen kontagiöse Kranke sich aufhalten; gelegentlich auch für den Staub enger städtischer Straßen und Höfe (s. unter 4).

Ferner wirken größere Staubmengen in der Luft zweifellos belästigend und beeinträchtigen die Atmung; und dies allein ist Grund genug, um nach Möglichkeit Staubentwicklung auf Straßen und im Wohnraum zu verhüten. Über die Mittel hierzu s. Kap. VII.

2. Rauch und Ruß.

Der aus den Feuerungsanlagen infolge unvollständiger Verbrennung der Kohle in die Luft übergehende Rauch enthält Kohleteilchen; Ruß der seinerseits im Mittel zu $^2/_5$ aus C, zu $^1/_5$ aus anorganischen Verbindungen und zu $^1/_5$ aus Kolhenwasserstoffen (Teeren und Ölen) besteht; ferner Verbrennungsgase, CO_2, CO, SO_2 und SO_4H_2 usw. Durch die Entwicklung der Industrie und das Anwachsen der großen Städte ist die Ansammlung von Rauch und Ruß an vielen Orten zu einer argen Plage geworden. Bei dunstig-nebligem Wetter, ferner im Winter ist der Rußgehalt am höchsten. Die rußige Luft führt zu einer starken Verschmutzung des Körpers, der Wäsche und der Wohnungen; Baudenkmäler werden durch die SO_3 angegriffen; die Vegetation wird, und zwar ebenfalls hauptsächlich durch den SO_3-Gehalt des Rauchs, schwer geschädigt, in erster Linie Fichten und andere Coniferen, aber auch Buchen und Birken.

Beim Menschen verursachen die eingeatmeten Kohleteilchen Einlagerung in die Lunge (Anthrakosis pulmonum); ferner in die Bronchialdrüsen, von wo Verschleppungen durch die Blutbahn nach Leber, Milz usw. stattfinden können. Eine schwerere Schädigung der Lunge scheint aber durch die Kohleeinlagerung nicht zustande zu kommen; Bergleute in Kohlengruben, ebenso Kaminkehrer zeigen keine besonders hohe Ziffer von Erkrankungen der Atemwerkzeuge. Leichtere Schädigung kommt vielleicht eher noch der die Schleimhäute reizenden Wirkung der im Rauch enthaltenen gasförmigen Bestandteile (SO_2) zu.

Wohl aber sind gewisse dem Menschen nachteilige klimatische Veränderungen die zweifellose Folge der in großen Städten und Industriezentren entwickelten übergroßen Rauchmengen. Die Rußteilchen wirken bei hinreichender Luftfeuchtigkeit als Kondensationskerne und bilden vorzugsweise die „Gerüste für die Stadtnebel". Gegenden mit feuchtwarmem Winter (London) sind besonders exponiert und haben die dicksten, fast undurchsichtigen und häufigsten Nebel. In Hamburg werden noch etwa 100 Nebeltage im Jahr gezählt, in Berlin 16. — Durch die Nebel wird die Zahl der Sonnenscheinstunden und die Tageshelligkeit bedeutend herabgesetzt, und diese Lichtverminderung wirkt teils schädigend auf die Augen der Menschen, die feinere Arbeiten zu verrichten haben, teils beeinflußt sie in merkbarer Weise die Gemütsstimmung und Arbeitsfreudigkeit (vgl. S. 57). Eine tunlichste Verringerung der Rauchplage, die namentlich durch geeigneteres Brennmaterial erzielt werden kann und im Abschnitt „Heizung" besprochen wird, ist daher im hygienischen Interesse entschieden anzustreben.

Weitergehende Behauptungen bezüglich der gesundheitsschädigenden Wirkung des Rauchs, die sich teils aus Tierexperimenten, teils aus

statistischen Daten über die Frequenz der akuten Lungenkrankheiten ergeben haben sollten, konnten genaueren Nachprüfungen nicht standhalten und sind einstweilen als unerwiesen anzusehen (Ascher; Kritik durch Hahn, Gebecke).

3. Die Sonnenstäubchen.

Sehr kleine Partikelchen von organischem Detritus, feinste Teile von Woll- und Baumwollfasern, abgestorbene, selten lebensfähige Mikroorganismen usw. Sonnenstäubchen sind für gewöhnlich nicht in der Luft sichtbar; läßt man aber in ein sonst dunkles Zimmer einen Lichtstrahl einfallen, so können sie mit bloßem Auge deutlich wahrgenommen werden; durch die stete Anwesenheit dieser Stäubchen wird erst der Lichtstrahl auf seinem Wege durch die Luft sichtbar (Tyndall).

Die Sonnenstäubchen sind so leicht, daß sie selbst in ruhiger Luft sich nicht vollständig absetzen und bis zu den größten Höhen in der Atmosphäre verbreitet sind. Sie liefern vermutlich neben den freien Ionen der Luft die Kondensationskerne für die Bildung von Wolken bzw. Nebel auf freier See.

4. Die Mikroorganismen.
(S. vorher die Einleitung zu Kap. X.)

Die Quelle der Luftkeime sind die verschiedensten Oberflächen, auf welchen Bakterienansiedlungen etabliert waren, in erster Linie die Bodenoberfläche, aber auch Kleider, Haut und oberflächliche Schleimhäute der Menschen. — Von feuchten Flächen oder von Flüssigkeiten gehen mit der einfachen Wasserverdunstung und bei schwachen Luftströmen keine Bakterien in die Luft über. Läßt man einen solchen Luftstrom über eine Flüssigkeit oder über feuchte Substanzen, die eine bestimmte, leicht erkennbare Bakterienart enthalten, hinwegstreichen und dann ein mehrfach gekrümmtes Auffangrohr passieren, so finden sich in letzterem keine Keime der betreffenden Art. Wenn aber ein Luftstrom von mehr als 4 m Geschwindigkeit so auf die Oberfläche der Flüssigkeit auftrifft, daß Wellenbildung und beim Anprall der Wellen gegen feste Flächen Zerstäubung eintritt, oder wenn Verspritzen der Flüssigkeit durch heftiges Schlagen oder Platzen oberflächlicher Blasen erfolgt, können Wassertröpfchen und mit diesen Mikroorganismen in die Luft übergeführt werden. Im Freien kommt es beim Anbranden des Meeres, durch Mühlräder, ferner sehr häufig dann, wenn stärkere Winde die vom Regen befeuchteten Baumblätter bewegen, zur Ablösung von Tröpfchen. In Wohnräumen können diese bei jedem Ausgießen von Flüssigkeiten, beim Waschen usw. entstehen; vor allem aber dadurch, daß die Menschen beim Niesen,

Husten und lauten Sprechen nachweislich fast stets Tröpfchen von Speichel und Sputum verschleudern, die mit bloßem Auge nicht wahrgenommen werden können, die aber lebende Mikroorganismen enthalten. Zum Weitertransport dieser einmal losgelösten Tröpfchen genügen zum Teil Luftströme von sehr geringer Stärke; selbst solche von 0·1—0·2 mm Geschwindigkeit pro Sekunde können die feinsten Tröpfchen noch meterhoch in die Höhe tragen.

Nach dem Eintrocknen einer Bakterienansiedlung geht der Übertritt der Keime in die Luft zunächst schwierig vonstatten. Sie kleben den Flächen relativ fest an, fixiert durch die zu einer Kruste eintrocknenden schleimigen oder eiweißartigen Stoffe ihrer Hüll- und Interzellularsubstanz. Selbst kräftige Luftströme führen von solchen trockenen Überzügen nichts fort. Es müssen vielmehr erst durch stärkere Temperaturdifferenzen oder durch mechanische Gewalt Kontinuitätstrennungen und teilweise Ablösungen erfolgen; die Kruste zersplittert, und erst dann sind Luftströme von 4—5 m Geschwindigkeit imstande, kleine Teilchen aufzunehmen und zu transportieren. Bildet feiner Sand oder Lehm die Unterlage der Bakterienansiedlung, oder haften sie z. B. an porösen, leicht fasernden Kleidungsstoffen (Sputum, Dejektionen usw. an Wäsche), so geschieht die hauptsächlichste Verbreitung nicht sowohl infolge einer Ablösung der Bakterien, sondern dadurch, daß Teile des Substrats selbst in die Luft übergehen. An den mineralischen Staubpartikelchen, sowie an den gröberen und feineren Fasern, welche sich von Kleider- und Möbelstoffen loslösen, haften daher die hauptsächlichsten Mengen der in der Luft befindlichen Mikroorganismen.

Dieser Entstehungsart entsprechend gehören die in Staubform in der Luft enthaltenen Mikroorganismen nicht durchweg zu den feinsten und leichtesten Staubelementen; vielmehr ist der größte Teil derselben unter dem grob sichtbaren Staub zu suchen, und sie sind durchschnittlich gröber und schwerer transportabel als die bakterienführenden Tröpfchen.

Nur für Schimmelpilzsporen liegen die Verhältnisse anders. Auch wenn diese auf feuchtem Substrat wuchern, ragen die trockenen Sporen in die Luft, werden einzeln durch leichte Erschütterungen abgelöst, und in solchem isolierten Zustande durch die schwächsten Luftströme fortgeführt. Die Schimmelpilzsporen sind daher die kleinsten und leichtesten lebenden Elemente des Luftstaubs.

Die verhältnismäßige Größe und Schwere der Bakterienstäubchen ist durch verschiedene Beobachtungen und Experimente bestätigt. Wenn z. B. in ruhiger Luft (Zimmerluft) bakterienhaltiger Staub aufgewirbelt wird, so finden sich anfangs große Menge Bakterien

in der Luft; aber schon nach etwa 30 Minuten sind die Bakterien größtenteils, nach einer Stunde fast sämtlich, durch Absetzen des Staubes aus der Luft entfernt, und es bleiben im wesentlichen nur Schimmelpilzsporen übrig. Selbst Luftströmungen bis 0·2 m Geschwindigkeit sind nicht imstande, die gröberen Bakterienstäubchen schwebend zu erhalten oder dieselben fortzutransportieren; während allerdings die leichteren Bakterienstäubchen, von denen sich fast immer einige in der Luft finden, schon durch Luftströme von 0·2—2·0 mm Geschwindigkeit horizontal weitergeführt bzw. schwebend erhalten werden. — Solche leichteste Stäubchen entstehen vorzugsweise von der Kleidung und von Taschentüchern, während insbesondere der Fußbodenstaub schwerer ist.

Für die Qualität der Luftkeime ist es noch von großer Bedeutung, daß viele Bakterienarten ein so vollständiges Austrocknen, wie es für den Übergang in die Luft in Form von feinstem, leicht flugfähigem Staub erforderlich ist, nicht vertragen. Fängt man feinen, mit bestimmten Bakterien beladenen Staub auf, nachdem dieser durch einen Luftstrom von 4 mm Geschwindigkeit (der Luftbewegung im Innern gut ventilierter Wohnräume entsprechend) 80 m hoch aufwärts getrieben ist, so sind Cholerabakterien, Pestbazillen, Pneumokokken, Meningokokken, Influenzabazillen, Diphtheriebazillen ausnahmslos abgestorben. Diese alle können daher nur in Form von feinsten Tröpfchen auf weitere Strecken durch die Luft fortgeführt werden. Dagegen bleiben unter den angegebenen Verhältnissen auch im feinsten trockenen Staube lebendig: Tuberkelbazillen, Milzbrandsporen, Staphylokokken, Sarcine, Tetanussporen. Eine Mittelstellung nehmen Typhusbazillen und Streptokokken ein, die wenigstens in Form von etwas gröberen Stäubchen und bei Anwendung von stärkeren Luftströmen noch lebend transportiert werden können. — Schimmelpilzsporen vertragen das Austrocknen sämtlich gut und können lange in Form von feinstem Staub existieren, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüßen. Sie werden daher in älterem und feinerem Staub leicht prävalieren, auch wenn in dem stäubenden Material ursprünglich mehr Bakterien vorhanden waren.

Zahl und Arten der Luftkeime. Im Freien werden sehr verschiedene Mengen von Luftkeimen gefunden; im Mittel in 1 cbm Luft 500—1000 Keime, darunter 100—200 Bakterien, der Rest Schimmelpilze; manchmal erheblich mehr und auch relativ mehr Bakterien.

Die geringste Keimzahl wird in Einöden, auf unbewohnten Bergen und im Winter zu finden sein, weil es hier an stärkerer Ausbildung der Bakterienansiedlungen fehlt. Ferner beobachtet man wenig

Keime bei feuchtem Wetter und feuchter Bodenoberfläche (nach Regen, im Frühjahr) und bei mäßigen Winden. Nur Schimmelpilzsporen sind auch bei feuchtem Wetter reichlicher in der Luft enthalten, weil die Pilzrasen dann am besten gedeihen und deren Sporen auch von feuchtem Substrat aus in die Luft gelangen. — Auf hohem Meere ist die Luft in 500—1000 km Entfernung vom Lande oft keimfrei gefunden (Fischer), bei bewegtem Wasser wird sie je nach dem Keimgehalt des Wassers einzelne Tröpfchen mit lebenden Keimen führen. — Nach den bei Luftballonfahrten angestellten Untersuchungen wird die Keimzahl in der Luft beeinflußt 1. durch Sedimentierung; daher Abnahme der Keimzahl (und Staubzahl) mit der Höhe bis auf Null. 2. Durch aufsteigende und absteigende Luftströme; daher im Winter durchschnittlich weniger Keime als im Sommer und die Lage der Höhenzone der Keimfreiheit im Winter schon etwa bei 1700 m, im Sommer erst bei 3000 m Höhe. 3. Möglicherweise auch durch Sonnenstrahlung (Hahn, Flemming).

Die größten Mengen von Keimen werden in die Luft dann aufgenommen, wenn hohe Temperatur, starkes Sättigungsdefizit und heftige Winde zusammenwirken. Bei vorübergehender Bodentrockenheit können sich in den breiten städtischen Straßen zwar auch schon größere Staubmassen bilden; aber erst eine Periode anhaltender Dürre und trockener Winde führt aus allen Winkeln und Höfen und von den Stätten, wo die Abfallstoffe abgelagert zu werden pflegen, mannigfaltige und zahlreiche Bakterien in die Luft über.

In geschlossenen Räumen finden sich bei ruhiger Luft sehr wenig oder gar keine Luftkeime; dagegen kommt es bei jedem Verspritzen von bakterienhaltiger Flüssigkeit (Hustenstöße) und in noch größerer Menge beim Aufwirbeln trockenen Staubes (Bürsten, Fegen usw.) zu einem teils vorübergehenden, teils anhaltenden, oft außerordentlich hohen Keimgehalt der Luft.

Wichtiger als die Zahl der Luftkeime ist die Feststellung ihrer Arten und speziell das Verhalten der pathogenen Keime. In dieser Beziehung muß jedoch scharf unterschieden werden zwischen der Luft im Freien und der Luft in geschlossenen Wohnräumen.

Im Freien scheint sich immer infolge der steten Bewegung der Luft, die selbst bei sogenannter Windstille noch $^1/_2$—1 m pro Sekunde beträgt, eine starke Verdünnung der Keime zu vollziehen. Seltenere Arten, die ausnahmsweise und in relativ kleiner Zahl in die Luft gelangen, müssen daher so gut wie ganz verschwinden; und da die saprophytischen Bakterienansiedlungen in unendlich viel größerer Ausdehnung vorkommen, als Herde von pathogenen Bakterien, so kann nur ein besonderer seltener Zufall dahin führen, daß einmal eine pathogene Bakterienart bei der Luftuntersuchung gefunden wird. In der Tat haben

die verschiedensten Beobachter bei ihren zahlreichen Luftanalysen gewöhnlich nur Saprophyten und niemals spezifische pathogene, Keime (mit Ausnahme der weitverbreiteten Eitererreger) erhalten; nur bei direkten Übertragungen von größeren Mengen Straßenstaub und Straßenschmutz auf Versuchstiere hat man z. B. Tetanus- und Ödembazillen, und angeblich in vereinzelten Fällen auch Tuberkelbazillen nachweisen können.

Die Luft im Freien bietet daher nur ganz ausnahmsweise Infektionschancen. Damit harmoniert die Erfahrung, daß die Erreger von Pocken, Scharlach, Masern, Flecktyphus, denen wir die Fähigkeit, durch die Luft verbreitet zu werden, zweifellos zuerkennen, so gut wie niemals aus der freien Luft aufgenommen werden, sondern nur im direkten oder indirekten Verkehr mit den Kranken.

Auch Tuberkelbazillen konnten von der Mehrzahl der Untersucher im Luftstaub städtischer Straßen nicht nachgewiesen werden, weil offenbar die Verdünnung selbst dieser so relativ reichlich produzierten und in der Luft sich lange lebensfähig haltenden Bazillen zu bedeutend ist. In interessanter Weise wird die Ungefährlichkeit des Straßenstaubes bestätigt durch eine Statistik der Berliner Straßenkehrer, die der Infektion mit Straßenstaub fortgesetzt in höchstem Grade exponiert sind, von denen aber nur ein relativ sehr kleiner Bruchteil (2 Prozent) an Lungen- und Bronchialkatarrh (mit eventuellem Ausgang in Phthise) erkrankt. Dabei haben 70 Prozent dieser Straßenkehrer eine Dienstzeit von über 5 Jahren, 55 Prozent eine solche von über 10 Jahren (Cornet). — Die Erreger von Typhus, Diphtherie, Influenza usw. werden erst recht kaum jemals aus der Luft im Freien auf den Menschen übergehen, da sie immer in noch erheblich geringerer Menge in der äußeren Umgebung des Menschen vorhanden bzw. weniger resistent sind, wie die Tuberkelbazillen.

Nur wenn etwa eine pathogene Mikrobenart in ähnlicher Ausdehnung auf totem Substrat gedeihen könnte, wie die Gärungs- und Fäulniserreger, oder in solchen Massen in die Luft übergehen würde, wie z. B. die Pollen zur Zeit der Gräser- und Getreideblüte, gewänne eine Infektion in freier Luft Chancen. Nach den zahlreichen bis jetzt vorliegenden Untersuchungen des Bodens, des Wassers, der Nahrungsmittel ist aber für die bekannten Infektionserreger eine so ausgedehnte saprophytische Wucherung völlig unwahrscheinlich. Am ehesten könnte noch eine gelegentliche Infektion vorkommen bei den weitverbreiteten Eiterkokken, die aber auch in der freien Luft ungleich seltener vorkommen als auf der Haut, im Wohnungsstaub und an Gebrauchsgegenständen, und die in der Regel von diesen aus in die Wunden eindringen; ferner begegnet man wohl im Straßenstaub den Bazillen des

malignen Ödems und des Tetanus, die aber in praxi gleichfalls nur durch Berührungen in die zu ihrer parasitären Existenz notwendigen tiefen Verletzungen gelangen.

In geschlossenen Räumen (zu denen auch Treppenhäuser, Korridore, ringsum geschlossene Höfe, Straßen- und Eisenbahnwagen usw. zu rechnen sind) wird dagegen eine Infektion von der Luft aus weit leichter und häufiger zustande kommen, sobald Kranke da sind, deren Exkrete sich der Luft beimengen. — Im geschlossenen Raum kann der bewohnende Mensch täglich bis zu $^1/_6$ des ganzen ihm zur Verfügung stehenden Luftvolums einatmen, und hier können die pathogenen Bakterien einen erheblichen Bruchteil der gesamten Luftkeime ausmachen. Bei Influenza werden die Bazillen durch das reichliche Niesen und Husten in großer Menge in Tröpfchenform in die Luft übergeführt; stark hustende Phthisiker, Masernkranke im Initial- oder Prodromalstadium, Pockenkranke, Lepröse, Kranke mit Pestpneumonie, Kinder mit Keuchhusten, Diphtherie, Genickstarre usw. werden mit dem Kontagium beladene Tröpfchen in die Luft liefern und diese bald in geringerem, bald in hohem Grade infektiös machen. Je länger gesunde Menschen sich in solcher Luft aufhalten und je mehr und andauernder sie sich dem Kranken nähern, um so größer wird für sie die Gefahr der Infektion (vgl. Kap. X). — Bei manchen Krankheiten, namentlich bei Phthise und den Wundinfektionskrankheiten, gesellt sich die Möglichkeit einer Infektion durch trockenen, leicht in der Luft schwebenden Wohnungsstaub hinzu, der noch lebensfähige Erreger enthält. In dieser Beziehung wird die Wohnungsluft am gefährlichsten, wenn sie grob sichtbaren Staub enthält, der durch Bewegungen des Kranken oder Hantierungen mit infizierten Betten, Kleidern oder Möbeln aufgewirbelt wird.

Zu abweichenden Anschauungen bezüglich der Infektiosität der atmosphärischen Luft ist man früher durch statistische Zusammenstellungen gelangt, aus welchen hervorgehen sollte, daß die Frequenz aller möglichen infektiösen Krankheiten mit der Zahl der in 1 cbm Luft gefundenen (saprophytischen!) Bakterien parallel geht. Diesen Zusammenstellungen liegt von vornherein ein unrichtiger Gedanke zugrunde, insofern die atmosphärische Luft für keinen der Infektionserreger den einzigen oder auch nur den hauptsächlichsten Transportweg darstellt; vielmehr kommen Berührungen, Wasser, Nahrung usw. immer als mehr oder weniger mitbeteiligte Infektionsquellen in Betracht; eine Verbreiterung oder Verengerung jenes einen Weges muß daher durchaus nicht in der Zahl der gesamten Krankheitsfälle ihren Ausdruck finden. Wenn trotzdem ein Parallelismus zwischen den Ergebnissen der Luftanalysen und den Mortalitäts- und Morbiditätsziffern herausgerechnet ist, so zeigt das nur, wie leicht durch statistische Zusammenstellungen Koinzidenzen erhalten werden können, die in keiner Weise auf einen ätiologischen Zusammenhang hindeuten.

Literatur: Staub und Ruß: Rubner, Arch. f. Hyg., Bd. 57, 59. — Renk, Arb. aus d. hyg. Inst. in Dresden, 1907. — Liefmann, D. Viert. f. öff. Ges., Bd. 40.

— Ascher, Der Einfluß des Rauchs usw., Stuttgart 1905. — Verh. d. Ver. f. öff. Ges. in Zürich 1909. — Kister, Ges. Ing. 1910. — Gebecke, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 68.

Mikroorganismen: Miquel, Les Organismes vivants de l'atmosphère, Paris 1881. — Cornet, Die Verbreitung der Tuberkelbazillen außerhalb des Körpers, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 5, Heft 2. — Flügge, Über Luftinfektion, ebenda, Bd. 25. — Fischer, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 1 u. 17. — Hahn, Zentralbl. f. Bakt., Bd. 51. — Flemming, ebenda, Bd. 58.

Methoden: Flügge, Lehrbuch der hyg. Untersuchungsmethoden, 1881. — Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, 1901. — Petri, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 3 (dort die ältere Lit.). — Aitken, Nature, Bd. 41 u. 45. — Ficker, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 23. — Arch. f. Hyg., Bd. 69.

Drittes Kapitel.

Der Boden.

Es ist eine von alters her verbreitete Ansicht, daß der Mensch von der Beschaffenheit seines Wohnbodens in gewisser Weise abhängig ist. Je nach seiner Oberflächenbeschaffenheit ist der Boden ein wesentlicher Teilfaktor des Klimas; ferner ist bei der Fundamentierung des Wohnhauses, bei der Trinkwasserversorgung, bei der Entfernung der Abfallstoffe, bei der Anlage der Begräbnisplätze in erster Linie auf das Verhalten des Bodens Rücksicht zu nehmen. Einige Forscher haben den Boden außerdem als ausschlaggebend für die Entstehung und Verbreitung mancher epidemischer Krankheiten angesprochen.

I. Oberflächengestaltung und geognostisches Verhalten.

Die Gestalt der Bodenoberfläche bietet vielerlei Variationen und nicht selten hygienisch interessante Beziehungen. So führt eine zu geringe Neigung des Terrains oder eine muldenförmige Einsenkung leicht zu oberflächlichen Wasseransammlungen, zu feuchtem Boden und zu Malariagefahr. Bei scharf einschneidenden engen Tälern kann es zu stagnierender Luft, starker Bodenfeuchtigkeit und eventuell nächtlicher Einlagerung kalter Luftschichten kommen. Bergrücken oder Pässe und Sättel sind oft den Winden außerordentlich stark exponiert. Vegetationslose Hochplateaus bieten extreme Temperaturkontraste. Nach Norden gerichtete Abhänge zeigen relativ niedrige, Südabhänge entsprechend höhere Temperaturen infolge der verschiedenen Insolation. — Von erheblichem Einfluß auf das Verhalten der Luftfeuchtigkeit

und der Niederschläge und somit des ganzen Klimas ist ferner die Bewaldung der Bodenoberfläche (s. S. 68).

Neben der äußeren Gestaltung kommt der geognostische und petrographische Charakter der oberflächlichen Bodenschichten in Betracht. — Unser Wohnboden besteht in seinen oberflächlichsten Lagen fast stets aus Diluvium oder Alluvium, Trümmern verwitterter Gesteine, die sich beim Alluvium vorzugsweise durch Ablagerung aus Flüssen, beim Diluvium oft auch unter der Einwirkung der früher bis nach Mitteldeutschland und weit in Nordamerika hineinreichenden nordischen Gletscher zu ausgedehnten Kies-, Sand- und Lehmschichten aufgehäuft haben. Da Ortschaften in Fluß- oder Bachtälern sich zu etablieren pflegen, bedeckt dort gewöhnlich alluviales Schwemmland die Gesteinslager früherer Formationen; meistens folgen unter dem Alluvium diluviale Schichten, darunter oft in großer Mächtigkeit Tertiärlager. Nur ganz ausnahmsweise kommt es vor, daß Ortschaften unmittelbar auf älterem Gestein liegen.

Früher hat man dem geologischen und petrographischen Charakter der tieferen Schichten erhebliche hygienische Bedeutung beigemessen. Allerdings sind von der Formation und der Gesteinsart in gewissem Grade die Gestaltungen der Bodenoberfläche und damit das klimatische Verhalten, die Bodenfeuchtigkeit, ferner die Art der Wasseransammlung im Boden, die Neigung zur Staubbildung, die Beschaffenheit des Trinkwassers usw. abhängig. Aber alle diese Einflüsse sind inkonstant und werden außerdem auf der bewohnten Erdoberfläche durch die Auflagerung alluvialen und diluvialen Schwemmlandes größtenteils verwischt.

Es ist daher höchst selten zulässig, von einem bestimmten klimatischen und hygienischen Charakter dieser oder jener Gesteinsformation zu sprechen. Hygienisch bedeutungsvoll sind in dieser Beziehung wesentlich nur die obersten Bodenschichten und auch bei diesen ist es nicht sowohl von Interesse, ob sie dem Diluvium oder dem Alluvium angehören, sondern höchstens, ob sie innerhalb der letzten Jahre oder Jahrzehnte etwa durch Menschenhand (Aufschuttboden) oder bereits vor Jahrhunderten oder Jahrtausenden durch natürliche Einflüsse entstanden sind.

II. Die mechanische Struktur der oberen Bodenschichten.

Das Verhalten flüssiger, gasiger und suspendierter Stoffe im Boden ist in erster Linie von seiner mechanischen Struktur abhängig, und diese ist daher für die hygienischen Beziehungen des Bodens von besonderer Wichtigkeit. Die mechanische Struktur umfaßt die Korn-

größe, das Porenvolum und die Porengröße; aus den Strukturverhältnissen resultieren dann unmittelbar jene eigentümlichen Eigenschaften des Bodens, welche unter der Bezeichnung „Flächenwirkungen" zusammengefaßt werden.

a) Korngröße, Porenvolum, Porengröße.

Die mechanische Struktur zeigt — abgesehen von dem Gegensatz zwischen dem kompakten Boden und dem Geröllboden — die auffallendsten Unterschiede je nach der Größe der komponierenden Gesteinstrümmer; man scheidet in dieser Weise Kies (die einzelnen Körner messen mehr als 2 mm), Sand (zwischen 0·3 und 2·0 mm Korngröße), Feinsand (unter 0·3 mm Korngröße), Lehm, Ton, Humus (abschlämmbare Teile). Ton besteht aus allerfeinsten Partikelchen; enthält er gewisse Verunreinigungen, so bezeichnet man ihn als Lette, Flinz; bei einem Gehalt von feinem Sand und geringen Eisenbeimengungen als Lehm. Humus ist Sand oder Lehm mit reichlicher Beimischung organischer, namentlich pflanzlicher Reste.

Der Untergrund der Städte erhält durch die verschiedene Korngröße des Bodens ein sehr charakteristisches Gepräge. Bald liegt ein lockerer, grober Kies vor (München); bald ein gleichmäßiger mittelfeiner Sand (Berlin); bald vorwiegend Lehmboden (Leipzig). Grober Kies kann mit feinerem Kies und Sand oder mit dichtem Lehm gemengt vorkommen. Oft ist auch der Sand aus verschiedenen Korngrößen und eventuell noch mit lehmigen Teilen gemischt. Nicht selten findet sich beim Aufgraben städtischer Straßen bis in mehrere Meter Tiefe ein dunkelgefärbter humusartiger Boden, der durch Reste von Mauer- und Pflastersteinen, Mörtel, Holz usw. als Aufschuttboden zu erkennen ist.

Um zu bestimmen, welche Korngrößen ein Boden enthält, und in welchem Verhältnis die einzelnen Korngrößen gemischt sind, wird ein Probe des Bodens zunächst getrocknet, dann leicht zerrieben, gewogen und nun auf einen Siebsatz gebracht, welcher fünf oder sechs Siebe von verschiedener Maschenweite enthält. Die auf jedem Sieb zurückbleibende Masse wird wieder gewogen und auf Prozente des Gesamtgewichts der Probe berechnet. Die feinsten Teile (unter 0·3 mm) können noch durch Schlämmapparate in weitere Stufen zerlegt werden; doch ist eine solche Trennung häufiger im landwirtschaftlichen, als im hygienischen Interesse indiziert. — Das Resultat der Analyse wird beispielsweise in folgender Form gegeben: Charakter des Bodens: Grober Sand; enthält: 12 Prozent Feinkies, 79 Prozent Grobsand, 9 Prozent Feinsand und abschlämmbare Teile.

Außer der Korngröße kommt die Porosität und das Porenvolum des Bodens in Betracht. Die Eigenschaft der Porosität fehlt dem städtischen Untergrund nur in den seltenen Ausnahmefällen, wo kompakter Felsboden die Wohnstätten trägt. Auch dann ist nicht selten

nur scheinbar dichte Struktur vorhanden; Kalk- und Sandsteinfelsen zeigen oft eine poröse Beschaffenheit und können große Mengen Wassers schnell aufsaugen. — Der aus Gesteinstrümmern aufgeschichtete alluviale oder diluviale Boden enthält selbstverständlich stets eine Menge von feinen Poren zwischen seinen festen Elementen. Diese Zwischenräume sind von besonderer Wichtigkeit; denn was immer sich im Boden findet, Luft, Wasser, Verunreinigungen, Mikroorganismen, muß in denselben sich aufhalten und fortbewegen.

Zunächst ist die Frage aufzuwerfen, wie groß das **Porenvolum** ist, d. h. wieviel Prozent des ganzen Bodenvolums von den Poren eingenommen wird. — Es hängt dies wesentlich davon ab, ob die Elemente des Bodens untereinander annähernd gleichgroß, oder aber aus verschiedenen Größen gemischt sind. Sind dieselben gleichgroß, so beträgt das Porenvolum etwa 38 Prozent, und zwar ebensowohl wenn es sich um Kies, als wenn es sich um Sand oder Lehm handelt. So haben z. B. alle abgesiebten, und daher aus untereinander gleichgroßen Elementen zusammengesetzten Bodenproben 38 Prozent Poren; die kleineren Korngrößen haben um so viel feinere Zwischenräume, aber entsprechend mehr an Zahl, so daß die Volumprozente gleich bleiben.

Wesentlich kleiner wird das Porenvolum, wenn verschiedene Korngrößen gemischt sind, so zwar, daß die feineren Teile die Poren zwischen den größeren Elementen ausfüllen. Dann kann eine große Dichtigkeit und ein sehr geringes Porenvolum resultieren. Sind z. B. die Poren des Kieses mit grobem Sand, und dann die Poren des Sandes mit Lehm ausgefüllt, so geht das Porenvolum auf 5—10 Prozent herunter und der Boden bekommt eine außerordentliche spezifische Schwere (Leipziger Kiesboden).

Das Porenvolum läßt sich leicht mathematisch berechnen, wenn man die Körner des Bodens als Kugeln ansieht. — Eine direkte Bestimmung ist dadurch möglich, daß man in ein bekanntes Volum trockenen Bodens von unten her langsam Wasser aufsteigen läßt, bis alle Poren gefüllt sind und die Oberfläche feucht geworden ist; die Menge des zur Fällung der Poren verbrauchten Wassers ist durch Messung oder Wägung zu bestimmen. — Ist das Porenvolum unter den natürlichen Verhältnissen zu bestimmen, so ist mit einem besonderen Apparat eine kleine Säule des Bodens auszustechen, und dann ist die in den Poren enthaltene Luft durch Kohlensäure auszutreiben und in einem mit Kalilauge gefüllten Eudiometer zu messen. — Auch wenn man den herausgehobenen und zerlegten Boden trocknet, dann in einen festen Messingzylinder in kleinen Portionen einträgt und möglichst dicht einstampft, läßt sich durch Wasserfüllung annähernd das Porenvolum des natürlichen Bodens ermitteln. — Das gleiche erreicht man, wenn der Zylinder ein bekanntes Volum faßt und man dann Zylinder + Boden wägt. Das spezifische Gewicht der einzelnen vorzugsweise in Betracht kommenden Bodenelemente beträgt nämlich, einerlei ob es sich um Kies, Sand oder Lehm handelt, etwa 2·6. Dividiert man das wahre Gewicht eines Bodenvolums durch dieses spezifische Gewicht, so erhält man das Volum

der festen Gesteinsmasse, und durch Abzug dieses Volums von dem Gesamtvolum die Summe der Zwischenräume. Hat man z. B. 500 ccm Boden und diese wiegen 1000 g, so sind $\frac{1000}{2 \cdot 6} = 385$ ccm feste Masse und also 115 ccm Poren; das Porenvolum folglich 23 Prozent.

Die **Porengröße** schwankt in derselben Weise wie die Korngröße und ist bei Ton, Lehm, sowie bei den aus diesen feinsten Elementen und gröberen Körnern gemischten Bodenarten am geringsten. Häufig sind größere und kleinere Poren in demselben Boden nebeneinander An den gröberen Poren sind außerdem ungleichwertige Anteile zu unterscheiden: die Ausläufer entsprechen feinsten Poren und wirken eventuell diesen ähnlich durch die relativ große Ausdehnung der den Hohlraum umgebenden Flächen; der Rest der Poren zeigt dagegen eine im Verhältnis zum Hohlraum geringe Ausdehnung der begrenzenden Flächen und ist daher zu sog. Flächenwirkungen ungeeignet.

Je feiner die Poren sind, um so mehr Widerstände bieten sie der Bewegung von Luft und Wasser. Die **Durchlässigkeit** (Permeabilität) eines Bodens für Luft und Wasser ist daher in erster Linie von der Porengröße, daneben noch vom Porenvolum abhängig, und zwar haben genauere Bestimmungen ergeben, daß sie den vierten Potenzen der Porendurchmesser proportional ist, also mit dem Kleinerwerden der Poren außerordentlich rasch abnimmt.

Die Durchgängigkeit der Luft läßt sich in der Weise bestimmen, daß man bei gleichem Druck Luft durch eine bestimmte Schicht des Bodens hindurchtreten läßt und dann die Mengen, die in der Zeiteinheit passiert sind, mit Hilfe einer Gasuhr mißt. — Die Durchlässigkeit für Wasser ist im Laboratorium nicht zu ermitteln, weil die in den Poren eingelagerten und nicht völlig zu beseitigenden Luftblasen sehr ungleiche Widerstände bedingen.

Befeuchtet man absichtlich den Boden, so hört bei feinerem Boden schon alle Luftbewegung auf, sobald etwa die Hälfte der Poren mit Wasser gefüllt ist. — Noch bedeutender ist die Abnahme der Permeabilität im gefrorenen Boden.

b) Flächenwirkungen des Bodens.

Der poröse Boden bietet in den Begrenzungen seiner Zwischenräume eine ganz enorme Oberfläche dar, welche imstande sein muß, energische Attraktions- und Adsorptionswirkungen auszuüben. Dieselben werden um so stärker ausfallen, je feinkörniger der Boden ist. Bei grobem Kies zählt man in 1 cbm Boden etwa 180000 Körner und diese repräsentieren eine Oberfläche von 56 qm; feiner Sand enthält dagegen in 1 cbm etwa 50000 Millionen Körner mit einer Oberfläche von über 10000 qm. — Die Attraktion erstreckt sich:

1. auf **Wasser.** Läßt man durch einen vorher trockenen Boden größere Wassermengen hindurchlaufen, so gewinnt man nach dem Aufhören des Zuflusses nicht alles Wasser wieder, sondern ein Teil wird in dem Boden zurückgehalten. Dieser Rest gibt ein Maß für die „wasserhaltende Kraft" oder die sog. „kleinste Wasserkapazität" des Bodens. Je größer das gesamte Porenvolum und je größer der Prozentsatz der feinen Poren ist, um so mehr Wasser vermag im Boden zurückzubleiben. Bei reinem Kiesboden werden nur 12—13 Prozent der Poren dauernd mit Wasser gefüllt; 1 cbm Kiesboden vermag daher höchstens 50 Liter Wasser zurückzuhalten (1 cbm nimmt bei 38 Prozent Porenvolum 380 Liter in den gesamten Poren auf, in 13 Prozent derselben also 50 Liter). Dagegen findet man beim Feinsand etwa 84 Prozent feine Poren; 1 cbm solchen Bodens hält dementsprechend 320 Liter Wasser zurück. — Ist der Boden aus verschiedenen Korngrößen gemengt, so verringert sich schließlich die Wasserkapazität, weil das Gesamtvolum der Poren erheblich kleiner wird.

Die Bestimmung der Wasserkapazität erfolgt dadurch, daß ein mit trockenem Boden gefülltes, unten durch ein Drahtnetz verschlossenes Blech- oder Gasrohr gewogen und dann langsam in ein größeres Gefäß mit Wasser eingesenkt wird; ist das Wasser bis zur Oberfläche durchgedrungen, so hebt man das Rohr heraus, läßt abtropfen und wägt wieder.

Eine fernere Wirkung des Bodens gegenüber dem Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) besteht in dem kapillaren Aufsaugungsvermögen. Nur die engsten Porenteile oder Poren vermögen solche Kapillarattraktion zu äußern und durch dieselben das Wasser seiner Schwere entgegen fortzubewegen. Oft wirken hier nur die feineren Ausläufer der Poren; die Füllung durch die gehobene Wassersäule erstreckt sich aber schließlich auf die ganzen Porenräume und ist daher bedeutender als die Wassermenge, welche der kleinsten Wasserkapazität entspricht.

Man prüft die Kapillarität durch aufrechtstehende Glasröhren, welche mit verschiedenem Boden gefüllt sind und mit ihrem unteren Ende in Wasser eintauchen; man beobachtet dabei teils die Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben wird, teils die Geschwindigkeit des Aufsteigens. Letztere ist in Kies und grobem Sand, der geringen Widerstände wegen, bedeutender; im Feinsand und namentlich im Lehm steigt die Säule erheblich langsamer; erreicht aber dafür eine Höhe von 120 cm und mehr.

2. **Wasserdampf und andere Dämpfe und Gase** werden im Boden adsorbiert (unabhängig von einer Kondensation durch Temperaturerniedrigung). Energische Wirkung zeigt nur der feinporige, trockene Boden. Bekannt ist dessen momentane Adsorption riechender Gase; die aus Fäkalien, Faulflüssigkeiten usw. sich entwickelnden Gerüche (Erdklosetts), die riechenden Bestandteile des Leuchtgases usw.

können durch eine Schicht feiner, trockener Erde vollständig zurückgehalten werden.

3. Adsorption **gelöster Substanzen.** Verschiedene chemische Körper unterliegen einer Zurückhaltung durch chemische Umsetzung mit Hilfe gewisser Doppelsilikate des Bodens; in dieser Weise erfolgt die für den Ackerbau so wichtige Fixierung der Phosphorsäure, des Kalis und Ammoniaks.

Für uns ist eine Reihe von Adsorptionserscheinungen von besonderer Bedeutung, die durch Flächenattraktion zustande kommen und sich namentlich gegenüber organischen Substanzen von hohem Molekulargewicht und zum Teil kolloidaler Natur: Eiweißstoffen, Fermenten, Alkaloiden, Bakterientoxinen, Farbstoffen usw. geltend machen. Kohle, Platinschwamm, Tonfilter, kurz jeder poröse Körper mit großer Porenoberfläche zeigt ähnliche Wirkung. Von Bodenarten ist nur Humus, Lehm und feinster Sand zu stärkeren Effekten befähigt; bei Kies und Grobsand kommt keine merkliche Adsorption zustande, oder doch erst nachdem sich Substanzen mit großer Oberfläche auf ihnen abgelagert haben (siehe Abwasserreinigung).

Am leichtesten zu demonstrieren ist die schnelle und gründliche Zurückhaltung der Farbstoffe; ferner die Retention der Gifte. Gießt man z. B. auf eine Röhre mit 400 ccm Feinsand sehr allmählich 1 prozentige Strychninlösung (täglich etwa 10 ccm) oder eine entsprechende Lösung von Nikotin, Koniin usw., so ist in den nach einigen Tagen unten ablaufenden Portionen nichts von diesen Giften mehr nachzuweisen. — Am vollständigsten ist die Wirkung, wenn der Boden nicht mit Wasser gesättigt wird, sondern wenn die Poren zum Teil lufthaltig bleiben, oder wenn ein Wechsel von Befeuchtung und Trockenheit stattfindet. — Wählt man zu konzentrierte Lösungen oder bringt man zu schnell neue Portionen auf, so wird der Boden übersättigt und die Adsorption bleibt unvollständig.

Für gewöhnlich bleibt es nicht nur bei der Fixierung der bezeichneten Stoffe, sondern es erfolgt auch Zerstörung und Oxydierung der organischen Moleküle; aller C und N wird vollständig mineralisiert, d. h. in Kohlensäure und Salpetersäure übergeführt, und nur diese Mineralisierungsprodukte findet man im Filtrat des Bodens. Allerdings ist die Zerstörung nicht etwa ausschließlich auf die Flächenattraktion und eine durch diese gesteigerte Oxydation zurückzuführen, sondern es sind hierbei saprophytische Mikroorganismen wesentlich beteiligt. Sterilisiert man den Boden, so tritt nur oberflächliche Zerlegung der organischen Stoffe ein; z. B. in den Versuchen mit Strychninlösung erscheint viel Ammoniak und sehr wenig Salpetersäure im Filtrat. Unter natürlichen Verhältnissen sind aber stets Mikroorganismen, welchen die Fähigkeit der Nitrifikation zukommt, im Boden vorhanden; und daher leistet jeder feinporige Boden eine Mineralisierung

der organischen Stoffe, bei der zuerst Karbonisierung und Umwandlung des organischen N in Ammoniak und nachher Oxydation des letzteren erfolgt.

Winogradsky ist die Isolierung einiger die Nitrifikation bewirkenden Bakterien durch Verwendung eines von organischem Nährstoff freien Nährbodens (Kieselsäuregallert + anorganische Lösungen) gelungen. Er fand zwei Arten, eine rundliche, zeitweise eine Geißel tragende Art, Nitrosomonas, und einen unbeweglichen Nitrosococcus, welche Ammoniak in Nitrit, und einen sehr kleinen unbeweglichen Bazillus, Nitrobakter, welcher Nitrit in Nitrat verwandelt, und welche anscheinend überall im Boden verbreitet sind. Ihren Bedarf an Kohlenstoff vermögen sie den kohlensauren Salzen oder der CO_2 der Luft zu entnehmen; dieser Bedarf ist im ganzen sehr gering gegenüber den N-Mengen, die sie oxydieren. Als Nährlösung empfiehlt sich z. B. für den Nitrobakter eine Mischung von 2 g $NaNO_2$, 1 g Na_2CO_3, 0·5 g K_2HPO_4, 15 g Agar und 1000 g Flußwasser. — Über stickstoffbindende Bodenbakterien s. Kap. X. — Bei zu konzentrierter Nährlösung und mangelndem Luftzutritt (auch in städtischem überpflastertem Boden) treten die Wirkungen der oxydierenden Bakterien in den Hintergrund und es werden dann andere Bakterienarten begünstigt, bei deren Lebenstätigkeit Reduktionsvorgänge ablaufen.

III. Temperatur des Bodens.

Das Verhalten der Bodentemperatur läßt sich entweder nach den für die Erwärmung des Bodens einflußreichen Momenten abschätzen oder durch direkte Messungen bestimmen.

Für die Erwärmung des Bodens kommt teils die Intensität und der Einfallswinkel der Sonnenstrahlung (Neigung des Terrains) in Betracht; teils eine Reihe von Bodeneigenschaften: das Absorptionsvermögen für Wärmestrahlen, das bei dunklem Boden weit stärker ist als bei hellfarbigem; die Wärmeleitung und die Wärmekapazität, die namentlich in feuchtem, feinkörnigem Boden zu höheren Werten führen; endlich die Verdunstung bzw. Kondensation von Wasserdampf, durch welche einer extremen Erwärmung und Abkühlung entgegengewirkt wird, und welche ebenfalls im feinkörnigen Boden am stärksten zur Wirkung gelangen. Dementsprechend weist ein grobkörniger, dunkler, trockener Boden die höchsten Wärme- und niedrigsten Kältegrade auf; während feinkörniger, feuchter Boden sich nachhaltiger, aber nicht so hochgradig zu erwärmen vermag. — Stellen des Bodens, welche stark mit organischen Stoffen verunreinigt sind, können außerdem durch die Fäulnis- und Oxydationsvorgänge eine Erwärmung bis zu einigen Graden über die Temperatur des umgebenden Bodens erfahren.

Die Messung lokaler Bodentemperaturen erfolgt dadurch, daß Eisenrohre (Gasrohr) bis zu verschiedener Tiefe in den Boden eingesenkt und in diese unter möglichstem Abschluß gegen die Außenluft unempfindlich gemachte Thermometer (deren Gefäß eine große Menge Hg enthält oder z. B. mit Kautschuk und Paraffin umhüllt ist) herabgelassen werden. — Zu fortgesetzten exakten Messungen dienen in die Erde eingefügte Gestelle von Holz oder Hartgummi, die nur da, wo die Thermometergefäße angebracht sind, von gut leitendem Material unterbrochen sind.

Aus den Beobachtungen geht hervor, daß, je mehr man sich von der Oberfläche nach der Tiefe hin entfernt, 1. die Exkursionen der Temperatur mehr und mehr verringert werden, 2. die Temperaturen sich zeitlich entsprechend verschieben, 3. die Schwankungen von kürzerer Dauer allmählich zum Schwinden kommen. — Schon in 0·5 m Tiefe kommt die Tagesschwankung fast gar nicht mehr zum Ausdruck; auch die Differenzen zwischen verschiedenen Tagen sind verwischt; die Exkursionen der Monatsmittel sind um mehrere Grade geringer; die Jahresschwankung beträgt nur noch etwa 10°. In 4 m Tiefe sinkt letztere bereits auf 4°, in 8 m Tiefe auf 1°. Zwischen 8 und 30 m Tiefe — verschieden je nach dem Jahresmittel der Oberfläche — stellt sich das ganze Jahr hindurch die gleiche mittlere Temperatur her und jede Schwankung fällt fort. Von da ab findet beim weiteren Vordringen in die Tiefe eine Zunahme der Temperatur statt infolge der Annäherung an den heißen Erdkern. Auf je 35 m steigt die Temperatur um etwa 1° (im Gotthardtunnel bis +31°). — Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Bodentemperatur in den uns interessierenden Tiefen.

	Äußere Luft	Boden in			
		0·5 m Tiefe	1·0 m Tiefe	3·0 m Tiefe	6·0 m Tiefe
Januar	−3·1°	+1·8°	+3·7°	+7·8°	+11·3°
Februar	−0·3	2·0	4·2	7·2	10·5
März	+4·4	3·5	4·5	7·4	9·8
April	7·1	6·0	6·3	7·9	9·4
Mai	10·1	10·1	10·5	8·5	9·4
Juni	16·5	14·1	13·5	10·0	9·8
Juli	19·5	16·1	14·9	12·1	10·5
August	18·5	16·8	15·7	13·6	11·5
September	13·1	17·8	16·5	14·2	12·3
Oktober	10·7	13·7	14·4	13·2	12·8
November	5·1	8·2	10·2	11·7	12·6
Dezember	1·4	7·0	8·7	10·2	12·0

An der Bodenoberfläche können bei kräftiger Insolation auch in unseren Breiten sehr hohe Temperaturen zustande kommen; so beträgt das Maximum, welches mit dem geschwärzten Vakuumthermometer beobachtet wurde, in Magdeburg im Mai +44°, im Juni +47°, im Juli +54°.

Die Bodentemperatur erhält ihre **hygienische Bedeutung** einmal durch ihren Einfluß auf die lokalen klimatischen Verhältnisse; ferner durch ihre Wirkung auf das Leben der Mikroorganismen. Es ist von großer Tragweite, daß schon in etwa 1 m Tiefe die höchste, längere

Zeit herrschende Temperatur unter derjenigen bleibt, welche für eine ausgiebige Vermehrung pathogener Bakterien Bedingung ist. Dieses Verhalten der Temperatur allein ist ausreichend, um eine Wucherung z. B. von Cholera-, Typhusbazillen usw. im tieferen Boden auszuschließen. — In heißen Klimaten, bzw. im Sommer, werden übrigens an der äußersten Oberfläche die Temperaturen sogar so hoch, daß dieselben eine Schwächung und Tötung von Mikroorganismen zu veranlassen imstande sind.

IV. Chemisches Verhalten des Bodens.

Die verschiedenen Gesteine, aus welchen der Boden aufgebaut ist, enthalten hauptsächlich Kieselsäure, Kohlensäure, Tonerde, Eisen, Kali, Natron, Kalk, Magnesia; alle diese aber in Verbindungen, die in Wasser unlöslich bzw. in Spuren löslich und daher für die biologischen Vorgänge im Boden indifferent sind. Außer diesen mineralischen Bestandteilen enthält aber der städtische Boden in den Poren zwischen seinen Elementen noch vielfache Beimengungen, organische und anorganische Stoffe, aus den Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, aus pflanzlichem und tierischem Detritus und aus den Niederschlägen stammend.

Die Untersuchung richtet sich vorzugsweise auf die Menge der vorhandenen verbrennlichen Stoffe, auf die Menge des Stickstoffs, sowie auf Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure usw.; letztere werden im wäßrigen Extrakt aus einer gewogenen Bodenprobe bestimmt. In vielen Fällen ist eine chemische Untersuchung des Bodens dadurch überflüssig, daß im Brunnenwasser der betreffenden Lokalität eine natürliche Lösung der uns interessierenden Bestandteile gegeben ist und daß die Wasseruntersuchung Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit gestattet (s. folg. Kap.).

Die **hygienische Bedeutung** der chemischen Beschaffenheit des Bodens ist in früherer Zeit sehr hoch angeschlagen. Namentlich war man der Meinung, daß ein Boden um so disponierter zur Verbreitung von Infektionskrankheiten sei, je höheren Gehalt an organischen Stoffen er zeigt. Die verunreinigenden Abfallstoffe im Boden sollten das Nährmaterial für die Entwicklung von Infektionserregern darstellen; und wo der Boden frei von größeren Mengen organischer Stoffe blieb, sollte keine Möglichkeit bestehen zur Ausbreitung von Infektionskrankheiten.

Seit die Kulturbedingungen der pathogenen Bakterien genauer studiert sind, kann indes nicht mehr angenommen werden, daß ein mehr oder weniger der in Rede stehenden Abfallstoffe einen entscheidenden Einfluß auf die Lebens- und Vermehrungsfähigkeit der Infektionserreger ausübt, so zwar, daß sich ein Parallelismus zwischen Boden-

verunreinigung und Ausbreitung der Infektionskrankheit herstellt. Die in den Boden gelangenden Abfallstoffe enthalten stets Massen von Saprophyten; deren Wucherung schreitet im Boden rasch weiter vor, und in der Konkurrenz mit diesen und bei den ungünstigen Temperaturverhältnissen des Bodens kann ein Unterschied in der Menge der Abfallstoffe, wie er zwischen dem Untergrund der einen oder anderen Stadt innerhalb der Kulturländer vorkommt, den Infektionsrerregern nicht zu wesentlich besserem Wachstum verhelfen.

Die Beziehung zwischen dem Grade der Imprägnierung des Bodens mit Abfallstoffen und der Frequenz der Infektionskrankheiten liegt vielmehr vorzugsweise darin, daß dort, wo die Abfallstoffe in geringem Grade in den Boden gelangen, Einrichtungen zu bestehen pflegen, durch welche die Hauptmasse der Abfallstoffe, damit zugleich aber auch Massen von Infektionserregern aus dem Bereich der Menschen entfernt werden; daß dagegen in den Städten, wo alle Abfallstoffe ohne Vorsichtsmaßregeln dem Boden überantwortet werden, auch zahlreiche Inefktionserreger in der nächsten Umgebung der Menschen verbleiben.

Der Gehalt des Bodens an organischen Substanzen führt nur dann zur Benachteiligung der Bewohner, wenn auf und in dem Boden intensive Fäulnisprozesse verlaufen und riechende Produkte sich in merkbarer Menge der atmosphärischen oder der Wohnungsluft beimischen (s. den folgenden Abschnitt).

V. Die Bodenluft.

Die Poren des Bodens sind bald nur zum Teil, bald ganz mit Luft erfüllt. Diese Luft stellt gleichsam eine Fortsetzung der Atmosphäre dar und steht mit letzterer in stetem Verkehr. Die Bodenluft kann sich unter bestimmten Bedingungen über die Bodenoberfläche erheben und der atmosphärischen Luft beimengen; umgekehrt wird sie aus dieser ergänzt.

Ein **Ausströmen** der Bodenluft ist namentlich in folgenden Fällen denkbar: 1. wenn das Barometer sinkt und die Bodenluft dementsprechend sich ausdehnt; 2. wenn heftige Winde auf die Erdoberfläche drücken, während auf die von Häusern bedeckten Stellen dieser Druck nicht einwirkt; hierdurch muß ein Eindringen von Bodenluft in die Häuser stattfinden können; 3. in ähnlicher Weise wirken stärkere Niederschläge, welche auf der freien Erdoberfläche einen Teil der Poren mit Wasser füllen und dabei eine Spannung der Bodenluft veranlassen, die sich eventuell durch Abströmen in die Wohnhäuser ausgleicht;

4. als Folge von Temperaturdifferenzen. Besonders kann während der Heizperiode ein Überdruck seitens der kälteren Bodenluft und entsprechendes Einströmen derselben in das erwärmte Haus beobachtet werden.

Direkte Messungen (mit empfindlichen Manometern oder besser mit Recknagels Differentialmanometer angestellt) ergeben indes, daß tatsächlich nur selten ein merkliches Einströmen von Bodenluft in die Wohnhäuser stattfindet. Sobald die Sohle des Hauses aus einigermaßen dichtem Material (Pflaster) besteht, sind die Widerstände für eine ausgiebigere Luftbewegung dort zu groß und der Ausgleich von Druckdifferenzen erfolgt ausschließlich durch die gröberen Kommunikationen, welche zwischen Außenluft und Hausluft stets vorhanden zu sein pflegen. — Fehlt die Pflasterung der Kellersohle, so läßt sich bei durchlässigem Boden im Mittel ein Überdruck von 0·05 mm Wasser konstatieren, entsprechend einer Geschwindigkeit der Luftbewegung von 0·03 m pro Sekunde. Bei heftigem Sturm ist ein Ansteigen des Überdruckes auf 0·75 mm (= 0·1 m Geschwindigkeit) beobachtet.

Die **chemische** Analyse weist in der Bodenluft eine stete Sättigung mit Wasserdampf nach; eine große Menge von CO_2 (0·2—14 Prozent, im Durchschnitt 2—3 Prozent); eine entsprechend geringere Menge O, der zur Bildung der CO_2 verbraucht war.

Außerdem enthält die Bodenluft noch Spuren von NH_3 und geringe Mengen anderer Zersetzungsgase. In tiefen Brunnenschächten kommt es eventuell zu toxischer Wirkung seitens der Bodenluft durch exzessive Anhäufung von CO_2 und O-Mangel, äußerst selten durch beigemengten H_2S und Kohlenwasserstoffe. (Über Leuchtgasvergiftung aus Straßenrohren s. unter Kapitel „Beleuchtung".)

Früher hat man geglaubt, in der CO_2 der Bodenluft einen Maßstab für die Verunreinigung des Bodens mit organischen Substanzen zu besitzen. Allerdings findet man hohe CO_2-Zahlen nur in einem Boden, der mit organischen Stoffen imprägniert war; in der Lybischen Wüste dagegen nicht mehr, wie in der Atmosphäre. Aber als ein richtiger Ausdruck für den Grad der Verunreinigung ist der CO_2-Gehalt doch nicht zu gebrauchen. Die Produktion von CO_2 schwankt nicht allein nach der Menge des vorhandenen zersetzlichen Materials, sondern auch nach der Temperatur, dem Grad der Durchfeuchtung usw.; und vor allem ist die Konzentration der CO_2 außer von der Produktion noch abhängig von der Luftbewegung im Boden; bei großer Permeabilität des Bodens und unter dem Einfluß kräftig ventilierender Winde bleibt der CO_2-Gehalt der Bodenluft niedrig, während die nämliche Produktion bei einem dichten Boden und bei fehlenden Winden hohen CO_2-Gehalt bewirkt.

Mikroorganismen werden in der Bodenluft ausnahmslos vermißt. Nur von der äußersten Oberfläche werden im Freien mit den Bodenpartikelchen Mikroorganismen losgerissen und als Staub in die Luft übergeführt; die aus dem Boden unterhalb der Oberfläche stammende Luft ist dagegen wegen ihrer überaus schwachen Bewegung

nicht imstande Mikroorganismen fortzuführen; und wenn dies etwa geschähe, so müßten die Bakterien beim Durchstreichen der Luft durch die darüber liegende Bodenschicht völlig zurückgehalten werden, da schon dünne Erdschichten nachweislich ein dichtes Filter für Luftbakterien darstellen.

Auch in die Wohnhäuser werden mit der Bodenluft niemals Bakterien eingeführt. Dort kann nicht einmal eine Ablösung von der äußersten Oberfläche erfolgen, weil an der Kellersohle des Hauses der erforderliche Grad von Austrocknung und die zum Losreißen und Fortführen des Staubes notwendige Windstärke fehlt.

Da somit eine infektiöse Wirkung der Bodenluft durch ihre Keimfreiheit auszuschließen ist, kommen für eine hygienische Bedeutung der Bodenluft nur toxische oder übelriechende gasförmige Bestandteile in Betracht, die mit der Bodenluft in die Atmosphäre oder in die Wohnungsluft gelangen. Wenn die Kellerpflasterung fehlt, so kann unter der Einwirkung der oben aufgezählten treibenden Kräfte ausnahmsweise übelriechende, CO_2-reiche Luft in die Wohnhäuser eindringen. — Außerdem ist neuerdings darauf hingewiesen, daß die Bodenluft in vielen Fällen als die wesentlichste Quelle der Beimengung von Radiumemanation zur Luft im Freien und zur Luft des Wohnhauses angesehen werden muß; auch die elektrische Leitfähigkeit der Luft wird infolgedessen durch die Bodenluft beeinflußt. Da quantitative Messungen dieser Wirkungen der Bodenluft noch fast ganz fehlen, läßt sich über ihre hygienische Bedeutung noch nichts sagen.

VI. Verhalten des Wassers im Boden.

Im porösen Boden begegnen wir gewöhnlich in einer Tiefe von einigen Metern einer mächtigen Wasseransammlung, die als „Grundwasser" bezeichnet wird; die darüber gelegenen Schichten zeigen einen geringeren und wechselnden Wassergehalt. Beide Zonen erfordern eine gesonderte Betrachtung.

A. Das Grundwasser.

Bodenwasser oder Grundwasser nennt man jede ausgedehntere unterirdische Wasseransammlung, welche die Poren des Bodens völlig und dauernd ausfüllt. In einem durchlässigen Boden kann eine solche Ansammlung nur dadurch zustande kommen, daß undurchlässige Schichten, Felsen, Ton- oder Lehmlager das Wasser tragen und am Tieferfließen hindern. Oft finden sich mehrere Etagen von undurchlässigen Schichten und darauf gelagertem Grundwasser übereinander,

die dann an einzelnen Stellen kommunizieren; manchmal haben die Ton- und Lehmlager nur geringere Ausdehnung, bilden kleine Inseln, auf welchen sich eine geringe und nicht konstante Wasseransammlung etabliert (sogenanntes „Schicht-“ oder „Sickerwasser“). Künstliches Durchstechen undurchlässiger Schichten (z. B. bei Kanalisationsarbeiten) kann erhebliche Änderungen des Grundwasserstandes und der Grundwasserbewegung herbeiführen.

Das Grundwasser paßt sich im ganzen der Oberfläche der tragenden undurchlässigen Schicht an, ohne daß jedoch kleinere Erhebungen und Senkungen die Gestalt des Grundwasserniveaus beeinflussen. Die Bodenoberfläche dagegen zeigt oft starke Abweichungen vom Verlauf sowohl der undurchlässigen Schicht wie des Grundwasserspiegels (vgl. das Profil S. 117).

Die **Quellen** des Grundwassers sind 1. die Niederschläge, oder richtiger derjenige Bruchteil der Niederschläge, welcher bis zum Grundwasser gelangt, also nicht oberflächlich abfließt und auch nicht nach dem Eindringen in den Boden wieder verdunstet. Es ist bereits oben (S. 56) betont, daß der das Grundwasser speisende Anteil der Niederschläge verschieden groß ist nach der Neigung des Terrains, der Durchlässigkeit und Temperatur des Bodens und der austrocknenden Kraft der Luft; daß ferner auch die Art des Regenfalles von Belang ist. Bei abschüssigem, felsigem Boden, ebenso bei sehr warmem Boden und sehr trockener Luft gelangt nur wenig von den Niederschlägen in die Tiefe; dagegen läßt ein poröser, kalter, ebener Boden relativ große Mengen zum Grundwasser durchtreten. 2. Kondensation von atmosphärischem Wasserdampf, am stärksten, wenn die Außenluft wärmer ist als der Boden und relativ viel Feuchtigkeit enthält, also in den Monaten April bis September; in den übrigen Jahreszeiten wechselnd und selten in beträchtlicher Menge. 3. Zuströmung von Grundwasser von anderen Orten. Wenn die undurchlässige Schicht und dementsprechend das Niveau des Grundwassers stärkere Neigung zeigt, und wenn gleichzeitig der Boden leicht durchlässig ist, kommt eine deutliche horizontale Fortbewegung des Grundwassers zustande, die den Grundwasserstand an tieferen Punkten wesentlich beeinflussen kann. Bei dichteren Bodenarten und geringen Niveaudifferenzen fehlt eine solche Bewegung, und die Grundwassermasse kann als stagnierend angesehen werden. 4. Flüsse. Meist liegt das Grundwasser tiefer als das Flußbett, und man wird dann leicht zu der Annahme geführt, daß Wasser aus dem Fluß oder Bach in das Grundwasser übertreten müsse. Dennoch ist dies vielfach nicht der Fall. Die Betten der Flußläufe sind oft durch allmähliche Ablagerung lehmiger oder toniger Massen vollkommen wasserdicht geworden, so daß selbst bei starken Niveau-

differenzen kein Durchtritt von Wasser stattfindet. Werden unmittelbar neben einem solchen Flußbett Brunnenschächte in das Grundwasser gegraben, so läßt sich durch die Resultate der chemischen Untersuchung, z. B. durch das Gleichbleiben des Härtegrades, noch leichter und genauer durch vergleichende Temperaturbeobachtungen feststellen, daß kein Wasser von dem höher liegenden Flusse in das Grundwasser dringt. Fehlen aber verschlammende Bestandteile im Flusse und besteht das Bett aus lockerem Sand, dann erfolgt eine Speisung des Grundwassers vom Flusse aus. In besonders hohem Grade kann ein Durchtritt von Flußwasser zum Grundwasser stattfinden, wenn der Fluß abnorm hohes Wasser führt bzw. künstlich gestaut ist oder gar anstoßendes Gelände überschwemmt.

Unter und neben dem Flußlauf zieht der breite Grundwasserstrom der Niederung zu; hier und da tritt das Grundwasser in Form von Seen und Sümpfen zutage; allmählich, bei größerer Annäherung ans Meer, durchdringt es die oberen Bodenschichten und kommt in den Marschen an die Oberfläche. Langsam, aber in ungeheurer Masse vollzieht sich diese unterirdische Wasserbewegung; in dichterem Boden fehlt die regelmäßige Bewegung ganz, und nur künstliche Senkung des Wasserspiegels erzeugt eine nach der Stelle der Senkung gerichtete Strömung. Zuweilen wird der natürliche Abfluß gehemmt durch das Anschwellen der Flüsse, welche das ganze Tal ausfüllen, und es kommt zu einem Aufstau des Grundwassers.

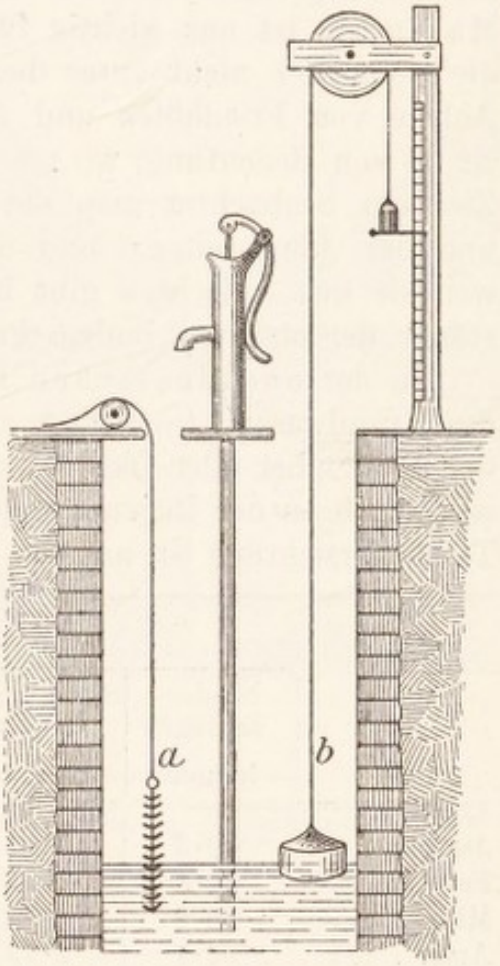


Fig. 6. Grundwassermessung. Schematischer Durchschnitt durch einen Grundwasserbrunnen. Bei *a* Messung mit PETTENKOFERS Schälchenapparat; bei *b* Schwimmer mit oben abzulesendem Zeiger.

Von besonderem Interesse sind die **zeitlichen Schwankungen** des Grundwasserniveaus, die man dadurch mißt, daß man den Abstand der Grundwasseroberfläche von der Bodenfläche ermittelt.

Die Messung wird gewöhnlich an Schachtbrunnen ausgeführt, die bis ins Grundwasser reichen; die Bohlenbedeckung des Schachtes wird abgehoben und ein Metermaß, an dessen Ende sich ein Schwimmer oder ein sogenannter

Schalenapparat befindet (eventuell auch eine mit Kreide bestrichene Holzleiste), herabgelassen. Mit Hilfe dieser Instrumente ist der Abstand zwischen oberer Kante der Brunnenvierung und der Wasseroberfläche genau zu messen. Bei dichtem Boden darf mehrere Stunden vor Messung nicht an dem Brunnen gepumpt werden; besser werden in einem Terrain, wo sicher keine künstliche Senkung des Grundwasserspiegels zu befürchten ist, besondere eiserne Standrohre benutzt. Der obere Rand der Vierung, oder irgendeine andere leicht kenntliche, festliegende Marke, bis zu welcher der Abstand jedesmal gemessen wird, ist der lokale Fixpunkt.

In solcher Weise beobachtet man an ein- und derselben Station erhebliche zeitliche Schwankungen. Man ermittelt einmal den höchsten und niedrigsten Stand, der im Laufe der Jahre erreicht wird; das Maximum ist uns wichtig für die Fundamentierung unserer Häuser, die womöglich nicht unter dieses Maximum herabreichen soll, und für Anlage von Friedhöfen und Abwässerreinigungen; und das Minimum ist da von Bedeutung, wo man den Wasserbedarf aus Brunnen bezieht. Zweitens beobachtet man die Schwankungen innerhalb des Jahres und der Jahreszeiten; und dieser Messung kommt ein Interesse zu, weil sie uns Aufschluß gibt über gewisse gleich zu besprechende Zustände der obersten Bodenschichten.

In der norddeutschen Ebene verhalten sich die Schwankungen des Grundwassers im ganzen so, daß auf den April das Maximum, auf den September oder Oktober das Minimum fällt. Das liegt nicht etwa wesentlich an der Regenverteilung, sondern wie aus der untenstehenden Tabelle ersichtlich ist, an dem Sättigungsdefizit der Luft und der hohen

	Berlin			München		
	Niederschläge in mm	Sättigungsdefizit in mm	Grundwasser in m üb. d. Meere	Niederschläge in mm	Sättigungsdefizit in mm	Grundwasser in m üb. d. Meere
Januar . . .	40·3	0·71	32·42	53·3	0·15	515·55
Februar . .	34·8	0·91	32·79	29·6	0·41	515·55
März	46 6	1 55	32·88	48·5	0·81	515·60
April	32·1	2·73	32·96	55·6	1·78	515·64
Mai	39·8	3·95	32·88	95·1	2·34	515·67
Juni	62·2	5·13	32·69	111·9	3·00	515·72
Juli	66·2	5·64	32·56	108·8	3·34	515·73
August . . .	60·2	4·83	32·45	104·4	3·13	515·72
September. .	40·8	3·77	32·40	68·1	1·98	515·63
Oktober. . .	57·5	1·72	32·38	53·1	0·93	515·54
November .	44·5	1·01	32·47	50·0	0·39	515·49
Dezember . .	46·2	0·59	32·50	42·9	0·20	515·51

Bodentemperatur, welche im Sommer allen Regen zum Verdunsten bringen und nur den Winter- und Frühjahrsniederschlag in den Boden

eindringen lassen. — Anders ist es z. B. in München; dort fällt vorherrschend Sommerregen in verhältnismäßig sehr großen Massen und ebendort ist zur selben Zeit das Sättigungsdefizit erheblich geringer. Offenbar dringt denn auch in München der Sommerregen bis zum Grundwasser durch und bewirkt dort einen wesentlich anderen Typus der Grundwasserbewegung, nämlich Hochstand im Juni bis August, tiefsten Stand im November bis Dezember. Allerdings wirkt hierbei noch ein wesentlicher Faktor — die Durchlässigkeit des Bodens — mit, dessen Einfluß unten zu erörtern ist.

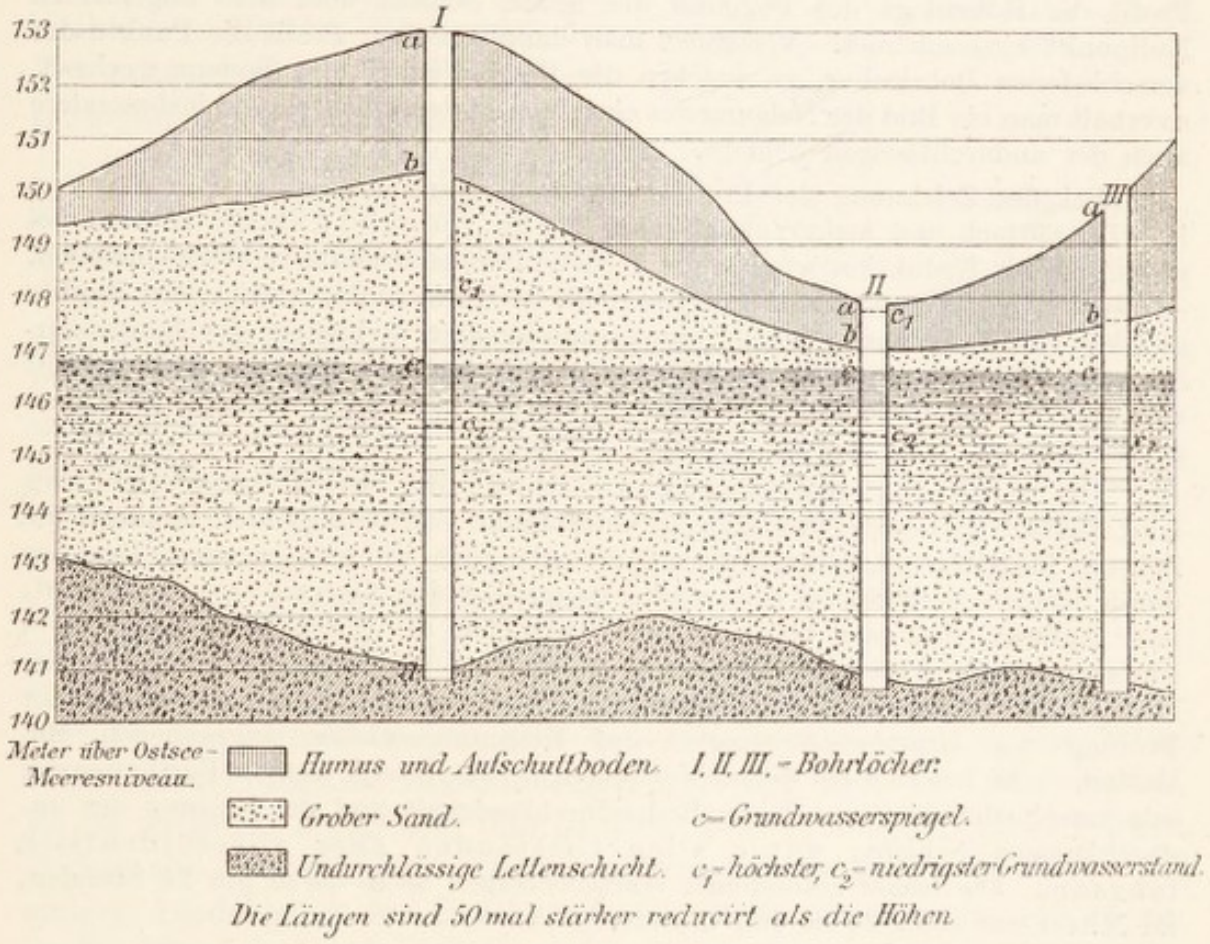


Fig. 7. Bodenprofil.

Beim Studium der Untergrundverhältnisse einer Stadt muß man ferner versuchen, eine Vorstellung von der Gestalt der Grundwasseroberfläche und der wasserführenden Bodenschichten zu bekommen. Da die verschiedenen lokalen Fixpunkte infolge der Unebenheiten der Bodenoberfläche sehr verschiedene Abstände auch von dem gleichen, ebenen Grundwasserniveau zeigen, sind die an verschiedenen Orten für den Grundwasserabstand gewonnenen Zahlen nicht direkt vergleichbar und man muß die lokalen Fixpunkte auf einen gemeinsamen oberen oder unteren Fixpunkt einnivellieren. Dabei geht man gewöhnlich aus von der Oberkante der Schienen des Bahnhofs, deren Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt, dem Spiegel der Nordsee (Marke bei Wilhelmshaven) oder der Ostsee bzw. des Adriatischen Meeres bekannt ist.

In dieser Weise werden die Höhen der Lokalfixpunkte über dem gemeinsamen Nullpunkt und nach Abzug des Abstandes der Grundwasseroberfläche vom lokalen Fixpunkt, die Höhenlage jedes Punktes der Grundwasseroberfläche über dem allgemeinen Nullpunkt erfahren und aufgezeichnet.

Die Darstellung der Resultate erfolgt am besten durch Profile ähnlich der vorstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 7). In gewissem Abstand werden Bohrlöcher in den Boden getrieben, deren horizontaler Abstand untereinander, und deren Höhenlage über dem allgemeinen Nullpunkt auf der Zeichnung markiert wird. Der beim Bohren ausgehobene Boden wird beobachtet und gesammelt; sobald Proben neuer Schichten (von anderer Korngröße, Farbe usw.) herausgefördert werden, wird die Tiefe des Bohrloches gemessen und auf dem Profil die Höhenlage des Beginnes der neuen Schicht über dem allgemeinen Nullpunkt eingezeichnet. Verbindet man dann auf dem Profil die Punkte der verschiedenen Bohrlöcher, an welchen die Beschaffenheit des Bodens wechselt, so erhält man ein Bild der Neigung der einzelnen Bodenschichten und insbesondere auch der undurchlässigen Schicht.

Bei der Zeichnung der Profile werden übrigens gewöhnlich die Längen in viel (50fach und mehr) stärkerem Maße reduziert als die Höhen; bei gleichmäßiger Reduktion würden die Höhendifferenzen kaum sichtbar ausfallen. — Auch Karten, auf denen Isohypsen (d. h. Horizontale, welche die Punkte gleicher Erhebung über dem Nullpunkt miteinander verbinden) der Bodenoberfläche, des Grundwasserniveaus und der Oberfläche der undurchlässigen Schicht eingetragen sind, geben anschauliche Bilder von den Verhältnissen des Untergrundes.

Die Richtung und die Schnelligkeit der Grundwasserbewegung wird dadurch gemessen, daß man an einer Reihe von umliegenden Brunnen die Zeit des Eintritts von Niveauänderungen beobachtet, während an einem Brunnen durch ausgiebiges Pumpen eine starke Depression des Niveaus hergestellt wird; oder dadurch, daß man feststellt, wie lange Zeit die durch Hochwasser eines Flusses erzeugte Flutwelle gebraucht, um sich zu verschiedenen Stationen der Grundwasserbeobachtung fortzupflanzen; eventuell auch durch die unten zur Prüfung der Grundwasserbrunnen auf Kommunikationen angegebenen Methoden. — Es hat sich bei diesen Messungen herausgestellt, daß die Fortbewegung sehr verschieden ist je nach der Bodendurchlässigkeit und der Neigung der undurchlässigen Schicht; unter allen Umständen aber außerordentlich langsam. Die bisher gefundenen Werte betragen 3—8—35 m pro 24 Stunden, im Mittel nur etwa 25 cm pro Stunde.

B. Das Wasser der oberen Bodenschichten.

In den über dem Grundwasser gelegenen Bodenschichten unterscheiden wir 3 Zonen (Hofmann):

1. Die Verdunstungszone, die von der Oberfläche soweit herabreicht, wie sich noch eine austrocknende Wirkung der atmosphärischen Luft bemerkbar macht, und wo also der Wassergehalt eventuell unter die kleinste Wasserkapazität des Bodens sinken kann. Hat in dieser Zone einmal stärkere Austrocknung bis zu gewisser Tiefe stattgefunden, so ist diese imstande sehr große Wassermengen zurückzuhalten. Dichter Boden faßt pro 1 qm bis zu 25 cm Tiefe 40—50 Liter Wasser (vgl. S. 106),

da aber ein Regenfall von 10 mm Höhe nur 10 Liter Wasser auf 1 qm liefert, so können mehrfache starke Niederschläge vollauf in den Poren dieser Zone Platz finden. Je nachdem der Boden mehr oder weniger feine Poren enthält, wird natürlich die zurückgehaltene Regenmenge verschieden groß sein; in einigermaßen feinporigem Boden ist aber im Sommer unseres Klimas die Austrocknung immer so bedeutend, daß dann gar nichts, weder von Regen noch von verunreinigenden Flüssigkeiten, in die Tiefe eindringt, sondern daß alles in der oberflächlichen, wie ein trockener Schwamm wirkenden Zone zurückbleibt. — Rasche Sättigung der Verdunstungszone kann durch Überschwemmungswasser eintreten.

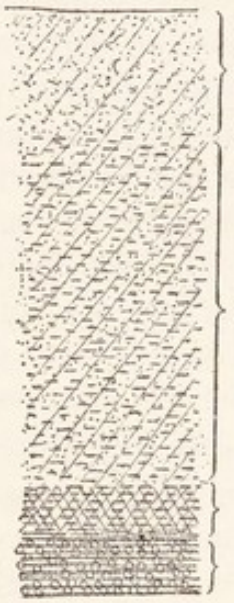


Fig. 8. Wassergehalt der oberen Bodenschichten.

2. Unterhalb der Verdunstungszone folgt eine Schicht, die von der austrocknenden Wirkung der Luft nicht mehr erreicht wird, in der aber andererseits keine vollständige Füllung der Poren mit Wasser bestehen kann, weil die den Ablauf hemmende, undurchlässige Schicht noch zu weit entfernt ist. In dieser „Durchgangszone" muß also stets so viel Wasser in den Poren vorhanden sein, wie der wasserhaltenden Kraft des Bodens entspricht. Bei feinporigem Boden repräsentiert dies immerhin eine sehr bedeutende Wassermenge, im Mittel verschiedener direkter Bestimmungen 150—350 Liter in 1 cbm Boden. Es ist leicht zu berechnen, daß in einer 1—2 m hohen Schicht solchen Bodens die Niederschläge eines ganzen Jahres haften bleiben. Bei einiger Ausdehnung der Durchgangszone stellt dieselbe also ein enorm großes Wasserreservoir dar.

3. Zwischen Durchgangszone und dem Grundwasser befindet sich die Zone des durch Kapillarität gehobenen Wassers. Je nach der Porengröße der über dem Grundwasser liegenden Schicht wird letzteres wenige Zentimeter bis eventuell 1 m und mehr gehoben und füllt dann fast sämtliche Poren des Bodens.

Der Durchtritt von irgendwelchen Flüssigkeiten, Niederschlägen, verunreinigenden Abwässern usw. zum Grundwasser erfolgt durch die genannten 3 Zonen in wesentlich verschiedener Weise, je nachdem grob- oder feinporiger Boden vorliegt.

In grobporigem Kiesboden sind breite, zugängliche Wege vor-

handen; in diesen findet ein rasches Fortbewegen aller Flüssigkeiten in jeder Jahreszeit statt. Auch im Sommer gelangen die Niederschläge rasch zum Grundwasser. Verunreinigungen werden durch stärkere Niederschläge schnell in die Tiefe gespült. Nur in den feineren Porenanteilen (Seitenstraßen) können Verunreinigungen längere Zeit haften bleiben.

In feinporigem Boden fehlt es an den breiteren Straßen; es kommt in den vorhandenen engen Wegen nur zu einem langsamen Fortrücken Schicht um Schicht, so daß die unten ans Grundwasser reichende Wasserzone von der oberen in bezug auf ihr chemisches und bakteriologisches Verhalten total verschieden sein kann. Ist die Durchgangszone stark entwickelt, so muß es enorm lange, 1—3 Jahre und mehr dauern, bis die auf die Oberfläche des Bodens gelangenden Niederschläge das Grundwasser erreichen. Ebenso werden alle Verunreinigungen nur ganz langsam tiefer gespült und dringen vielleicht erst nach Jahren bis zum Grundwasser vor. — Nur in Überschwemmungsgebieten kann gelegentlich unter dem Druck der überlagernden Wasserschicht ein schnelleres Vorrücken des Wassers der Durchgangszone erfolgen.

Unter den Häusern und unter gepflastertem Boden, wo keine neuen Flüssigkeiten in den Boden gelangen, stagniert die ganze im Boden enthaltene Wassermasse und ein Weiterrücken der Niederschläge oder der Verunreinigungen findet überhaupt nicht mehr statt.

Über den jeweiligen Feuchtigkeits- und Reinlichkeitszustand der oberen Bodenschichten bekommen wir offenbar eine gewisse Auskunft durch die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels. Sinkt derselbe, so wird dadurch angezeigt, daß tiefer spülende Zuflüsse von oben spärlicher geworden sind oder aufgehört haben; dies kann — abgesehen von lokaler Änderung der Bodenfläche, Pflasterung usw. — vorzugsweise dadurch bewirkt sein, daß sich oben eine größere trockene Zone gebildet hat, in welcher von da ab alle Niederschläge und ebenso alle Verunreinigungen, Abfallstoffe usw. verbleiben. Steigen des Grundwassers erfolgt dagegen erst dann, wenn die trockene Zone wieder entsprechend der kleinsten Wasserkapazität mit Wasser gesättigt ist und nunmehr ein Vorrücken der ganzen Wassermasse und Tieferspülen der Verunreinigungen stattfinden kann.

Der verschiedene Gang der Grundwasserbewegung in dem feinporigen Berliner Boden einerseits, in dem grobporigen Münchener Boden andererseits wird hierdurch verständlich. (Vgl. Tab. S. 116.) In Berlin finden die Niederschläge des Winters keine ausgetrocknete Bodenschicht vor; diese ist vielmehr mit Wasser gesättigt, der Boden kalt. Kommt es einmal zum Aufhören der Niederschläge, so stellt sich doch höchstens eine ganz geringfügige trockene Zone her. Ehe nur der Grundwasserspiegel durch die fortlaufende Wasserentnahme und den fehlenden Zufluß sinken kann, kommen neue Niederschläge, die sofort

die Kontinuität der Wassermassen wieder herstellen. Dann aber treten die hohen Temperaturen und das starke Sättigungsdefizit des Mai und Juni in Aktion. Setzen jetzt die Niederschläge eine Zeitlang aus, so ist sofort eine beträchtliche Austrocknungszone da, die nicht mehr — oder nur in Ausnahmefällen — wieder von den nächsten Niederschlägen ausgefüllt werden kann. Dann sinkt das Grundwasser und damit ist der Verbleib aller auf die Bodenoberfläche gelangenden Flüssigkeit in der obersten Zone angezeigt. Erst nach dem Eintritt niederer Temperatur und höherer Feuchtigkeit sind anhaltende Niederschläge imstande, die starke Schicht trockenen Bodens ausreichend zu füllen.

In München vermag der grobporige Boden viel weniger Wasser zu halten und eine trockene Zone hat daher einen viel geringeren Effekt. Zu einem längeren Aufhören aller Zuflüsse zum Grundwasser kommt es kaum. Namentlich aber dringt im Sommer von den massenhaft niedergehenden Niederschlägen ein großer Teil zum Grundwasser durch; eine trockene Zone stellt sich in dieser Zeit immer nur vorübergehend her; alle Verunreinigungen werden kräftig in die Tiefe gespült. Erst im Spätsommer und Herbst, wenn die Niederschläge nachlassen, kommt es zu länger dauernder Trockenheit des oberflächlichen Bodens, zum Verbleib der Verunreinigungen in der obersten Schicht und zum Sinken des Grundwassers. Diese Periode dauert aber viel kürzer und das Absinken des Grundwassers ist erheblich geringer, als im feinporigen Boden; bereits im Dezember beginnt wieder eine Durchfeuchtung des Bodens und ein Ansteigen des Grundwassers, das bis zum August anhält.

Übrigens haben die geschilderten Verhältnisse nur Geltung für eine gewisse durchschnittliche Beschaffenheit des natürlichen Bodens. Feinporiger, lehmartiger Boden kann durch Bearbeitung (z. B. auf Äckern, Rieselfeldern) künstlich gelockert werden, so daß sich gröbere Spalten und Risse bilden, durch welche ein Teil der Flüssigkeiten rasch in größere Tiefen gelangt. Auch durch Pflanzenwurzeln, durch Ratten, Maulwürfe, Regenwürmer können abnorme Wege für die Beförderung von Flüssigkeiten im Boden geschaffen werden.

Hygienische Bedeutung des Grundwassers. Während ein zu großer Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche nur die Beschaffung von Trink- und Nutzwasser erschwert, hat ein zu geringer Abstand erheblich größere Nachteile im Gefolge. Hält sich das Grundwasser während eines größeren Teils des Jahres nahe der Bodenoberfläche, so entsteht sumpfiges, eventuell zu Malaria disponierendes Terrain; rückt dasselbe nur vorübergehend nahe an die Bodenoberfläche heran, so sind die Fundamente der Häuser gefährdet, das Grundwasser dringt in die Keller, macht diese unbenutzbar und hinterläßt noch lange nach dem Absinken eine abnorme Feuchtigkeit der Wandungen. — Teils durch Drainierung und Kanalisierung, teils durch Aufschüttung kann diesem Einfluß begegnet werden (s. Kap. „Wohnung“).

Die zeitlichen Schwankungen des Grundwasserniveaus haben dadurch Bedeutung, daß sie uns in der oben erörterten Weise für den Feuchtigkeitszustand und die Verunreinigung der obersten Bodenschichten einen Maßstab liefern.

VII. Die Mikroorganismen des Bodens.

Die Untersuchung des Bodens auf Mikroorganismen erfolgt in der Weise, daß man mit einem kleinen Platinlöffel, der etwa $^1/_{50}$ ccm faßt, eine Probe aussticht und auf Gelatine und Agarplatten verteilt. Sehr wichtig ist es, die Untersuchung unmittelbar nach der Probenahme vorzunehmen, da bei der höheren Temperatur des Laboratoriums und nach Luftzutritt sehr rasche, meist kolossale nachträgliche Vermehrung der Bakterien eintritt. — Aus tieferen Schichten entnimmt man Proben mittels eines besonderen Bohrers, der sich erst in der gewünschten Tiefe öffnet und dann wieder schließt.

Zahl und Verteilung der Bodenbakterien. Die angestellten Untersuchungen haben gezeigt, daß der Boden das wesentlichste Reservoir der Mikroorganismen darstellt. Es finden sich im Durchschnitt selbst im sogenannten jungfräulichen, unbebauten Boden etwa 100000 Keime in 1 ccm Boden, oft noch erheblich mehr. Ferner ist ermittelt, daß weitaus die größte Zahl dieser Mikroorganismen an der Oberfläche und in den oberflächlichsten Schichten enthalten ist. Nach der Tiefe zu nimmt die Zahl der Bakterien allmählich ab, und in 1 bis 3 m beginnt meist eine geradezu bakterienfreie Zone. Auch die Partien, in welchen bereits Grundwasser steht, werden für gewöhnlich frei von Bakterien gefunden. — Der Grund für die Keimfreiheit der tieferen Schichten liegt darin, daß feinporiger Boden nicht nur für Luft, sondern auch für Flüssigkeiten ein bakteriendichtes Filter bildet.

Laboratoriumsversuche scheinen das allerdings zunächst nicht zu bestätigen. Gießt man auf eine Schicht Grob- oder Feinsand eine bakterienhaltige Flüssigkeit, so gehen die Bakterien großenteils durch die Poren des Bodens hindurch. Der Versuch fällt aber völlig anders aus, wenn man die Filtration zunächst so langsam vor sich gehen läßt, daß die feinsten Teile des Bodens und die suspendierten Teile der Flüssigkeit Gelegenheit haben, die nächstgelegenen Poren zu füllen, und daß ferner die Bakterien Zeit gewinnen, mit einer schleimigen Schicht die Wege auszukleiden. Sobald dies geschehen, ist die Filtration eine sehr vollständige. (Vgl. im folg. Kapitel.) — Unter natürlichen Verhältnissen und bei der enorm langsamen Fortbewegung des Wassers werden sich solche filtrierende Auskleidungen der Poren regelmäßig herstellen und zwar in der ersten Schicht der „Durchgangszone", wo die für die Filtration erforderliche Dichtung ungestört bestehen bleiben kann.

Ausnahmsweise kann es indes auch zu einem Bakteriengehalt tieferer Bodenschichten kommen, namentlich wenn in sehr durchlässigem oder künstlich aufgelockertem Boden ein rascher Durchtritt von Wasser (Überschwemmungswasser) erfolgt; ferner, wenn gröbere Spalten (in zerklüftetem Felsboden, zusammengetrocknetem Lehmboden), oder Ratten- und Maulwurfsgänge Flüssigkeiten unfiltriert nach abwärts gelangen lassen. — Weitere Wege können Bakterien in horizontaler Richtung im Boden zurücklegen, wenn sie gleich in gewisser Tiefe dem in Kiesschichten sich bewegenden

Grundwasser beigemengt werden. Es konnte unter solchen Verhältnissen ein Transport bis zu 100 m und mehr beobachtet werden.

Was die **Qualität** der im Boden gefundenen Bakterien betrifft, so herrschen namentlich die Bakterienarten vor, welche lebhafte Oxydationen hervorrufen und bei der Nitrifikation und Kohlensäurebildung im Boden beteiligt sind (s. oben). In den oberflächlichsten Schichten sind viel Sporen, darunter zuweilen enorm resistente Dauersporen enthalten, die selbst nach 4—5stündigem Erhitzen in strömendem Dampf noch keimfähig bleiben; in tieferen Schichten scheint es an Sporen meist zu fehlen.

Pathogene Bakterien sind durch Kultur nur in seltenen Fällen aus dem Boden isoliert. Dagegen konnte man durch direkte Verimpfung größerer Dosen von Erdproben auf Versuchstiere die häufige Anwesenheit der Bazillen des malignen Ödems und des Tetanus in gedüngter Erde nachweisen; auch einige andere septisch wirkende Arten wurden durch den Tierkörper herausgezüchtet.

Die **Quelle** der aufgezählten, in der ganz überwiegenden Mehrzahl saprophytischen Bakterien sind vorzugsweise die Verunreinigungen der Bodenoberfläche, die Abfallstoffe des Haushalts, die Düngstoffe der Gärten und Äcker usw., deren Bakterien von den Niederschlägen allmählich unter die Oberfläche, bis in Tiefen von $^1/_2$—2 m gespült werden. Ferner Gruben und Kanäle, welche zur Aufnahme der Abfallstoffe bestimmt sind, aber oft undicht werden und dann die bakterienreichen Flüssigkeiten gleich in einer Tiefe von 1—2—3 m unter der Oberfläche in den Boden übertreten lassen.

Einige dieser Bakterienarten können im Boden, wie dies aus Kulturversuchen und direkten Bodenuntersuchungen hervorgeht, lebhaft proliferieren, pathogene Arten jedoch nur an der Oberfläche des Bodens in den Abfallflüssigkeiten selbst, wenn noch wenige saprophytische Konkurrenten vorhanden sind, und so lange hohe Temperatur mitwirkt; während im tieferen Boden die Wucherungsbedingungen für solche Bakterienarten ausnahmslos zu ungünstig liegen.

Dagegen scheint der Boden sehr wohl imstande zu sein, pathogene Bakterien lange zu konservieren. Der Reichtum der oberflächlichen Bodenschichten an Sporen deutet darauf hin, daß die Bedingungen für die Sporenbildung hier günstig sind; und Versuche mit Milzbrandbazillen haben ergeben, daß die Fruktifikation derselben in einem Gemisch der Kultur mit porösem Boden verhältnismäßig rasch erfolgt.

Ein Austritt der in tiefere Bodenschichten gelangten Bakterien an die Oberfläche und eine Verbreitung derselben durch Luft, Wasser u. dgl. findet für gewöhnlich nicht statt. Wie oben begründet wurde, ist namentlich die Bodenluft niemals imstande, Keime in die Außen-

luft mitzuführen. Auch das Grundwasser ist erwiesenermaßen meist bakterienfrei und kann nur ausnahmsweise, wenn gröbere Kommunikationswege vorliegen, Bodenbakterien mit dem Menschen in Berührung bringen. In gleicher Weise ist wohl zuweilen ein Transportweg gegeben durch Tiere, welche aus tieferen Schichten Bodenpartikel an die Oberfläche tragen (Maulwürfe, Regenwürmer); oder dadurch, daß der Boden aufgegraben und tiefere Schichten zutage gefördert werden.

Wesentlich bessere Chancen für die Weiterverbreitung der Bakterien bietet die oberflächlichste Schicht des Bodens. Von hier aus kann die Verbreitung erfolgen: 1. durch staubaufwirbelnde Winde. 2. Durch Nahrungsmittel, die in der Erde wachsen (Kartoffeln, Gartengemüse usw.) und welche teils roh genossen werden und direkt Infektionen veranlassen können, teils indirekt, indem sie die anhaftenden Erdpartikel und Mikroben in Wohnung und Küche transportieren. 3. Durch Schuhzeug und Gerätschaften der Menschen, welche den verunreinigten Boden betreten oder denselben bearbeiten, sowie durch Haustiere und Ungeziefer.

Gelegentlich wird es so zur Verbreitung von Infektionserregern kommen; vielleicht weniger durch den Staub der atmosphärischen Luft, wo bald stärkere Verdünnung eintritt, als vielmehr durch Verschleppung (Nahrungsmittel, Schuhzeug usw.) von den konzentrierten Infektionsherden aus, welche auf der Bodenoberfläche durch zufällig dorthin gelangte Absonderungen von Kranken, z. B. Dejektionen, Sputa u. a. m., gebildet werden.

Eine bestimmte Phase im Zustand der oberflächlichen Bodenschichten wird besonders geeignet sein zu dieser Verbreitung von Keimen; nämlich die, wo eine trockene Zone an der Oberfläche besteht und interkurrierende Niederschläge höchstens einige Millimeter tief eindringen, so daß alle Bodenverunreinigungen in der oberflächlichsten Schicht verbleiben. In dieser Zeit bestehen für Verschleppungen aller Art entschieden größere Chancen, als wenn der Boden durchfeuchtet ist und auftreffende Niederschläge die Verunreinigungen abschwemmen oder in eine Tiefe spülen, welche sie dem Verkehr entzieht. — Ferner liefern die Jahreszeiten, in welchen viele Menschen durch ihre Beschäftigung in Beziehung zum oberflächlichen Boden treten, z. B. bei der Ernte der Gemüse bzw. beim Aufbringen des Gruben- und Tonneninhalts vermehrte Gelegenheit zur Verschleppung mancher infektiöser Bakterien.

Somit wird eine zeitliche Steigerung der Infektionsgefahr zur Zeit des tiefsten Grundwasserstandes bzw. in den Herbstmonaten eintreten können; allerdings nur bei solchen Krankheiten, deren Erreger

in den Dejektionen ausgeschieden werden und mit diesen auf den Boden gelangen (z. B. Typhus).

Hygienische Bedeutung der Mikroorganismen des Bodens. Nach den vorstehenden Darlegungen erscheint es zweifellos, daß der oberflächlichste Boden — aber auch nur dieser — zur Verbreitung von Infektionskrankheiten zuweilen Anlaß gibt. Indessen bildet der Boden außerhalb der Wohnstätte dabei immer nur ein selten in Betracht kommendes Zwischenglied. Das infektiöse Material ist stets viel reichlicher in der Nähe des Kranken und innerhalb der Wohnstätte vorhanden. Dort ist für gewöhnlich die beste Gelegenheit zur Infektion gegeben. Nur zuweilen — und namentlich bei den Krankheiten, wo die Erreger in Stuhl oder Urin abgeschieden werden — wird es vorkommen, daß das gefährliche Material den oberflächlichen Schichten des Bodens überantwortet wird und von diesen aus auf den oben bezeichneten Wegen wieder in den Bereich der Menschen gelangt. Es ist nicht wahrscheinlich, daß dieser weite Umweg häufig eingeschlagen wird und daß ein größerer Prozentsatz der Infektionen durch Vermittlung des Bodens zustande kommt. Die oben hervorgehobene zeitliche Steigerung der Infektionschancen beim Sinken des Grundwassers bzw. im Herbst wird sich daher nur bei gewissen infektiösen Krankheiten und auch hier nur bei einem Bruchteil der Erkrankungen, nicht etwa bei der großen Masse derselben, bemerkbar machen (vgl. Kap. X).

Eine Verhütung der Infektion vom Boden aus ist am vollständigsten dadurch erreichbar, daß Straßen, Höfe und Sohlen der Häuser gepflastert, asphaltiert oder zementiert werden. Ferner ist es erforderlich, die Oberfläche einer häufigen Reinigung, die durch passendes Gefäll und gute unterirdische Ableitung unterstützt wird, auszusetzen und so oberflächliche Ansammlungen von Abfallstoffen zu verhüten. Acker- und Gartenland in der näheren Umgebung einer Ortschaft ist bei drohenden Epidemien von denjenigen Abgängen des menschlichen Haushaltes, welche leicht die Erreger der Krankheit enthalten, nach Möglichkeit frei zu halten. Beim Genuß von ungekochten Nahrungsmitteln aus solchem Boden (Salat) ist Vorsicht anzuraten.

Literatur: Soyka, Der Boden, Abteilung aus v. Pettenkofers und v. Ziemssens Handb. d. Hygiene, Leipzig 1887. — v. Fodor, Der Boden, in „Handb. d. Hygiene" von Weyl, 1894. — Flügge, Beiträge zur Hygiene, 1879. — Hofmann, Arch. f. Hyg., Bd. 1. — Fränkel, Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 2. — ebenda, Bd. 6. — Vgl. ferner die von verschiedenen städtischen Verwaltungen (München, Berlin, Frankfurt usw.) herausgegebenen Berichte über die Vorarbeiten zur Kanalisation und Wasserversorgung.

Viertes Kapitel.

Das Wasser.

Im folgenden ist zunächst die allgemeine Beschaffenheit der natürlichen, zur Deckung des Wasserbedarfs in Betracht kommenden Wässer besprochen; zweitens sind die hygienischen Anforderungen an ein Wasser präzisiert; drittens ist erörtert, in welcher Weise sich ein Urteil darüber gewinnen läßt, ob ein Wasser diesen Anforderungen entspricht; und schließlich ist die Ausführung der Wasserversorgung geschildert.

A. Allgemeine Beschaffenheit der natürlichen Wässer.

Die Deckung des Wasserbedarfs des Menschen muß aus den natürlichen Wasservorräten erfolgen, welche in Form von Meteorwasser, von Grundwasser, von Quellwasser, von Fluß- und Seewasser sich vorfinden.

Meteorwasser führt aus der Luft salpetrige Säure und Ammoniak, ferner Mikroorganismen; aus den Sammelbehältern gewöhnlich organische Stoffe und ebenfalls Mikroorganismen mit sich. In dem gesammelten Wasser kann sich Fäulnis entwickeln, außerdem ist es fade von Geschmack; es ist daher nur im Notbehelf für den Wassergenuß zu verwenden und nicht ohne gewisse unten geschilderte Vorsichtsmaßregeln.

Grundwasser rekrutiert sich ebenfalls vorzugsweise aus den Niederschlägen. Diese nehmen zunächst von der Bodenoberfläche noch große Mengen gelöste und suspendierte Stoffe auf und die Qualität des Wassers wird zunächst schlechter. Dann aber findet beim Durchgange durch den Boden eine Veredelung des Wassers statt; suspendierte und gelöste Stoffe werden teils zurückgehalten, teils mineralisiert; außerdem bewirkt die aus der Bodenluft in das Wasser übergehende Kohlensäure eine partielle Lösung von Bodenbestandteilen, die für den Geschmack von Belang sind, Kalziumkarbonat, Magnesiumkarbonat, Kieselsäure u. a. m., gehen in das Wasser über; endlich wird die Temperatur des Wassers auf eine gleichmäßige, für den Genuß angenehme Höhe gebracht (vgl. künstliches Grundwasser, S. 157).

Besonders starken Verunreinigungen ist das Grundwasser im städtischen Boden ausgesetzt. Das Material dieser Verunreinigungen bilden Harn und Fäzes von Menschen und Tieren, pflanzliche und tierische Abfälle aus Küche und Haus. Von chemischen Körpern sind in den Abfallstoffen vorzugsweise enthalten: Harnstoff, Hippursäure,

Kochsalz, Natriumphosphat, Kaliumsulfat, Kalk- und Magnesiaverbindungen; ferner die verschiedensten Produkte der Fäulnis von Eiweißkörpern (Amine, Fettsäuren, Indol, Skatol, Ptomaine), und der Zersetzung von Fetten (Fettsäuren) und Kohlenhydraten (Huminsubstanzen). Daneben enthalten die Abfallstoffe unzählige saprophytische und gelegentlich auch pathogene Mikroorganismen.

Diese Stoffe gelangen auf zwei sehr wohl auseinander zu haltenden Wegen in das Wasser (s. Fig. 9). Erstens sickern sie langsam von der Bodenoberfläche oder von dem die Gruben und Kanäle umgebenden

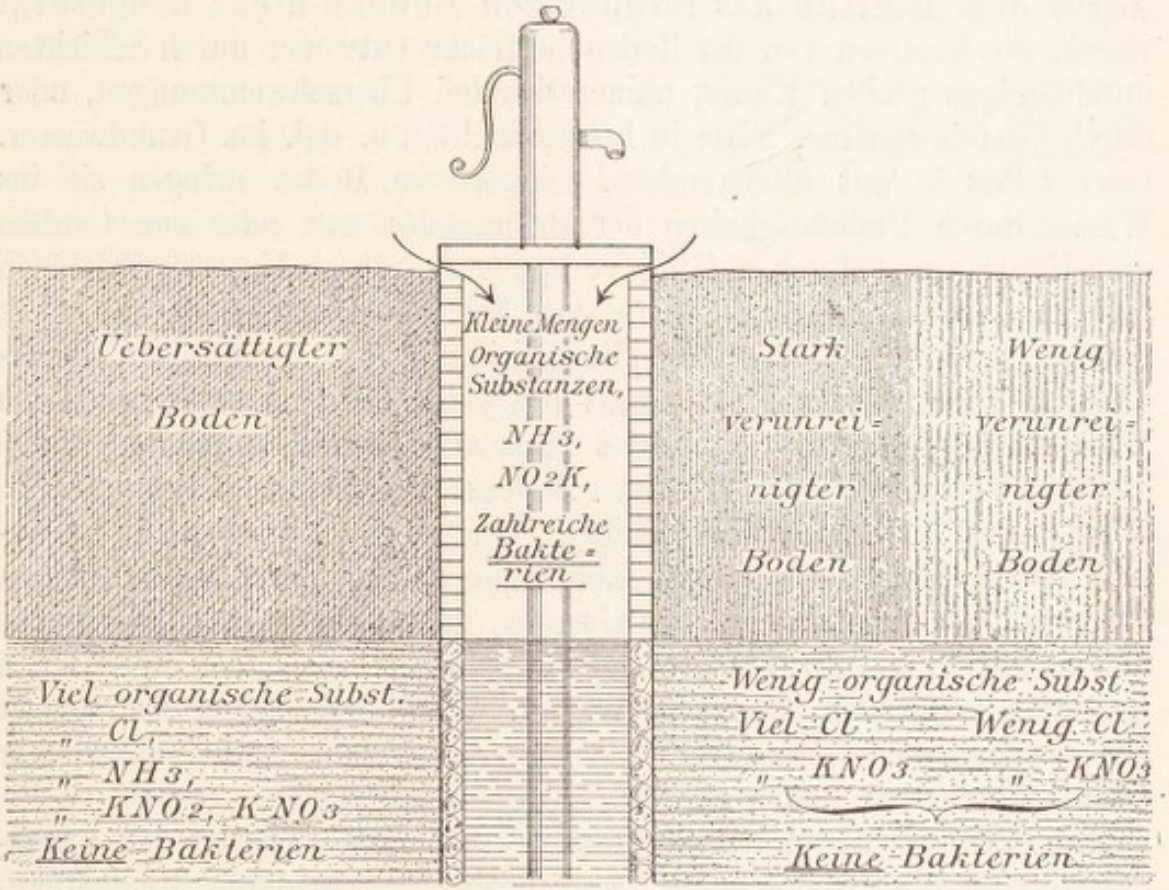


Fig. 9. Die verschiedenen Wege für die Verunreinigung des Grundwassers, schematisch.

Erdreich durch Schichten gewachsenen feinporigen Bodens in das Grundwasser, und sind dann dem veredelnden Einfluß des Bodens in vollem Maße ausgesetzt. Dabei werden vor allem die suspendierten Bestandteile und die Mikroorganismen vollständig abfiltriert. Sodann werden Harnstoff, Hippursäure, sowie die stickstoffhaltigen Fäulnisprodukte für gewöhnlich ganz in Nitrate übergeführt. Die Phosphorsäure bleibt gänzlich im Boden zurück, die Chloride dagegen erscheinen vollständig im Wasser, die Sulfate zum großen Teil. — In einem stark verunreinigten Boden enthält das Grundwasser große Mengen Nitrate, viel Chloride usw.; aber die Filtration der Mikroorganismen

kommt auch in solchem Boden vollkommen zustande. — Unter mancherlei Verhältnissen, z. B. wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, finden sich wenig Nitrate, kleine Mengen von Nitriten, von Ammoniak und größere Mengen von noch nicht mineralisierten organischen Stoffen im Wasser. — Ist endlich der Boden übersättigt, so erscheinen die organischen Stoffe, daneben Nitrate, Chloride usw., stark vermehrt; aber auch dann erfolgt die Zurückhaltung der Mikroorganismen gerade so gut wie im reinen Boden.

Zweitens können Verunreinigungen ins Grundwasser gelangen, welche dem Einfluß des feinporigen Bodens nicht ausgesetzt waren. Sie kommen von der Bodenoberfläche entweder durch Schichten durchlässigen groben Kieses, namentlich bei Überschwemmungen, oder durch Gesteinsspalten, Risse in Lehmschichten u. dgl. ins Grundwasser. Oder selbst in gut filtrierendem, feinporigem Boden dringen sie ins Wasser durch Undichtigkeiten der Brunnendeckung, oder von Gruben und Kanälen aus durch zufällig vorhandene gröbere Kommunikationen mit dem Brunnenschacht, ohne daß die Mikroorganismen abfiltriert werden, und ohne daß eine Mineralisierung der organischen Stoffe erfolgt. Dieser letzte Fall kommt bei jeder nicht vorschriftsmäßigen Wasserfassung in Betracht und ist daher außerordentlich häufig. Fig. 9 führt die Verschiedenheit derjenigen Zuflüsse, welche auf solchen gröberen Wegen, und andererseits derjenigen, welche die filtrierenden Bodenschichten passieren, vor Augen. Durch die Defekte der Anlage gelangen die verschiedensten Mikroorganismen, daneben organische Stoffe und auch wohl Ammoniak, oft in einer im Verhältnis zu den organischen Bestandteilen großen Menge, ins Wasser. Vom hygienischen Standpunkt aus erscheinen derartige Zuflüsse von vornherein weit bedenklicher als die durch den Boden passierten Verunreinigungen.

Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers ist naturgemäß eine sehr wechselnde. Man beobachtet folgende Mengen gelöster Stoffe (s. nebenstehende Tabelle):

Daneben vielerlei suspendierte Bestandteile, z. B. Ton, Eisenoxydhydrat; ferner niedere Tiere, Algen, Bakterien.

Quellwasser entstammt meist Niederschlägen in gebirgiger Gegend, die in Spalten des verwitterten Gesteins in die Tiefe sinken und schließlich in einem Taleinschnitt über einer undurchlässigen Schicht zutage treten. Ist das Gebirge auf weite Strecken stark zerklüftet, so kann geradezu eine Art Grundwasser sich ansammeln. Nicht selten aber fließt das Wasser nur durch einzelne rasch durchlaufene Spalten (z. B. im zerklüfteten Kalkgebirge), ist dann nichts anderes als ungereinigtes Oberflächenwasser und führt nach jedem stärkeren Regen sichtbare Trübungen und Bakterien. Gelegentlich können auch oberfläch-

liche Wasseransammlungen, Bäche, Teiche, in solchen Gesteinsspalten verschwinden und an tieferer Stelle ohne erhebliche Veränderung zutage kommen. In anderen Gegenden füllen aber z. B. feine Quarzteilchen (Sandsteingebirge) die Spalten derart aus, daß klare, bakterienfrei filtrierte Quellwässer resultieren. — Die Beschaffenheit der Quellen ist somit sowohl in chemischer Beziehung wie hinsichtlich der Infektionsgefahr außerordentlich verschieden und muß von Fall zu Fall geprüft werden.

	Milligramm in 1 Liter:	
	Maximum in reinem Wasser	Maximum in abnormem Wasser
Summe der gelösten Bestandteile	500	5000
Organische Stoffe	40	1300
Dieselben verbrauchten Sauerstoff	2	65
Ammoniak	Spuren	130
Salpetrige Säure (hauptsächlich Kaliumnitrit . .	Spuren	200
Salpetersäure (Kalzium-, Kaliumnitrat usw.) . .	15	1300
Chlor (hauptsächlich Kochsalz)	30	900
Kalk	120	900
Magnesia	50	500
Schwefelsäure (hauptsächlich Kaliumsulfat) . . .	100	1000
Ferner Kalium, Natrium, Kieselsäure, Kohlensäure, Eisen als Ferrosalz, Mangan als Manganosalz.		

Zuweilen finden sich in größerer Tiefe Wassermassen zwischen zwei undurchlässige Schichten eingeschlossen, welche sich mit starkem Gefälle senken. Werden solche Schichten in ihrem unteren Teile angebohrt, so strömt das Wasser unter hohem Drucke aus (Artesische Brunnen). Auch deren Wasser ist sehr verschieden zusammengesetzt, oft nicht so rein, als man gewöhnlich annimmt.

Bäche und Flüsse erhalten durch die Meteorwässer zahlreichste Verunreinigungen von der Bodenoberfläche zugeführt: häufig nehmen sie die Kanal- oder Spüljauche von ganzen Ortschaften auf, ferner den Ablauf von gedüngten Äckern, die Abwässer der Schiffe, sowie übelriechende oder giftige Abgänge der Industrie. So enthalten z. B. die Abwässer der Textilindustrie Leim, Blut, Seife, Farbstoffe; Zuckerfabriken, Gerbereien liefern große Mengen faulender und fäulnisfähiger Substanzen; Schlachthäuser gleichfalls Massen leicht zersetzlichen Materials; Gasfabriken Ammoniakverbindungen und teerige Produkte.

Viele Bestandteile dieser Abwässer sind nicht gelöst, sondern suspendiert und unter diesen finden sich zahlreichste Mikroorganismen.

Allmählich tritt allerdings im Verlauf des Flusses, wenn keine neuen Verunreinigungen vorkommen, eine gewisse Selbstreinigung ein. Die suspendierten Bestandteile setzen sich ab und reißen auch viel Mikroorganismen zu Boden; die Kohlensäure der Bikarbonate des Kalziums und Magnesiums entweicht, und es entstehen unlösliche Erdverbindungen, welche gleichfalls niederschlagend wirken. Außerdem tritt ein allmähliches Verzehren der organischen Stoffe durch Mikroorganismen, Algen und Bakterien, ein; viele Bakterien werden durch die Belichtung in den oberflächlichen Schichten abgetötet, viele von Infusorien (Paramaecium und anderen) verzehrt, die wieder größeren Wassertieren als Nahrung dienen. Diese Selbstreinigung vollzieht sich jedoch mit gutem Erfolg nur bei sehr geringer Stromgeschwindigkeit und hinreichend langer Berührung mit Luftsauerstoff; im allgemeinen ist sie sehr unzuverlässig. Fluß- und Bachwasser ist daher so großen Schwankungen der Beschaffenheit unterworfen, daß es ohne besondere Vorbereitung nicht als zu häuslichen Zwecken verwendbar angesehen werden kann. Manchen Krankheitserregern scheint hauptsächlich an den Flußufern Gelegenheit zur Wucherung geboten zu sein; sie werden dann von jener Selbstreinigung nicht mit betroffen, sondern höchstens teilweise durch den Einfluß des Lichts, konkurrierende Saprophyten und Infusorien geschädigt.

Landseen bieten ein günstigeres Material für Wasserversorgung als Flüsse. Die suspendierten Bestandteile und die Mikroorganismen sind meist außerordentlich vollständig abgesetzt, und das Wasser ist chemisch und bakteriologisch verhältnismäßig rein. Doch kommen auch hier große Schwankungen vor und die Beurteilung ist von der Untersuchung abhängig zu machen. — In neuerer Zeit ist von oberflächlichen Wasseransammlungen noch das Wasser der **Talsperren** in Betracht zu ziehen, die das Niederschlagswasser aus größeren Gebieten in kolossalen Reservoiren aufsammeln. Sie führen, wenn das Niederschlagsgebiet aus unbewohntem und möglichst wenig von Menschen begangenem Terrain besteht, wenn die Masse des Stauwassers sehr groß, die Verdünnung unreiner Zuflüsse also erheblich ist, und wenn die Niederschläge nicht zeitweise dem Stauweiher verschmutztes Oberflächenwasser (z. B. von gedüngten Feldern und Wiesen) zuführen, ein relativ reines und auch ziemlich gleichmäßig temperiertes Material.

B. Die hygienischen Anforderungen an Trink- und Brauchwasser.

Das Wasser, das den Menschen zum Genuß und Wirtschaftsbetrieb geboten wird, soll 1. wohlschmeckend und von appetitlicher Beschaffenheit sein, so daß es gern genossen wird; 2. soll es nicht zu hart sein; 3. soll es nicht zur Krankheitsursache werden können; 4. soll die Menge zureichend sein.

Zuweilen macht man in bezug auf die zu stellenden Anforderungen scharfe Unterschiede zwischen Trink- und Brauchwasser. Vom hygienischen Standpunkt aus ist eine solche Untersuchung meist nicht gerechtfertigt. Das Wasser, mit welchem die roh genossenen Nahrungsmittel gewaschen, die Wäsche gereinigt, die Eß- und Trinkgeschirre gespült werden, muß insbesondere von Krankheitskeimen ebenso frei sein, wie das zum Trinken bestimmte.

Nur hinsichtlich des Wohlgeschmacks und der appetitlichen Beschaffenheit und besonders hinsichtlich der Temperatur sind nicht so strenge Anforderungen an ein Brauchwasser zu stellen. Wenn daher ein reichlich und leicht zu beschaffendes Wasser z. B. nur oder vorzugsweise wegen seiner hohen Temperatur zum Genuß ungeeignet erscheint (Flußwasserleitung mit guter Filtration, zu warmes Quellwasser), so kann wohl die Frage aufgeworfen werden, ob nicht dies Wasser zu Gebrauchszwecken beizubehalten und durch eine andere, lediglich für Trinkwasser bestimmte Anlage zu ergänzen sei.

1. Für den **Wohlgeschmack und die Appetitlichkeit** eines Wassers ist erforderlich:

Geruchlosigkeit, insbesondere das Fehlen jeden Fäulnisgeruches. Fluß- oder Seewässer, die durch Aufnahme von Abwässern auch nur zeitweise Geruch nach Petroleum, Karbol und dergl. zeigen können, sind von der Benutzung auszuschließen. Grundwässer aus Bodenschichten, die reichlich Huminsubstanzen, Braunkohle und dergl. enthalten, weisen neben einem Gehalt an gelösten Eisenverbindungen häufig Geruch nach flüchtigen Schwefelverbindungen auf. Läßt sich dieser Geruch nicht vollständig beseitigen, so sind auch solche Wässer nicht benutzbar. Ferner ist die Abwesenheit jeden Beigeschmacks erforderlich; z. B. nach fauligen, modrigen Substanzen, oder auch nach gelöstem Eisen oder Mangan. Dagegen soll ein erfrischender Geschmack vorhanden sein, der in erster Linie von der Temperatur des Wassers beeinflußt wird, außerdem vom CO_2- und O-Gehalt; auch ein gewisser Gehalt an Kalksalzen wirkt günstig, zu kalkarme Wässer schmecken leichte fade. Die Temperatur soll sich wo möglich das ganze Jahr zwischen 7 und 11° bewegen; höher temperiertes Wasser bietet keine Erfrischung, kälteres wird vom Magen schlecht vertragen. Die gleichmäßige und bekömmliche Temperatur ist bei Wasser aus Grundwasserbrunnen nur vorhanden, wenn sie mindestens 3 m unter der Bodenoberfläche liegen. Flußwasser zeigt (abgesehen von hoher

Gebirgslage) im Winter 0°, im Hochsommer bis +25°. Dadurch fehlt dem Wasser gerade im Sommer, wo am meisten Wasser konsumiert wird, die erforderliche Frische, und dieses Verhalten allein ist ausreichend, um das Flußwasser ungeeignet für die Benutzung als Trinkwasser erscheinen zu lassen.

Farblosigkeit und Klarheit. Färbung oder Trübung, stamme sie woher sie wolle, macht ein Wasser unappetitlich und ungeeignet zum Genuß. Gelbe Farbe tritt bei Grundwasser aus moorigem Boden und häufig bei Flußwasser auf. Trübung kann bewirkt werden durch Lehm- und Tonteile. Jede zeitweise Trübung im Grund- und Quellwasser muß den Verdacht auf abnormen Gehalt an Bakterien erwecken.

Am häufigsten kommt eine nachträgliche Trübung durch Ferrihydrat (Rost) in Betracht. Das Eisen pflegt in Form von Eisenoxydulverbindungen (hauptsächlich Ferrobikarbonat, $Fe(HCO_3)_2$) ins Wasser überzutreten, die aus Eisenoxydverbindungen des Bodens unter dem Einfluß reduzierender organischer Substanzen (Braunkohle, vermoderndes Holz, Moor, Humus usw.) in solchen Schichten des Bodens, zu denen kein Sauerstoff gelangen kann, entstanden sind. Die Ferrosalze trüben zunächst das Wasser nicht. Steht dasselbe aber einige Zeit an der Luft, oder wird es erhitzt, so entweicht die CO_2 des Bikarbonats und es erfolgt Oxydation, so daß sich braune Flocken von Eisenoxydhydrat abscheiden, die dem Wasser ein unappetitliches Aussehen verleihen und dasselbe für Wäsche, für die Bereitung von Tee, Kaffee usw. völlig unbrauchbar machen. In eisenhaltigem Wasser kommt es außerdem besonders leicht zur Wucherung gewisser Pilze, welche nur in eisenhaltigem Wasser gedeihen, die Ferroverbindungen zu Ferrihydrat oxydieren und letzteres zum Teil in ihrer Leibessubstanz ablagern. So kann namentlich der sog. Brunnenfaden, Crenothrix, für eine Wasserversorgung verhängnisvoll werden, indem er dicke weißliche oder durch Einlagerung von Eisen braun gefärbte Pilzrasen liefert, die das Wasser trüben und unappetitlich machen.

Seltener entsteht aus dem FeS_2 von Schlickschichten, die in Flußtälern oft in großer Ausdehnung abgelagert sind, oder aus den Pyriten tieferer Bodenschichten Ferrosulfat, $FeSO_4$; das Wasser schmeckt dann intensiv tintenartig; die Trübung an der Luft erfolgt viel langsamer, unter Bildung von basischem Ferrisulfat und freier Schwefelsäure.

Offenbar in großer Verbreitung kommt neben dem Eisen Mangan im Grundwasser vor, in Form von Manganobikarbonat oder (häufiger) Manganosulfat. Mangan findet sich neben FeS_2 in Schlickschichten, wird bei deren Austrocknung zu $MnSO_4$ oxydiert und tritt als solches allmählich in das Grundwasser über; größere Mengen scheinen sich

zuweilen aus tiefliegenden Reservoiren in großen Quantitäten den überlagernden Grundwasserschichten beizumengen. Beim Stehen manganhaltigen Wassers bilden sich sehr allmählich braune bis schwarze Ausscheidungen von höheren Oxydationsstufen des Mangans; sofortige Abscheidung tritt durch Soda- oder Seifenzusatz namentlich bei gleichzeitigem Kochen ein, so daß Wäsche in ähnlicher Weise wie durch eisenhaltiges Wasser geschädigt wird. Auch entstehen Niederschläge im Rohrnetz, und gewisse Crenothrixarten scheinen gerade in Mn-haltigem Wasser besonders zu wuchern. — Eine gesundheitsschädliche Wirkung des Mn-haltigen Wassers liegt nicht vor; aber die aufgezählten Unannehmlichkeiten sind so erheblich, daß das Mangan als Wasserbestandteil mit Recht sehr gefürchtet ist; um so mehr, als seine Beseitigung keineswegs ebenso leicht wie die des Eisens und gleichzeitig mit diesem gelingt (s. unten).

Fehlen grob sichtbarer Verunreinigungen. Eine Wasserentnahmestelle in verschmutzter Umgebung und mit offenbarer Berührung mit Abfallstoffen des menschlichen Haushalts, ebenso eine Vernachlässigung der Brunnenanlage selbst macht das Wasser unappetitlich und für empfindlichere Menschen zum Genuß ungeeignet. Daher ist Flußwasser zu verwerfen. das die Entleerungen von Schiffern und Dampferpassagieren, die Abflüsse von Aborten, Düngstätten usw. aufnimmt; ferner Wasser aus Brunnen, in deren Umgebung die Bodenoberfläche stark verunreinigt ist und in deren Nähe Abortgruben, Düngerhaufen, Rinnsteine sich befinden. Auch Defekte am Brunnen, undichte Deckungen, Vermodern der Holzteile können Unappetitlichkeit des Wassers bedingen und sind zu beanstanden.

2. Die **Härte** eines Wassers ist bedingt durch Kalk- und Magnesiasalze, die entweder aus Bodenbestandteilen gelöst sind (z. B. aus Gipslagern als $CaSO_4$, aus $CaCO_3$-lagern unter Mitwirkung von CO_2 als $Ca(HCO_3)_2$) oder dem Harn und den Fäzes entstammen. Kalzium- und Magnesiumbikarbonat machen die vorübergehende Härte aus, d. h. die Härte, welche nach dem Kochen oder längerem Stehen des Wassers verschwindet, weil die lösende CO_2 abdunstet und unlösliche Monokarbonate als Niederschlag an Wandungen und Boden des Gefäßes (Kesselstein) zurückbleiben. Kalzium- und Magnesiumsulfat, -nitrat usw. dagegen bedingen die bleibende Härte, die auch nach dem Kochen des Wassers unverändert fortbesteht. — Man bemißt die Härte eines Wassers nach (deutschen) Härtegraden, von denen ein Grad so viel Kalk- und Magnesiaverbindungen anzeigt, daß sie in bezug auf die Zerlegung einer Seifenlösung sich verhalten wie eine Lösung von 1 mg CaO in 100 ccm Wasser.

Zu weiches Wasser ist insofern nicht angenehm, als es etwas faden

Geschmack haben kann; ob, wie neuerdings behauptet wird, weiches Wasser die Zahnkaries erheblich befördert, muß als zweifelhaft angesehen werden, da die im Wasser im Mittel aufgenommenen 1—2 g Salze einen zu kleinen Bruchteil der täglich mit der Nahrung erfolgenden Salzzufuhr (20—70 g) ausmachen. — Zu hartes Wasser hat dagegen mancherlei Unannehmlichkeiten: es ist zum Kochen gewisser Speisen (Hülsenfrüchte, Tee, Kaffee) ungeeignet, weil sich unlösliche Verbindungen zwischen den Kalksalzen und Bestandteilen dieser Nahrungsmittel herstellen. — Technisch kommt außerdem in Frage, daß zum Waschen mit hartem Wasser eine abnorm große Menge von Seifen konsumiert werden muß, weil ein großer Teil der Seife durch die Kalksalze zerlegt wird; ferner daß hartes Wasser, namentlich solches mit vielen Bikarbonaten, wegen massenhafter Kesselsteinbildung zur Speisung der Dampfkessel ungeeignet ist.

Ein sehr hoher, 20° überschreitender Gehalt an Kalksalzen (namentlich Kalziumsulfat und Magnesiasalzen) scheint vielleicht bei manchen Menschen gastrische Störungen zu bewirken oder wenigstens eine allmähliche Gewöhnung vorauszusetzen.

3. **Wasser als Krankheitsursache.** Mehrfach sind durch Wassergenuß Vergiftungen hervorgerufen, und zwar durch einen Gehalt an Arsen- oder Bleiverbindungen. Arsen gelangte früher namentlich durch Abwässer der Anilinfarben in großen Mengen ins Grundwasser. Ferner ist in den Abfallstoffen der Gerbereien, welche Arsenverbindungen zur Enthaarung benutzen, reichlich Arsen enthalten und dieses kann bei geeigneten Bodenverhältnissen von den Lagerstätten der Abfallstoffe aus nachhaltig und weit in das Grundwasser vordringen. — Ein bedenklicher Bleigehalt des Wassers kommt häufiger nur vor durch Aufnahme aus den Bleirohren der Wasserleitungen (s. unter „Wasserversorgung").

Viel bedeutungsvoller ist die Rolle, welche das Wasser beim Zustandekommen von Erkrankungen durch tierische und pflanzliche Parasiten spielt.

A. Tierische Parasiten.

In der tropischen und subtropischen Zone kommen bei primitivem Wasserbezug folgende Parasiten in Betracht:

a) Die Amöben, welche Dysenterie erzeugen (s. Kapitel X), scheinen durch ungereinigtes Oberflächenwasser, z. B. Nilwasser, Verbreitung finden zu können.

b) Schistosomum (Distoma) haematobium, zu den Trematoden gehörig. Platter, 12 mm langer Wurm, das Männchen umschließt das Weibchen. Ruft durch seine Ansiedelung in den Venen der Pfortader und der Harnblase in Ägypten, China usw. die Bilharziakrankheit hervor. Meist entsteht nur

Blasenkatarrh mit Blut und Eiterausscheidung, der ausheilt; zuweilen tödliche Nephritis. In den im Harn entleerten Eiern finden sich Miracidien, die in Wasser ausschlüpfen. Ein Zwischenwirt ist nicht bekannt; vermutlich dringen die Miracidien beim Baden in infiziertem Wasser von der Haut aus ein.

c) Filaria Medinense, Medinawurm, zu den Nematoden gehörig, 50 bis 80 mm lang, 0·5—1·7 mm dick, in Hautgeschwüren, namentlich am Fußgelenk. Die zahlreichen Larven wandern in kleine Wasserkrebse (Cyclops quadricornis) ein; die Weiterentwickelung ist noch unbekannt. Von den Cyklopiden aus scheinen sie auf den Menschen übergehen zu können.

Im gemäßigten Klima sind gelegentlich, im Verhältnis zu den auf anderem Wege erfolgten Infektionen sehr selten Übertragungen von

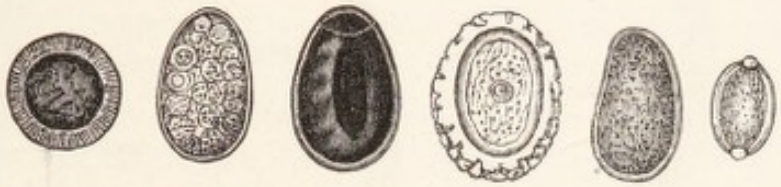


Fig. 10. Helmintheneier. *a* Ei von Taenia solium. 500:1. *b* Unreifes, *c* reifes Ei von Botriocephalus latus. 500:1. *d* Ei von Ascaris lumbricoïdes. 500:1. *e* Ei von Oxyuris vermicularis. 500:1. *f* Ei von Trichocephalus dispar. 500:1.

Eiern von Eingeweidewürmern (von Nematoden wie Ascaris lumbricoïdes, Oxyuris vermicularis und von Cestoden wie Taenia solium, T. saginata und Botriocephalus latus) durch Wasser beobachtet; jedoch nur bei Oberflächenwasser und primitiver Anlage.

Bei bestimmten Kategorien von Arbeitern werden häufige Infektionen mit Anchylostomum duodenale auf Wasser zurückgeführt.

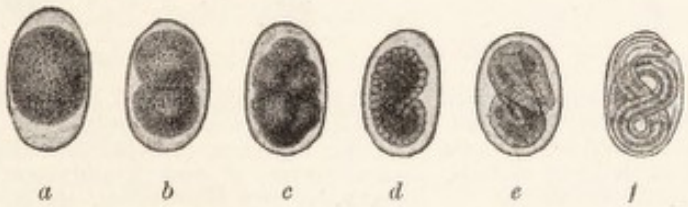


Fig. 11. 6 Stadien aus der Embryonalentwickelung des Anchylostoma; *a*, *b* und *c* finden sich gelegentlich in frischen, *d*, *e* und *f* nur in älteren Stühlen. 200:1.

Der zu den Nematoden gehörige Wurm, der 10—13 mm lang wird, lebt im Jejunum und Duodenum des Menschen, wechselt oft seinen Sitz und macht daher viele kleine Wunden in der Submukosa. Schädigend wirken teils die Blutverluste, namentlich aber vom Wurm produzierte Toxine. 1854 zuerst in Ägypten beobachtet, 1880 bei den Arbeitern des Gotthard-Tunnels, dann bei den Ziegelarbeitern in der Nähe von Köln, jetzt hauptsächlich bei Bergarbeitern in Belgien, Ungarn, im Aachener und Dortmunder Revier; stets nur in tiefen, über 20° warmen Bergwerken. — Die Eier des Wurms werden mit den Fäzes ausgeschie-

den, oft sehr zahlreich, in 1 g Kot können 20000 Eier vorkommen. Die Ausbildung der Larve und das Ausschlüpfen der letzteren erfolgt erst, wenn der Kot bei 25—30° Wärme, Luftzutritt und womöglich Dunkelheit in feuchtes Substrat gelangt. Die eben ausgeschlüpfte Larve ist 0,2 mm lang, wächst in 3—5 Tagen zu 0,8 mm Länge heran; dann erfolgt Häutung; darauf bereitet sich eine neue Häutung vor, indem die alte Cuticula sich abhebt und unter ihr eine neue entsteht (fälschlich

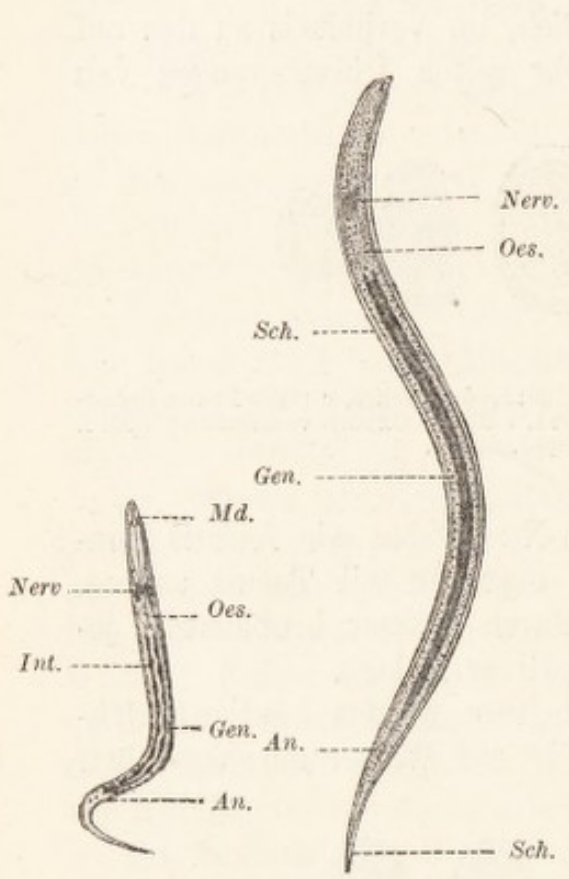


Fig. 12. Larve von Anchyl. duodenale kurz nach dem Ausschlüpfen. 110:1.

Fig. 13. Reife („encystierte") Larve des Anchylostoma, 110:1. *Sch.* die den Körper umhüllende alte Haut („Scheide").

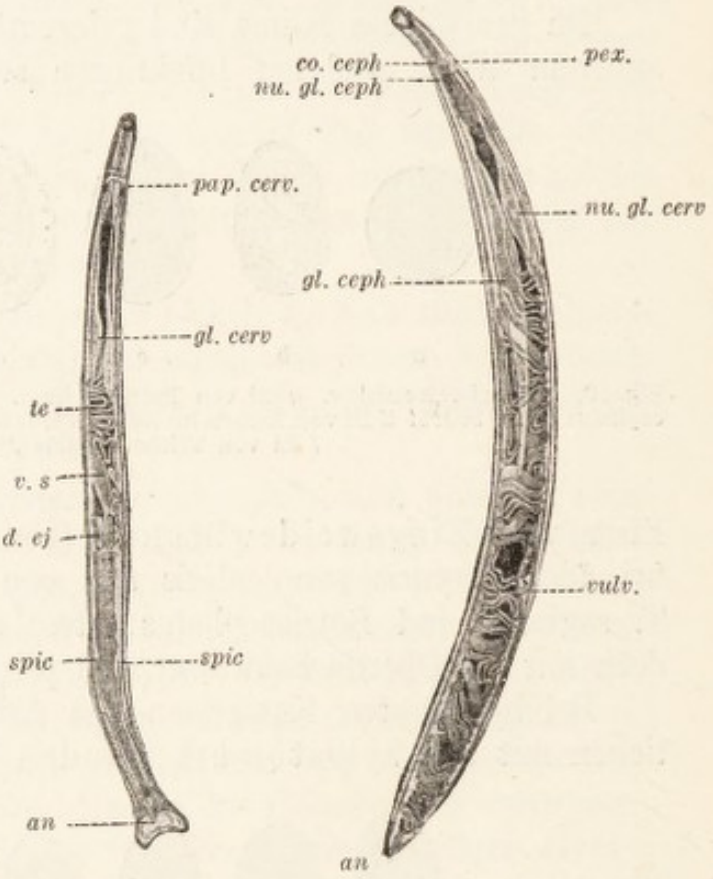


Fig. 14. Anchylystomum duodenale, links Männchen vom Rücken, rechts Weibchen von der Seite; Vergr. ca. 10. *an* Anus, *co. ceph* Nervensystem, *d. ej* Ductus ejaculatorius, *gl. ceph* Kopfdrüsen, *nu. gl. ceph* deren Kerne, *gl. cerv* Halsdrüsen, *nu. gl. cerv* deren Kerne, *pap. cerv* Halspapillen, *p. ex* Exkretionsporus, *spic* Spicula, *te* Hoden, *v. s* Samenblase, *vulv* Vulva. (Nach Loos.)

als Encystierung bezeichnet). Diese reife Larve kann 6 Monate ohne Nahrung und in trockenem Substrat existieren; sie allein vermittelt die Infektion, nicht die Eier, nicht die jungen Larven. Entweder erfolgt die Infektion per os; im Darm vollziehen sich mehrfache Häutungen, 8 Tage nach der letzten sind die Würmer geschlechtsreif, und es kommt zur Begattung. Das getrunkene Wasser konnte aber in vielen Fällen, wo für Trinkwasser gut gesorgt war, nicht die Schuld tragen. Loos hat dann gefunden, daß auch durch die unversehrte Haut Eindringen des Parasiten erfolgen kann; unter Zurücklassung der Scheide

bohren sich die Larven in die Cutis, gelangen direkt oder auf dem Umwege durch Lymphbahnen ins Blut, mit diesem ins rechte Herz, von da in die Lunge, kriechen die Bronchien aufwärts und vom Kehldeckel ab den Ösophagus abwärts bis ins Duodenum, wo sie nach 5—7 Wochen anlangen. — Die Gefahr der Übertragung liegt daher auch schon beim bloßen Hantieren mit Schlamm oder unreinem Wasser vor (Prophylaxe s. Kap. „Gewerbehygiene").

B. Pflanzliche Parasiten.

Infektionen durch pathogene Bakterien, die mit Wasser eingeführt sind, kommen häufig zur Beobachtung. Die meisten explosionsartigen Massenausbrüche von Cholera asiatica sind durch Wasser und die in diesem enthaltenen Cholerabazillen verursacht. Die Verteilung der Erkrankungen bei der Choleraepidemie in Hamburg 1892 und verschiedene ähnliche Beobachtungen beseitigen jeden Zweifel daran, daß das Wasser oft das gemeinsame Transportmittel für die infektiösen Keime ist (s. Kap. X). — Ebenso sind zahlreiche kleinere Gruppenepidemien und Massenausbreitungen von Typhus abdominalis, die durch das gleichzeitige plötzliche Auftreten der Erkrankungen ausgezeichnet waren, auf Trinkwasserinfektion zurückzuführen, weil das Gebiet des gleichen Wasserbezugs und das der Typhusausbreitung sich genau deckte und andere gemeinsame Vehikel ausgeschlossen werden konnten. In mehreren derartigen Fällen ist es auch gelungen, Typhusbazillen in dem verdächtigen Wasser aufzufinden. Manche andere gastrische Erkrankungen sind ebenfalls mit höchster Wahrscheinlichkeit auf Wassergenuß und damit eingeführte Krankheitserreger zu beziehen; z. B. nach Flußbädern beobachtete Fälle von sogenannter Weilscher Krankheit, die auf den Bac. proteus fluorescens zurückgeführt wird (neuerdings bestritten). — Auch Beziehungen zwischen den Todesfällen an Diarrhoea infantum und dem Bakteriengehalt des als Trinkwasser benutzten Flußwassers sind in Hamburg, Dresden, Berlin (koinzidierend mit Eisgang oder Überschwemmung des Geländes und zu anderer Jahreszeit als die Sommerdiarrhöen der Kinder) hervorgetreten.

4. In **ausreichender Menge** ist ein Wasser dann vorhanden, wenn pro Tag und Kopf etwa 150 Liter zur Verfügung stehen. Das Minimum des Bedarfs für den Genuß und die Speisenbereitung ist auf Schiffen zu etwa 4 Liter pro Kopf und Tag ermittelt. Bei frei gestelltem Konsum beziffert sich der Bedarf inkl. des zur Reinigung des Körpers, des Hauses, der Straßen usw., ferner des von den industriellen Anlagen verbrauchten Wassers auf 100—200 Liter, verschieden je nach den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung und der Ausdehnung der In-

dustrie. Von der gesamten Verbrauchsmenge entfallen etwa $^2/_3$ auf die Tagesstunden von 8 Uhr früh bis 6 Uhr abends; der stärkste Konsum findet statt von 11—12 Uhr vormittags und 3—4 Uhr nachmittags (10% des Tagesverbrauchs in 1 Stunde); ferner am Sonnabend und in den Perioden, wo Straßen und Gärten gesprengt werden.

Daß das Wasser in reichlichsten Mengen und tunlichst billig zur Disposition gestellt wird, ist eine vom hygienischen Standpunkt aus sehr wichtige Forderung. Nur dann kann die Wasserversorgung zu größerer Reinlichkeit der Bevölkerung und damit zur Beseitigung großer Mengen von Infektionserregern Anlaß geben.

C. Untersuchung und Beurteilung des Trinkwassers.

Keine der natürlichen Bezugsquellen des Wassers entspricht unter allen Umständen den hygienischen Anforderungen; in jedem Einzelfall hat vielmehr hierüber eine besondere Untersuchung zu entscheiden. Diese umfaßt: 1. die sog. „Vorprüfung"; 2. die chemische Untersuchung; 3. die mikroskopische Untersuchung; 4. die bakteriologische Untersuchung; 5. die Lokalinspektion.

1. **Die Vorprüfung** soll vorzugsweise über Wohlgeschmack und Appetitlichkeit des Wassers entscheiden. Außer einfacher sinnlicher Prüfung auf Geruch, Geschmack und Temperatur kann letztere durch Thermometer ermittelt werden, und zwar da, wo das Wasser geschöpft werden muß, mit unempfindlich gemachten Thermometern (s. S. 108) oder mit sog. Schöpfthermometern, bei welchen die Kugel in einem kleinen mit Wasser sich füllenden Behälter steckt. — Bei der Geschmacksprüfung ist zu beachten, daß Temperatur, CO_2-gehalt und Härte des Wassers die Schmeckbarkeit von Salzen beeinflussen. Im allgemeinen wird ClNa bei 400 mg, $MgCl_2$ bei 100 mg in 1 Liter schmeckbar.

Farbe und Klarheit sind nach dem Augenschein an Proben von größerer Schichthöhe zu beurteilen. — Am wichtigsten ist die Ermittlung von gelöstem Eisen oder Mangan, das anfänglich das Wasser völlig klar erscheinen läßt und erst nachträglich Trübung bewirkt. Man muß daher die Probe beobachten, nachdem man sie längere Zeit in Berührung mit Luft hat stehen lassen, oder nachdem man dieselbe gekocht hat (bei Manganverdacht mit Sodazusatz).

2. Die **chemische** Untersuchung.

Dieselbe hat zunächst die Vorprüfung des Wassers auf Klarheit zu ergänzen, indem man einen Gehalt an gelöstem Eisen nachzuweisen sucht. Falls nicht zu kleine Mengen Ferrosalz vorliegen, erhält man

schon beim Einwerfen eines kleinen Kristalls Ferricyankalium grünblaue Färbung. Genaueres s. im Anhang.

Mangansalze werden oxydiert zu Übermangansäure, welche die Probe rosa färbt, und zwar entweder durch Kochen mit HNO_3 und PbO_2 oder durch Ammonpersulfat (s. im Anhang).

Ferner gibt die chemische Untersuchung über die Härte eines Wassers Auskunft. Die Bestimmung erfolgt entweder gewichtsanalytisch oder durch Titrieren mit Seifenlösung: Die Seife setzt sich mit den Kalk- und Magnesiasalzen um (es entsteht unlöslicher fettsaurer Kalk, und die Säure der Kalksalze verbindet sich mit dem Alkali der Seife), solange noch Kalk und Magnesia vorhanden sind; erst nachher bleibt bei weiterem Zusatz Seife als solche bestehen und dies wird kenntlich durch die starke Schaumbildung beim Schütteln (s. im Anhang).

Von Krankheitsursachen vermag die chemische Analyse die Gegenwart von Blei und Arsen zu ermitteln. Zum Nachweis von Blei versetzt man die Probe mit etwas Essigsäure und Schwefelwasserstoff; ein Bleigehalt verrät sich durch braune bis braunschwarze Färbung. — Arsen ist durch H_2S abzuscheiden, dann in Oxydverbindung überzuführen und im Marshschen Apparat zu prüfen; oder etwas Wasser wird direkt einer Kultur von Penicillium brevicaule (s. Kap. X) zugesetzt; nach 1—2 Tagen zeigt sich knoblauchartiger Geruch bei Anwesenheit von Arsen.

Außerdem hat man aus der chemischen Untersuchung Schlüsse zu ziehen versucht auf die Infektionsgefahr und die Appetitlichkeit eines Wassers. In dieser Absicht hat man namentlich: a) die „organischen Stoffe“ bestimmt. Da die Ermittlung der gesamten organischen Stoffe auf Schwierigkeiten stößt, begnügt man sich, nur einen Bruchteil der organischen Stoffe zu bestimmen, welcher leicht oxydabel ist, und zwar denjenigen, welcher bei einer bestimmten Behandlung mit Kaliumpermanganatlösung den Sauerstoff der letzteren absorbiert und dieselbe dadurch entfärbt. b) Ammoniak, das fast stets nur in Spuren vorhanden ist, qualitativ durch das Nesslersche Reagens. c) Nitrite, ebenfalls stets in sehr geringer Menge vertreten, durch Zinkjodidstärke; oder Diamidobenzol und Schwefelsäure; oder Sulfanilsäure und schwefelsaures α-Naphthylamin. d) Nitrate, qualitativ durch Brucinlösung oder durch Diphenylamin; quantitativ durch Titrieren mit Indigolösung oder Überführen der Salpetersäure in Stickoxyd und Messen des letzteren im Eudiometer. e) Chloride durch Titrieren mit Silbernitratlösung von bekanntem Gehalt. f) Die Menge der anorganischen Salze läßt sich namentlich bei fortlaufenden Untersuchungen desselben Wassers mit Vorteil bestimmen durch die elektrische Leitfähigkeit des Wassers. g) Unter Umständen hat auch

die Bestimmung der Radioaktivität eines Wassers Interesse. — Genaueres über alle diese Untersuchungsmethoden s. im Anhang.

Die Resultate der chemischen Untersuchung sind indes nicht geeignet, um Folgerungen für die Gesundheitsgefährlichkeit eines Wassers abzuleiten. — Zunächst sei betont, daß alle untersuchten Substanzen, Nitrate, Nitrite, Chloride usw., selbst in der Menge, die in sehr stark verunreinigten Wässern vorkommt, nicht direkt die Gesundheit zu beeinflussen vermögen.

Auch den organischen Stoffen kann eine toxische Wirkung nicht zukommen. Allerdings werden bei der Fäulnis auch giftige Substanzen produziert, aber immer in außerordentlich geringer Menge gegenüber den anderen Fäulnisprodukten. Es ist von vornherein völlig unwahrscheinlich, daß in den geringen Quantitäten organischer Stoffe, welche ein Trink- oder Brauchwasser enthält, jemals Gifte in ausreichender Menge vorhanden sind, um toxische Symptome zu veranlassen. Außerdem ist aber experimentell auf das bestimmteste erwiesen, daß selbst die unreinsten Wässer, wenn sie bei niederer Temperatur stark konzentriert und Tieren injiziert werden, erst dann giftige Wirkung äußern, wenn auch der eingeäscherte Rückstand in der gleichen Dosis wirkt. Irgendwelche organische Gifte sind daher auszuschließen.

Indirekt könnte aber eine Gefährdung der Gesundheit durch jene Stoffe insofern angezeigt werden, als sie auf die Anwesenheit von Infektionserregern im Wasser oder in der Umgebung des Wassers hindeuten. Speziell für die Verhältnisse des Grundwassers hat man sich in dieser Beziehung früher unrichtige Vorstellungen gemacht.

Man glaubte, daß Zersetzungs- und Fäulnisprozesse identisch seien mit Infektionsgefahr, und man hielt jedes Wasser für infektionsverdächtig, welches Spuren von Abfallstoffen und Fäulnisprozessen aufwies. In diesem Sinne sah man größere Mengen organischer Stoffe im Wasser als bedenklich an und glaubte, namentlich in den durch Chamäleon rasch oxydabeln Stoffen leicht zersetzliche und besonders gefährliche Verbindungen erblicken zu müssen. Ammoniak und Nitrite sollten als Zeichen dafür angesehen werden, daß nicht die normale Nitrifikation der organischen Stoffe im Boden stattfindet, sondern abnorme Fäulnis- und Reduktionsprozesse. Ferner sollte die Menge der Nitrate der Menge der in den umgebenden Boden eingetretenen Abfallstoffe entsprechen; ebenso sollten die Chloride, die hauptsächlich dem Kochsalz des Harns entstammen und unverändert den Boden passieren, sich als Indikator der Verunreinigung mit Abfallstoffen eignen.

In den letzten Jahrzehnten sind wir indes zu der Erkenntnis gelangt, daß Fäulnis- und Zersetzungsprozesse mit Infektionsgefahr keineswegs identisch sind; für letztere sind nur spezifische Mikroorganismen,

nicht saprophytische Bakterien von Belang. Außerdem besteht aber kein Parallelismus zwischen jenen durch die Analyse im Wasser ermittelten chemischen Substanzen und seinem Gehalt an irgendwelchen saprophytischen und infektiösen Mikroorganismen. Denn die Wege, auf denen jene Substanzen und andererseits die Organismen ins Wasser gelangen, sind, wie wir oben gesehen haben, ganz verschieden und völlig unabhängig voneinander. Organische Stoffe, Nitrate, Ammoniak, Nitrite, Chloride gehen langsam durch den gewachsenen Boden ins Grundwasser; für die Organismen dagegen ist dieser Weg verschlossen, sie geraten nur durch Undichtigkeiten der Entnahmestelle ins Wasser. Ist ein Boden noch so reichlich mit organischen Stoffen, Nitraten usw. durchsetzt, und treibt man durch solchen Boden ins Grundwasser ein eisernes Rohr, das man von den von der Oberfläche verschleppten Bakterien durch Desinfektion befreit, so gewinnt man aus diesem Rohr anhaltend ein keimfreies, wenn auch chemisch sehr stark verunreinigtes Wasser. — Gelegentlich können wohl Defekte der Entnahmestelle und grobe Zutrittswege für Organismen mit Bodenverunreinigung zusammentreffen; aber meist fehlt jeder Parallelismus.

Noch eine andere Beziehung ist zwischen den chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eines Trinkwassers und infektiösen Organismen denkbar: jene könnten dem Wasser erst die erforderlichen Nährstoffe zuführen, ohne welche eine Wucherung der Infektionserreger nicht zustande kommt. Aber auch diese Annahme läßt sich, wie unten erörtert wird, nicht aufrecht erhalten. In stärker gebrauchtem Trinkwasser kommt es anscheinend überhaupt zu keiner Wucherung hineingelangter Krankheitserreger, sondern höchstens zu einer Konservierung, die auch für die Erklärung etwa daraus entstandener Infektionen völlig ausreicht.

Somit ist das Resultat der chemischen Untersuchung belanglos für die Feststellung der Infektionsgefahr eines Wassers.

Unter Umständen läßt sich aber aus der chemischen Analyse ein Anhalt gewinnen für die Beurteilung der Appetitlichkeit der Anlage. Sind reichlich organische Stoffe, viel Chloride und Nitrate vorhanden, so entstammt das Wasser einem mit Abfallstoffen übersättigten Boden, und das Wasser könnte bei weiterer Verschmutzung der Umgebung sogar in grobsinnlicher Weise unappetitlich werden.

Aber auch hier ist Vorsicht im Urteil angezeigt: bei gleicher Bodenverunreinigung zeigt das Grundwasser sehr verschieden starke Verunreinigung je nach der Durchlässigkeit des Bodens, nach der Benutzung des Brunnens, nach dem Zutritt von Flußwasser usw. Nur wenn gleichzeitig an mehreren Stellen die chemische Beschaffenheit des Grundwassers festgestellt wird, für das fragliche Wasser aber erheblich höhere Zahlen gefunden werden als an den anderen

Stellen, ist der Schluß auf eine abnorme Verschmutzung der Anlage berechtigt. — Sind in einem Grundwasser aus größerer Tiefe nur einzelne Substanzen in größerer Menge vorhanden, z. B. organische Stoffe und Ammoniak, so können diese auch alten Huminlagern entstammen und mit Abfallstoffen nichts zu tun haben.

Ferner ist die chemische Untersuchung oft wertvoll bei fortlaufender Kontrolle des Wassers einer zentralen Versorgungsanlage. Auffällige Änderung in der chemischen Beschaffenheit, Zunahme der von Bodenverunreinigung herrührenden Substanzen kann auf Abnormitäten im Rekrutierungsgebiet des Wassers aufmerksam machen.

3. Die **mikroskopische** Untersuchung. Im mikroskopischen Präparat, das man aus dem Absatz des 12—14 Stunden gestandenen Wassers anfertigt, findet man neben mineralischen Bestandteilen zunächst mancherlei pflanzlichen oder tierischen Detritus. Reste von mehr oder weniger verdauten Fleischfasern sind bedenklich, weil sie auf Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien deuten. Erheblich bedeutungsvoller ist der Nachweis tierischer Parasiten in Form von Eiern der oben (S. 135) genannten Eingeweidewürmer.

In großer Menge und Mannigfaltigkeit finden sich saprophytische Rhizopoden, Flagellaten und Infusorien im Wasser. In den Oberflächenwässern sind sie allverbreitet; in Cystenform sind die meisten sehr lange haltbar. Beim Durchgang des Wassers durch feinporigen Boden werden sie wie die Bakterien abfiltriert; sie finden sich daher nicht in steril entnommenem Grundwasser. Dagegen sind fast stets einzelne Protozoen in dem aus den üblichen Wasserversorgungen entnommenen Wasser, weil sie an Teilen der Brunnenanlage, Leitungsrohren usw. in Cystenform lange lebendig bleiben. Ihr Nachweis kann durch längeres Stehenlassen des Wassers, eventuell unter Zusatz von Salatinfus, erfolgen. Amöben sind auch in Petrischalen auf Agar (0·5 + 10·0 Bouillon + 90 Wasser) zu züchten, stets mit zahlreichen Bakterien, die sich zuerst ausbreiten und denen die Amöben folgen. Nach einiger Zeit bilden sich auch hier Cysten, die Monate haltbar sind.

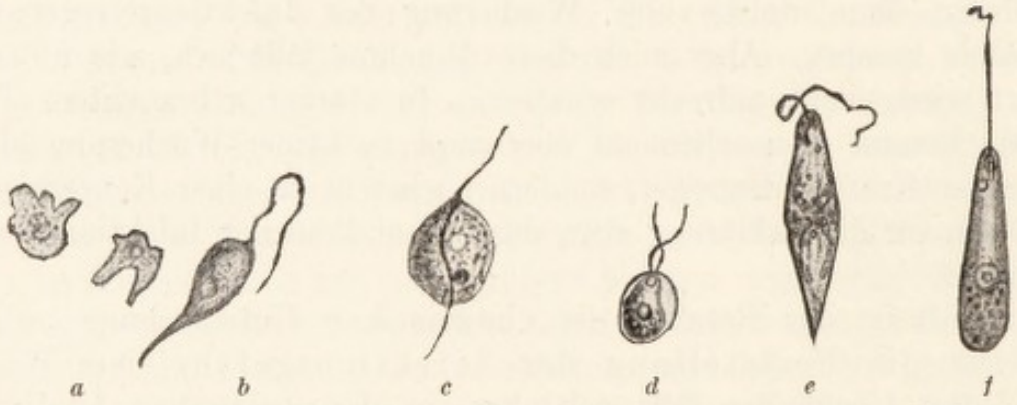


Fig. 15. Sarcodinen und Flagellaten: *a* Amoeben. 400:1. *b* Cercomonas. 400:1. *c* Bodo globosus. 700:1. *d* Polytoma uvella. 175:1. *e* Euglena viridis. 200:1. *f* Peranema. 175:1.

Finden sich im frisch entnommenen Wasser größere Mengen dort gewucherter Protozoen, so ist die Ermittelung der Arten für die Beurteilung der

Verunreinigung des (Oberflächen-)Wassers von einiger Bedeutung. Zu den sogenannten Poly- und Mesosaprobiern, die bei starker und mittlerer Verunreinigung in den Vordergrund gelangen, gehören z. B. die in Fig. 15 und 16 abgebildeten Sarcodinen, Flagellaten und Ciliaten. In reinem Wasser kommen chlorophyllhaltige Algen und Diatomeen zur Herrschaft. — Über die in Abwässern wuchernden Organismen s. Kap. VII.

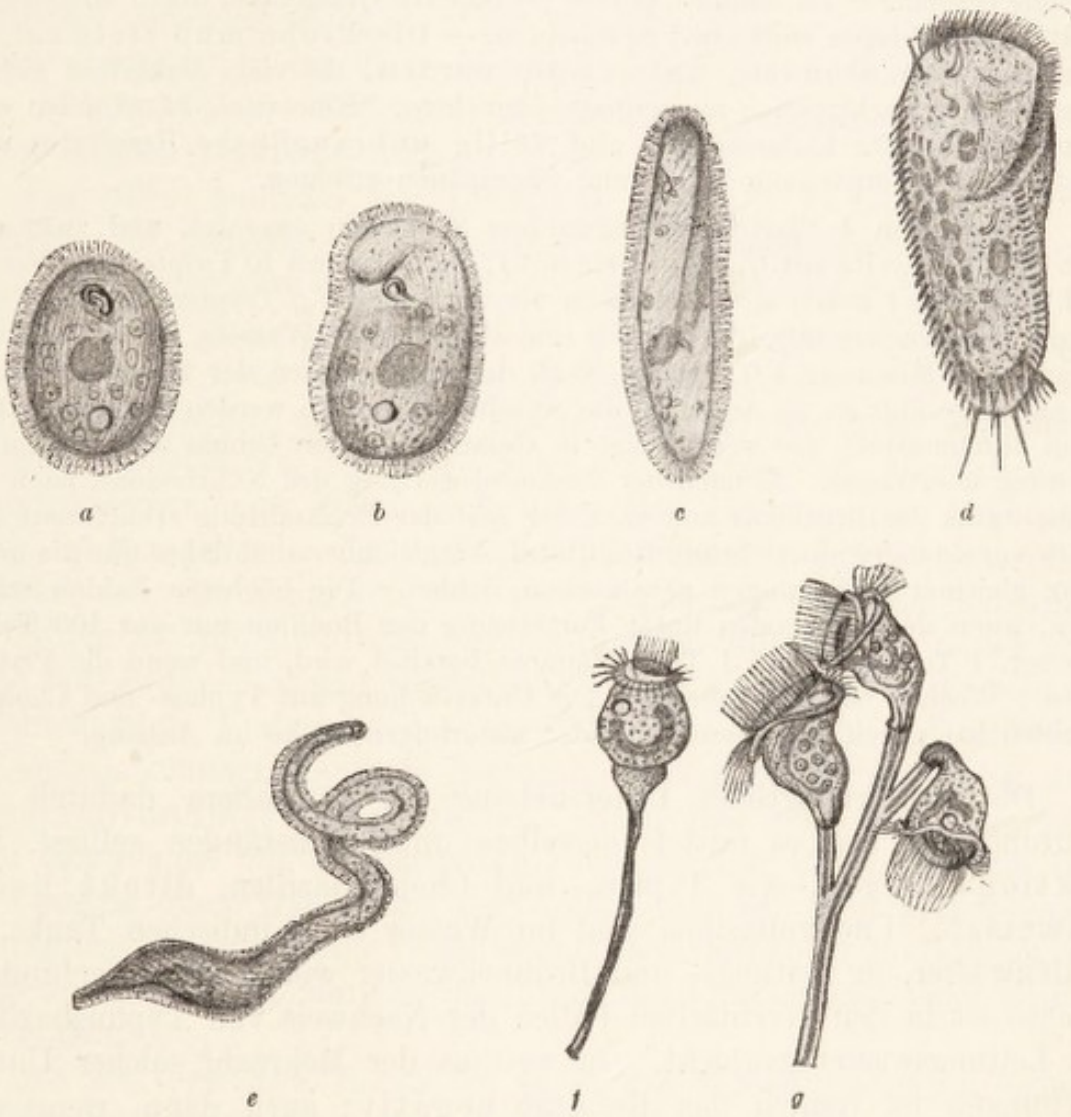


Fig. 16. Infusorien:
a Glaucoma. 175:1. *b* Colpidium colpoda. 175:1. *c* Paramaecium caudatum. 175:1. *d* Stylonichia. 175:1. *e* Lacrymaria olor. 175:1. *f* Vorticella. 175:1. *g* Carchesium. 175:1.

Ob der Protozoenuntersuchung unter Umständen eine entscheidende symptomatische Bedeutung für die Beurteilung eines Wassers zukommen kann, ist zweifelhaft. Frühere Beobachtungen sind meist ohne die nötigen Kautelen gegen zufälliges Eindringen von Keimen (nicht sterilisierte Gefäße usw.) gemacht; ebenso sind die Wucherungsbedingungen nicht genügend berücksichtigt.

4. Zur **bakteriologischen** Untersuchung des Wassers ist stets das Kulturverfahren anzuwenden.

Man bedient sich für gewöhnlich der im Anhang beschriebenen Gelatineplattenkultur. — Besondere Vorsicht ist bei der Probenahme des Wassers

zu beachten, damit fremde Bakterien vollkommen ausgeschlossen bleiben. Das Wasser ist entweder in sterilisierte und mit Wattepfropf verschlossene Reagensgläser einzufüllen, die sofort nach der Füllung wieder mit dem Wattepfropf zu schließen sind. Wenn längerer Transport erforderlich ist, benutzt man sterilisierte Glasstopfenflaschen oder Flaschen mit Patent-Gummiverschluß. Meist sind auch aus größerer Tiefe, bezw. aus dem Schlamm des Brunnens Proben mittels besonderer Entnahmeapparate (evakuierte Glasgefäße, deren ausgezogene Spitze abgeschlagen wird usw.) zu schöpfen. — Die Probe muß stets sofort, innerhalb 3 Stunden, untersucht werden, da viele Bakterien sich in dem Wasser nachträglich massenhaft vermehren. Eine nach 24 Stunden oder später angestellte Untersuchung gibt völlig unbrauchbare Resultate; mindestens muß Verpackung in Eis und Sägespänen erfolgen.

Es werden 4 Platten in Petrischen Schälchen angelegt, und zwar eine mit $^1/_{100}$, die zweite mit $^1/_{10}$, die dritte mit 1, die vierte mit 10 Tropfen des Wassers (20 Tropfen = 1 ccm); zum Abmessen von $^1/_{100}$ und $^1/_{10}$ Tropfen verdünnt man 1 ccm des Wassers mit 100 bezw. 9 ccm sterilisierten Wassers, mischt und entnimmt der Mischung 1 Tropfen. Nach dem Auswachsen der Kolonien werden dieselben gezählt (s. im Anhang); die einzelnen Kolonien werden mit dem Mikroskop durchmustert und verdächtige in Gelatineröhrchen behufs weiterer Untersuchung übertragen. Je nach der Zusammensetzung des Nährbodens, nach der Temperatur des Brütofens und nach der Zeit der Beobachtung erhält man sehr stark voneinander abweichende Resultate. Vergleichbar sind daher nur die unter ganz gleichen Bedingungen gewonnenen Zahlen. Die höchsten Zahlen erhält man, wenn der Nährboden unter Fortlassung der Bouillon nur aus 100 Teilen Wasser, 1 Teil Agar und 1 Teil Albumose bereitet wird, und wenn die Platten etwa 3 Wochen bei 25° stehen. — Die Untersuchung auf Typhus- und Cholerabazillen hat durch besondere Methoden zu erfolgen; siehe im Anhang.

Die bakteriologische Untersuchung ist vor allem dadurch bedeutungsvoll, daß es mittels derselben unter Umständen gelingt, Infektionserreger, wie Typhus- und Cholerabazillen, direkt nachzuweisen. Cholerabazillen sind im Wasser eines indischen Tanks, in Hafenwasser, in Leitungs- und Brunnenwasser wiederholt aufgefunden; ebenso ist in den vereinzelten Fällen der Nachweis von Typhusbazillen im Leitungswasser geglückt. In weitaus der Mehrzahl solcher Untersuchungen ist freilich das Resultat negativ; auch dann, wenn das Wasser zweifellos bei der Ausbreitung der Krankheit ursächlich beteiligt ist, und zwar hauptsächlich deshalb, weil die Untersuchung des Wassers so spät vorgenommen wird, daß die hineingelangten Bakterien mechanisch entfernt oder abgestorben zu sein pflegen.

Man hat daher versucht, die bakteriologische Untersuchung dadurch zum Nachweis der Infektionsgefahr auszunutzen, daß man die Zahl der gesamten im Wasser enthaltenen Keime oder gewisse unter diesen vorhandene Arten als Symptome der Infektionsgefahr aufgefaßt hat. Dies wird weit eher zulässig sein, als die Annahme symptomatischer Beziehungen zwischen den gelösten chemisch nachweisbaren Stoffen und Infektionsgefahr, weil auch die nicht pathogenen

Bakterien doch wenigstens auf denselben Wegen ins Wasser gelangen, wie die pathogenen, während für die chemisch nachweisbaren Verunreinigungen eine ganz andere Art des Zutritts in Betracht kommt.

Die symptomatische Verwertung setzt indessen eine genauere Kenntnis darüber voraus, von welchen Einflüssen die Zahl und das Auftreten verschiedener Arten der in einem Wasser vertretenen Bakterien abhängt; es ist nicht unmöglich, daß durch solche Einflüsse eine symptomatische Beziehung zwischen saprophytischen und pathogenen Keimen verwischt wird.

Vor allem kommen die Herkunft und die Zutrittswege der Bakterien in Betracht. Es bestehen hier vorzugsweise zwei Wege: a) Einwanderung vom Boden aus, in erster Linie von der Bodenoberfläche. Von dieser aus werden die Bakterien durch Niederschläge, Schneeschmelze usw. den Bächen, Flüssen und offenen Leitungen zugeführt und ebenso den durch Klüfte mit der Oberfläche kommunizierenden Quellen (s. S. 128). Sehr oft gelangen sie aber auch in Grundwasserbrunnen, indem sich unter der Deckung des Brunnens, durch Spalten zwischen der undichten Wandung und dem angrenzenden Erdreich, oder durch Spalten, die vom Schlammfang durch die Mauerung des Brunnens hindurchführen, gröbere Wege und mittels dieser Zuflüsse zum Brunnenschacht herstellen (s. S. 149 u. Fig. 17). — In tieferen Bodenschichten finden sich solche Kommunikationen viel seltener. b) Zweitens kommen Keime in Betracht, die von der Errichtung der Wasserentnahmestelle herrühren. Beim Bau eines Brunnens, und wenn dieser auch nur im Eintreiben eines eisernen Rohres besteht, bei der Fassung einer Quelle, bei der Anlage und bei Reparaturen einer Leitung usw. werden durch Verschleppung oberflächlicher Bodenteilchen, durch das verwendete Material und durch die Arbeiter zahlreiche Keime eingebracht.

Das weitere Schicksal der so in das Wasser gelangten Keime ist dann sehr verschieden; sie können sich dort entweder vermehren, oder konserviert werden; oder absterben bezw. mechanisch wieder entfernt werden.

Bezüglich der Vermehrungsfähigkeit im Wasser verhalten sich die einzelnen Bakterienarten so, daß einige im Wasser häufig vorkommende Arten sich ungemein reichlich vermehren, wenn auch das Wasser noch so rein und frei von organischen Beimengungen ist. Dahin gehören sowohl mehrere die Gelatine festlassende, wie auch einige verflüssigende Arten, die gemeinsam als sog. „Wasserbakterien“ bezeichnet werden. — Andere Arten und speziell die meisten pathogenen Bakterien vermehren sich im Wasser nicht oder doch nur für kurze Zeit und in unerheblichem Grade. Der Gehalt eines Wassers an orga-

nischen Substanzen zeigt zu der Zahl der entwickelten Bakterien weniger Beziehung als ein gewisser Salzgehalt. Erst bei relativ großen Mengen von organischen Stoffen scheinen gewisse Bakterien günstig beeinflußt zu werden, aber vorzugsweise saprophytische Arten. Anhaltende Vermehrung von pathogenen Arten erfolgt hauptsächlich an schwimmenden festen Partikeln aus pflanzlichen und tierischen Detritus.

Konservierung der Bakterien wird von allen Wässern, die den üblichen Salzgehalt aufweisen, geleistet; für pathogene Arten mindestens für Wochen, für viele Saprophyten erheblich länger.

Wiederentfernung der Bakterien erfolgt teils durch Absterben, teils durch Absetzen, namentlich in ruhendem Wasser; bei benutzten Leitungen und Brunnen hauptsächlich durch die häufige Wasserentnahme; oft verzehren auch Infusorien große Mengen Bakterien. Pathogene, nicht fortgesetzt wuchernde Keime werden auf diese Weise gewöhnlich nach einigen Wochen wieder entfernt sein, falls nicht kontinuierliche Zufuhr zum Wasser stattfindet. Ein Teil der Bakterien pflegt aber jeder Art von Entfernung, auch der mechanischen, sehr energisch zu widerstehen. Leitungsrohre, Brunnenrohre und -kessel zeigen meist eine schleimige Auskleidung der Wandlungen, die hauptsächlich aus Bakterien besteht und die selbst durch stark fließendes Wasser nicht vollständig beseitigt wird.

Selbstverständlich kommen in ein und demselben Wasser zeitliche Schwankungen des Bakteriengehaltes vor. Wässer aus Flachbrunnen zeigen im Sommer mehr Bakterien als im Winter, Flußwässer verhalten sich oft gerade umgekehrt; plötzliche starke Regengüsse bewirken in offenen oder undichten Wasserreservoiren erhebliche Steigerungen des Bakteriengehaltes. Ferner pflegt durch längeres Pumpen die Anzahl der Mikroorganismen in den Brunnenwässern zu sinken; bei manchen Brunnen bleibt dieser Effekt aus, weil das Grundwasser selbst bakterienhaltig ist, oder weil starke verunreinigende Zuflüsse fortwährend in den Brunnen gelangen. Zuweilen bewirkt das Pumpen sogar eine Steigerung der Bakterienzahl durch Aufrühren des abgelagerten bakterienreichen Schlammes.

Aus vorstehendem ergibt sich, daß aus der **Zahl** der Bakterien Folgerungen für die Infektionsgefahr nur mit großer Einschränkung gezogen werden dürfen.

Nur wenn keine oder sehr wenige (unter 20 in 1 ccm) Keime in einem Wasser gefunden werden, ist ein sicherer Schluß zu ziehen, nämlich der, daß keine Infektionsgefahr vorliegt. Ein solches Resultat ist zu verlangen z. B. bei der Untersuchung eines für zentrale Wasserversorgung bestimmten Quell- oder Grundwassers.

Werden mäßige Mengen von Bakterien (20—200 in 1 ccm) in einem Wasser nachgewiesen, so ist Infektionsgefahr nicht sicher ausgeschlossen, weil z. B. die groben Wege, auf denen die Bakterien zutreten, durch vorübergehende Trockenheit (Quellwässer im Sommer und Herbst) ungangbar und die vorher eingeführten Bakterien durch lebhafte Wasserentnahme wieder entfernt sein können.

Sind zahlreiche Bakterien (200—5000 und mehr) vorhanden, so können diese alle von der Brunnenanlage herrühren, zum großen Teil aus vermehrungsfähigen Wasserbakterien bestehen und daher unverdächtig sein; oder sie können z. B. aus Dachtraufen in den Brunnen gelangt sein, dessen Lage im übrigen jeden Infektionsverdacht ausschließt; oder aber sie können von dem Bestehen grober Zufuhrwege und vom Hineingelangen suspekter Zuflüsse herrühren. — Eine Entscheidung über die Bedeutung der gefundenen Zahl von Bakterien ist daher in den meisten Fällen durch einmalige Untersuchung nicht zu liefern.

Dagegen ist die Bakterienzählung von großer Bedeutung bei fortlaufender, täglicher Kontrolle. Alsdann ergibt sich eine Durchschnittsziffer, deren Überschreitung ein vortreffliches Warnungszeichen liefert. Eine derartige Kontrolle ist namentlich für die Filterbetriebe bei Flußwasserversorgungen von größter Bedeutung (s. unten).

Die **Arten** von Bakterien, die im Wasser angetroffen werden, sind außer den erwähnten stark vermehrungsfähigen Wasserbakterien sehr mannigfaltig. Nicht selten begegnet man chromogenen Arten; ferner Streptothricheen; auch Schimmelpilzen.

Um Hinweise auf Infektionsgefahr aus der Art der Bakterien zu erhalten, suchte man früher die Zählung der vorhandenen Arten zu benutzen; oder die Zählung derjenigen Spezies, welche riechende Produkte liefern, oder die Gelatine verflüssigen; oder Tierversuche mit einem Gemisch aller Bakterien. — An Stelle dieser offenbar aussichtslosen Verfahren ist jetzt die tunlichst quantitative Ermittelung derjenigen Bakterien getreten, welche thermophil und als Colibakterien anzusprechen sind. Unter B. coli im allgemeinen versteht man alle kurzen gramnegativen, sporenlosen, beweglichen Stäbchen, die Traubenzucker unter Säure- und Gasbildung vergären; unter „typischen" oder „echten", dem Darm des Menschen und der Warmblüter entstammenden Coliarten solche Stämme, welche Milchzucker unter Säure- und Gasbildung vergären, Milch zur Gerinnung bringen, Neutralrot in gelblich fluoreszierenden Farbstoff verwandeln, in Peptonlösung Indol bilden, und bei 37°, nach Eijkman sogar bei 46° in Dextrosebouillon (1% + 1% Pepton + 0,5% ClNa) Gärung und Gasbildung bewirken. Die quantitative Bestimmung erfolgt durch die Plattenmethode oder da-

durch, daß verschiedene Mengen des zu untersuchenden Wassers (0,1 ccm, 1,0 ccm, 10 ccm, 100 ccm) mit konzentrierter Milchzuckerlösung versetzt werden, und daß festgestellt wird, welche kleinste Menge bereits ein positives Resultat ergibt („Thermophilen- bezw. Colititer"). — Die Methode läßt häufig im Stich, und namentlich die Deutung der Resultate ist oft schwierig. Coliarten aus menschlichem bezw. tierischem Darm lassen sich nicht unterscheiden; auch im Darm von Kaltblütern finden sich thermophile Colistämme. In jedem Kulturboden, in jedem Oberflächenwasser sind solche Coliarten vorhanden; ins Grundwasser können sie durch Oberflächenzuflüsse gelangen, ebenso aber auch durch die Wasserversorgungsanlage, durch Reparaturen, durch unverdächtige Zuflüsse von der Oberfläche usw. Vereinzelte Colibakterien werden daher das Urteil stets zweifelhaft lassen; vollständiges Fehlen von Colibakterien kann anzeigen, daß momentan kein Zutritt von Fäzesbestandteilen erfolgt ist; eine größere Zahl Colibakterien wird dagegen das Wasser immer verdächtig erscheinen lassen. — Besonderen Wert hat die Probe bei fortlaufender Kontrolle des gleichen Wassers; plötzliches Auftreten, bei Flußwässern auch ungewöhnliche Steigerung der Colizahl, wird zu Bedenken, zur Revision der Anlage und zu anderen Vorsichtsmaßregeln Anlaß geben.

5. **Die Lokalinspektion.** Da bezüglich der Beurteilung der Infektionsgefahr eines Wassers die chemische Untersuchung ganz, die bakteriologische Untersuchung sehr häufig im Stich läßt, ist eine weitere Ergänzung der Methoden dringend erwünscht. Diese wird durch die Lokalinspektion der Wasserentnahmestelle geliefert, die darauf ausgeht, festzustellen, ob gröbere Wege für Verunreinigung des Wassers vorhanden sind und ob gelegentlich von diesen aus eine Infektion des Wassers erfolgen kann. Die Lokalinspektion will also nicht nur eine momentan etwa vorhandene bedenkliche Verunreinigung des Wassers feststellen, sondern sie geht weiter, indem sie ermittelt, ob in absehbarer Zeit die Möglichkeit einer Infektion des Wassers vorliegt.

Die Lokalinspektion hat bei Bach- und Flußwässern darauf zu achten, ob irgendwo Abwässer des menschlichen Haushalts, Dejekte von Menschen und Tieren usw. Zugang zum Wasser finden; ob Reinigung von Wäsche stattfindet (Waschbänke); ob Schiffe auf dem Flusse verkehren und in welchem Umfang. — Bei Quellwässern ist festzustellen, ob sie nicht weiter oberhalb aus oberflächlichen Rinnsalen entstehen; ob im Bereich der letzteren gedüngte Wiesen liegen oder gelegentlich eine größere Anzahl von Wald-, Wegearbeitern usw. sich dort aufhält; ob sichtbare Kommunikationen mit Bächen und Flüssen bestehen; auf solche ist eventuell durch Eingießen leicht erkennbarer Substanzen oder Bakterien zu prüfen (s. unten).

Bei Grundwasserbrunnen ist zunächst die oberflächliche Umgebung zu mustern; es ist zu ermitteln, ob das Terrain so geneigt ist, daß oberflächlich sich sammelndes Wasser (nach starkem Regen, bei Schneeschmelze) nach dem Brunnen zu abläuft. Sodann ist zu beachten, ob der Brunnenkranz das Niveau überragt, ob Defekte in der Mauerung, in der Deckung, am Schlammfang oder an dem das überschüssig ausgepumpte Wasser abführenden Rinnstein vorhanden sind, durch welche Spülwasser von Wäsche, Geschirren usw. in den Schacht gelangen kann. Sodann ist der Brunnen womöglich aufzudecken, stark abzupumpen, und der Schacht im Innern abzuleuchten; finden Einläufe von Abwässern, Spülflüssigkeiten oder Niederschlagwasser statt, so pflegen sich dunkle oder weißliche Streifen an der Wandfläche zu zeigen. Auch in größerer Tiefe zutretende Einläufe können oft in dieser

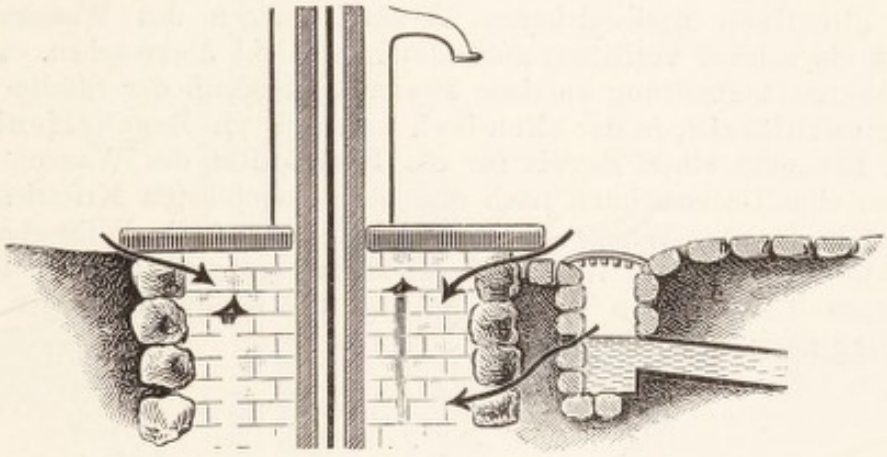


Fig. 17. Schlechter Schachtbrunnen.

Weise erkannt werden. — Sind trotz dringenden Verdachts gröbere Wege zwischen Oberfläche und Brunnen (oder zwischen Quellen und Flüssen, s. oben) nicht ohne weiteres zu ermitteln, so kann durch Eingießen von Fluoreszin-(Uraninkali) oder Saprollösungen oder auch von Aufschwemmungen von Hefe, B. prodigiosus bezw. Wasservibrionen, die man durch reichliche Einsaat von Wasser in Zuckerlösung bezw. geeignete Nährsubstrate wiederzufinden versucht, auf bestehende Kommunikationen geprüft werden.

Die in dieser Weise vorgenommene Lokalinspektion ist geeignet, wertvolle Aufschlüsse über die Infektionsgefahr eines Wassers zu geben, meistens besser als die bakteriologische und stets besser als die chemische Untersuchung. Der letzteren ist sie außerdem noch überlegen in dem Nachweis der Appetitlichkeit des Wassers. Diese ergibt sich aus der Besichtigung der Umgebung einfacher und zuverlässiger als aus dem vieldeutigen Resultat der chemischen Prüfung.

Entschieden verwerflich ist die Methode, welche man jetzt vielfach noch anwendet, um festzustellen, ob durch Wasser die Ausbreitung einer Epidemie verursacht ist. Dieselbe besteht darin, daß das verdächtigte Wasser einem Chemiker oder Apotheker zur Untersuchung zugesandt wird. Dieser gibt sein „Gutachten" dahin ab, daß das Wasser wegen hohen Gehaltes an organischen Stoffen, Chloriden, Nitraten usw. schlecht, gesundheitsgefährlich und infektionsverdächtig sei. Damit ist dann gewöhnlich die Beweisaufnahme geschlossen, und die Ätiologie wird als genügend aufgeklärt angesehen: Das „schlechte" Wasser hat den Typhus veranlaßt. — Wir wissen nun aber aus zahlreichen vergleichenden Untersuchungen, daß oft gerade die typhusreichsten Städte ein chemisch reines, typhusfreie Städte ein enorm verunreinigtes Wasser haben; dasselbe Verhältnis ist für einzelene Stadtteile und Straßen zu konstatieren. Würde man sich in denjenigen Fällen, wo ein Brunnen in solcher Weise verdächtig ist, die Mühe geben, auch die benachbarten Brunnen aus typhusfreien Häusern zur Untersuchung heranzuziehen, so würde man sicher dort oft noch wesentlich höhere Zahlen finden. Nach den oben gegebenen Darlegungen über die Verschiedenheit der Wege für die Infektionserreger einerseits, für die gelösten, chemisch nachweisbaren Verunreinigungen des Wassers andererseits kann ein solches Verhalten auch durchaus nicht überraschen. Angesichts der ungeheuren Verbreitung unreiner Brunnen innerhalb der Städte ist es daher völlig unzulässig, in der chemisch schlechten Beschaffenheit eines einzelnen Brunnens einen Beweis für die Infektiosität des Wassers zu sehen. Erst wenn eine Untersuchung nach den oben angeführten Kriterien eine Infektionsgefahr für das Wasser festgestellt hat, wächst die Wahrscheinlichkeit, daß Infektionen durch das Wasser erfolgt sind; aber auch dann sind in jedem Erkrankungsfall die übrigen Verbreitungswege der Krankheitserreger sehr wohl in Rechnung zu ziehen

---

D. Die Wasserversorgung.[1]

1. Lokale Wasserversorgung.

Für einzelne Haushaltungen kommt die Entnahme von Regenwasser, Bachwasser, Quellwasser oder Grundwasser in Betracht. Regenwasser kommt nur in Betracht, wo andere Wasservorräte fehlen. Das vom Dach aufgefangene Regenwasser wird in wasserdichten, gedeckten Gruben, Zisternen, gesammelt, nachdem es womöglich vorher eine aufsteigende Filtration durch reinen Sand durchgemacht hat. Man vermeidet die nach längerer Trockenheit zuerst fallenden Niederschläge. — Bach- (und Teich-)wasser ist stets suspekt und es bedarf genauer

[1] Vgl. die am 16. Juni 1906 vom Bundesrat herausgegebene „Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen", Veröffentlichungen des Kaiserl. Gesundheitsamts 1906 Nr. 30, oder Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1906 Nr. 17. — Untersuchungen nach diesen Gesichtspunkten werden in Preußen ausgeführt von der Königl. Landesanstalt für Wasserhygiene, Berlin-Dahlem.

Lokalinspektion, ehe ausnahmsweise die Benutzung solchen Wassers als Trink- oder Brauchwasser gestattet werden kann. Quellen sind in einer Weise zu fassen, daß sie gegen jede Verunreinigung von außen geschützt sind; auch die Leitung muß vollkommen geschützt sein.

Für die Hebung des Grundwassers sind Kesselbrunnen oder Röhrenbrunnen in Gebrauch. Die **Kesselbrunnen** (Schachtbrunnen) müssen in ihrem oberen Teil völlig dicht gemauert sein, so daß das Eindringen des Wassers nur unten erfolgt; ferner muß der Brunnenkranz mindestens 20 cm die Oberfläche überragen; oben muß ein dichter Ab-

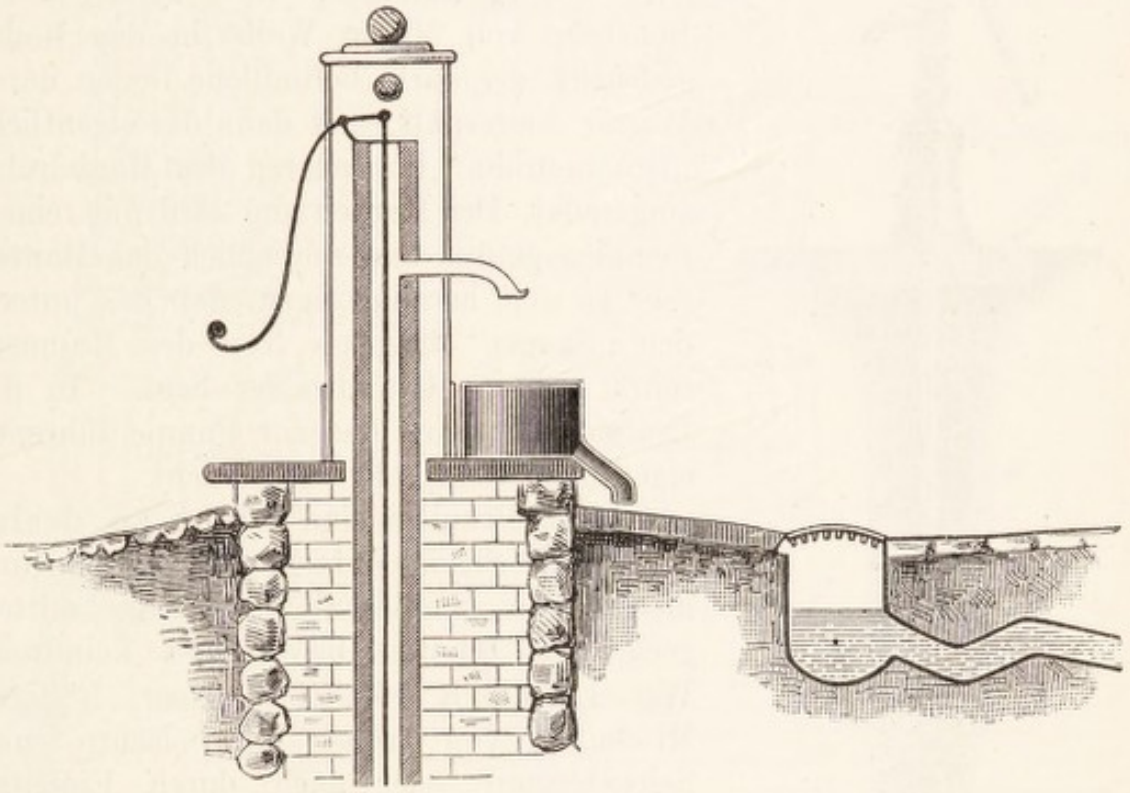


Fig. 18. Guter Schachtbrunnen.

schluß vorhanden sein; dem Terrain muß eine solche Neigung gegeben werden, daß das Brunnenrohr auf dem höchsten Punkte steht; in einem größeren Umkreis darf keine Verunreinigung der Oberfläche geduldet werden. Sehr zweckmäßig ist es, den Brunnenschacht 1—1 $^1/_2$ m unter der Bodenoberfläche zu decken und dann eine Schicht von Feinsand oder Lehm aufzulagern, so daß etwaige Zuflüsse diese Schicht passieren müssen. Das Saugrohr aus dem Kessel ist in diesem Falle unterirdisch eine Strecke weit horizontal zu führen, so daß die Pumpe an ganz anderer Stelle sich befindet, wie der nach oben dicht abgeschlossene und von einer starken Erdschicht überlagerte Kessel. Für das ablaufende Wasser ist ein wasserdichter eiserner Trog mit dichter Ablaufrinne herzustellen (Fig. 18).

Fast immer sind indes die Kesselbrunnen einer Infektion relativ leicht ausgesetzt; außerdem ist eine Reinigung und Desinfektion relativ schwierig.

Viel besser sind die eisernen **Röhrenbrunnen** zur Wasserversorgung geeignet, bei welchen entweder ein unten durchlochtes eisernes Rohr in die Grundwasser führende Schicht des Bodens eingerammt wird (Abessynierbrunnen) (Fig. 19). Das umgebende Erdreich legt sich dem Rohr als fester Mantel an, so daß ein Einfließen von Verunreinigungen unmöglich ist. Oder, häufiger, wird zunächst ein Bohrrohr von 50 cm Weite in den Boden gedrückt, der darin befindliche Boden durch Wasser ausgespült, und dann das eigentliche „Brunnenrohr" im Inneren des Mantelrohrs eingesenkt. Der Mantelraum wird mit reinem Feinkies gefüllt und schließlich das Mantelrohr so weit heraufgezogen, daß das untere, den „Sauger" tragende Teil des Brunnenrohrs frei im Grundwasser liegt. In das Brunnenrohr wird das zur Pumpe führende eigentliche Pumprohr eingebracht.

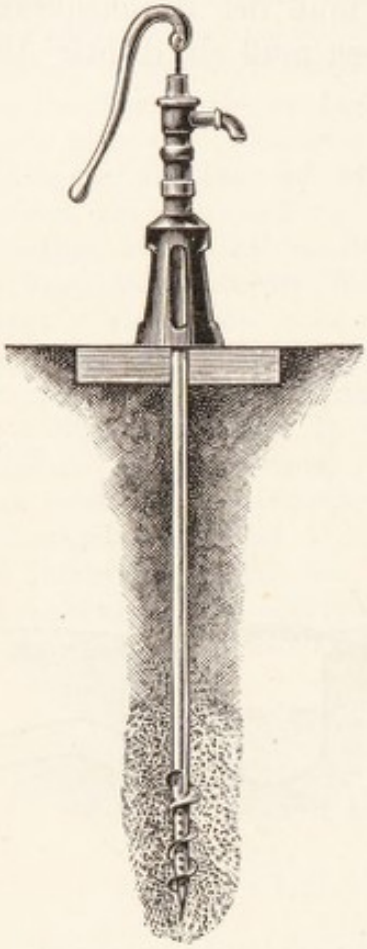


Fig. 19. Röhrenbrunnen.

Diese Brunnen sind leicht zu desinfizieren. Schon einfaches Auspumpen und mechanische Säuberung des Rohrs mittels geeigneter Bürsten liefert fast keimfreies Wasser; durch Eingießen einer 5%igen Mischung von roher Karbolsäure und Schwefelsäure oder auch durch Einleiten von Dampf von 100° für einige Stunden kann das Wasser für mehrere Tage völlig keimfrei gemacht werden. — Gegenüber den Kesselbrunnen haben die Röhrenbrunnen nur dann einen erheblichen Nachteil, wenn innerhalb kurzer Zeit ausgiebige Wasserentnahme erforderlich ist; in diesem Fall ist das bei den Kesselbrunnen vorhandene größere Reservoir unentbehrlich.

Ist das Grundwasser eisenhaltig, so läßt sich das Wasser zuweilen eisenfrei zutage fördern, wenn der Brunnenschacht einen Mantel bekommt, der mit Stücken Ätzkalk (Weißkalk) gefüllt ist, und wenn auch der Boden des Schachts mit einer Kalklage bedeckt wird. — Bei manchen eisenhaltigen Wässern versagt indes dies Verfahren. Hier muß, entsprechend der unten erläuterten, im Großbetrieb angewendeten Methode, eine Filtration des Wassers durch ein Grobsandfilter eingerichtet

werden, und bei reichlichem Eisengehalt muß noch eine Lüftung des Wassers durch Niederfall aus einer Brause vorausgehen.

In einfachster Form stellt Fig. 20 den dazu erforderlichen Apparat dar, der aus einem Filterfaß und einem Faß für das durchfiltrierte reine Wasser besteht. Ersteres erhält eine 30 cm hohe Schicht Sand von 1—1 $^1/_2$ mm Korngröße; die Sandschicht wird mit einem 1 mm dicken, vielfach durchlochten Zinkblech bedeckt. Der Einlauf des Hahns wird durch Messingdrahtnetz gegen Eindringen von Sandteilchen geschützt. Das Filter muß über Nacht bei ge-

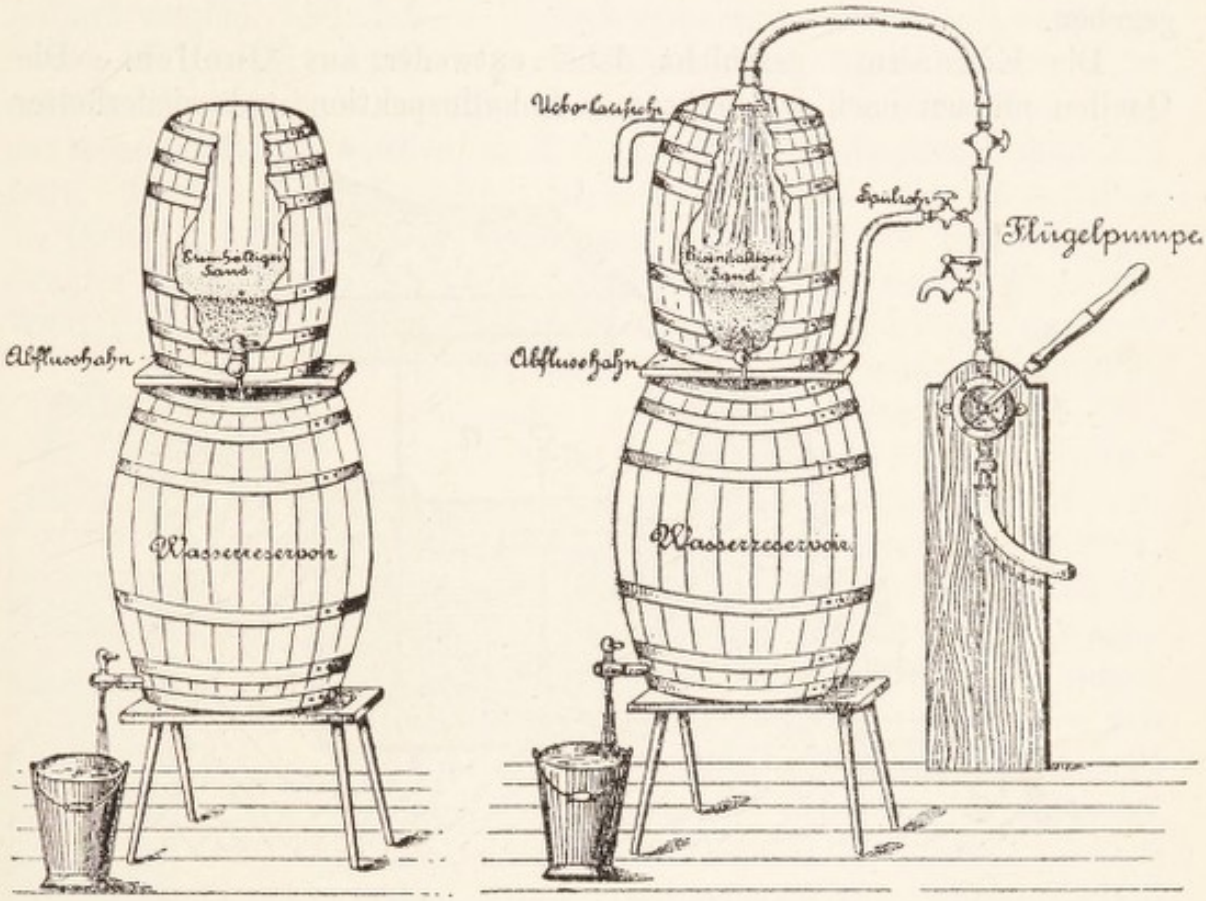


Fig. 20. Enteisenung des Wassers bei Brunnenanlagen (nach DUNBAR).

öffnetem Hahn leer stehen; alle 2 bis 4 Monate muß das Filter durch Aufrühren und Waschen des Sandes gereinigt werden. — In Fig. 20 ist der Apparat mit Anwendung einer Flügelpumpe und Brause abgebildet; hier ist ein Spülrohr angeschlossen, durch das die Reinigung bequemer erfolgen kann. — Um das Filter vor Frost zu sichern, wird es am besten im Keller aufgestellt. Oder die Enteisenungsanlage wird in einem besonderen unterirdischen Schacht angeordnet (Firma BIESKE, Königsberg i. Pr., DESENISS u. JACOBI, Hamburg).

2. Zentrale Wasserversorgung.

Zentrale Versorgungen sollten soviel als möglich in größeren und kleineren Städten eingeführt werden. Auf diese Weise kann der stets verunreinigte städtische Untergrund umgangen und also ein viel appetitlicheres Wasser beschafft werden; die Gefahr, daß gelegentlich patho-

gene Pilze in das Wasser gelangen, kann bei guter Auswahl der Entnahmestelle und guter Deckung der ganzen Anlage auf ein Minimum reduziert werden. Dabei wird durch die außerordentlich bequeme Lieferung reichlichster Wassermassen die Bevölkerung zur Reinlichkeit erzogen und ein Quantum von Arbeitskraft und Zeit erspart, das in nationalökonomischer Beziehung nicht zu unterschätzen ist; außerdem wird eine wesentlich größere Garantie für das Löschen entstandener Brände gegeben.

Die Entnahme geschieht dabei entweder aus Quellen. Die Quellen müssen nach aufmerksamer Lokalinspektion und wiederholter

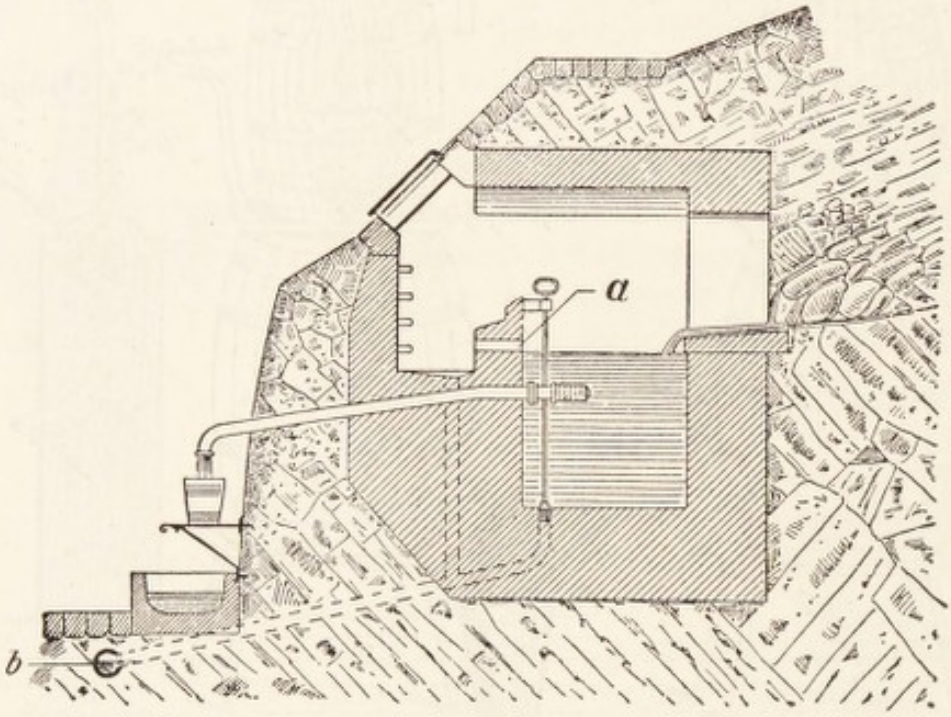


Fig. 21. Brunnenstube (nach GÄRTNER).
a = Überlauf, in das Ablaufrohr führend; *b* = Grundablaß.

bakteriologischer Prüfung (namentlich nach reichlichen Niederschlägen) gefaßt werden, um den Bestand derselben zu sichern, gleichmäßigen Betrieb zu erzielen und Verunreinigungen fernzuhalten (Brunnenstube, Fig. 21). Reichliche Quellen in der Nähe der Stadt liefern die beste und billigste Bezugsquelle; bei sehr langen Leitungen (wie z. B. Wien 97 km, Frankfurt 82 km) werden die Kosten bedeutend. Die Qualität des Wassers ist meist gut, doch oft die des Grundwassers nicht übertreffend. Die Quantität ist schwer abzuschätzen und schwankt in wenig erwünschter Weise; es sind durch plötzliche Verminderung der Wassermenge schon große Kalamitäten entstanden. Daher ist eine unbedingte Empfehlung der Quellwasserleitungen nur in Gebirgsgegenden zulässig, wo überreichlich Quellen zu Gebote stehen.

Oder die Entnahme erfolgt aus dem Grundwasser. Dann werden Sammelbrunnen angelegt an einer Stelle der betreffenden Gegend, in welcher reines und reichliches Grundwasser vorhanden ist. Letzteres findet man namentlich in der Nähe der Flüsse, die den tiefsten Punkt der Talsohle bezeichnen; doch ist zu beachten, daß von vielen Flüssen aus bei Hochwasser Keime in das Grundwasser übertreten können, die bei grobkörnigem Boden auf 100—200 m Entfernung horizontal fortgeführt werden, und daß in Überschwemmungsgebieten mit lockerem Boden ein rascher vertikaler Durchschnitt keimhaltigen Wassers unter dem Druck des Überschwemmungswassers möglich ist, begünstigt durch das massenhafte Entweichen der in der trockenen Bodenzone enthaltenen Luft. Bezüglich der Reinheit ist es wichtig, daß keine Ortschaften im Gebiet des betreffenden Grundwassers liegen, ferner kein stark gedüngtes Land, namentlich nicht Gartenland, sondern besser Wiese und Wald (in dieser Beziehung ist Inundationsterrain günstig), und daß die filtrierende Bodenschicht feinkörnig und von genügender Höhe ist. Unangenehme Erfahrungen hat man mit tiefreichenden Baumwurzeln gemacht; sie können Zutritt von keimhaltigem Oberflächenwasser begünstigen, und unter Umständen durch reichliche Wucherung Sammelröhren verstopfen. — Das Wasser ist auf seine Keimfreiheit, teils durch Eintreiben von Röhrenbrunnen, Desinfektion derselben und Probenahme nach anhaltendem Abpumpen, teils durch Begutachtung der das Grundwasser deckenden Bodenschichten zu prüfen. Außerdem ist es einer genauen chemischen Analyse zu unterwerfen; namentlich ist auch darauf zu achten, ob Eisen oder Mangan im Wasser

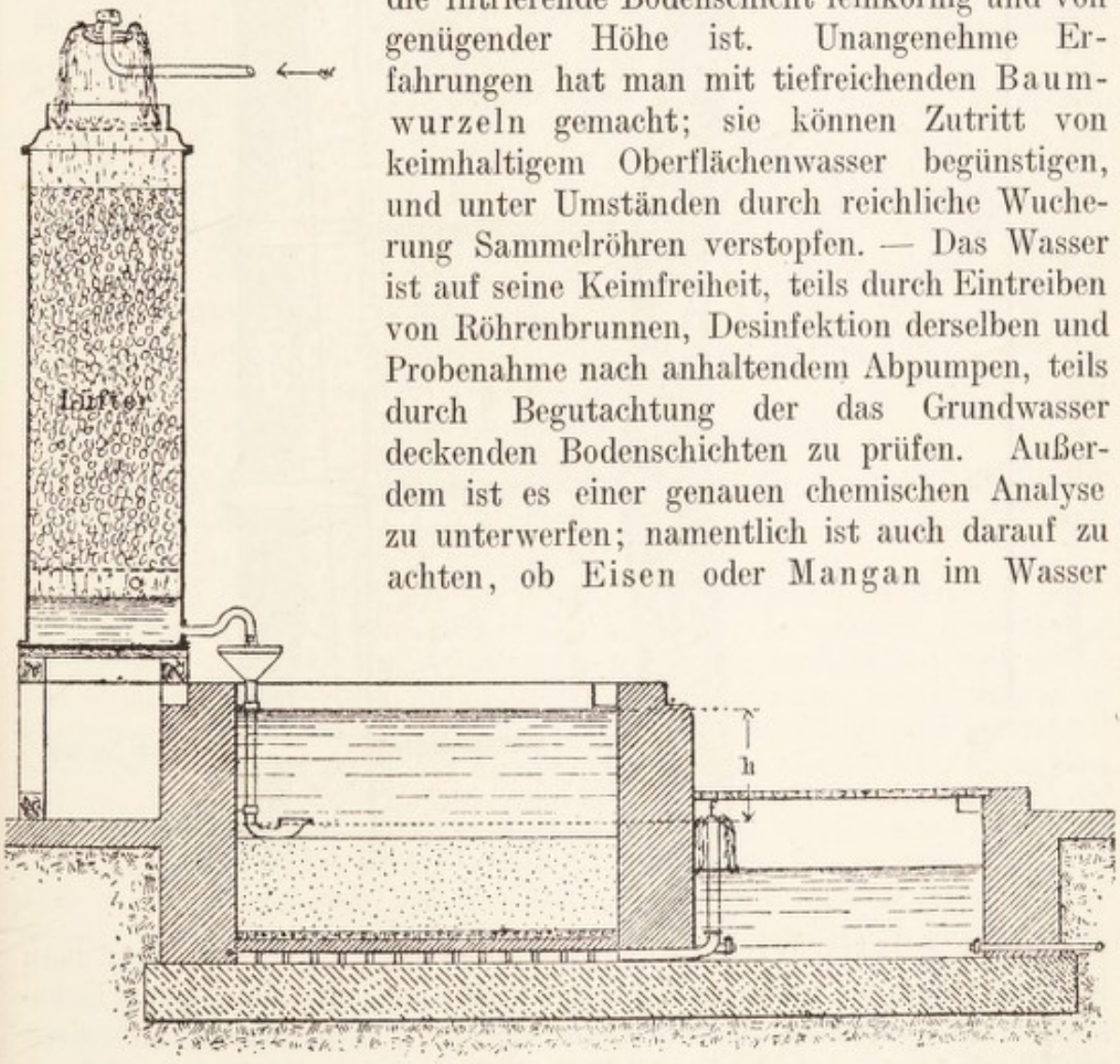


Fig. 22. Enteisenungsanlage nach PIEFKE.

auftritt. Findet sich Eisen in solcher Menge, daß das Wasser trübe und unappetitlich wird, ist aber im übrigen nichts gegen das betreffende Wasser einzuwenden, so braucht darum noch nicht auf die Benutzung desselben zur Wasserversorgung verzichtet zu werden. Das Eisen läßt sich

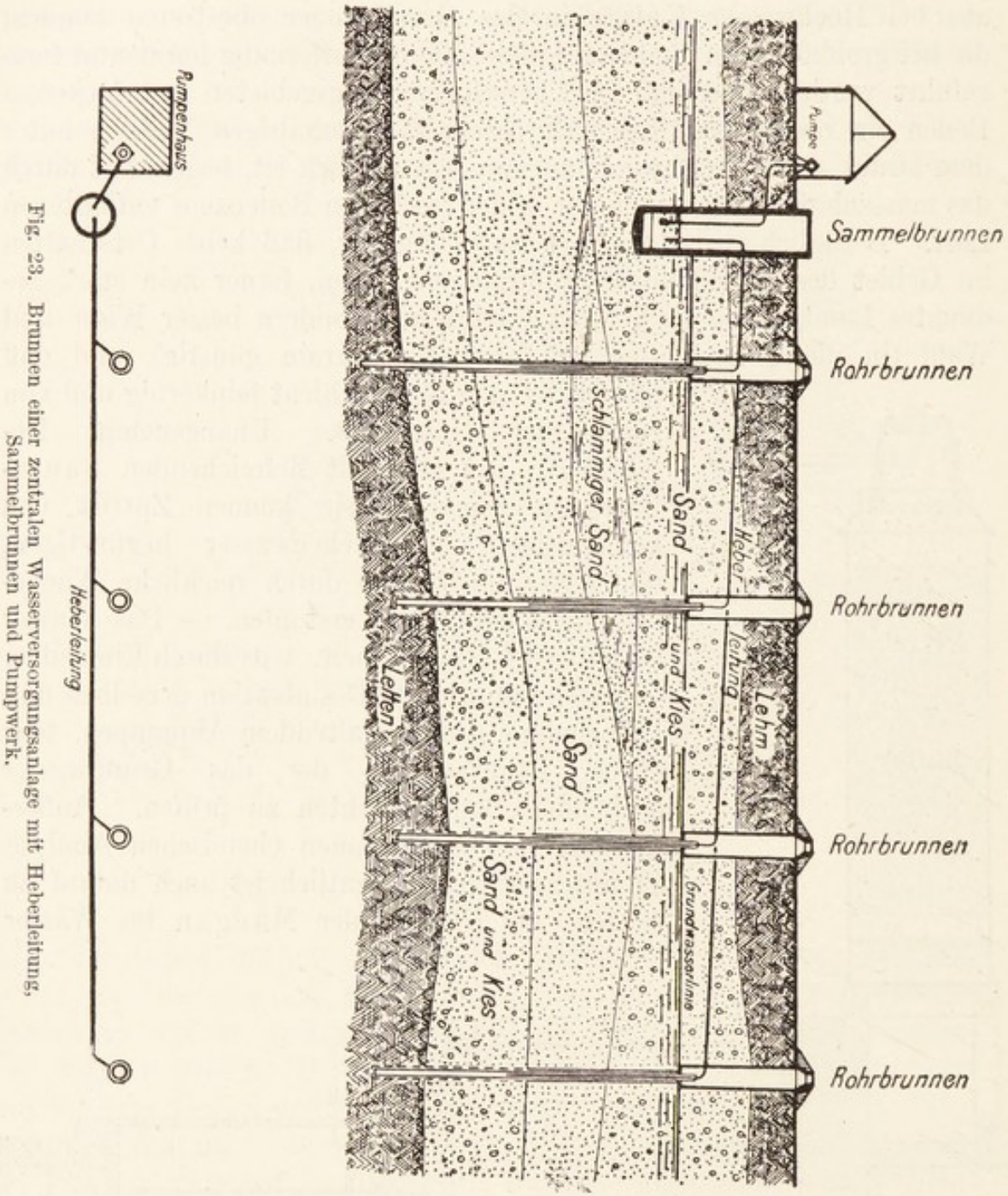


Fig. 23. Brunnen einer zentralen Wasserversorgungsanlage mit Heberleitung, Sammelbrunnen und Pumpwerk.

vielmehr relativ leicht aus dem Wasser entfernen, wenn man letzteres (eventuell nach regenartigem Fall) über eine Schicht von Koksstücken (Ziegelstücke, Holzlattengerüste usw.) rieseln läßt; auf diese Weise wird es so stark durchlüftet, daß die ganze Menge des Eisen-

bikarbonats rasch und vollständig in Eisenoxydhydrat verwandelt wird; die Flocken von Eisenoxydhydrat bleiben im Filter zurück; 1 qm eines solchen Filters filtriert pro Tag 20 cbm eisenfreies Wasser (s. Fig. 22). Geschlossene Riesler sind vorzuziehen; besonders kompendiöse Form kann bei Einpressung bestimmter Luftmengen eingehalten werden (Deseniss u. Jacobi; Breda).

Ist das Fe in Form von Eisensulfat vorhanden, so gelingt die Enteisenung durch Lüftung schwieriger und nur unter Bildung von freier Schwefelsäure. Ferner bleibt begleitendes Mangan beim Rieseln meist unausgeschieden. In diesen Fällen ist womöglich ein anderes Wasser zu beschaffen; geht dies nicht, so ist eine Entmanganung durch künstliche Zeolithe (Ganssche Permutite) zu versuchen, Natrium-Aluminium-Doppelsilikate, die das Na gegen Mn (ebenso auch Ca) austauschen und durch Behandlung mit ClNa wieder regeneriert werden können.

In das geeignet befundene Wasserterrain werden ein oder mehrere Fassungsbrunnen (gewöhnlich eiserne Röhrenbrunnen von 20 cm Durchmesser und mehr) eingebaut, welche meist mit einer Heberleitung untereinander verbunden werden (s. Fig. 23); oder es werden aus Sickergräben und Drainrohren Sammelgalerien gebildet.

Gewöhnlich ist Grundwasser relativ billig zu haben; allerdings erhöhen sich die Kosten der Anlage dadurch, daß es im Gegensatz zu dem Quellwasser künstlich gehoben werden muß. Aber dafür ist die Entfernung und die Länge der Leitung geringer. Die Qualität steht gewöhnlich dem Quellwasser kaum nach; die Quantität bietet bei sorgsamer Auswahl der Terrains meist keine Schwierigkeiten und kann unter Umständen durch künstliches Bewässern geeigneten Bodens mit Flußwasser vermehrt werden (jedoch mit solcher Vorsicht, daß Keimfreiheit und Temperatur nicht alteriert werden!).

Drittens wird Flußwasser benutzt; jedoch sollte dies nie ohne vorhergehende Reinigung geschehen (s. S. 129). Zu dieser benutzt man am häufigsten die zentrale Filtration durch Sand.

Die den Sand aufnehmenden Bassins sind gewöhnlich 2—4000 qm groß, aus Mauerwerk und Zement wasserdicht hergestellt, in manchen Städten zur Vermeidung von Eisbildung überwölbt. Am Boden befindet sich eine Reihe von Sammelkanälen. Das Filter selbst ist folgendermaßen zusammengesetzt: von unten bis 305 mm Höhe große Feldsteine, dann kleine Feldsteine in Schichthöhe von 102 mm, darauf grober Kies 76 mm, mittlerer Kies 127 mm, feiner Kies 152 mm, grober Sand 51 mm, scharfer Sand 559 mm; gesamte Höhe 1372 mm. Nur die Sandschicht von 50—60 cm Höhe wird als eigentliche Filtrierschicht angesehen.

Ein solches Filter wird zunächst gefüllt, bis das Wasser zirka 1 m hoch über der Oberfläche steht. Dann läßt man es 24 Stunden oder länger stehen, damit eine Haut von Sinkstoffen, Algen und Bakterien sich bildet. Diese stellt nämlich den wesentlichen Teil des Filters dar, für den der Sand wesentlich nur die Stütze darstellt; teils durch die oberflächliche Haut, teils durch den schleimigen Überzug, den gewisse Bakterienarten außerdem in den Poren des Filters etablieren, findet erst die eigentliche Zurückhaltung der im Wasser

enthaltenen Bakterien statt. Nimmt man das Filter, ehe die Decke sich gebildet hat, in Betrieb, so gehen fast alle Bakterien durch. Im Anfang ist die Filtration immerhin noch nicht vollkommen; dafür genügt aber ein Druck von wenigen Zentimetern, um ausreichende Förderung des Filters zu erzielen. Allmählich bei zunehmender Verschleimung des Filters, muß man aber mit dem Druck immer höher steigen, um die gleiche Wassermenge durchzutreiben; dabei wird die qualitative Leistung immer besser. Zuletzt kommt man an eine Grenze: Beträgt die Druckdifferenz, bei welcher die mindestens erforderliche Wassermenge gewährt wird, mehr als 60 cm, so ist Gefahr, daß die Decke des Filters zerrissen wird. Bei geringerem Druck wird aber schließlich die Wassermenge zu gering, und es bleibt dann nichts übrig, als Reinigung des Filters, d. h. es wird zunächst durch eine besondere Entwässerungsanlage alles Wasser abge-

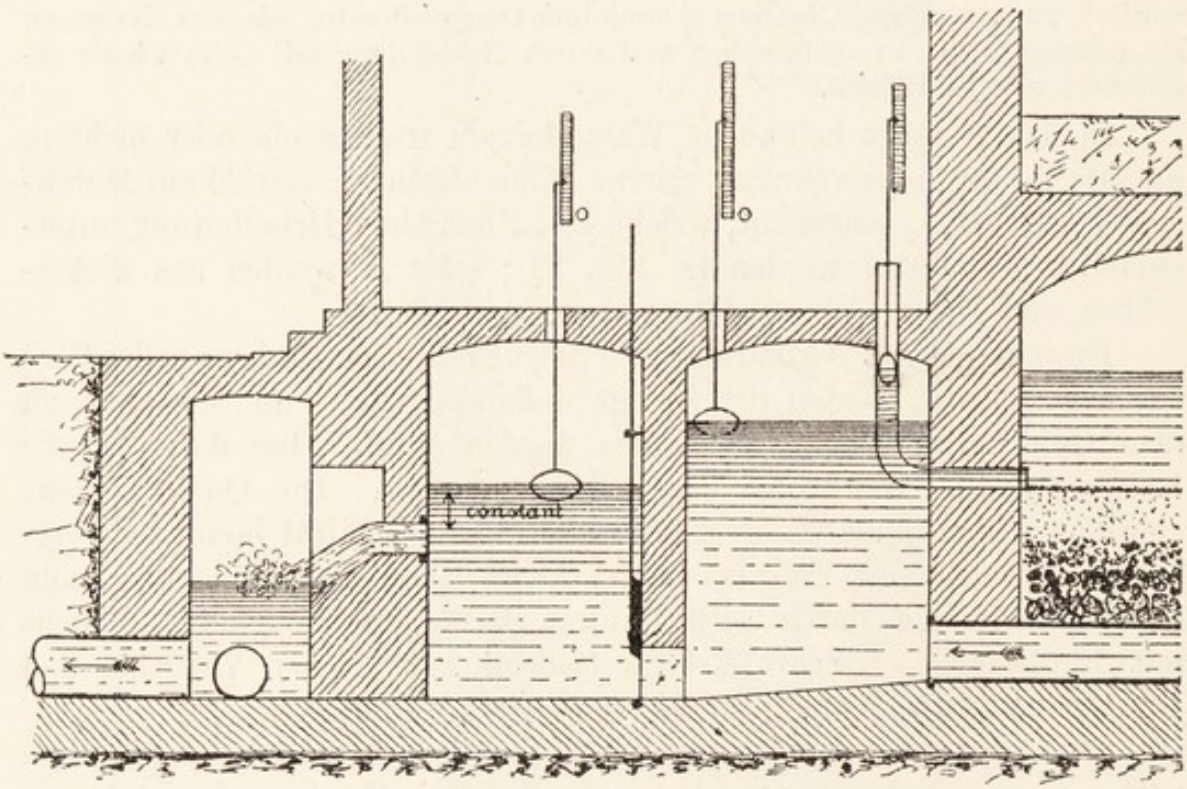


Fig. 24. Filter mit Regulierung nach GILL.
In der dem Filter zunächst gelegenen Kammer wird durch die Differenz der beiden Schwimmerstände die Filtrierdruckhöhe gemessen. In der zweiten Kammer wird durch Regulierung der Schieberstellung die filtrierte Wassermenge konstant erhalten.

lassen, und dann wird die oben lagernde braunschwarze Schlammschicht, die gewöhnlich nur einige Millimeter dick ist, abgetragen, höchstens bis 2 cm in den Sand hinein. Es macht für die Filterwirkung nichts aus, wenn auch die Sandschicht bis auf $^1/_3$ ihrer Stärke aufgebraucht wird.

Filtrationsdruck und Fördermenge müssen fortgesetzt beobachtet werden. Die Sammelkanäle der Filter stehen mit dem gemeinsamen Reinwasserreservoir in Verbindung. Am Ausfluß des Reinwasserkanals ist eine Schiebervorrichtung, mittels welcher die Menge des abfließenden Wassers reguliert werden kann. Aus der Stellung dieses Schiebers wird auf den Filtrationsdruck geschlossen; die quantitative Leistung des einzelnen Filters dagegen wird aus der Stellung des Schiebers in der Zuflußleitung bestimmt. — An neueren Filtern pflegt man GILLsche Meß- und Regulierungskammern anzubringen, wie sie in Fig. 24 dargestellt sind.

Die Geschwindigkeit der Wasserbewegung beträgt gewöhnlich höchstens 100 mm pro Stunde; die Fördermenge stellt sich dann auf 0·1 cbm pro Stunde und 1 qm Filterfläche. Rechnet man pro Kopf und die Stunde des maximalen Konsums 10 Liter Wasserverbrauch, so ist bei der angegebenen Geschwindigkeit für je 10 Menschen 1 qm Filterfläche erforderlich; für 300000 also 30000 qm. Dazu kommt eine beträchtliche Reservefläche, welche der zeitweise Ausschaltung eines Filters behufs Reinigung bezw. Auffüllung Rechnung trägt.

Die Leistung der Filter bezüglich der Qualität des Wassers besteht darin, daß die organischen Stoffe und das NH_3 verringert werden; HNO_3 wird wenig, Cl gar nicht beeinflußt. — Die Bakterien werden im ganzen gut abfiltriert. Im Durchschnitt findet man 50 bis 200 in 1 ccm. Diese stammen zum Teil von den Bakterien her, welche dem Material der tieferen Filterschichten von vornherein anhaften; zum Teil entstammen sie aber dem unreinen Wasser. Es hat sich gezeigt, daß die Filter niemals völlig keimdicht arbeiten, sondern daß ein kleiner Bruchteil der aufgebrachten Bakterien regelmäßig in das Filtrat gerät; je zahlreicher die Bakterien im unfiltrierten Wasser sind, um so höher steigt auch der Bakteriengehalt des Filtrats. Am günstigsten ist die Wirkung der Filter bei langsamer Filtration, ferner bei Vermeidung stärkerer Druckschwankungen und überhaupt aller Unregelmäßigkeiten im Filterbetrieb. Unter solchen Umständen wird die Zahl der Bakterien etwa auf $^1/_{1000}$ reduziert, und damit kommen die Infektionschancen so gut wie ganz in Wegfall.

Eine gefährliche Periode bleibt aber immerhin die Zeit, wo ein gereinigtes Filter neu in Benutzung genommen wird. Alsdann soll das Wasser mindestens 24 Stunden ruhig sedimentieren; und die danach während der nächsten Tage durchfiltrierten Wassermengen sollen unbenutzt bleiben. — Ferner kommen bei jedem Filtrierbetrieb gelegentlich noch außergewöhnliche Störungen des Betriebes vor; entweder kann die Reinigung nicht zur Zeit erfolgen und die Filterdecke reißt; oder es muß die abgenutzte Sandschicht erneuert werden; oder das Flußwasser ist durch das Hochwasser stark mit lehmigen Partikeln getrübt, so daß die Filter rasch undurchlässig werden; oder das Wasser enthält zu wenig Plankton und die Bildung der Decke ist deshalb verzögert und ungenügend (namentlich im Winter). In allen diesen Fällen treten große Mengen von Bakterien im Filtrat auf, und das ist natürlich um so bedenklicher, als die Flußwässer einer Verunreinigung mit pathogenen Keimen ganz besonders exponiert zu sein pflegen.

Die Wasserversorgungen mit filtriertem Flußwasser sind daher hygienisch nur zulässig bei strenger Überwachung des Betriebes. Vor allem muß durch tägliche bakteriologische Untersuchung der einzelnen Filterabläufe kontrolliert werden, daß durchschnittlich nicht mehr als ungefähr 100 Bakterien in 1 ccm hindurch-

treten. Dies Resultat ist erfahrungsgemäß nur zu erreichen, wenn Störungen des Filterbetriebs ferngehalten werden.

Die Bakterienzählung wird in der Regel durch Aussaat des Wassers auf Gelatineplatten nach den S. 144 gegebenen Vorschriften ausgeführt. — Um nicht erst nach 48 Stunden, sondern womöglich schon nach 2—3 Stunden ein annäherndes Resultat zu erhalten, hat P. Th. Müller empfohlen, in dem Wasser durch Liq. ferri oxychlor. einen Niederschlag herzustellen, nach Zentrifugieren diesem Gentianaviolettlösung zuzusetzen und dann die gefärbten Bakterien unter Einhaltung bestimmter quantitativer Verhältnisse mikroskopisch zu zählen. Zur orientierenden Bestimmung scheint das Verfahren bei manchen Wässern verwendbar zu sein, und kann dann auf Verunreinigungen des Rohrwassers in einem viel früheren Stadium aufmerksam machen. — Wichtig ist auch in kritischen Zeiten die Bestimmung des Colititers (s. S. 148).

Eine Verbesserung des Filtrationseffekts wird durch das von Goetze in Bremen angewendete Verfahren erreicht, wonach bei ungenügender Leistung der Filter das Filtrat einem Durchgang durch ein zweites Filter unterworfen wird. — Miquel u. Mouchet behaupten, bessere Resultate zu erzielen, wenn das Wasser nicht auf den Filtern steht, sondern regenförmig auf die Sandoberfläche aufgelassen wird. — Puech u. Chabal haben zuerst für die Reinigung des sehr verschmutzten Seinewassers ein Verfahren versucht, bei dem zunächst 4 Grobfilter vorgeschaltet werden. Das Wasser strömt in diese übereinander angeordneten Filter in Form von Kaskaden. Auf das vierte Grobfilter folgt ein Vorfilter aus halbfeinem Sand über einem Kiesdrainagebett auf besonders geformten Ziegelsteinen. Schließlich kommt ein Feinfilter, daß infolge der guten Vorreinigung nicht vor Ablauf von 6 Monaten gereinigt zu werden braucht. Das Verfahren erinnert sehr an Abwasserreinigung. Die in Deutschland zur Wasserversorgung benutzten Flußwasser leiden (namentlich im Winter) eher an einem Mangel an Plankton, der die Filtration erschwert. Für unsere Verhältnisse scheint das Verfahren daher nicht geeignet zu sein.

Statt der Sandfilter hat man auch wohl sogen. Filtersteine (System Fischer-Peters) versucht. 1 qm große, aus gewaschenem Flußsand von bestimmter Korngröße mit Natron-Kalksilikat als Bindemittel hergestellte, im Inneren hohle Steine. Die Filtration geschieht von außen nach innen; die Schmutzschicht fällt von den senkrechten Wänden kontinuierlich ab. Die Filter beanspruchen weniger Raum als die Sandfilter, sollen sich aber nicht überall bewährt haben.

Dagegen werden die schwerfälligen Sandfilter entschieden übertroffen von amerikanischen Schnellfiltern (Jewell-Filter, siehe Fig. 25, 26). Denselben liegt das Prinzip zugrunde, daß das zu reinigende Wasser zunächst in Sedimentierbassins mit 10—30 g pro 1 cbm (variierend namentlich nach der Trübung des Wassers) Aluminiumsulfat (Alaun) versetzt wird. Dieses setzt sich mit dem Kalziumkarbonat des Wassers um, so daß Tonerde, Aluminiumhydrat, als flockiger Niederschlag entsteht, der die Trübungen zum Teil mit zu Boden reißt. Nach 1—2 Stunden kommt das Wasser auf ein Sandfilter, auf dessen Oberfläche die Tonerde die eigentlich filtrierende Schicht bildet. Binnen wenigen Stunden filtriert dies Filter selbst bei einem

Wasserdurchgang von 5 cbm pro Stunde und pro Quadratmeter Filterfläche — d. h. bei 50 mal so schneller Filtration als in den großen Sand-

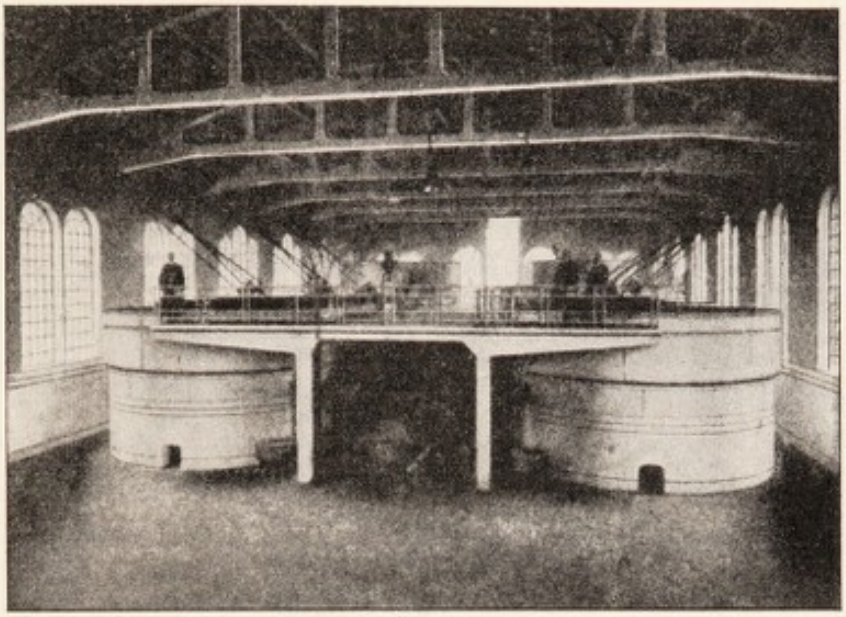


Fig. 25. JEWELL-Filteranlage. Innere Ansicht des Filterhauses.

filtern — alle Bakterien ab. Nimmt der Ertrag ab (nach etwa 24 Stunden), so wird das Filter durch ein Rührwerk und Gegenspülung (maschinell,

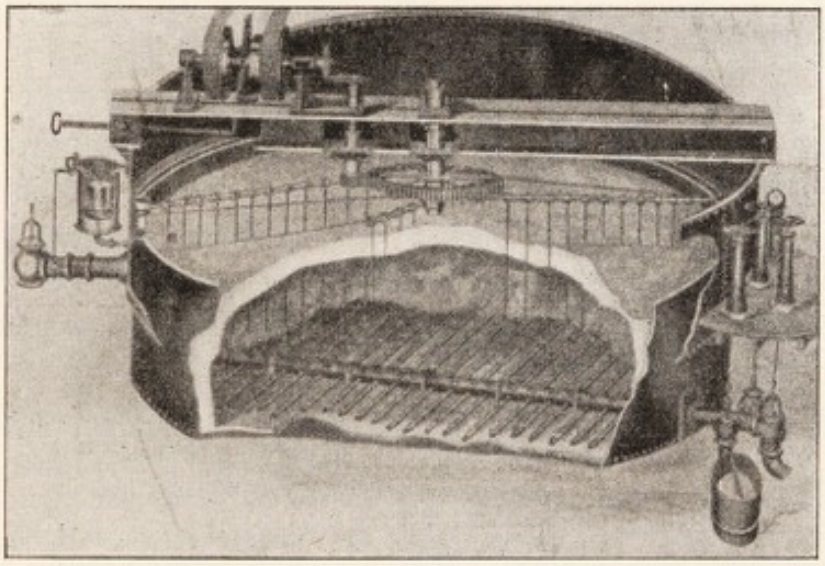


Fig. 26. Durchschnitt durch ein JEWELL-Filter.
Der Rührapparat zur Reinigung des Filters besteht aus senkrechten Eisenstäben, die nach unten in kurze Ketten übergehen. Auf dem Boden befinden sich die wasserabführenden Rohre, die oben kurze, mit Drahtgaze bedeckte offene Fortsätze tragen.

ohne Menschenhand!) in etwa 10 Minuten wieder gebrauchsfähig gemacht. — Diese Filter nehmen wenig Raum ein, sind in kürzester Frist betriebsfähig und geben ausreichende Sicherheit. Nur muß ihr Betrieb, da

Störungen noch schlimmer wirken können als bei Sandfiltern, sorgfältig überwacht werden; namentlich bei stark trübem Wasser können sie auch in ungenügender Weise Bakterien zurückhalten. Bei allzu weichem Wasser muß ein kleiner Zusatz von Soda und Kalk erfolgen.

Auch durch Ozonisierung des Wassers hat man die Bakterien bei zentralen Wasserversorgungen zu beseitigen versucht. Die Firma Siemens & Halske hat ein Verfahren technisch verwendbar gemacht, bei welchem elektrisch hergestelltes Ozon auf das Wasser in solcher

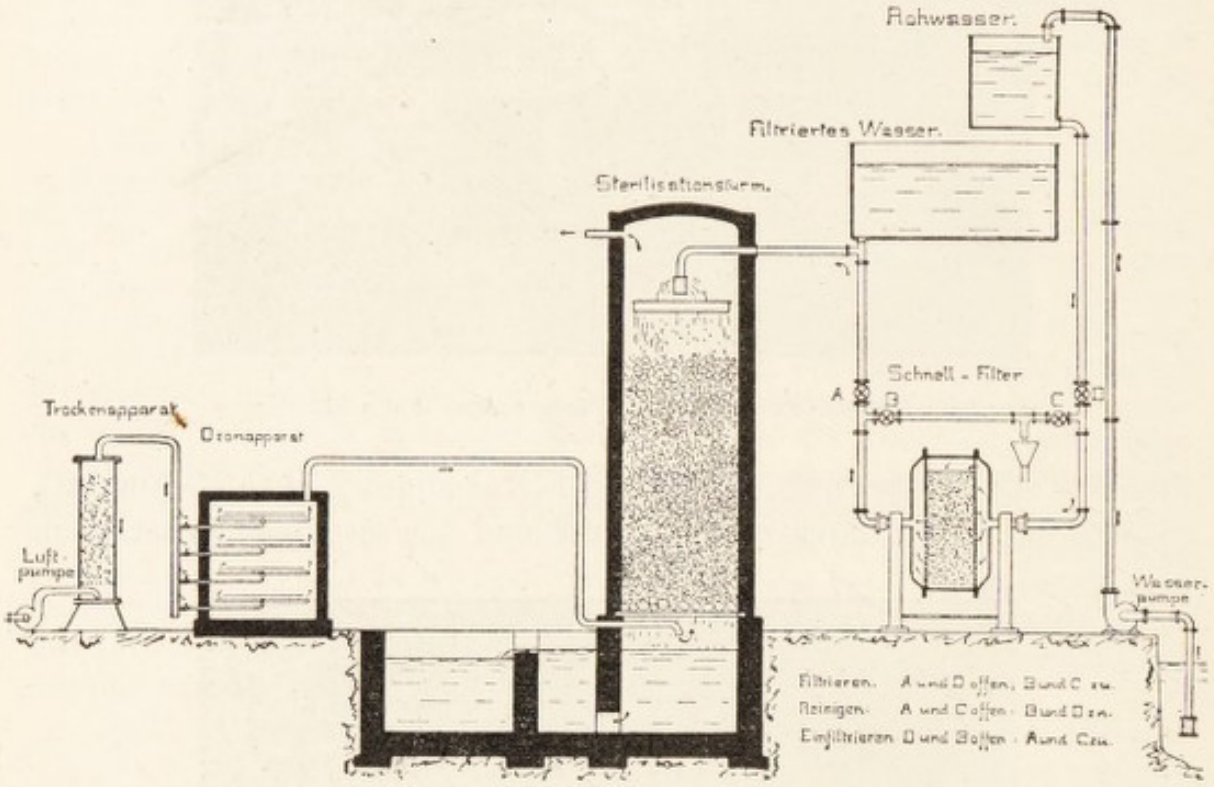


Fig. 27. Ozonsterilisation nach Siemens & Halske.

Konzentration einwirkt, daß die Bakterien der Coligruppe noch sicher zugrunde gehen.

Das Wasser passiert zunächt Kröhnkesche Schnellfilter (Grobsandfilter zwischen durchlochten verzinnten Eisenplatten), da die Desinfektion nur bei völlig klarem Wasser gelingt; dann wird es in sehr feiner Verteilung in den Scrubberturm geführt, wo es den ozonhaltigen Luftstrom kreuzt und einen Teil des Ozons auflöst. Dem Wassereintritt entgegengesetzt strömt Luft in den Apparat, die zunächst durch $CaCl_2$ getrocknet wird; dann gelangt sie in den Ozonapparat, in welchem entweder mittels Ozonröhren oder mit Hilfe von Plattenapparaten, die mit den Polen einer hochgespannten Elektrizitätsquelle verbunden sind, Ozon entwickelt wird. Die Luft erhält hier einen Gehalt von etwa 3 g Ozon pro Kubikmeter und gelangt so in den Scrubber-(Sterilisations-)turm. Bei den neueren Anlagen sind Vorrichtungen angebracht, die durch ein Signal jede Unterbrechung in der Zufuhr der Elektrizität oder der Ozonluft anzeigen. — Die Ozonmenge muß auch der Menge der gelösten organischen Substanzen angepaßt sein,

da diese noch vor den Bakterien das Ozon absorbieren. — Die Kosten stellen sich auf 1—2·5 Pfennig pro 1 cbm Wasser.

Neuerdings ist auch ultraviolettes Licht zur Keimbeseitigung im Wasser versucht. Quecksilberlampen mit doppeltem Quarzmantel sind bei den Versuchen in Metallgefäße eingehängt, die langsam von dem Wasser durchströmt werden. Jede Trübung des Wassers, ebenso gelbbräunliche Färbung, vereiteln die Wirkung. Nach entsprechender Vorbehandlung fielen die Versuche befriedigend aus; für eine praktische Verwendbarkeit scheinen einstweilen die Kosten viel zu hoch zu sein.

Zu der nur schwierig und unter steter Kontrolle zu beseitigenden Infektionsgefahr der Flußwasserleitungen gesellt sich als erheblicher Nachteil die ungünstige Temperatur des Wassers (die eventuell durch sehr langsame künstliche Bodenfiltration beseitigt werden kann) und die oft in widerlicher Weise grob sichtbare Verschmutzung desselben; durch letztere entbehrt es der erforderlichen Appetitlichkeit, durch erstere der Frische gerade zu einer Zeit, wo am meisten Wasser konsumiert wird.

Alle neueren Wasserversorgungen sind mit hochgelegenen Reservoiren für das Reinwasser versehen. Bei Quellwasserversorgung könnte man allerdings das Wasser durch den natürlichen Druck direkt bis in die Häuser leiten. Aber es wird dann oft vorkommen, daß bei starkem Konsum die Lieferung nicht ausreicht, während bei fehlendem Konsum eine solche Anhäufung von Wasser stattfindet, daß ein Teil durch Sicherheitsventile unbenutzt abfließen muß. — Besser ist es daher, in allen Fällen Reservoire einzuschalten, in welchen das Verbrauchsquantum für mehrere Stunden Platz findet, von dem aus allen Ansprüchen genügt werden kann, und das namentlich auch für Feuerlöschzwecke jederzeit die größten Wasserquantitäten zur Verfügung stellt.

Zu den Hochreservoiren gelangt das Quellwasser mit natürlichem Gefälle (Gravitationsleitung), Grundwasser und filtriertes Flußwasser werden künstlich gehoben. Die Hochreservoire werden auf einer nah gelegenen Anhöhe angelegt, dicht gemauert, oben gewöhnlich mit Erdschicht bedeckt, die im Sommer mit Wasser berieselt werden kann; oder eigens für diesen Zweck erbaute Türme tragen die Reservoire. Von da aus verzweigen sich dann die Kanäle in die Stadt. Das Reservoir liegt so hoch, daß das Wasser mit natürlichem Gefälle bis in die obersten Etagen der Häuser steigt. — Es ist wichtig, daß in den Rohrleitungen stets ein Überdruck vorhanden ist. Wenn die Menge des nachströmenden Wassers zu gering ist, tritt in oberen Stockwerken oft Wassermangel ein, und die Unreinlichkeit wird begünstigt; ferner kann es vorkommen, daß an einem Endstrang viel Wasser abgelassen wird, und daß infolgedessen in benachbarten Rohren beim Öffnen der

Hähne kein Auslaufen sondern Einsaugen von Luft bezw. von Flüssigkeiten, mit denen der Hahn in Berührung ist, stattfindet. In solcher Weise können sogar aus Wasserklosetts Fäkalteile ins Leitungsnetz gelangen, falls nicht sog. Spülkästen eingeschaltet sind (s. Kap. VII).

Die Leitungen bestehen bis zur Sammelstelle hin in gemauerten oder aus Zement- oder Tonröhren hergestellten Kanälen. Für das unter Druck stehende Wasser dienen Röhren aus verzinktem Schmiedeeisen oder solche aus Gußeisen, die auf hohen Druck geprüft sind, und die zum Schutz gegen Rostbildung in eine Mischung von Teer und Leinöl eingetaucht sind. — In den Häusern sind Gußeisenrohre nicht zu verwenden, weil hier zu viele Biegungen vorkommen. Schmiedeeiserne Röhren verrosten stark. Daher wird oft Bleirohr verwendet.

Allerdings bilden die Bleirohre die Gefahr der Bleivergiftungen. Diese liegt nur vor bei Luftzutritt, also namentlich wenn die bleiernen Leitungsrohre zeitweise mit Luft und Wasser gefüllt sind. Es bildet sich alsdann Bleihydrat, das ungefähr zu 120 mg in 1 Liter Wasser löslich ist. Die Auflösung wird durch freie CO_2, sauere Reaktion gegen Rosolsäure und Lackmus, sowie durch mooriges Wasser begünstigt; gehemmt durch Karbonathärte, Eisen. Wasser mit 0·3 mg PbO in 1 Liter wird dauernd ohne Schaden genossen; bei Aufnahme von 4—7 mg PbO pro Tag treten erst nach mehreren Monaten Zeichen von Bleivergiftung hervor. — Zum Schutz können Bleirohre mit innerem Zinnmantel oder unlöslichen Überzügen Verwendung finden. Größere Quantitäten findet man nur in Wasser, welches längere Zeit (über Nacht) im Rohre gestanden hat. Zweckmäßig werden in Städten, welche bleierne Hausleitungen haben, von Zeit zu Zeit öffentliche Belehrungen darüber erlassen, daß das erste über Nacht in den Rohren gestandene Wasser unbenützt abfließen müsse. — Auch eine Entsäuerung des Wassers durch $CaCO_3$ (s. unten) kann in Frage kommen.

Die Wasserversorgungen werden gewöhnlich von der Gemeinde ausgeführt. Entweder wird das Wasser frei geliefert, und die Kosten werden nach Zahl der bewohnbaren Räume, unter Berücksichtigung des Mietzinses, mit 1·8 bis 3·5 Mark pro Jahr und Raum, oder nach Grundstücken, oder nach Prozenten des Mietzinses der Wohnungen (2—6 Prozent jährlich) berechnet. Oder es sind Wassermesser eingeführt und es werden pro 1 cbm verbrauchtes Wasser 0·1 bis 0·2 Mark bezahlt. Die Wassermesser sind entweder nach dem Steftensystem eingerichtet, bei dem ein Hahn mit fixierter Stellung bei gleichem Druck immer die gleiche Menge Wasser liefert; erst Einschaltung von Reservoiren gestattet Aufspeicherung und gelegentliche stärkere Entnahme. — Meistens werden statt dessen jetzt Meßapparate benutzt, bei denen die Umdrehungen eines Turbinenrades gezählt werden.

Oft ist eine **Reinigung** und **Besserung** des Wassers erforderlich. Bei Infektionsverdacht erfolgt sie am einfachsten durch Kochen des Wassers. Hält man das Wasser 5 Minuten im Sieden, so bietet das-

selbe keine Infektionsgefahr mehr. Bei stärkerem Konsum empfehlen sich besondere Wasserkochapparate (z. B. von Siemens & Co., Berlin), bei denen das frisch zuströmende Rohwasser zugleich die Kühlung des erhitzten Wassers, und dieses die Vorwärmung des Rohwassers übernimmt. Allerdings ist der Geschmack des gekochten und wieder abgekühlten Wassers fade, und es ist daher ein Korrigens zuzusetzen in Form von Kaffee, Tee, Fruchtsaft, Zitronensaft usw. — Zur chemischen Desinfektion des Wassers sind zahlreiche Mittel empfohlen. Diese wirken aber unvollkommen, so lange das Wasser trübe ist; auf vorherige gute Filtration ist daher Bedacht zu nehmen. Schwache Konzentrationen wirken nur bei längerer Einwirkung.

Im großen sind gute Erfahrungen in den Verein. Staaten gemacht mit Chlorkalk 1:300000, 6 Stunden Einwirkung. Neutralisierung ist nicht erforderlich, an den sehr geringen Beigeschmack soll rasch Gewöhnung eintreten. — Für rasche Desinfektion kleiner Wassermengen ist von Langer 0·5 g Chlorkalk pro Liter empfohlen; nach 10 Minuten Neutralisierung durch Natriumpercarbonat, dann Filtration durch Sucrofilter (aus Asbestgewebe mit in die Maschen eingelagerten Silikaten, in offenem Feuer sterilisierbar). Sicherer, auch für die Desinfektion des Niederschlags, ist Kunows Verfahren: Zu 4 Liter Wasser 3 g $CuSO_4$ (als Katalysator) und 3 g $KMnO_4$ (als eigentliches Desinfiziens); nach 10 Minuten 4 Tabletten à 1 g festes 36%iges H_2O_2. Filtration durch Sucrofilter. — Auch H_2O_2 allein desinfiziert klares Wasser rasch und ohne daß der Überschuß beseitigt zu werden braucht. Eine gewisse Wirkung empfindlichen Bakterien (Cholerabazillen) gegenüber hat schon Zusatz von Zitronensäure (6 Promille) und Wein (entsprechend dem Säuregrad).

Ferner kann eine Filtration im Hause in Frage kommen. Für diesen Zweck sind zahlreichste Filter konstruiert, die sich indes bis jetzt meist nicht bewährt haben. Filter aus plastischer Kohle oder mit Füllung von Sand, Kohlenpulver, Filz, Wolle oder dgl. halten wohl gröbere Trübungen (Eisenhydrat), aber nicht Bakterien zurück. Bei längerer Benutzung bilden sich in solchen Filtern ausgedehnte Wucherungen von Bakterien, die eher zur Verunreinigung des durchfiltrierten Wassers führen. — Ein sicher bakterienfreies Filtrat liefern wenigstens zeitweise die Pasteur-Chamberlandschen Tonfilter und die Berkefeldtschen Kieselgurfilter (Fig. 28).

Diese bestehen aus einer Kerze von Porzellanton bezw. Kieselgur (*c*), die innen einen Hohlraum (*d*) enthält und an einem Ende in eine Manschette aus glasiertem Porzellan (*f*) übergeht. Die filtrierende Flüssigkeit dringt von außen (aus dem Raum *e*) in das Innere der Kerze und fließt aus dem Ausflußrohr (*i*) der Manschette ab. Um das Filter mit der Wasserleitung in Verbindung zu setzen, wird die Kerze in eine weitere Metallhülse (*b*) eingesetzt, deren unterer Abschnitt außen ein Gewinde trägt. Zwischen den unteren Rand der Hülse und die Porzellanmanschette wird ein Kautschukring (*h*) eingeschaltet und nun eine Metallkapsel (*g*) auf das Gewinde aufgeschraubt, so daß die Manschette fest gegen den Kautschukring bezw. die Hülse angepreßt und der Zwischenraum (*e*) zwischen Hülse und Kerze nach unten dicht abgeschlossen wird. Am oberen Ende der

Hülse ist ein Verbindungsrohr zum Hahn der Wasserleitung eingeschraubt, durch welches das Wasser von *a* her einfließt.

Bei einem Druck von zirka drei Atmosphären liefert eine Kerze anfangs 1 Liter Wasser innerhalb 20—30 Minuten; schon nach 1—2 Stunden nimmt die Ergiebigkeit erheblich ab. Um die quantitative Leistung zu erhöhen, sind Kombinationen von vier und mehr Kerzen konstruiert. — In den ersten Tagen ist das Filtrat zuverlässig keimfrei. Aber schon nach 3—8 Tagen, wechselnd insbesondere je nach der Temperatur, wachsen einige Bakterienarten durch das Filter hindurch, gelangen auf dessen innere Fläche und teilen sich von da ab in steigender Menge dem Wasser mit. Außerdem wird der quantitative Ertrag um so geringer, je dicker die Schicht der abfiltrierten suspendierten Stoffe auf der Außenfläche der Kerze wird; nach einigen Tagen filtrieren stündlich nur noch wenige Kubikzentimeter. Man muß daher die Filter häufig, wenigstens alle acht Tage, aus der Metallhülse herausnehmen, an ihrer äußeren Fläche mit Bürsten reinigen, und dieselben dann längere Zeit kochen, um die Bakterien im Innern des Filters abzutöten. Die Kerzen sind sehr zerbrechlich; um sicher zu sein, daß nicht feine Risse entstanden sind, ist eine häufige bakteriologische Prüfung des Filtrats unerläßlich.

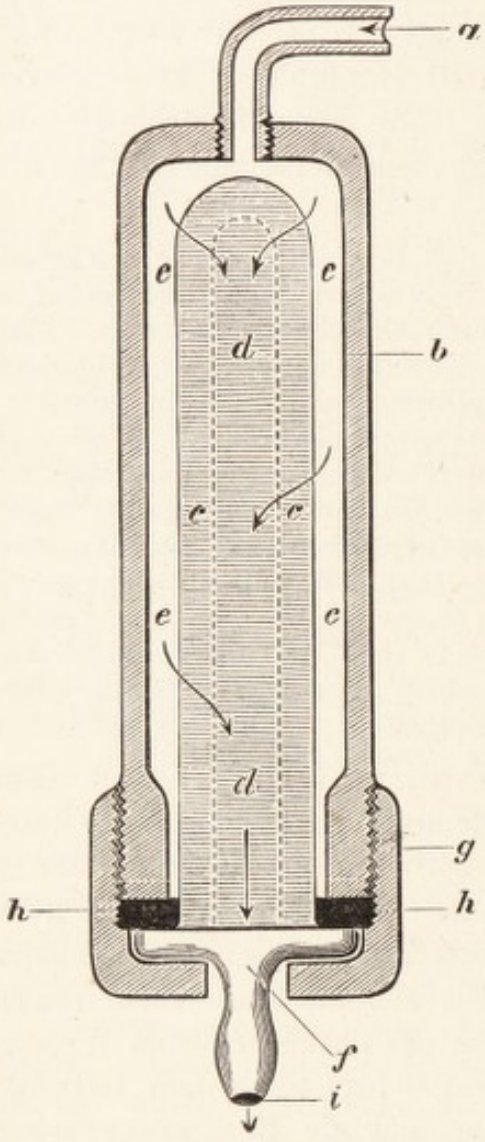


Fig. 28. Ton- oder Kieselgurfilter.

Auch eine Desinfektion der Anlage kann in Betracht gezogen werden. Am leichtesten sind Röhrenbrunnen zu desinfizieren. Bei Schachtbrunnen ist heißer Wasserdampf mittels einer Lokomobile in das Wasser des Schachts einzuleiten, bis dasselbe 80 bis 90° warm geworden ist. Von chemischen Mitteln ist Kupferchlorür, Ätzkalk, Schwefelsäure (1:1000) empfohlen. — Reservoire und Leitungsrohre größerer Wasserleitungen sind mehrfach mit Erfolg durch Schwefelsäure (1:1000, 2stündige Einwirkung) desinfiziert, ohne daß das Eisen oder Blei der Rohre angegriffen wäre.

Nicht selten wird eine Verbesserung des Wassers in bezug auf seine chemische Beschaffenheit angestrebt. Über die Beseitigung von Fe und Mn s. S. 153 u. 157. Eine Verringerung der Härte kann bewirkt werden durch Zusatz von Kalk und Soda; ferner durch Permutit (siehe S. 157).

Überschuß von Kohlensäure, der Bleirohre, aber auch Eisen und Zement angreift, wird in Frankfurt a. M. durch Filtration über Marmorstücke von Grobkiesgröße stark herabgesetzt (0,2 Pf. pro cbm Kosten).

Eis. Künstliches Selterwasser.

Früher hat man wohl geglaubt, daß lebende Organismen im Eis nicht vorhanden sein könnten. In der Tat haben direkte Versuche ergeben, daß viele Bakterien bei 0° zugrunde gehen, namentlich von einer großen Zahl von Individuen der gleichen Art vermutlich alle älteren, nicht mehr voll widerstandsfähigen Exemplare. Von verschiedenen Arten scheinen die einen sehr wenig widerstandsfähig zu sein, andere besser, einige leisten sogar bei 0° noch eine gewisse Vermehrung. — Da das Eis gewöhnlich aus sehr unreinem Wasser, Flüssen, Teichen usw. entnommen wird, findet man entsprechend der relativ großen Widerstandsfähigkeit der Bakterien in 1 ccm Schmelzwasser im Durchschnitt 2000, als Minimum 50, als Maximum 25000 lebende Keime. — Diese Befunde sind offenbar nicht ohne Bedenken. Im Sommer wird viel Eis roh genossen; ferner wird es nicht selten auf Wunden appliziert. Ersteres sollte nie, letzteres nur über undurchlässigen Unterlagen geschehen. — Ohne Bedenken ist dagegen innerlich und äußerlich das Kunsteis zu verwenden, wenn es durch Kühlleitungen, in welchen komprimiertes NH_3 oder CO_2 oder SO_2 zur Ausdehnung und Verdampfung gelangt, aus destilliertem Wasser bereitet wird. Dies Eis enthält im Mittel 0—10 Keime pro 1 ccm. Das destillierte Wasser führt zwar auch oft sog. Wasserbakterien, aber diese scheinen eben zu den leicht durch Gefrieren zu schädigenden Arten zu gehören.

Die künstlichen kohlensauren Wässer sollen, falls sie in größeren Quantitäten genossen werden, nicht zu viel CO_2 enthalten, um Magenauftreibung zu verhüten. Die meisten sind sehr reich an Bakterien; selbst 7 Monate langes Lagern ändert daran nichts. Auch bei solchem Selterwasser, das aus destilliertem Wasser bereitet wurde, ist der Bakteriengehalt ein sehr hoher. Dagegen ist die Mannigfaltigkeit der Arten in mit Brunnenwasser bereitetem Selterwasser weit größer; und hier ist jedenfalls die Gefahr einer Infektion ungleich bedeutender. Im destillierten Wasser ist nur auf indifferente saprophytische Bakterien zu rechnen, während ein Brunnenwasser ebensowohl in Form des Selterwassers, wie im natürlichen Zustand zu Infektionen Anlaß geben kann.

Absichtlicher Zusatz pathogener Keime zu künstlichem Selterwasser hat ergeben, daß zwar einige Arten (Cholera-, Milzbrandbazillen) rasch absterben, daß aber z. B. Typhus- u. Cholerabazillen, Microc. tetragenus usw. einige Tage bis Wochen lebensfähig bleiben. Mit Rücksicht auf diese Resultate ist unbedingt nur das aus destilliertem Wasser oder aus völlig unverdächtigem Brunnen- (Leitungs-)wasser bereitete Selterwasser zu empfehlen.

Literatur: Loeffler, Oesten und Sendtner, Die Wasserversorgung in Weyls Handb. d. Hygiene, 1896. — Lueger, Die Wasserversorgung der Städte, 1908. — Tiemann und Gärtner, Die chem. u. mikrosk. bakteriol. Untersuchung des Wassers, 1896. — Fränkel, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 6. — Koch, Wasserfiltration u. Cholera, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14. — Ohlmüller u. Spitta, Die Untersuchung des Wassers, Berlin 1910. — Kruse, Kritische u. experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers. Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Bd. 17. — Gruber, Viert. f. öff. Ges. 1893. — Piefke, Über die Betriebsführung von Sandfiltern, ibid. Bd. 16. — Flügge, Verh. d. Ver. f. öffentl. Ges. in Stuttgart,

1895. — Zeitschr. f. Hyg., Bd. 14. 22. Zeitschr. f. Medizinalbeamte 1908. — Gärtner, Klinisches Jahrbuch, Bd. 9. 1903. — Fromme, Colibakterien, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf. Bd. 65. — Konrich, Zur Bewertung des Bakt. coli, Klin. Jahrb. Bd. 23, 1910. — Kolkwitz, Mitt. der Prüfungsanst. f. Wasservers., Heft 1, 3, 4, 13. — Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, 1909. — Hetsch im Lehrbuch der Militärhygiene von Bischoff, Hoffmann u. Schwiening, 1910. — Spitta, im Handbuch der Hygiene von Rubner, v. Gruber u. Ficker, Bd. 2.

Fünftes Kapitel.

Ernährung und Nahrungsmittel.

A. Die Deckung des Nährstoffbedarfs des Menschen.

I. Die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe.

Von Hunger- und Durstgefühl getrieben, nimmt jeder Mensch Tag für Tag Nahrungsmittel zu sich, deren Bestandteile Eiweißstoffe, Fette, Kohlehydrate, Wasser, Salze (ferner Lipoide, Purine und Vitamine, s. S. 175) und gewisse unter der Bezeichnung „Genußmittel" zusammengefaßte Stoffe sind. Die fortgesetzte Zufuhr dieser Stoffe ist erforderlich, um den Bestand des Organismus und die normalen Leistungen aller Organe zu erhalten bezw. zu steigern; denn der Körper zerstört stetig Stoffe, die seinem Zellbestande angehörten, oder stößt solche ab, und außerdem verbraucht er fortgesetzt im Säftestrom kreisende Stoffe für seine Kraft- und Wärmeentwicklung. Den Ersatz dieses Verbrauchs sollen die Nahrungsstoffe liefern.

Der weitaus größte Teil der Umsetzungen entfällt auf den Kraftwechsel. Die chemischen Spannkräfte der zugeführten Nährstoffe bilden die einzige Kraftquelle des Organismus, aus der er die Eigenwärme, die Bewegung des Blutes, die äußere Arbeit usw. bestreitet. Die einzelnen Nährstoffe können sich in ihrer Fähigkeit, den Kraftwechsel zu unterhalten, nach dem Maß ihrer chemischen Spannkräfte oder ihrer Verbrennungswärme im Kalorimeter (Berthelotsche Bombe) vertreten. Nur ist zu beachten, daß zwar Fette und Kohlehydrate im lebenden Organismus ebenso vollständig und bis zu den Endprodukten CO_2 und H_2O verbrannt werden, wie im Kalorimeter; daß dagegen Eiweiß in letzterem zu CO_2, H_2O und N verbrennt, während im Tierkörper nur eine unvollständige Oxydation zustande kommt unter Bildung von Resten (Harnstoff usw.), die ihrerseits noch Spannkraft ent-

halten. Im Kalorimeter liefert daher 1 g Eiweiß im Mittel 5·5 Kalorien, im Tierkörper etwa 25% weniger. Legt man den „physiologischen Nutzeffekt", d. h. die im Körper wirklich verwertbare Kalorienmenge zugrunde, so liefert

1 g Eiweiß	4·1	Kal.
1 g Fett	9·3	„
1 g Kohlehydrate .	4·1	„

und in diesem Verhältnis vertreten sich die einzelnen Nährstoffe bezüglich der Kraftleistung im Körper (isodyname Werte der Nährstoffe). 100 g Fett sind demnach gleichwertig 227 g trockenem Eiweiß oder Kohlehydrat, bezw. gleich 1000 g frischer Muskelsubstanz (Rubner).

Der Umfang des Kraftwechsels wird ausgedrückt durch die Menge von Kalorien, welche durch die Verbrennung organischer Stoffe im Körper gebildet werden. Auf 1 Kilo Körpergewicht liefert im Mittel der erwachsene Mensch 40—50 Kal., der Hungernde 33 Kal., der bettlägerige Kranke 20 Kal., der Säugling 80 Kal. Bei ruhenden Tieren gleicher Rasse, bei gleicher Temperatur usw. ist für den Kraftwechsel die Oberflächenentwicklung maßgebend; der hungernde, ruhende Erwachsene liefert pro Quadratmeter Oberfläche etwa 800 Kal., bei 65 Kilo Gewicht (=2 qm Oberfläche) also 1600 Kal.; beim Säugling steigt die Zahl der Kalorien bis 1450 pro 1 qm; beim Greise sinkt sie auf 6—700. Die Beziehung zwischen Gewicht und Körperfläche läßt sich für den Menschen ausdrücken durch die Gleichung: $O = 12 \cdot 3 \cdot \sqrt[\frac{3}{2}]{a}$, wo O die Oberfläche und a das Körpergewicht in Gramm bedeutet.

Im übrigen beeinflußt — abgesehen von Menge und Art der Nahrungszufuhr — die Muskelarbeit und die Steigerung der Eigenwärme den Umsatz. Beim Stehen werden schon 20—25% Kal. mehr geliefert als im Liegen; bei steter Bewegung und mechanischer Arbeit 50—100% Kal. mehr. Eigentlich sollte 1 Kal. einer Arbeitsleistung von 425 Kilogrammeter entsprechen. Die Kalorienmenge, welche der Körper produzieren muß, um eine bestimmte Arbeit zu leisten, ist indes mindestens 3—4mal so groß als das Wärmeäquivalent der Arbeit (bei künstlichen maschinellen Betrieben noch erheblich größer). — Erhöhung der Eigentemperatur um 1° geht mit einer Kraftwechselsteigerung um 10% einher.

Außer für den Kraftwechsel ist die Zufuhr von Nährstoffen auch für den Stoffwechsel, für den Ersatz bezw. Ansatz von Körperstoffen, von größter Bedeutung. Beständig gehen Teilchen der Zellen, der Säfte (Hämoglobin!), der Gerüstsubstanzen zugrunde; Epidermisschüppchen, Haare, Hauttalg, Schweiß, Milch, Epithelien, Blut, Speichel, Kot werden ausgeschieden. Oft ist Ansatz neuer Körpersubstanz erforderlich, so

beim wachsenden Körper, in der Rekonvaleszenz; neue Depots von Fett, Glykogen können zur Anlage gelangen. Oft werden auch Reservestoffe einbezogen, um den Kraftwechsel decken zu helfen; so „zirkulierendes Eiweiß“ (Vorratseiweiß), das bei reichlicher Eiweißzufuhr zurückgehalten, aber zunächst nicht angesetzt war, und das bei Nahrungsentziehung (Krankheit) rasch wieder zerfällt; ferner das deponierte Fett, dessen Menge beim gut Genährten so groß ist, daß seine Verbrennungswärme die der gesamten Eiweiß- und Leimmasse des Körpers um das Dreifache übertrifft.

Bis zu einem gewissen Grade kann man auf die Art des Stoffwechsels Schlüsse ziehen aus der Kenntnis der Zusammensetzung des Körpers. Der Körper des männlichen Erwachsenen enthält im Mittel:

a) nach Organen: 16 % Skelett,
42 % Muskeln,
18 % Fettgewebe,
7,7 % Blut,
16,4 % Drüsen und Rest;

b) nach chem. Bestandteilen:
59 % Wasser,
9 % Eiweiß,
6 % leimgeb. Gew.
21 % Fett,
5 % Asche.

Der stoffliche Umsatz wird indes vorwiegend durch die besonderen Eigenschaften der Zellen bedingt und variiert bei den verschiedenen Organen erheblich. So gehen z. B. beim Hungernden 93—97 % von den Fettdepots zu Verlust, 40—50 % von Drüsen und Muskeln, nur 2 % vom Nervensystem. Stofflich steht das Glykogen an erster Stelle; nächst diesem wird sofort das Fett zerstört; während der Eiweißverbrauch erst in den letzten Tagen einer längeren Hungerperiode stark ansteigt.

Über die Bedeutung der einzelnen in den Nahrungsmitteln enthaltenen Stoffe für die Ernährung ist noch folgendes hervorzuheben:

1. Die Eiweißstoffe.

Volle Erhaltung des Eiweißbestandes des Körpers ist von größter Bedeutung. Bei Eiweißmangel erfolgt Zerfall von Körperzellsubstanz; die Neubildung von Blut leidet, die Regeneration der Muskeln wird beeinträchtigt; die Verdauungsfermente werden spärlicher gebildet; ein Gefühl von Schwäche und geringer Leistungsfähigkeit, Unlust zu körperlichen Bewegungen, leichtes Schwitzen, gereizte Stimmung treten auf.

Findet kein Eiweißverlust vom Körper und kein Ansatz statt, sondern wird pro Tag gerade ein der Zufuhr entsprechendes Quantum Eiweiß zerstört, so befindet sich der Körper im N-Gleichgewicht. Der Körper vermag sich mit sehr verschiedener Eiweißzufuhr ins Gleichgewicht zu setzen. Bei Hunger wird nur am 1. Tage noch eine N-Menge ausgeschieden, welche derjenigen der vorausgegangenen Nahrungstage ungefähr gleichkommt. Von da ab geht mit der Verringerung des Eiweißvorrats auch eine stete Verringerung des Umsatzes einher. Wird in dieser Weise der Körper gegen eine zu rasche Eiweißverarmung geschützt, so ist es andererseits nicht leicht, durch vermehrte Eiweißzufuhr einem verarmten Körper einen besseren Eiweißbestand zu verschaffen. Mit der vermehrten Zufuhr hält die Zerlegung immer wieder gleichen Schritt. Erst wenn Fett und Kohlehydrate neben Eiweiß zugeführt werden, wird der Eiweißzerfall eingeschränkt, und es kann Eiweißansatz erfolgen. Bei reichlichem Gehalt der Kost an Fett und Kohlehydraten sinkt der Eiweißbedarf auf ein Minimum von 50—60 g pro Tag, das die N-Ausscheidung im Hunger nur wenig übersteigt. Gleichgewicht wird aber durch so geringe Eiweißzufuhr nur erreicht, wenn der Kraftwechsel bedeutend und die Gesamtnahrung sehr reichlich ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen werden bei gemischter Kost etwa 85 g Eiweiß zerstört.

Der Ersatz des zerfallenen Eiweiß muß, wie oben betont wurde, in vollem Maße durch resorbierbares Eiweiß der Nahrung geschehen. Zu beachten ist dabei, daß die N-Substanz der verschiedenen Nahrungsmittel, aus welcher üblicherweise durch Multiplikation des N mit 6,25 auf Eiweiß umgerechnet wird, in bezug auf ihre Befähigung zum Eiweißersatz sehr ungleichwertig ist. Teils besteht sie aus Nukleinen (Zellkernen), die nicht resorbierbar sind; teils aus Lezithinen (Eidotter, Gehirn), die vom Pankreassaft in Neurin, Glyzerinphosphorsäure und Stearinsäure zerlegt werden und höchstens eine den Fetten ähnliche nährende Wirkung haben; teils aus Aminosäuren und Aminen (Asparagin). Auch sind manche pflanzliche Eiweißstoffe in Hüllen eingeschlossen, die im Verdauungstraktus nicht gelöst werden und daher die Resorbierbarkeit hindern. — Außerdem zeigen auch die löslichen Eiweißstoffe offenbar noch differente Eigenschaften, die für ihre Verwertbarkeit im Körper von Belang sind. Bei der Verdauung durch Trypsin und Erepsin werden bekanntlich die aufgenommenen Eiweißstoffe in Spaltprodukte (hauptsächlich Aminosäuren) zerlegt und müssen beim Durchtritt durch die Darmwand erst wieder aufgebaut werden. Aber die Spaltstücke sind für jede einzelne Eiweißart verschieden, und damit der Aufbau der Körpereiweißstoffe möglich ist, müssen die Spaltstücke in entsprechender Zusammensetzung dem Körper einverleibt werden. Dar-

aus ergibt sich, daß beliebige Peptone nicht als Eiweißersatz dienen können; ebensowenig der Leim, der andere Spaltprodukte liefert wie Körpereiweiß (kein Alanin, Überschuß von Glykokoll). Leim und Peptone der Nahrung haben daher nur für den Kraftwechsel bezw. durch Ersparnis von Eiweißzerfall Bedeutung. Ebenso ist z. B. das Gliadin des Weizens nicht in voller Menge zum Ersatz von Körpereiweiß befähigt; denn es liefert bei der Spaltung 28% Glutaminsäure, während Bluteiweiß nur 8% ergibt; ein großer Teil der aus dem Gliadin im Darm gebildeten Bausteine bleibt daher ohne Verwendung.

Demnach existiert für die N-Substanz eines jeden Nahrungsmittels eine besondere biologische Wertigkeit, von welcher es abhängt, in welchem Grade der N-Verlust des auf ein N-Minimum eingestellten Menschen durch die betr. N-Substanz verhütet werden kann. Bezeichnet man die Wertigkeit mit 100, wenn mit ebensoviel N-Substanz, wie in der Nahrung enthalten ist, der N-Verlust ersetzt werden kann, so beträgt diese für:

Rindfleisch	104
Milch	100
Fisch.	95
Weizenmehl	39
Kartoffeln	79
Reis	88
Erbsen	55

Bei Kartoffelnahrung ist also das N-Gleichgewicht mit sehr viel kleinerer N-Zufuhr herzustellen als bei Brotnahrung (Rubner, Thomas).

2. Die Fette.

Das Fett wird im Körper schwer zerlegt, für gewöhnlich nur in einer Menge von 50—100 g. Wird mehr Fett aufgenommen, so wird der Rest in den Depots abgelagert; es hat also die Vermehrung des Fettes keinen den Umsatz steigernden Einfluß. Dagegen werden bei Muskelarbeit außerordentlich viel größere Fettmengen zerstört als bei Ruhe; die Steigerung der Fettzerlegung kann das 3—4fache betragen. Die Leistungen des Fettes bei seiner Zerlegung bestehen: 1. darin, daß es bedeutende Mengen von Wärme erzeugt; 2. wird der Eiweißzerfall wesentlich verringert, wenn Fett neben Eiweiß im Säftestrom zirkuliert. Wird allerdings bei wenig Eiweiß reichlich Fett in der Nahrung gegeben, so tritt die ersparende Wirkung nicht deutlich hervor. — Von großer Bedeutung ist die sparende Wirkung des Fettes in den Fällen, wo die Nahrungszufuhr wegen Krankheit usw. stark

absinkt oder aufhört. Es werden dann stets die Fettdepots des Körpers in beträchtlichem Grade angegriffen, und die Zerstörung der Eiweißstoffe wird bedeutend herabgesetzt.

Das im Körper zerstörte Fett ist durch Fett der Nahrung zu ersetzen. Es eignen sich dazu die Fette sowohl der tierischen, wie auch der pflanzlichen Nahrungsmittel. Dabei ist nur zu beachten, daß lediglich solche Fette einer Resorption und einer Zerlegung im Körper fähig sind, welche unter 40° flüssig sind; Stearin z. B. ist vollkommen unverdaulich.

Es besteht indes auch die Möglichkeit, das Fett aus Kohlehydraten im Körper zu bilden, wenn letztere in überreichlicher Menge gegeben werden. Indes stößt die dauernde Resorption solcher Kohlehydratmengen auf erhebliche Schwierigkeiten.

Sehr gut geeignet zur Vertretung des Fettes sind die Fettsäuren, die einen so großen Prozentsatz im Fettmolekül ausmachen, daß sie ungefähr die gleiche ersparende Wirkung ausüben, wie die Fette selbst. Das Glyzerin dagegen hat keinerlei Einfluß, weder auf den Eiweiß-, noch auf den Fettumsatz.

3. Die Kohlehydrate.

Mit Eiweiß und Fett sollte der Mensch eigentlich seinen Nahrungsbedarf vollständig decken können; indessen gelingt dies schwer, weil die Grenzen für die Resorption der Fette beim Menschen relativ eng gezogen sind. Wir sehen daher, daß in der Nahrung noch ein anderer stickstofffreier Bestandteil in außerordentlich großen Mengen genossen wird, nämlich die Kohlehydrate, Monosaccharide von der Formel $C_6H_{12}O_6$ (Dextrose, Lävulose, Galaktose), Disaccharide von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ (Rohrzucker, zerfallend in 1 Mol. Dextrose und 1 Mol. Lävulose; Milchzucker in 1 Mol. Dextrose und 1 Mol. Galaktose; Maltose in 2 Mol. Dextrose) und Polysaccharide von der Formel $(C_6H_{10}O_5)\cdot x$ (Stärke, Dextrin, Glykogen). Im Körper finden wir aber stets nur Spuren von Kohlehydraten, kleine Mengen von Glykogen, die gegenüber den 4 bis 500 g genossener Kohlehydrate völlig verschwinden. Es erklärt sich dies dadurch, daß die Kohlehydrate unter allen Umständen, bei Ruhe und Arbeit, rasch und vollständig im Körper zerfallen und zu den Endprodukten Kohlensäure und Wasser verbrannt werden. Sie werden also nie zu bleibender Körpersubstanz umgewandelt, ausgenommen wenn bei sehr großen Gaben ein Teil zur Fettbildung verwandt wird.

Bei ihrer völligen und schnellen Verbrennung liefern die Kohlehydrate 1. erhebliche Menge Wärme; 2. äußern sie eine den Eiweißumsatz herabsetzende Wirkung, und zwar vollkommener als die Fette; 3. bewirken die Kohlehydrate eine geringere Zerstörung des Fettes,

und führen häufig eine Ablagerung von Fett im Körper herbei; 4. können die Kohlehydrate selbst eine Umwandlung in Körperfett erfahren.

Die Deckung des Kohlehydratbedarfs geschieht durch die Kohlehydrate der Nahrung, durch Rohr- und Milchzucker, hauptsächlich aber durch Stärke, die allmählich und langsam im Darm in resorbierbaren Zucker übergeht und also gleichsam ein nachhaltiges Reservoir darstellt, aus welchem der Körper für lange Zeit fortgesetzt kleinere Mengen von Kohlehydraten in den Säftestrom überführt.

4. Das Wasser.

Das Wasser bildet einen wesentlichen Bestandteil der Organe und Säfte; es ist als Lösungsmittel und zum Transport der löslichen Substanzen von großer Bedeutung; es beteiligt sich an der Wärmeregulierung des Körpers.

Fast stets ist voller Ersatz der ausgeschiedenen Wassermenge erforderlich, und dieser erfolgt vorzugsweise durch Zufuhr von Wasser, kann aber auch durch Zufuhr verbrennbaren Wasserstoffs (Kohlehydrate usw.) geschehen. Manche Tiere (Pflanzenfresser) kommen nur mit der letzteren Art von Zufuhr und ohne Wassergenuß längere Zeit aus. Für den Menschen ist präformiertes Wasser in Form von Suppen, Breien usw. und als Getränk in einer Menge von 1—2 Liter erforderlich.

Eine abnorme Verminderung der Wasserzufuhr kommt bei frei gestellter Nahrungsaufnahme kaum vor; dagegen kann sehr leicht ein Übermaß von Wasser eingeführt werden. Vorübergehende Erhöhung der Wasserzufuhr bewirkt zunächst eine vermehrte Stickstoffausscheidung, die indes wesentlich auf Ausspülung angesammelter Exkrete beruht. Anhaltende abnorm starke Wasserzufuhr hat insofern gewisse Nachteile im Gefolge, als leicht eine starke Verdünnung der Verdauungssäfte, und nach Angabe einiger Beobachter außerdem eine Überbürdung des Pfortaderkreislaufs entsteht, welche auf die allgemeinen Verhältnisse des Blutdrucks zurückwirkt. Ferner wird dabei den zirkulatorischen Apparaten übermäßige Arbeit zugemutet, und manche Zellfunktionen scheinen weniger energisch vor sich zu gehen. Allerdings verfügt der Körper über gute regulatorische Vorrichtungen, und der völlig gesunde Körper kann daher auch den Genuß großer Flüssigkeitsmengen lange Zeit ohne Schaden ertragen. Aber wenn geringe Abnormitäten, Herzschwäche, Verdauungsstörungen, Anämie usw. bereits vorliegen, soll unnötige Wasserzufuhr vermieden werden.

5. Die Salze.

Werden die ausgeschiedenen Salze des Körpers nicht ausreichend ersetzt, so gibt derselbe zunächst eine Zeitlang aus seinem Bestande her; bei andauernd salzarmer Nahrung treten eigentümliche nervöse Erscheinungen und schließlich der Tod ein. Derartige Folgen beobachtet man aber nur bei Ernährung mit künstlich salzfrei gemachter Nahrung; in der üblichen gemischten Kost sind die nötigen Salzmengen gewöhnlich enthalten, während eine einseitige Ernährung z. B. mit animalischer Kost und Mehlpräparaten Defekte in der Blutbildung zur Folge haben kann, insbesondere beim wachsenden Körper. Vermutlich sind die grünen Gemüse als Lieferanten der dem Körper nötigen Salze von besonderer Bedeutung. — Für die neuerdings mehrfach ausgesprochene Ansicht, daß gerade in bezug auf Salze beim Kind und beim Erwachsenen leicht eine Unterernährung zustande komme, daß Zahnkaries, abnorme Knochenentwicklung, Phthise usw. auf einer Demineralisation des Körpers beruhe und reichliche Zufuhr von löslichen Kalksalzen (Chlorkalzium, Emmerich & Löw) manche Krankheiten verhüten und heilen könne, sind ausreichende Beweise noch nicht erbracht.

Bei gesunden Erwachsenen ist speziell Kalk zu durchschnittlich 1·5 g in der gewohnten Nahrung gefunden, und dieser Betrag muß einstweilen als ausreichend angesehen werden. Derselbe ist enthalten z. B. in 1 Liter Milch, 370 g Butter, 400 g Eidotter, 130 g Spinat, 200 g Kopfsalat, 1500 g Kartoffeln, 4300 g Brot, so daß Mischungen mit dem genügenden Kalkgehalt leicht hergestellt werden können (Hornemann). — Bei ausschließlicher Pflanzennahrung entsteht ein Kochsalzdefizit, indem die Kalisalze der Vegetabilien sich mit dem Kochsalz des Körpers umsetzen; es werden Natriumphosphat und Kaliumchlorid gebildet, und es kommt so eine fortgesetzte Verarmung an ClNa zustande. — Ein Mangel an Kalisalzen infolge ausschließlich animalischer Kost soll Skorbut hervorrufen; doch ist dies unwahrscheinlich, da auch bei vorwiegender Planzenkost (Gefangene) oft Skorbut beobachtet wird. Sicher ist nur, daß genügende Ernährung mit unverdorbenen, frischen Nahrungsmitteln den Skorbut verhütet und daß reichlicher Genuß frischer Gemüse die Krankheit rasch zu heilen pflegt (s. S. 176, Vitamine).

Sehr empfindlich scheint der Körper gegen eine zu geringe Zufuhr von Eisen zu sein (Hämoglobinbildung). Man nimmt an, daß das Eisen aus der Nahrung in organischen, den Nukleinen ähnlichen Verbindungen resorbiert wird, von denen im ganzen nur sehr kleine Mengen für den Körper erforderlich sind. Zufuhr anorganischen Eisens soll dadurch günstig wirken, daß es die organischen Eisenverbindungen vor Zersetzung im Darm schützt. Auch das Eisen ist vorzugsweise in den grünen Gemüsen (Spinat, Bohnen usw.) enthalten.

6. Die Vitamine.

Als Vitamine werden neuerdings Stoffe bezeichnet, die in kleiner Menge in frischen pflanzlichen Nahrungsmitteln, hauptsächlich in den

Samen bezw. in deren äußerer Schicht, relativ reichlich auch in der Hefe vorkommen, dagegen nicht in länger erhitzten oder ausgetrockneten Nahrungsmitteln. Sie sollen zu den durchaus notwendigen Nahrungsbestandteilen gehören, und ihr Fehlen allerlei Krankheiten verursachen; so soll Beriberi durch Fehlen eines solchen Vitamins, Skorbut, Pellagra durch Fehlen anderer Vitamine zustande kommen, und zu den „Avitaminosen" werden auch Rachitis, die Mehlnährschäden der Säuglinge usw. gerechnet. Funk bezeichnet sie als fällbare, N-haltige, sehr labile, ungiftige Substanzen von noch unbekannter Konstitution. — Gesichert erscheint vor allem, daß Beriberi bei den reisessenden Völkern in den Tropen eine Folge des Polierens der Reiskörner ist, durch welches die ganze äußere Samenschicht mit dem darin enthaltenen Vitamin völlig entfernt wird. Zugabe von Reiskleie schützt gegen die Erkrankung. Weitere Beobachtungen über die Bedeutung dieser merkwürdigen Stoffe sind abzuwarten.

7. Die Genuß- und Reizmittel.

Eine aus reinem Eiweiß, Fett, Kohlehydraten, Wasser und Salzen zusammengesetzte Nahrung würde immer in einem wesentlichen Punkte noch einer Ergänzung bedürfen: sie würde nur mit Widerstreben genossen werden, solange nicht eine Gruppe von Stoffen vertreten ist, die wir regelmäßig in der Nahrung aller Völker beobachten, nämlich die sogenannten „Genußmittel". Teils versteht man unter dieser Bezeichnung die in der Nahrung enthaltenen oder ihr zugesetzten schmeckenden Stoffe (die schmeckenden Stoffe des gebratenen Fleisches; das Aroma der Früchte; organische Säuren, wie Weinsäure, Zitronensäure; auch den Zucker; ferner die sog. Würzmittel, wie Salz, Pfeffer, Senf usw.); teils Substanzen, welche weniger wegen ihres Geschmacks, als vielmehr wegen ihrer anregenden Wirkung auf das Nervensystem genossen werden, also mehr als Reizmittel fungieren (Tee, Kaffee, Alkohol, Tabak).

Früher hat man manchen dieser Substanzen einen nährenden oder die Zersetzung von Nährstoffen ersparenden Effekt zugeschrieben. Diese Ansicht ist jedoch als unrichtig erwiesen; kleinere Dosen haben (abgesehen von Zucker) keinerlei stoffliche Wirkung; größere Gaben von Tee, Kaffee usw. führen eher zu einer Steigerung des Eiweißumsatzes, während allerdings für den Alkohol eine geringe Eiweiß sparende Wirkung nachgewiesen ist.

Die Bedeutung der Genußmittel liegt vielmehr darin, daß sie zunächst zur Aufnahme von Nahrung anregen und die Sekretion der Verdauungssäfte befördern. Selbst Versuchstiere weisen eine künstlich geschmacklos gemachte Kost hartnäckig zurück, auch wenn ihnen keine

andere Nahrung geboten wird. Der Mensch ist insofern weit empfindlicher, als gewisse Äußerlichkeiten, ein fremdes Aussehen, ein ungewohnter Geruch, ein unappetitliches Arrangement bereits die Aufnahme der Nahrung hindern; ferner stumpft er sich gegen die gleichen Geschmacksreize außerordentlich leicht ab und verlangt eine häufige Abwechslung derselben. In den Gefängnissen ist nichts mehr gefürchtet als das ewige Einerlei der breiigen Konsistenz der Kost und des Hülsenfruchtaromas; und sehr häufig beobachtet man dort den Zustand der „Abgegessenheit", in welchem die gleiche Nahrung hartnäckig verweigert wird, die vor Wochen oder Monaten gern genossen wurde. Dieser zwingende Einfluß der Geschmacksreize auf die Nahrungsaufnahme ist in früherer Zeit viel zu wenig gewürdigt worden.

Zweitens äußern viele unter den Genuß- und Reizmitteln eine besondere günstige Wirkung auf die Verdauungsorgane, regen (wie z. B. kleine Dosen Alkohol, Koffein, Nikotin u. a. m.) Magen- und Darmbewegung an oder befördern erheblich (wie Zusatz von Kochsalz, Pfeffer, Senf) die Sekretion der Verdauungssäfte. Dazu äußern noch manche dieser Substanzen eine hemmende und regulierende Wirkung auf das Bakterienleben im Darm; besonders die ätherischen Öle, Senföl, in geringerem Grade auch Alkohol, Kaffee usw. sind geradezu Desinfizientien und können daher sehr wohl die Zersetzungen im Speisebrei und den Resorptionsmodus beeinflussen.

Drittens sind die eigentlichen Reizmittel noch dadurch wichtig, daß sie die Empfindung ungenügender Ernährung und Leistungsfähigkeit verdecken. Ihre die Nerven anregende, den Blutdruck und die Energie steigernde Wirkung steht mit psychischen Eindrücken, begeisternden Ideen usw. auf einer Stufe. In unserer Zeit regen Schaffens und Strebens sind derartige Reizmittel, welche ohne Schlaf oder störende Nahrungsaufnahme die Leistungsfähigkeit des ermüdeten Körpers rasch wieder herstellen, von großer Bedeutung. Zweckmäßig werden dabei nur solche Mittel verwendet, welche von schädigenden Neben- und Nachwirkungen möglichst frei sind und eine feine, dem jeweiligen Bedarf angepaßte Abstufung gestatten.

Haben somit die Genuß- und Reizmittel unleugbar eine große und vielseitige Bedeutung für die Ernährung und Leistungsfähigkeit, so ist doch andererseits ein Maßhalten in ihrem Gebrauch aufs dringendste indiziert. Vor allem ist darauf zu achten, daß nicht etwa Gewöhnung an kleine Dosen eintritt, welche zur Anwendung stetig größerer verleitet; ferner daß, wenn der Körper durch Reizmittel über das Nahrungs- oder Schlafbedürfnis weggetäuscht wurde, die Nahrungs- und Schlafzufuhr in vollem Maße nachgeholt wird. Andernfalls ist eine schnelle und schwer reparable Verschlechterung des Ernährungszustandes unausbleiblich.

Zu schweren Folgen führt insbesondere der Alkoholmißbrauch. Derselbe ruft Erkrankungen des Herzens, der Leber, der Nieren und des Zentralnervensystems hervor, so daß Alkoholiker eine erheblich größere Mortalität zeigen als solche Menschen, die nur wenig Alkohol genießen oder sich des Alkoholgenusses völlig enthalten (Temperenzler, Abstinenzler). Außerdem hebt der Alkoholgenuß bei vielen Menschen die sittliche Selbstbeschränkung auf; leichtsinnige Handlungen, sowie Roheiten, Vergehen und Verbrechen sind sehr oft auf Alkoholrausch zurückzuführen.

Eine Bekämpfung des Alkoholmißbrauchs muß erfolgen teils durch repressives Eingreifen, d. h. Kontrolle der Schankstätten, Gründung von Gesellschaften zu eigenem Erwerb und Betrieb der Schankwirtschaften (Gotenburger System), Beschränkungen für die Gewohnheitstrinker, Trinkerasyle usw.; teils durch präventive Maßregeln. Bei der Auswahl der letzteren darf man nicht vergessen, daß in den unteren Volksschichten infolge fortgesetzter Unterernährung, Monotonie der Arbeit, Mangel an geistiger Anregung usw. vielfach ein mächtiger Trieb nach Reizmitteln vorhanden ist, und daß daher der Bevölkerung andere weniger schädliche Reizmittel, Kaffee, Tee usw., eventuell sogar unter Beigabe kleiner Alkoholmengen, in bequemster Weise und für billigsten Preis dargeboten werden müssen, wenn der Kampf gegen Alkoholmißbrauch erfolgreich sein soll. Zahlreichste kleine, aus öffentlichen oder privaten Mitteln unterstützte Kaffee- und Teehäuser; ferner Darbietung öffentlicher Vergnügungen ohne Alkoholgenuß (Volksheime mit Konzerten, Theater usw.) sind am besten imstande, dem Schankstättenunwesen und dem Alkoholkonsum Abbruch zu tun. In Verfolgung ferner liegender Ziele ist die Besserung der Ernährung und der Wohnung der arbeitenden Bevölkerung, sowie deren gesamte soziale Hebung anzustreben, aus der sich ohne weiteres eine Einschränkung des Alkoholmißbrauchs ergeben wird.

II. Quantitative Verhältnisse des Kostmaßes.

Zur Ermittelung der erforderlichen Nährstoffmengen dienen folgende Wege:

1. Untersuchungen im Respirationsapparat und Stickstoffbestimmungen im 24stündigen Harn bei einzelnen im N-Gleichgewicht befindlichen Menschen. Um die ausgeschiedene C-Menge auf die einzelnen Nährstoffe zu verteilen, zieht man zunächst die 3·28fache Menge des N (auf 1 Teil N der Eiweißstoffe kommen 3·28 Teile C) vom Gesamt-C ab. Der Rest entstammt Fett- und Kohlehydraten. — Richtige Mittelwerte lassen sich nur aus großen Beobachtungsreihen gewinnen.

2. Ausgehend von der Erwägung, daß das Menschengeschlecht durch Instinkt und uralte Tradition im großen ganzen eine richtige Zusammensetzung der Nahrung gefunden hat, können wir aus der Kost frei lebender gesunder Indivi-

duen die notwendige Menge und das richtige Mischungsverhältnis der Nahrung entnehmen. Man erhält um so brauchbarere Zahlen, je zahlreichere Untersuchungen ausgeführt werden. Das Verfahren besteht darin, daß stets eine der genossenen gleiche Portion der Nahrung ins Laboratorium geschafft und dort einer genauen Analyse unterworfen wird. Womöglich ist die Stickstoffbestimmung im 24stündigen Harn zuzufügen. Ferner ist die Menge der erfahrungsgemäß nicht resorbierten Nährstoffe zu berücksichtigen. — Bei zahlreichen Arbeitern, Ärzten usw. sind in dieser Weise Erhebungen angestellt.

3. Mit Hilfe sorgfältig geführter Haushaltungsbücher, wie sie sich in öffentlichen Anstalten, beim Militär usw. vorfinden, kann man die gewünschten Bedarfszahlen durch Rechnung finden. (Auch die statistisch festgestellte, in einem ganzen Lande verzehrte Menge bestimmter Nahrungsmittel — Konsumstatistik — ist von Interesse; jedoch kann trotz durchschnittlich ausreichenden Konsums in größeren Bevölkerungsgruppen Unterernährung bestehen, weil andere Gruppen Luxuskonsum treiben.) Aus den Haushaltungsbüchern ist zunächst die pro Monat (Jahr) eingekaufte und verwendete Menge der einzelnen rohen Nahrungsmittel festzustellen. Von diesen sind in Abzug zu bringen die Abfälle, und zwar ist zu rechnen bei:

Rindfleisch	16 % Abfall	Fische	25 % Abfall
Hammelfleisch	11 % „	Kartoffeln	40 % „
Kalbfleisch	13·5 % „	Weiß- und Rotkohl . .	23 % „
Schweinefleisch . . .	10·5 % „	Kohlrüben	33 % „
Fleisch im Mittel . .	13 % „	Mohrrüben	30 % „
(je nach den Lieferungsverträgen starke Schwankungen)		Kohlrabi	28 % „

Die übrig bleibenden Nahrungsmittel gelten als verzehrt; bezw. sind die Überbleibsel zurückzurechnen. Für die verzehrte Nahrung ist nach der Tab. S. 193 die Menge der physiologisch verwertbaren Kalorien und die konsumierte Menge von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten zu berechnen, dabei aber der nicht resorbierbare Anteil von Eiweiß und Kohlehydraten nach der Tab. S. 188 in Abzug zu bringen. Man erhält so die Summe der verzehrten verdaulichen Mengen an Kalorien, Eiweiß, Fett und Kohlehydraten, und mittels Division durch die Kopfzahl die pro Kopf und Monat (bezw. nach Division durch die Zahl der Tage, die pro Kopf und Tag) entfallende Ration an Nährstoffen.

Bei Familien können ebenfalls Haushaltungsbücher, welche man von der Hausfrau für z. B. 14 Tage gegen eine entsprechende Prämie sorgfältig führen läßt, einen Einblick in die Ernährungsverhältnisse gewinnen. Das Gewicht der Nahrung ist womöglich nach dem Abtrennen der Abfälle zu bestimmen; eine größere Briefwage ist für diesen Zweck der Hausfrau leihweise zu überlassen. Sodann muß noch, um eine Vergleichsbasis zu gewinnen, die Berechnung auf 1 Personaleinheit ausgeführt werden. Gewöhnlich setzt man nach Engel den Nahrungs- (eigentlich Unterhalts-)verbrauch des Säuglings = 1 Quet. (Quetelet); für jedes Lebensjahr wird $^1/_{10}$ Quet. zugefügt; für die Frau wird die Grenze bei 20 Jahren = 3,0 Quet. gesetzt, bei Männern bei 25 Jahren = 3,5 Quet. Besser ist die Berechnung nach dem Kalorienverbrauch, wie er für verschiedene Lebensalter folgendermaßen ermittelt ist (mit Interpolation der fehlenden Zahlen):

1 Jahr . . 680	6 Jahre . 1280	11 Jahre . 1710	16 Jahre . 2390
2 Jahre. . 930	7 „ . 1360	12 „ . 1880	17 „ . 2480
3 „ . . 1080	9 „ . 1430	14 „ . 2010	18 „ . 2570
4 „ . . 1150	9 „ . 1500	14 „ . 2190	19 „ . 2685
5 „ . . 1220	10 „ . 1570	15 „ . 2300	20 „ . 2800

Liegen bei den untersuchten Individuen stärkere Abweichungen der Körperausbildung von der Norm vor, so sind die Körpergewichte festzustellen, aus diesen nach der S. 169 angegebenen Gleichung die Oberflächen zu berechnen und daraus der Kalorienbedarf in der Weise zu berechnen, daß beim Säugling pro Quadratmeter Oberfläche 1221 Kal., für ein Kind mittleren Alters 1450, für den Erwachsenen bei leichter Arbeit 1200, bei schwerer Arbeit 1600 Kal. eingesetzt werden.

Die Bedarfszahl ist natürlich verschieden, je nachdem nur der Bestand erhalten, oder Ansatz von Eiweiß oder Fett, oder aber Verlust von Fett erzielt werden soll.

1. Erhaltung des Körperbestandes (Erhaltungskostmaß).

Für den 24stündigen Nährstoffbedarf erwachsener kräftiger Männer bei körperlicher Arbeit sind im Mittel etwa **3000** Kalorien, und unter Berücksichtigung der Verteilung auf die verschiedenen Nährstoffe:

105 g resorbierbares Eiweiß, **56 g** Fett, **500 g** Kohlehydrate (Voit) zu rechnen.

Wie oben ausgeführt wurde, unterliegen diese Zahlen erheblichen Schwankungen, z. B. durch die Körpergröße, das Geschlecht (soweit dasselbe Körpergröße und Arbeitsleistung beeinflußt), das Lebensalter usw.

Ferner kommt in Betracht die individuelle Energie und Reizbarkeit; lebhafte, leicht erregte, immer geistig tätige Menschen bedürfen größerer Nahrungsmengen zur Erhaltung ihres Körperbestandes als trägere Temperamente.

Vor allem erfordert aber die Arbeitsleistung stärkere Zufuhr von Kalorien, namentlich von Fett und Kohlehydraten. Einseitige Steigerung der Kohlehydrate belästigt leicht die Verdauungsorgane; daher ist jedenfalls ein Teil des Kohlenstoffs in Form von Nahrungsfett zuzuführen. — Bei andauernder angestrengter Arbeit ist nicht minder eine Erhöhung der Eiweißzufuhr notwendig, weil dann die Muskeln großen Umfang haben und sich stark abnutzen.

Von gewissem Einfluß ist auch Witterung und Klima. Je nach der Außentemperatur variiert der Eiweißzerfall relativ wenig; dagegen wird die Wärmebildung durch Kälte gesteigert (s. S. 48). Bei gleichbleibender Kost müßten wir daher eigentlich im Sommer an Gewicht zu-, im Winter abnehmen. Tatsächlich tritt indes in praxi häufig das Gegenteil ein, weil im Sommer der Appetit geringer ist, leichter Verdauungsstörungen auftreten, und weil reichlichere Bewegungen im Freien zu starker Schweißsekretion und lebhafterer Fettzerlegung Anlaß gibt, während andererseits im Winter die niederen Temperaturen durch Kleidung und Heizung möglichst ausgeschaltet werden.

Im heißen Klima ist der Kraftwechsel des Arbeitenden der gleiche wie im kalten Klima. Für den Ruhenden besteht bei mäßiger Ernährung keine wesentliche Änderung im körperlichen Verhalten, dagegen wird der Kraftwechsel in belästigender Weise gesteigert durch Überernährung, besonders durch Eiweißüberschuß.

Im kalten Klima ist energische Wärmeproduktion, ferner die Ablagerung einer gewissen Fettschicht im Körper, welche die Wärmeabgabe einschränkt, von Vorteil; gewöhnlich sind auch ausgiebige willkürliche und unwillkürliche Bewegungen zu bestreiten. Für alle diese Zwecke ist reichlichste Nahrungszufuhr indiziert.

Eine Sonderstellung nehmen die Frauen zur Zeit der Gravidität und namentlich zur Zeit der Laktation ein. Während der Laktation ist in erster Linie reichliche Eiweißzufuhr notwendig, weil bei einer Verminderung derselben die Sekretion der Milch rasch beeinträchtigt wird und Schrumpfen der Milchdrüse eintritt. Erhöhte Fett- und Kohlehydratzufuhr wirkt bei zu wenig Eiweiß nicht entsprechend steigernd auf die Milchsekretion.

Für die wichtigsten Schwankungen im Erhaltungskostmaß ergibt sich sonach folgende Übersicht:

	Kalorien	Verd. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate
Kräftiger Mann, bei körperlicher Arbeit	3000	105 g	56 g	500 g
Schwächlicher Mann, ruhend .	1800	75 „	40 „	3—400 „
Schwächlicher Mann, arbeitend	2400	75 „	50 „	500 „
Alte Frau, ruhend	1600	60 „	30 „	250 „
Frau zur Zeit der Laktation . .	3300	130 „	100 „	450 „

Für Kranke und Rekonvaleszenten in Bettruhe sind pro Kilo Körpergewicht 20 Kal. zu rechnen.

Als Mindestzahl für einen Erwachsenen bei mittlerer Körpergröße und durchschnittlicher Arbeit kann man aufstellen:

2400 Kalorien, **80 g** nutzbares Eiweiß, **50 g** Fett, **400 g** Kohlehydrate,

wobei aber insbesondere die Eiweißzahl nicht für jede Kost die gleiche ist, da das ausreichende Eiweißminimum je nach der Zusammensetzung der Kost erheblich schwankt (s. S. 171).

Von Chittenden, Hindhede u. a. wird in letzter Zeit die Tatsache, daß der Mensch unter Umständen bei einem geringeren Eiweißminimum existenzfähig ist, dazu benutzt, um eine sehr eiweißarme und entsprechend billige Kost

allgemein zu empfehlen. Abgesehen davon, daß eine genaue Kritik der mitgeteilten Ernährungsversuche, namentlich unter Zurechnung des im Schweiß und Kot ausgeschiedenen N, die Eiweißzufuhr gar nicht so abnorm niedrig erscheinen läßt, dürfen solche Versuche keinesfalls zu einer Kostnormierung führen. Im täglichen Leben darf der einzelne seine Kost nicht auf das Minimum einstellen; und in der Praxis verlangt man nach Befriedigung des Schmecktriebes durch bestimmte Geschmacksreize und ist nicht zufrieden mit der physiologischen Deckung des Nährstoffbedarfs. Nur Kranke und Fanatiker verzichten auf eine gewisse Luxuszufuhr wohlschmeckender Nahrungsmittel; und ist diese nicht zu beschaffen, so wird das von der Masse des Volks bereits als Notstand empfunden.

2. Eiweiß-(Fleisch-)Ansatz beim Erwachsenen.

Ein Fleischansatz ist namentlich erforderlich bei Rekonvaleszenten, insbesondere nach fieberhaften Krankheiten, wo wir einen erheblich erhöhten Umsatz im Körper, eine gesteigerte Ausscheidung von Stickstoff, Kohlensäure, Salzen und infolgedessen rasche Abnahme des Körpergewichts beobachten. — Während der Krankheit sind in erster Linie Kohlehydrate indiziert, da durch diese der Eiweißzerfall in wirksamster Weise beschränkt und die Fettdepots des Körpers geschont werden. Fette sind als zu schwer verdaulich auszuschließen; Eiweiß oder Albumosen sind erst dann zu geben, wenn bereits eine Zufuhr von Kohlehydraten besteht.

In der Rekonvaleszenz ist, solange noch kein größeres Nahrungsvolum aufgenommen werden kann, aus denselben Gründen das Hauptgewicht auf Kohlehydrate zu legen. In einer späteren Periode, wo bereits so viel genossen werden kann, daß der Gesamtbedarf des Körpers durch die Nahrung voll gedeckt ist, muß das Eiweiß über den Bedarf des Kraftwechsels hinaus gesteigert werden, um reichlichen Ansatz zu erzielen. Die Vegetabilien, mit welchen der größte Teil des Kohlehydratbedarfs gedeckt werden muß, liefern zugleich einen Ersatz der im Fieber vermehrt ausgeschiedenen Kalisalze.

Ein besonderer Fall einer auf Fleischansatz berechneten Ernährung liegt dann vor, wenn durch eine länger währende irrationale Kost Eiweißverarmung des Körpers eingetreten und vorzugsweise Fett an Stelle der verlorenen Eiweißstoffe zur Ablagerung gekommen ist. Solche „aufgeschwemmte" Individuen müssen reichlich Eiweiß, daneben die gewöhnliche auch in der Ruhe zerstörte Fettmenge und relativ wenig Kohlehydrate erhalten. Um das Volum der Nahrung zu ergänzen und Sättigung zu erzielen, sind zellulosereiche Gemüse und Früchte zuzufügen. Ferner sind systematische Muskelbewegungen erforderlich, um das überschüssige Körperfett zu zerstören. Der Wassergenuß ist möglichst einzuschränken bezw. wenigstens während der Mahlzeiten zu vermeiden. Die Insuffizienz der Verdauungssäfte eiweißarmer Individuen macht es außerdem oft notwendig, daß nur leicht verdauliche Kost, eventuell unter Zufügung von Salzsäure und Pepsin, gereicht wird.

3. Fettansatz.

Eine Fettablagerung, die über die normalen und wünschenswerten Fettdepots hinausgeht, wird beim Menschen nicht angestrebt, da sie die Leistungsfähigkeit des Körpers hemmt und oft geradezu pathologisch wird. Wohl aber kommt es unabsichtlich nicht selten zu hochgradiger Obesität durch eine irrationale Ernährung, und es ist wichtig zu wissen, welche Lebensweise den Fettansatz am meisten befördert, damit eine solche vermieden werden kann. Im allgemeinen gelingt die intensivste „Mästung" durch genügende Eiweiß- und reichliche Fett- und Kohlehydratzufuhr neben möglichster Körperruhe. Ob Fett oder Kohlehydrate besser wirken, das hängt namentlich ab von der Leistungsfähigkeit der Verdauungsorgane. Bei Pflanzenfressern gelingt die Mästung lediglich mit Eiweiß und Kohlehydraten, wobei allerdings die Eiweißmenge gleichfalls etwas zu steigern ist. Beim Menschen zeigt die Kombination von Fett und reichlich Kohlehydraten gewöhnlich den schnellsten Effekt. Körperruhe ist eine der wesentlichsten Bedingungen zum Gelingen der Mästung. Außerdem gehört aber auch eine gewisse individuelle Disposition, ein phlegmatisches Temperament dazu, das sich bei manchen erst im Alter einstellt.

4. Fettverlust.

Eine Entfettung des Körpers kann erzielt werden:

a) Durch forcierte Körperbewegung ohne gleichzeitige Steigerung der Nahrung; das Körperfett muß dann der Zerstörung anheimfallen. Der Fettansatz beginnt aber wieder, sobald die Bewegung vermindert oder die Nahrungszufuhr erhöht wird; letzteres geschieht um so leichter, als die forcierte Bewegung den Appetit lebhaft anzuregen pflegt.

b) Durch fast völliges Fortlassen des Fettes und der Kohlehydrate und fast ausschließliche Ernährung mit Eiweiß (Bantingkur). Die Kost ist zur Deckung der Gesamtausgaben des Körpers unzureichend, daher wird das Fett des Körpers in den Zerfall einbezogen; durch reichliche Bewegung ist dieser zu beschleunigen.

c) Ernährung mit sehr geringen Mengen von Kohlehydraten, aber reichlich Fett und mäßig Eiweiß. Die Gesamtmenge der Nahrung ist unzureichend; das Hungergefühl soll durch die reichlichen Fettmengen unterdrückt und die Kur dadurch für längere Zeit durchführbar werden. — Oder auch einseitige und unzureichende Ernährung z. B. mit Kartoffeln; oder durch Einschalten von wöchentlich einem Tage, wo nur Milch genossen wird. Oder manche andere Formen der absichtlichen Unterernährung, z. B. (nach den Vorschlägen von Voit, Oertel und Schwenninger) reichliche Eiweiß-, normale Fett-, zu niedrige Kohlehydrat-

zufuhr; daneben starke Körperbewegung; die Wasseraufnahme soll beschränkt und zwischen die Mahlzeiten verlegt werden; um das Hungergefühl zu beschwichtigen, ist die Nahrung auf zahlreiche kleine Mahlzeiten zu verteilen, und Früchte, zarte Gemüse usw., welche weiche Zellulose liefern und nicht nähren, aber sättigen, sind nach Bedarf zuzufügen.

5. Wachstum.

Für das Wachstum des menschlichen Körpers ist namentlich in der ersten Zeit nach der Geburt Zufuhr besonders großer Nahrungsmengen erforderlich. Zwar ist beim Menschen im Vergleich zu anderen Tieren die „Wachstumsintensität" auffallend gering, d. h. die Zeit, welche bis zur Verdoppelung des Gewichtes verstreicht, ist sehr lang: bei der Maus 4 Tage, beim Hund 8, beim Rind 47, beim Pferd 60, beim Menschen 180 Tage. Aber der Kalorienverbrauch bis zur Verdoppelung beträgt beim Menschen 29000 Kal., dagegen bei den vorgenannten Tieren nur etwa 4000 Kal.; und der „Nutzungsquotient", der angibt, wieviel von 100 Kal. Nahrung zum Aufbau verwendet wird, beziffert sich bei jenen Tieren auf 30—40, beim Menschen nur auf 5 (Rubner).

Die Art des Aufbaus im Säuglingsalter wird im wesentlichen der chemischen Zusammensetzung des Neugeborenen entsprechen müssen. Diese ist:

Wasser	73 %
Fett	10·5 „
Eiweiß und Leim .	11·7 „
Asche	2·7 „

In der Asche finden sich 39% CaO; 38% P_2O_5; 1·4% MgO; 1·7% Fe_2O_3; 6·4% Cl; 6·5% K_2O; 8·8% Na_2O.

Hauptsächlich beteiligt am Aufbau sind die Eiweißstoffe und Salze. Die Art des Wachstums geht genauer hervor aus folgender Tabelle (s. S. 185).

Demnach ist die Zunahme des Körpergewichts weitaus am bedeutendsten in den ersten 3—4 Lebensmonaten; von da ab beginnt der Verlauf der Kurve sich allmählich abzuflachen, bis zwischen dem 13. und 16. Jahre nochmals ein steileres Ansteigen erfolgt, so daß im 16. Jahre die tägliche Gewichtszunahme derjenigen des 4.—5. Lebensmonats gleichkommt.

Es würde jedoch irrig sein, wollte man ausschließlich oder wesentlich aus der Gewichtszunahme die Notwendigkeit einer erheblich gesteigerten Nahrungszufuhr ableiten. Dazu ist der Nutzungsquotient zu gering. Auf feste Substanz berechnet, setzt das 10wöchige Kind täglich etwa 8 g Eiweiß an, die im 5. Teil der täglich aufgenommenen Nahrung enthalten sind.

Der hauptsächlichste Grund für das relativ große Nahrungsbedürfnis des jugendlichen Körpers liegt vielmehr darin, daß infolge der relativ größeren Oberfläche die Wärmebildung auf die Körpergewichtseinheit berechnet bedeutend höher ist als beim Erwachsenen. Kinder im Alter von 3—7 Jahren scheiden pro 1 Kilo Körpergewicht mehr als doppelt soviel Kohlensäure aus als Erwachsene, und ein fünfwöchiges Kind von 4,5 Kilo Gewicht liefert pro Tag 352 Kalorien, also pro Kilo 80 Kalorien gegenüber 40 Kalorien beim Erwachsenen.

Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht	Alter	Tägliche Zunahme	Absolutes Gewicht
	Gramm	Kilo		Gramm	Kilo		Gramm	Kilo
0	0	3·5	7 Monate	12	8·33	9 Jahre	5·0	24·1
1 Woche	0	3·4	8 „	10	8·63	10 „	5·5	26·1
2 Wochen	43	3·85	9 „	10	8·93	11 „	5·0	27·9
3 „	50	4·25	10 „	9	9·2	12 „	8·8	31·0
4 „	43		11 „	8	9·45	13 „	11·8	35·3
5 „	43	4·8	12 „	6	9·6	14 „	14·0	40·5
6 „	30	5·0	2 Jahre	6·7	12·0	15 „	16·2	46·4
7 „	30	5·2	3 „	4·6	13·6	16 „	19·2	53·4
8 „	30	5·4	4 „	4·6	15·1	17 „	11·0	57·4
3 Monate	28	6·35	5 „	4·4	16·7	18 „	10·7	61·3
4 „	22	7·05	6 „	3·5	18·0	19 „	5·5	63·3
5 „	18	7·55	7 „	6·0	20·2	20 „	4·7	65·0
6 „	14	7·97	8 „	6·0	22·3			

Aus dem Kostmaß gesunder, in der Säuglingszeit teils mit Frauenmilch, teils mit Kuhmilch genährter Kinder sind folgende Zahlen für den Nahrungsbedarf des Kindes gewonnen:

	Bedarf pro 1 Kilo Körpergewicht			
	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
	Gramm	Gramm	Gramm	
3. Tag	2·4	2·8	2·9	47·8
Ende der 1. Woche	3·7	4·3	4·4	73·2
„ „ 3. „	4·8	5·0	5·7	89·6
„ „ 8. „	4·5	5·2	5·4	88·6
„ des 5. Monats	4·5	4·8	5·6	86·2
„ „ 12. „	4·0	4·0	8·0	86·2
„ „ 18. „	4·0	3·5	9·0	85·8
„ „ 2. Jahres	4·0	3·0	10·0	85·3

Vollbefriedigendes Wachstum findet nur statt, wenn der Energiequotient der Nahrung (d. h. die tägliche Kalorienzufuhr pro Kilo Körpergewicht) nicht unter 100 Kal. sinkt (HEUBNER).

Erfahrungsgemäß darf etwa vom 7. Monat ab die Zufuhr von Eiweiß und Fett ungefähr gleich bleiben, während die Menge der zerlegten Kohlehydrate wesentlich ansteigen muß; d. h. es hat von da ab das Milchquantum annähernd gleich zu bleiben, aber Kohlehydrate sind in anderer Form zuzufügen.

Auch bei älteren Kindern ist die Ernährung genau zu überwachen, besonders in den Jahren der Pubertätsentwicklung. Die Gewichtszunahme ist immer noch bedeutend, der Umsatz relativ hoch, und die Nahrungszufuhr muß daher quantitativ und qualitativ sorgfältig angepaßt sein. Nach HEUBNER und CAMMERER braucht ein Kilo Kind an Nahrung:

Alter	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
2—4 Jahre . .	3·6 g	3·1 g	9·2 g	75·3
5—7 „ . .	3·2 „	2·2 „	10·8 „	73
8—10 „ . .	2·7 „	1·3 „	10·2 „	60
11—14 „ . .	2·5 „	1·0 „	8·0 „	55

Bei Kindern, welche reichliche körperliche Bewegung im Freien haben, pflegt in dieser Zeit Appetit und Verdauungskraft derartig zu sein, daß sie auch ohne besondere Auswahl der Kost stets die ausreichenden Nährstoffe erhalten. Bei mehr ruhiger, sitzender Lebensweise (Schüler höherer Lehranstalten, Handwerkerlehrlinge usw.) ist dagegen Fürsorge für einen ausreichenden Gehalt der Nahrung an Eiweiß, Fett und Salzen (Eisen) durchaus erforderlich, wenn nicht der Grund zu dauernden Ernährungsstörungen, Eiweißverarmung, Anämie und Hydrämie, sowie auch zu der Unfähigkeit der Mütter zum Selbststillen der Kinder gelegt werden soll.

III. Weitere Anforderungen an eine rationelle Kost.

Die tägliche Kost soll nicht nur die nötigen Nährstoffe enthalten und genügende Geschmacksreize in entsprechender Abwechslung bieten, sondern muß auch noch folgenden Forderungen genügen:

1. muß die Nahrung gut ausnutzbar und leicht verdaulich sein;
2. muß sie durch entsprechende Zubereitung verdaulicher und schmackhafter gemacht werden, darf aber beim Aufbewahren und Zubereiten keine schädlichen Bestandteile, Parasiten, Fäulnisgifte, metallische Gifte usw. aufnehmen;

3. muß sie ein zur Sättigung ausreichendes Volum, jedoch kein zu großes Volum ausmachen;

4. muß sie richtig temperiert genossen und

5. es muß die Tageskost in zweckmäßiger Weise auf Mahlzeiten verteilt werden;

6. müssen Qualität und Ursprung der Nahrung einwandfrei sein, insbesondere darf keine Verfälschung oder Vermischung mit gesundheitsschädlichen oder minderwertigen Stoffen vorliegen.

1. Die Ausnutzbarkeit und Verdaulichkeit der Nahrungsmittel.

Früher glaubte man für die Abschätzung des Nährwertes der einzelnen Nahrungsmittel nur der Resultate der chemischen Analyse zu bedürfen. Aber in unserem Verdauungstraktus gelangen durchaus nicht dieselben Mengen Eiweiß, Stärke usw. zur Resorption, die bei der chemischen Analyse aus einem Nahrungsmittel erhalten werden. Namentlich ist das Eiweiß oft in Zellulosehüllen eingeschlossen, welche im Darm nicht gelöst werden können.

Es muß daher für jedes Nahrungsmittel erst gesondert festgestellt werden, wieviel resorptionsfähigen Nährstoff es enthält. Diese Versuche werden entweder in der Weise angestellt, daß der Eiweiß-, Fett- und Kohlehydratgehalt einer genossenen Nahrung genau bestimmt, und dann in den zu dieser Nahrung gehörigen Fäzes die Menge der unresorbierten Nährstoffe ermittelt wird. Um zu erkennen, welche Fäzes als unverdauter Teil einer bestimmten Nahrung anzusehen sind, führt man vor und nach dem Genuß der Versuchsnahrung sogenannte markierende Stoffe ein, die sich leicht wieder erkennen lassen, z. B. Preißelbeeren, Kohle, große Portionen Milch, welche letztere einen wenig gefärbten, festen Kot liefern usw.

Es hat sich bei diesen Versuchen ergeben, daß die Ausnutzung zuweilen individuell verschieden ist; namentlich aber treten Schwankungen auf, je nach der Beschaffenheit der Nahrung, und zwar ist zunächst deren Volumen von Einfluß. Ein zu großes Volumen setzt die Resorption sämtlicher Nährstoffe herab. Ebenso wirkt die Beimengung von Zellulose um so stärker, in je gröberer Form sie vorhanden ist. Auch sehr große Fettmengen haben bei vielen Individuen ähnliche Wirkungen; und ebenso beeinträchtigt ein Überschuß von Kohlehydraten die Ausnutzung dadurch, daß Gärungen und Gärungsprodukte entstehen, welche reizend auf die Darmschleimhaut und die Darmbewegung wirken. Weiter ist noch die Mischung verschiedener Nahrungsmittel, endlich die Zubereitung der Nahrungsmittel von Bedeutung für die Ausnutzung.

Trotz dieser zahlreichen einflußreichen Momente lassen sich gewisse Durchschnittszahlen aufstellen (s. Tabelle). Die Zahlen zeigen in

sehr ausgesprochener Weise, daß die animalische Nahrung im ganzen eine weit bessere Ausnutzung gestattet, während bei Vegetabilien die gesamte Ausnutzung der Nährstoffe schlechter und die Ausnutzung der Eiweißstoffe in ganz besonderer Weise verringert ist. — Es ist wichtig, bei der Berechnung des Nährwerts einer Kost stets wohl zu unterscheiden zwischen den Resultaten der chemischen Analyse und den biologisch verwertbaren Substanzmengen. Namentlich bei den Eiweißstoffen ist es zweckmäßig, stets nur die ausnutzbaren Mengen in Rechnung zu setzen. Auch beim Rechnen nach Kalorien ist wohl zu unterscheiden zwischen den Rohkalorien, die sich aus dem Gehalt an chemisch bestimmbaren Stoffen ergeben, und den Reinkalorien, denen nur die ausnutzbaren Nährstoffmengen zugrunde liegen.

Der Kot ist im Grunde nicht ausschließlich als der nicht resorbierte Teil der Nahrung zu betrachten, sondern besteht zum Teil aus Darmsekreten, Epithelien u. dgl., die bei schwer resorbierbarer Nahrung in größerer Menge geliefert werden. Insofern ist es richtiger, von mehr oder weniger Kot bildenden Nahrungsmitteln zu sprechen, als von mehr oder weniger ausnutzbaren (Prausnitz).

Es wurden nicht resorbiert in Prozenten (Rubner):

Nahrungsmittel	Von der Trockensubstanz	Vom Eiweiß	Vom Fett	Von den Kohlehydraten
Gebratenes Fleisch	5·3	2·6	—	—
Schellfischfleisch	4·3	2·5	—	—
Harte Eier	5·2	2·6	4·4	—
Milch	8·8	7·1	5·3	—
Milch und Käse	6·4	3·3	5·2	—
Weizenbrot (feinstes Mehl	4·2	21·8	—	1.1
„ grobes Mehl	12·2	30·5	—	7·4
Roggenbrot, grobes Mehl	13·1	36·7	—	7·9
„ aus ganzem Korn	20·9	46·6	—	14·4
Makkaroni	4·3	17·1	—	1·2
Reis (Risotto)	4·1	20·4	—	0·9
Mais (Polenta)	6·7	15·5	—	3·2
Erbsen	9·1	17·5	—	3·6
Bohnen	18·3	30·2	—	—
Kartoffelbrei	9·4	30·5	—	7·4
Gelbe Rüben	20·7	39·0	—	18·2

Von der Ausnutzbarkeit verschieden ist die Leichtverdaulichkeit der Nahrungsmittel. Erstere mißt den Anteil der Nährstoffe,

welcher überhaupt schließlich zur Resorption gelangt, unbekümmert um etwa dabei auftretende Verdauungsbeschwerden. Unter einem leicht verdaulichen Nahrungsmittel dagegen verstehen wir ein solches, welches, auch in größerer Menge genossen, rasch resorbiert wird und selbst bei empfindlichen Menschen keine Belästigung in den Verdauungswegen hervorruft. Dasselbe Nahrungsmittel (z. B. Käse) kann gut ausnutzbar aber schwer verdaulich sein; harte und weiche Eier, Stärke und Zucker sind in gleichem Grade ausnutzbar, aber in bezug auf die Schnelligkeit der Verdauung erheblich verschieden.

Als leicht verdaulich sind namentlich gut zerkleinerte, von den Verdauungssäften leicht zu durchdringende, fett- und zellulosefreie Nahrungsmittel zu bezeichnen. Für schwer verdaulich gelten konzentrierte, stark fetthaltige, kompakte Nahrungsmittel, welche dem Durchdringen der Verdauungssäfte viel Widerstand entgegensetzen (Käse, harte Eier, wenig zerkleinertes Fleisch, mit Fett und Zucker bereitete Backwaren) oder welche durch scharfe Stoffe, Zellulose, spätere Gärungen usw. den Magen oder Darm abnorm reizen (ranzige Butter, Pumpernickel, ganze Leguminosen usw.). — Auch auf die Leichtverdaulichkeit einer Nahrung ist deren Zubereitung von großem Einfluß.

2. Aufbewahrung und Zubereitung der Nahrungsmittel.

Bei der Aufbewahrung der zum Genuß bestimmten Nahrungsmittel muß darauf gesehen werden, daß dieselben keinerlei Gerüche, schädliche Stoffe und namentlich keine Infektionserreger aufnehmen können. Besondere reinlich gehaltene und mit ins Freie gehenden Fenstern versehene, von den Wohn- und Schlafräumen getrennte Vorratsräume sind dazu unerläßlich, fehlen aber nicht selten selbst in den eleganten städtischen Häusern. — Da ferner die meisten Nahrungsmittel, besonders die animalischen, rascher Zersetzung durch Saprophyten unterliegen, sind antifermentative Mittel anzuwenden, wenn eine längere Konservierung der Nahrungsmittel beabsichtigt ist. Hierzu eignet sich vor allem die Kälte; Keller von ausreichender Tiefe oder Eisschränke finden am häufigsten Anwendung. Zu beachten ist, daß in den Eisschränken die Speisen höchstens auf $+7^{0}$ abgekühlt zu werden pflegen, daß also die Bakterienentwicklung keineswegs ganz aufhört, sondern nur verzögert wird; die Speisen sind daher nur eine begrenzte Zeit haltbar. Ferner muß die Luft der Aufbewahrungsstätten möglichst trocken sein, da sonst leichte Verschimmelung eintritt.

Sonstige Mittel zur Konservierung bestehen im Kochen; Kochen in verschlossenen Gefäßen; Trocknen; Räuchern; Zusatz von Salizylsäure u. dgl., oder in einer Kombination mehrerer Verfahren. Dieselben finden namentlich für Milch, Fleisch und Gemüse Anwendung (s. unten).

Eine Zubereitung der Nahrungsmittel ist notwendig, einmal um die Speisen schmackhafter zu machen, so daß sie zum Genuß anregen; dann um sie ausnutzbarer und leichter verdaulich zu machen.

Dieser Zweck wird erreicht a) durch Abtrennen der Abfälle. Die aus grober Zellulose bestehenden Hüllen der Gemüse, die Sehnen und Faszien des Fleisches usw. werden entfernt. Über die Menge der Abfälle siehe die Tabelle S. 179. b) Durch mechanisches Bearbeiten. Klopfen des Fleisches sprengt die Bindegewebshüllen; Zerkleinern und Zermahlen bewirkt bei vegetabilischen Nahrungsmitteln eine Trennung der das Eiweiß und die Stärke einschließenden Hüllen, vergrößert die Oberfläche und arbeitet dem Kauen der Nahrung vor. c) Durch Kochen mit Wasser, Dämpfen, Braten, Backen werden Zellulosehüllen gesprengt, Stärkekörner in lösliche Stärke oder Dextrin übergeführt, das Eiweiß zum Gerinnen gebracht. Die Nahrungsmittel verlieren dabei teils Wasser, teils nehmen sie mehr Wasser auf. Manche lösliche Stoffe gehen in das Kochwasser über. — Anhaftende Parasiten und Infektionserreger werden vernichtet. d) Durch Gärungsprozesse, mittels deren Brotteig, Backwerk usw. aufgetrieben und gelockert, oder Fleisch oder zellulosereichere Vegetabilien verdaulicher gemacht werden (Einlegen von Fleisch in saure Milch; Gärung des Sauerkohls).

Sehr günstig wirken in öffentlichen Anstalten vielfach angewendete Kochverfahren, bei denen man Dampf von 60—70° sehr lange auf die Speisen einwirken läßt. Ein Anbrennen, Überkochen usw. kann nicht stattfinden, die Beaufsichtigung ist daher sehr einfach; ferner findet kein Auslaugen der Speisen statt. Fleisch wird zart und saftig, Gemüse werden völlig weich, die Stärke wird besser aufgeschlossen. Allerdings wird über einförmigen Geschmack geklagt.

Für kleine Haushaltungen erreicht man ähnliches durch Verwendung der Kochkiste, d. h. einer Kiste, in deren Mitte die zum Sieden erhitzte Speise eingesetzt wird, während zwischen Topf und Wandungen der Kiste dicke Lagen schlecht wärmeleitenden Materials, Holzwolle, Papierballen u. dgl. eingeschaltet sind. Die Temperatur der Speisen hält sich stundenlang auf 80 bis 90°; Gemüse können in dieser Weise langsam und sicher gar und weich werden. Das Füllmaterial, das den Geruch der Speisen annimmt, muß von Zeit zu Zeit erneuert werden. — Auch Thermophore, bei denen durch einen luftleer gemachten (oder mit essigsaurem Natron gefüllten) Mantelraum die Wärmeleitung möglichst verlangsamt ist, lassen sich in gleicher Weise verwenden (teuer).

Bezüglich des Materials der Kochgeschirre ist Vorsicht geboten, da nicht selten Gifte aus denselben in die Speisen übergehen und zu Vergiftungen Anlaß geben. — Kupfer- und Messinggefäße sind mit Vorsicht zu verwenden. Dieselben dürfen nur in völlig blankem Zustande ohne jeden Ansatz von sog. Grünspan zum Kochen benutzt werden. Sauere Speisen dürfen überhaupt nicht in Kupfergeschirren bereitet werden; verschiedenste mehl- und zuckerhaltige Speisen dürfen nicht in denselben aufbewahrt werden, weil durch allmähliche Bildung organischer Säuren Kupfer gelöst werden könnte. Zweckmäßig kommen nur verzinnte oder besser vernickelte Kupfergeschirre in Gebrauch. — Verzinnte Kochgefäße, Konservebüchsen usw., ferner glasierte bezw. emaillierte irdene oder eiserne Gefäße enthalten oft Blei. Über die mit Bezug hierauf gebotenen Vorsichtsmaßregeln s. Kap. IX. — Ver-

nickelte Gefäße lassen in saure Speisen geringe, aber unschädliche, Spuren von Nickel übergehen. Ähnlich verhalten sich Aluminiumgeschirre.

Da mit den Nahrungsmitteln vielfach Krankheitserreger eingeschleppt werden, ist peinlichste Reinlichkeit in bezug auf alle Küchenutensilien und gelegentliche Desinfektion mit kochender Sodalösung erforderlich.

3. Das Volum der Nahrung.

Im Mittel ist zur Sättigung eines Erwachsenen ein Quantum von 1800 g fertig zubereiteter Speise erforderlich; doch kommen bedeutende individuelle Abweichungen vor, und namentlich ist bei Menschen, die wesentlich von Vegetabilien und fettarmer Kost leben, das Volum höher (auf 2500—3000 g) zu bemessen.

Das Volum, in welchem die einzelnen Speisen die gleichen Mengen von Nährstoffen gewähren, hängt ab von den nach der Bereitung vorhandenen Wassermengen. Im allgemeinen sind die animalischen Nahrungsmittel die konzentrierteren, weil sie bei der Zubereitung noch Wasser verlieren, während die Vegetabilien als fertige Speise sehr viel mehr Wasser enthalten, als im Rohzustande. Es beträgt der Wassergehalt von:

Rindfleisch,	frisch	75%	Weizenmehl	13%
„	gekocht	57%	Weizenbrot	38%
„	gebraten	59%	Erbsen, roh	14%
Kalbfleisch,	frisch	78%	Erbsenbrei	73%
„	gebraten	62%	Erbsensuppe	90%
			Kartoffel, roh	75%
			Kartoffelbrei	78%

Leguminosen, Kartoffeln und die meisten anderen Gemüse können deshalb überhaupt nicht über ein gewisses Maß hinaus genossen werden, weil sonst das Volum der Gesamtnahrung ganz abnorm vermehrt und die Ausnutzung wesentlich herabgesetzt werden würde. Findet trotzdem längere Zeit reichlicher bezw. ausschließlicher Genuß von Vegetabilien statt, so ist leicht Magenerweiterung und Fehlen des normalen Sättigungsgefühls die Folge.

Handelt es sich allerdings darum, eine möglichst leicht verdauliche Kost herzustellen, so ist flüssige oder breiige Konsistenz im allgemeinen vorzuziehen. Im Kindesalter ist zweifellos eine solche Beschaffenheit der Kost einzig indiziert; ebenso ist sie bei Kranken und Rekonvaleszenten empfehlenswert, obwohl hier in vielen Fällen konsistentere, aber gut zerkleinerte Nahrung ebensogut vertragen wird.

Für den gesundenen Erwachsen ist breiige und flüssige Kost nur in Ab-

wechslung mit fester Nahrung zulässig, weil sonst die nötige Nährstoffmenge nicht zugeführt werden kann, und die reizlose Beschaffenheit der Kost leicht Widerwillen hervorruft (Gefängniskost).

4. Die Temperatur der Nahrung.

Als normal ist für den Säugling eine Temperatur der Nahrung zwischen $+35^{\circ}$ und $+40^{\circ}$, für den Erwachsenen zwischen $+7^{\circ}$ und $+55^{\circ}$ zu bezeichnen. Niedriger temperierte Speisen und Getränke führen leicht zu gastrischen Störungen, bedingen außerdem Verlangsamung der Herztätigkeit und bei größeren Flüssigkeitsmengen ein Absinken der Körpertemperatur. — Habitueller Eisgenuß in der warmen Jahreszeit ist entschieden bedenklich, ganz abgesehen von der Infektionsgefahr, der man sich durch den Genuß des Roheises aussetzt.

Zu heiße Speisen können Verbrennung oder wenigstens Hyperämien und Epithelschädigungen der Mund- und Magenschleimhaut bewirken; vielleicht sind sie imstande, die Verdauungsfermente zu beeinträchtigen; außerdem wird durch heiße Getränke die Pulsfrequenz und eventuell die Körpertemperatur erhöht.

5. Verteilung der Tageskost auf Mahlzeiten.

Die Frage, wie die Tageskost in zweckmäßigster Weise auf Mahlzeiten verteilt wird, läßt sich nicht mit einer allgemein gültigen Regel beantworten. Empfindliche Individuen von geringer Kapazität des Magens und geringer Verdauungskraft bedürfen einer stärkeren Repartierung der Nahrung als robuste Menschen. Beim Gesunden variiert die Einteilung nach der Beschäftigung und nach der Art der Kost. Bei körperlicher Arbeit und vorzugsweise vegetabilischer, voluminöser Kost sind häufigere (5) Mahlzeiten zweckmäßig, in der Tagesmitte die stärkste, welche ungefähr die Hälfte der ganzen Ration umfaßt. Bei geistiger Arbeit und eiweiß- und fettreicher Kost ist die englische Sitte, früh eine reichliche Fleischmahlzeit, im Laufe des Tages nur einmal leichte Speisen und die Hauptmahlzeit am späten Nachmittag bezw. Abend einzunehmen, am empfehlenswertesten.

Bei Arbeitern sind im Mittel 40—50% der täglichen Eiweißration, 50—60% des Fettes, 30% der Kohlehydrate in der Mittagsmahlzeit gefunden; etwa 30% vom Eiweiß, 30% vom Fett und 30% von den Kohlehydraten entfallen auf die Abendmahlzeit; der Rest der Kohlehydrate verteilt sich in Form von Brot auf die verschiedenen kleinen Mahlzeiten.

6. Schutz gegen Verfälschung der Nahrungsmittel.

In früheren Jahren war in Deutschland eine minderwertige Beschaffenheit und eine Fälschung der Nahrungsmittel so verbreitet, daß versucht werden mußte, durch gesetzliche Bestimmungen den Verkehr mit Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen zu regeln (Gesetz vom 14. Mai 1879). Dies Gesetz gestattet den Polizeibeamten, von feilgehaltenen Nahrungsmitteln Proben zum Zweck der Untersuchung zu entnehmen. Es sind ferner eine große Anzahl von besonderen Untersuchungsanstalten eingerichtet, und an diesen sind „Nahrungsmittelchemiker" angestellt, die sich einer besonderen Prüfung (Bundesratsbeschluß vom 22. II. 1894) unterzogen haben. In diesen Anstalten erfolgt die Untersuchung der entnommenen Proben, und zwar teils darauf, ob minderwertige Ware vorliegt, besonders aber darauf, ob mit der Fälschung Gesundheitsgefährdung verbunden ist. Das Gesetz verhängt Strafen für denjenigen, „welcher zum Zweck der Täuschung im Handel und Verkehr Nahrungs- und Genußmittel nachmacht oder verfälscht, oder wer wissentlich verdorbene oder nachgemachte oder verfälschte Nahrungs- und Genußmittel unter Verschweigung dieses Umstandes verkauft oder feilhält"; und schärfere Strafen für den Fall, daß der Genuß der betr. Nahrungs- und Genußmittel die menschliche Gesundheit zu beschädigen geeignet ist. — Genaueres siehe bei den einzelnen Nahrungsmitteln.

IV. Auswahl und Zusammensetzung der Kost für praktische Zwecke.

Faßt man nur den Kraftwechsel ins Auge und berechnet den Nährwert der Nahrungsmittel nach Kalorien, so ist aus der folgenden kurzen Tabelle der Betrag der physiologisch verwertbaren Kalorien für einige der wichtigsten Nahrungsmittel zu entnehmen:

100 g	mageres Fleisch	liefern	100 Kal.	100 g	Schwarzbrot	liefern	220 Kal.
100 „	Fleisch	„	70 „	100 „	Weißbrot	„	210 „
1	Ei	„	80 „	100 „	Reis	„	350 „
1	Eigelb	„	60 „	100 „	Mehl	„	330 „
100 „	Milch	„	65 „	100 „	Erbsen	„	310 „
100 „	Butter	„	770 „	100 „	Kartoffeln	„	90 „

Eine Kost, welche die erforderlichen Kalorienmengen deckt, kann indes, wie sich aus den vorstehenden Ausführungen ergibt, durch eine unrichtige Verteilung von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten doch noch zu Belästigungen und Schädigungen des Körpers führen. Auch die einzelnen Nährstoffe werden daher in rationeller Weise gruppiert werden müssen. Dabei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Es stehen uns zur Deckung des Nahrungsbedarfs teils vegetabilische, teils animalische Nahrungsmittel zur Verfügung. Die Zusammensetzung der wichtigsten derselben geht aus nebenstehenden Tabellen hervor (Genaueres bieten die Königschen Tabellen). Vergleicht man den Gehalt beider an Nährstoffen, so ist ersichtlich, daß bezüglich des Eiweißgehaltes die animalischen Nahrungsmittel, z. B. Fleisch, Milch, Käse, den ersten Platz einnehmen. Sie enthalten prozentisch die größte Menge Eiweiß und dieses in einer völlig ausnutzbaren Form; unter den Vegetabilien zeichnen sich nur die Leguminosen durch einen höheren Eiweißgehalt aus, der aber wesentlich dadurch beeinträchtigt wird, daß diese Eiweißstoffe nicht mehr als zu 50—70% ausnutzbar sind. Kartoffeln, Kohl und andere Gemüse kommen bezüglich der Eiweißzufuhr so gut wie gar nicht in Betracht. — Eine Fettzufuhr wird nur durch fettes Fleisch, Speck, Milch, Butter und fetten Käse, also (mit Ausnahme der zur Speisebereitung benutzten Pflanzenfette) wiederum nur durch animalische Nahrungsmittel gewährt. — Kohlehydrate dagegen sind ausschließlich in Vegetabilien enthalten; nur die Milch ist ausgenommen, welche indes für eine reichlichere Zufuhr bei Erwachsenen außer Betracht bleibt.

Daraus ist ohne weiteres zu entnehmen, daß wir infolge unseres bedeutenden Bedarfs an Kohlehydraten zunächst auf eine gewisse große Menge von Vegetabilien durchaus angewiesen sind. Während wir mit den Vegetabilien den Bedarf an Kohlehydraten decken, bekommen wir einen sehr geringen Teil Fett und eine nicht unbeträchtliche Menge Eiweiß gleichzeitig zugeführt, und es wird darauf ankommen, die Menge auch dieser anderen Nährstoffe genauer zu bestimmen, um danach herauszurechnen, was noch für weitere Nahrungsmittel der täglichen Kost zuzufügen sind.

Rechnen wir für den körperliche Arbeit leistenden Mann einen Bedarf von 500 g Kohlehydrate, so sind diese z. B. enthalten in 650 g Reis oder 1040 g Brot oder 2400 g Kartoffeln oder 900 g Leguminosen. Für gewöhnlich wird der größte Teil durch Brot gedeckt; bei Soldaten und Arbeitern hat man festgestellt, daß pro Kopf und Tag 500—700 g Brot zu rechnen sind, im Mittel 600 g. In diesen finden sich 270 g Kohlehydrate; es bleiben dann also noch 230 g Kohlehydrate anderweitig zu decken und diese sind enthalten in zirka 300 g Reis oder 1100 g Kartoffeln oder 420 g Leguminosen.

Wieviel Eiweiß haben wir nun durch die Einführung dieser Vegetabilien gewonnen? In 600 g Brot sind 36 g Eiweiß enthalten, in 300 g Reis 23 g, in 1100 g Kartoffeln 23 g, in 420 g Leguminosen 100 g Eiweiß. Von diesem Eiweiß dürfen wir aber nur einen Teil als ausnutzbar rechnen; im Brot erhalten wir 28 g verdauliches Eiweiß, im Reis und Kar-

toffeln 16 g, in den Leguminosen 60 g, in Summa der Tagesration also 44 oder ausnahmsweise 88 g verdauliches Eiweiß.

Bei Zugabe von Leguminosen ist die Eiweißzufuhr zwar weit beträchtlicher; es ist indessen ganz unmöglich, pro Tag eine Menge von 420 g Leguminosen zu verzehren. Diese sind nämlich, wie bereits oben erörtert wurde, stets nur in sehr wasserreicher Form aufzunehmen und bieten ein außerordentlich großes Nahrungsvolumen dar. 420 g Leguminose liefern in Form von dickstem Brei etwa 1600 g, in Form von Suppe etwa 4000 g fertiger Speise! Es kann daher höchstens ein kleiner Teil des Kohlehydratbedarfs mit Leguminose gedeckt werden, während für den Rest stickstoffärmere Nahrungsmittel, Kartoffeln u. dgl. an die Stelle zu setzen sind.

Sonach gewinnt man durch die Vegetabilien im Mittel nur etwa 45 g verdauliches Eiweiß. Es fehlen dann noch zu einer vollständigen Deckung des Eiweißbedarfs eines Erwachsenen aus einer Arbeiterfamilie im Mittel: 40 g verdauliches Eiweiß.

Chemische Zusammensetzung einiger Nahrungsmittel.

Animalische Nahrungsmittel.

100 Teile frisch enthalten:

	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Kalorien
	g	g	g	g	g
Frauenmilch	89·2	1·5	3·3	6·5	62
Kuhmilch	87·5	3·4	3·6	4·8	67
Abgerahmte Milch	90·6	3·2	0·8	4·9	41
Buttermilch	91·1	3·8	1·2	3·4	41
Fettkäse	35·8	27·2	30·4	2·5	404
Quark	48·2	24·8	7·3	3·5	182
Butter	14·1	0·9	83·1	0·5	779
Ei	73·9	14·1	10·9	—	159
Eidotter	54·0	15·4	28·8	—	344
Ochsenfleisch, mager	76·0	20·6	1·5	—	98
Kalbfleisch, mager	78·9	19·8	0·8	—	89
Schweinefleisch, mager	72·2	19·9	6·8	—	145
Ochsenfleisch, fett	54·1	16·9	27·2	—	327
Huhn	70·5	18·5	9·3	—	162
Gans	35·5	15·9	45·6	—	489
Schellfisch	80.9	17·1	0·3	—	73
Flußaal	56·5	12·8	28·4	—	317
Hering	80·7	10·1	7·1	—	107
Rindszunge	83·8	14·3	0·4	—	115
Kalbsleber	74·0	20·0	3·6	—	62

Vegetabilische Nahrungsmittel.

100 Teile frisch enthalten:

	Wasser g	Eiweiß g	Fett g	Kohlehydrate g	Kalorien g
Weizen	13·6	12·4	1·7	67·9	345
Roggen	15·3	11·4	1·7	67·9	341
Weizenmehl	14·9	10·2	0·9	74·7	357
Roggenmehl	14·2	10·9	2·0	70·5	357
Weizenbrot	38·2	6·8	0·8	43·3	213
Roggenbrot	44·0	6·0	0·5	47·8	225
Reis	13·2	7·8	0·7	76·4	352
Nudeln	13·1	9·0	0·3	76·8	355
Bohnen	13·6	23·1	2·3	53·6	340
Erbsen	14·3	24·8	1·8	54·8	343
Kartoffeln	75·8	2·1	0·1	21·8	98
Steinpilze, getr.	12·8	36·1	1·7	37·3	317
Kohlrabi	84·9	2·9	0·2	8·8	57
Wirsingkohl	87·2	3·3	0·7	6·0	48
Spinat	90·3	3·1	0·5	3·3	34
Äpfel	83·6	0·4	—	13·7	58
Weintrauben	78·2	0·6	—	12·5	68
Walnüsse	4·7	16·4	62·7	6·2	707

Wollte man nun diese 40 g verdauliches Eiweiß auch noch durch vegetabilische Nahrung decken, so würde man offenbar einen großen Fehler begehen. Wir würden dann unvermeidlich noch mehr Kohlehydrate bekommen und den Kraftwechsel in lästiger Weise steigern; außerdem würde die Ausnutzung der gesamten Nahrung verschlechtert, und das Volumen der Nahrung würde, weil alle Vegetabilien bei der Zubereitung viel Wasser aufnehmen, entschieden zu groß werden. Nur bei sehr starker körperlicher Arbeit kann event. die große Masse der Kohlehydrate für den Kraftwechsel erforderlich und das große Volum bewältigt werden.

Einzig rationell ist es vielmehr, jene 40 g verdauliches Eiweiß durch animalische Kost zu decken. Dieselben sind z. B. enthalten in zirka 250 g Fleisch, 1330 ccm Milch, 300 g (=6 Stück) Eiern, 200 g Käse. Selbstverständlich sind auch hier verschiedene Nahrungsmittel zu kombinieren, also z. B. 200 g Fleisch + $^1/_2$ Liter Milch oder 200 g Fleisch + 4 Eier usw.

Nicht selten fehlt es der Nahrung noch an Fett. Nur wenn Milch, fetter Käse, fettes Fleisch zur Deckung des Eiweißbedarfes verwendet wird, ist Fett genügend vorhanden; andernfalls muß dasselbe noch extra in Form von Butter, Speck usw. zugefügt werden, und auf diese Ergänzung ist bei körperlich arbeitenden Menschen besonderer Wert zu legen.

Mit der vorstehenden Rechnung haben wir auch eine präzise Antwort auf die Frage erhalten, in welchem Verhältnis Pflanzen- und Tierkost genossen werden soll und ob wir etwa ausschließlich auf Pflanzenkost angewiesen sind. Das Fehlen eines ausgedehnteren Blinddarms, die verhältnismäßig geringe Länge unseres Darms, die vergleichsweise kurze Aufenthaltszeit der Nahrung im Darm stellen uns entschieden den Fleischfressern näher. Indessen ist auf diese Vergleiche wenig Wert zu legen; maßgebend ist allein die Tatsache, daß die meisten Menschen mit ausschließlicher Pflanzenkost nicht existieren können, ohne Einbuße an Körpereiweiß und an Energie zu erfahren. Manche Menschen können wohl die vegetabilische Nahrung so vortrefflich ausnutzen, daß sie sich mit solcher Kost im Gleichgewicht halten; sehr leicht tritt aber auch in solchen Fällen, sobald die übergroße Nahrungsaufnahme aus irgendwelchen Gründen beschränkt werden muß, oder der Energieverbrauch und Eiweißzerfall durch Krankheit oder Arbeit gesteigert wird, eine gewisse Eiweißverarmung des Körpers ein. Die Vegetarianer weisen vielfach hin auf fremde Völker, welche rein vegetabilische Kost genießen und dabei hoher Kraftentwicklung fähig sein sollen; es ist indes durch zahlreiche gute Beobachtungen konstatiert, daß auch die Japaner, Chinesen, Inder usw. eine kleine, allerdings nicht in die Augen fallende und daher oft übersehene Menge von animalischem Eiweiß in Form von Käse, getrockneten Fischen u. dgl. genießen. Auch bei uns ist ja die Menge der animalischen Nahrung im Vergleich zur vegetabilischen außerordentlich gering; namentlich in gewissen Schichten der Bevölkerung, so bei der ganzen ländlichen Bevölkerung, besteht die ganz überwiegende Menge der Nahrung aus Vegetabilien, und die animalische Kost tritt scheinbar gänzlich zurück. Wie wichtig aber gerade die kleine Zutat animalischer Kost für den Menschen ist, das sehen wir z. B. in denjenigen Distrikten, wo die Bevölkerung zu arm ist, um irgendwelche animalische Kost zu genießen (Erzgebirge), ferner an den Gefangenen, welche bis vor wenigen Jahren ausschließlich als Vegetarianer genährt wurden. Erst infolge der außerordentlich schlechten Erfahrungen, die man mit diesem Kostregime der Gefangenen machte, ging man schließlich zu einer geringen animalischen Zukost über, und seitdem hat sich der Ernährungszustand derselben entschieden gebessert.

Etwas Gutes liegt übrigens, wie in allen derartigen Agitationen, auch in der vegetarianischen Bewegung; sie hat uns vor der Überschätzung der animalischen Kost gewarnt, welche früher unter dem Einflusse der Liebigschen Lehren vorherrschend geworden war.

V. Sozialhygienische Gesichtspunkte bei der Beschaffung der Kost.

Vom sozialhygienischen Standpunkt aus ist der Preis der Nahrungsmittel von größter Bedeutung. Kommt es auf diesen nicht an, so ist eine rationelle Komposition der Kost verhältnismäßig einfach;

wo aber mit dem Gelde gespart werden muß, da kommt es leicht zu einem unzweckmäßigen Überwiegen der billigeren vegetabilischen Nahrungsmittel und das animalische Eiweiß und das Fett fallen zu knapp aus, weil beide relativ teuer sind. Man kann darauf eine einfache Prüfung der Ernährungsverhältnisse z. B. von Arbeiterfamilien gründen; man stellt nur fest, wie viel animalisches Eiweiß und Fett pro Personaleinheit zugeführt wird; entspricht dies den Forderungen, so darf man in der Regel annehmen, daß überhaupt die Ernährung ausreichend ist.

Da die vegetabilischen und animalischen Nahrungsmittel im allgemeinen ganz verschiedene Aufgaben zu erfüllen haben, ist es von vornherein nicht zulässig, Nahrungsmittel aus beiden Kategorien auf ihre Preiswürdigkeit zu vergleichen (frühere Versuche von Demuth). Vielmehr lassen sich nur diejenigen Nahrungsmittel miteinander in Vergleich setzen, welche für den gleichen Zweck verwertbar sind, also wenn Bedarf an Kohlehydraten vorliegt, nur diejenigen, mit welchen man Kohlehydrate, oder wenn Eiweiß nötig ist, diejenigen, mit welchen man Eiweißstoffe einführt.

Handelt es sich um Deckung der Kohlehydrate, dann konkurrieren ausschließlich Vegetabilien untereinander und die Preiswürdigkeit dieser geht aus folgender Tabelle hervor:

500 g Kohlehydrate sind enthalten in:	und diese Nahrung kostet[1]
650 g Reis	34 Pfennige
1040 „ Brot	29 „
3240 „ Kartoffeln = 2400 g geschält .	18 „
900 „ Erbsen	36 „
15000 „ Weißkohl	75 „

Handelt es sich dagegen um Deckung jener 40 g Eiweiß und 40 g Fett, welche nach der Zufuhr der Vegetabilien noch übrig bleiben, so kommen die Vegetabilien gar nicht in Betracht, weil sie für diesen Zweck nicht die richtigen Nährstoffe bieten. Zur Deckung jener 40 g müssen wir daher unter den animalischen Nahrungsmitteln billige herauszufinden suchen; und solche existieren in der Tat: namentlich Milchpräparate, wie Käse, Magermilch, Buttermilch; dann Fische (im frischen wie im geräucherten und gesalzenen Zustande); auch wohl einige Fleischpräparate.

[1] Berliner Markthallen- bezw. Konsumgenossenschaftspreise, Mai 1914.

40 g nutzbares Eiweiß sind enthalten in	Diese Nahrung kostet	und enthält außerdem
250 g Fleisch	43 Pfennige	—
330 „ Schellfisch	10[1] „	—
400 „ Leberwurst	96 „	120 g Fett
220 „ Zervelatwurst	80 „	90 „ „
190 „ Preßwurst	26 „	38 „ „
200 „ Sülzwurst	28 „	12 „ „
250 „ Räucherhering	15 „	30 „ „
300 „ Eier (6 Stück)	36 „	24 „ „
1330 „ Kuhmilch	32 „	40 „ „
1330 „ Magermilch	15 „	6 „ „
200 „ Magerkäse	10 „	20 „ „

In Form von Vegetabilien ist das Eiweiß durchaus nicht etwa billiger zu beschaffen. Zu einer ebenso billigen oder billigeren Deckung des Eiweißbedarfs kommen wir höchstens mit Leguminosen, die jedoch aus den oben angeführten Gründen praktisch gar nicht in Konkurrenz treten können.

Demnach läßt sich die Nahrung eines Arbeiters z. B. in billigster Weise folgendermaßen zusammensetzen:

	Verdaul. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Fett
500 g Schwarzbrot	30 g	3 g	230 g	14 Pf.
1000 „ geschälte Kartoffeln	10 „	—	200 „	8 „
125 „ Hering	20 „	10 „	—	7 „
500 „ Buttermilch (zu Kartoffelspeise)	15 „	5 „	20 „	6 „
100 „ Magerkäse	20 „	10 „	10 „	5 „
50 „ Schmalz	—	40 „	—	7 „
	95 g	68 g	460 g	47 Pf.
Dazu: Salz, Gewürz, Kaffee usw.				23 „
			Summa	70 Pf.

Für einen Menschen, der nicht körperlich, sondern geistig arbeitet, und kleinere Mengen von Kohlehydraten, mehr Fett und Eiweiß, und einer leicht verdaulichen Kost bedarf, stellt sich die Berechnung etwa folgendermaßen:

[1] Städtischer Seefischverkauf, Berlin.

	Verdaul. Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Preis
300 g Weißbrot	17·0 g	4 g	135 g	16 Pf.
530 „ roh = 400 g geschälte Kartoffel	5·4 „	—	80 „	3 „
100 „ Reis zu Milchreis	5·8 „	—	76 „	6 „
500 ccm Milch zu Milchreis	20·0 „	20 „	20 „	12 „
100 g (= 110 g roh) Ei	12·5 „	12 „	—	13 „
250 „ (= 317 g roh) Fleisch	50·0 „	—	—	49 „
60 „ Butter	—	50 „	—	16 „
	110.7 g	86 g	311 g	118 Pf.

Die außerdem erforderlichen Geschmacksmittel, Gewürze, Bratfett und sonstige Zubereitungskosten, sowie die ebenso unentbehrlichen Genußmittel sind hier auf mindestens 30 Pf. zu veranschlagen.

Der Minimalpreis der täglichen Arbeiternahrung inklusive Genußmittel stellt sich demnach auf etwa 70 Pf. Für eine Familie, bestehend aus Mann, Frau und 2—3 Kindern, die insgesamt drei Erwachsenen gleich gerechnet werden mögen, ist also ein Aufwand für Nahrung erforderlich in der Höhe von 2 M. 10 Pf. — Welchen Raum die Nahrung in dem Budget einer Arbeiterfamilie einnimmt, ist aus folgender Tabelle zu ersehen:

Der Aufwand beträgt für:	Berliner Mittelstandsfamilie	Berliner Arbeiterfamilie	Oberschlesische Arbeiterfamilie
Ganze Nahrung:	33 %	50—60 %	72 %
Davon für	des Gesamtaufwands		
Fleisch	34 %	21 %	18·5 %
Butter und anderes Fett . . .	11 „	13 „	16 %
Milch	9 „	9 „	5 „
Brot und Mehl	12 „	18 „	31 „
Kartoffeln, Gemüse	7 „	12 „	12 „[1]
Zucker, Kaffee usw.	7·5 %	7·6 %	10 „
Andere Getränke	8·8 „	8·1 „	7 „

Je geringer die Einnahmen, um so größer wird der auf die Nahrung verwendete Bruchteil. Innerhalb der Ausgaben für Nahrung ist das Ansteigen der animalischen Nahrung mit den vermehrten Einnahmen, das Gleichbleiben der Ausgabe für Milch (Kindernahrung), für Genußmittel und Getränke bemerkenswert. — Wenn sich der Aufwand im Mittel für Nahrung auf 50—60 % der Ausgaben beziffert, so kann erst ein tägliches Einkommen (Sonn- und Feiertage nicht ausgenommen!)

[1] Kartoffeln 43 % des Gesamtgewichts } der Nahrung.
Sauerkraut 12 % „ „ }

von etwa 3 M. 50 Pf. einer Arbeiterfamilie in Berlin eine rationelle Ernährung ermöglichen.

Vielfach ist die Lage der Industrie und des Handwerks derart, daß der hygienisch begründeten Höhe des Einkommens der Arbeiter nicht entsprochen werden kann, und es muß dann versucht werden, dem Arbeiter die notwendigen Nahrungsmittel zu billigerem Preise zu verschaffen.

Dies kann einmal dadurch geschehen, daß dem Arbeiter die Nahrungsmittel nicht zu Markt- sondern zu Engrospreisen geboten werden, wie in den öffentlichen Anstalten, wo alle Nahrungsmittel soviel als möglich direkt und in großen Massen gekauft, das Vieh selbst geschlachtet wird usw. Die Preisunterschiede sind schon in bezug auf Vegetabilien und Brot erheblich, noch bedeutender aber in bezug auf Fleisch (bis 30%). Der ärmeren Bevölkerung kann der gleiche Vorteil geboten werden durch Vermittlung von Konsumvereinen, ferner durch Volksküchen, welche ein ausreichendes Mittagessen für den Herstellungspreis gewähren. Der Bezug von Fleisch und Fischen läßt sich dadurch außerordentlich verbilligen, daß die Kommunalverwaltungen und die Arbeitgeber zum Engrospreis verkaufen, Fische an bestimmten Tagen (Freitags).

Außerdem kann die Arbeiterernährung gehoben werden durch Anleitung der Hausfrauen zu einer rationellen Auswahl der Nahrungsmittel. Aufklärung über den Nährstoffgehalt der Nahrungsmittel und speziell über solche, welche Eiweiß und Fett billig liefern, ist namentlich durch Koch- und Haushaltungsschulen zu verbreiten. Zu beachten ist, daß die empfohlenen Nahrungsmittel Geschmacksreize haben, die dem Arbeiter gewohnt und angenehm sind; von der Anpreisung von Nahrungsmitteln, die fremde Geschmacksreize und ungewohntes Aussehen haben, ist nichts zu erwarten. Aber gerade unter den heimischen beliebten Nahrungsmitteln werden oft die billigen Eiweißlieferanten bei weitem nicht genügend geschätzt. — Besonders wichtig in dieser Beziehung sind die frischen, gesalzenen und geräucherten Fische, durch welche der Eiweißbedarf in außerordentlich billiger Weise zu ergänzen ist. Eine noch wichtigere Rolle spielen die Molkereiprodukte; Magerkäse (auch in Pulverform zu Suppe, Reis usw. zugesetzt), Buttermilch, abgerahmte Milch (mit Reis, Gries, Kartoffelbrei verkocht) sind außerordentlich billig; selbst Vollmilch liefert noch relativ billiges Eiweiß. Dieses Eiweiß ist dem Fleischeiweiß völlig gleichwertig, ja im Hinblick auf den Purinstoffwechsel ist es sogar vorzuziehen. Bei Fleischteuerung sind daher Milchprodukte als vollwertiger Ersatz in erster Linie zu empfehlen.

Auch durch Surrogate, wie z. B. die Kunstbutter, welche billige Fette schmackhaft und im Haushalt verwendbar zu machen sucht, kann eine beachtenswerte Hilfe gewährt werden.

Besonders wichtig ist die richtige Anwendung der in vorstehendem entwickelten Ernährungsgrundsätze bei der Kost in öffentlichen Anstalten, in welchen der einzelne nicht entsprechend seinem individuellen Bedürfnis seine Kost wählen darf, sondern wo er auf die von der Aufsichtsbehörde zugeteilte Durchschnittskost angewiesen ist. Die Ausführung ist um so schwieriger, als der Preis der Kost gewöhnlich auf einer sehr niedrigen Stufe gehalten werden muß und daher nur ein für kleinere Individuen und für mäßige Arbeitsleistung geltender Kostsatz zugrunde gelegt wird. Daher muß ein gewisser Ausgleich der sehr verschiedenen Ansprüche durch eine individuell variierte Zulage erfolgen; je nach der Körperbeschaffenheit muß teils durch Verordnungen des Anstaltsarztes, teils durch eine aus dem Erlös der Arbeit beschaffte Zukost die Durchschnittsnahrung ergänzt werden.

Sowohl für öffentliche Anstalten wie für die frei wählende Bevölkerung hat Hindhede in den letzten Jahren eine sehr billige und angeblich doch ausreichende und bekömmliche Kost empfohlen. Die Eiweißzufuhr dieser Kost hält sich auf dem physiologischen Minimum; außerdem ist die Kost sehr arm an Geschmacksreizen. Kranke und Fanatiker mögen mit einer solchen Kost auskommen; für den gesunden Arbeiter muß mehr verlangt werden. Bei diesem handelt es sich nicht darum, das physiologische Minimum einzuhalten, sondern um die Frage, wie viel er von der mit den gewohnten Geschmacksreizen ausgestatteten Kost verzehren muß, um stets einer ausreichenden Eiweißzufuhr unbedingt sicher zu sein. Es heißt den mächtigen Einfluß des Geschmackstriebs und der Lust an einer wohlschmeckenden Kost außerordentlich unterschätzen, wenn man das Fleisch einfach streichen und mit Vegetabilien nur eine knapp zureichende Nahrung gewähren will.

In folgendem seien einige Kostsätze aus öffentlichen Anstalten als Beispiele angeführt:

1. Kost im Münchener Waisenhause.

Täglich im Durchschnitt 1275 ccm Milch, 97 g Fleisch, 243 g Brot, 162 g Kartoffeln, 97 g Gemüse; und darin:

79 g Eiweiß, 37 g Fett, 247 g Kohlehydrate.

2. Deutsche Armee.

a) Kleine Friedensportion; bietet im Mittel 78,5 g Eiweiß, 54 g Fett, 515 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot oder 500 g Feldzwieback oder 400 g Eierzwieback,
180 g Fleisch oder 120 g geräucherten Speck oder 100 g Fleischkonserven
+ 40 g Rindernierenfett, 125 g Reis oder Graupen oder
150 g Gemüsekonserven oder
60 g Dörrgemüse oder
250 g Leguminosen oder
1500 g Kartoffeln.

b) Große Friedensportion; 89·9 g Eiweiß, 81 g Fett, 515 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot (wie oben), 250 g Fleisch + 60 g Nierenfett oder 200 g Speck oder 200 g Fleischkonserven, 25 g Salz, 15 g gebr. Kaffee,
125 g Reis oder
125 g Graupen oder
60 g Dörrgemüse oder
250 g Leguminosen oder
1500 g Kartoffeln.

c) Kriegsportion; 101·1 g Eiweiß, 79 g Fett, 489 g Kohlehydrate; in Form von:

750 g Brot oder — 375 g Fleisch + 60 g Fett oder
500 g Zwieback oder — 200 g Rauchfleisch oder Speck oder
500 g Zwieback oder — 200 g Fleischkonserven,
400 g Eierzwieback,
125 g Reis oder — 25 g Salz,
125 g Graupen usw., — 25 g gebr. Kaffee.

d) Eiserner Bestand, d. h. die Ration, welche für jeden Soldaten in Kriegs- und Manöverzeiten stets mitzuführen ist, und die aus einer haltbaren kompendiösen, möglichst leichten und rasch zuzubereitenden Nahrung bestehen muß. Der eiserne Bestand liefert pro Tag, je nach der Zusammensetzung 1800 bis 3600 Kal., z. B. in Form von: 150 g Gemüse- und 200 g Fleischkonserven, 250 g Eier- oder Feldzwieback, 25 g Kaffee, 25 g Salz. Oder: 400 g Eierzwieback, 200 g Fleisch- und 150 g Gemüsekonserven, 25 g gebr. Kaffee und 25 g Salz.

3. Gefangenenkost.

Die tägliche Kost enthält:

in den preußischen Strafanstalten, alter Etat:	110 g Eiw.,	25 g Fett,	677 g K.
„ „ „ „ neuer „	110 g „	50 g „	553 g „
im Gefängnis Plötzensee	117 g „	32 g „	597 g „

und zwar in Form von 625—650 g Brot, 30—43 g Fleisch; im übrigen Kartoffeln, Leguminosen, abgerahmte Milch, Hering usw.

4. Volksküchen.

Die Mittagsmahlzeit, die in Volksküchen gereicht wird, soll, entsprechend den S. 192 mitgeteilten Zahlen, im Mittel enthalten:

40—50 g Eiweiß, 30 g Fett, 160 g Kohlehydrate.

In den Berliner Volksküchen werden nach Kisskalt für den Preis von 30 Pf. (halbe Portion 20 Pf.) beispielsweise verabreicht:

1. Buletten mit Kartoffeln; 20 g Eiweiß, 1064 Kal.
2. Wurst mit Linsen und Kartoffeln; 80 g Eiweiß, 1244 Kal.
3. Rindfleisch (60 g ohne Fett) mit Kartoffeln; 32 g Eiweiß, 1134 Kal.
4. Pökelschweinefleisch mit Sauerkraut und Erbsenbrei; 91 g Eiweiß, 1800 K.
5. Schweinebraten mit Speck, gelben Rüben und Kartoffeln; 22,1 g Eiweiß, 1080 Kal.

Im Mittel: 49 g Eiweiß, 1265 Kalorien; also für eine Mittagsmahlzeit völlig ausreichende Nährstoffmengen.

Literatur: C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung, Leipzig 1881. — Rubner, Lehrbuch der Hygiene, Leipzig und Wien 1900. — Biologische Gesetze, 1887. — Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung, 1902. — Volksernährungsfragen, 1908. — Über moderne Ernährungsreformen (von Hindhede und Chittenden), 1914, sowie zahlreiche Publikationen im Archiv für Hygiene und in der Zeitschr. f. Biol. — König, Die menschlichen

Nahrungs- und Genußmittel, 4. Aufl. — Voit, Untersuchung der Kost in einigen öffentlichen Anstalten, München 1877. — E. und E. Hitzig, Die Kostordnung der psychiatrischen und Nervenklinik der Universität Halle, Jena 1897. — v. Rechenberg, Die Ernährung der Handweber, 1890. — Kaup, Ernährung und Lebenskraft der ländl. Bevölkerung, Berlin 1910. — Funk, Die Vitamine, 1914.

B. Die einzelnen Nahrungsmittel.

1. Die Kuhmilch.

Die Kuhmilch ist eine Emulsion von Fett in einer Lösung von Eiweiß, Zucker und Salzen. Normalerweise zeigt sie gelblichweiße Farbe, ist schon in dünnen Schichten undurchsichtig, hat einen eigentümlichen Geruch, leicht süßlichen Geschmack und amphotere Reaktion (gleichzeitig schwach alkalisch und schwach sauer). Im mikroskopischen Präparat erscheint sie erfüllt von zahlreichen Fetttröpfchen verschiedener Größe. Die chemische Analyse ergibt im Mittel folgende Zusammensetzung: spez. Gewicht: 1029—33; Wassergehalt: 87·75%, schwankend von 87·0—89·0%; 11—13% Trockensubstanz; 3—4% Eiweiß, darunter 2·9% Kaseïn (in Kalkverbindung, mit 1·5% CaO), 0·5% Lactalbumin, Spuren von Lactoglobulin; 2·7 bis 4·3% Fett; 3·5—5·5% Milchzucker und 0·6—1·0% Salze. Das Kaseïn befindet sich in kolloidaler Lösung. — Der frischen rohen Milch kommt eine geringe bakterizide Kraft zu, die allerdings nur wenigen Bakterienarten gegenüber (Cholera, Thyphus) nachweisbar ist, während sie z. B. den Coliarten gegenüber nicht deutlich hervortritt. Als wirksame Schutzvorrichtung des Körpers kommt diese Eigenschaft kaum in Betracht. — Dagegen kann die Milch bei hochgradig mit Toxinen immunisierten Tieren größere Mengen von spezifischen Antitoxinen enthalten (Diphtherie, Tetanus). Bei anderen als toxisch wirkenden parasitären Krankheiten ist dagegen ein zur Schutzwirkung geeigneter Gehalt der Milch an Antikörpern nicht beobachtet (vgl. Kap. X).

Wie bei allen tierischen Sekreten kommen auch bei der Milch bedeutende Schwankungen in der chemischen Beschaffenheit vor; diese sind abhängig einmal von der Rasse und Individualität, dann von der Zeitdauer der Laktation, von der Tageszeit usw. Ganz bedeutende Differenzen resultieren ferner aus der Fütterung. Die Landwirte unterscheiden namentlich zwischen der Fütterung mit frischem Gras und auf der Weide, und andererseits der sogenannten Trockenfütterung (Heu, Gerstenschrot, Roggenkleie, Runkelrüben). Bei ersterer wird die Milch wasserreicher und zeigt überhaupt bedeutende Schwankungen, Trockenfutter dagegen liefert die gehaltreichste und gleichmäßigste Milch. Ferner ist auch die Zusammensetzung der Nahrung, der Gehalt derselben an Eiweiß usw. von Einfluß. Manche aromatisch riechende und schmeckende Stoffe des Futters gehen leicht in die Milch über und können sie widerlich machen, so namentlich Schlempe und Rübenschnitzel. — Eine eigentümlich starke Verschiedenheit er-

gibt sich noch für die einzelnen Melkportionen; die erste Portion ist immer bedeutend — um das Zwei- bis Dreifache — fettärmer als die letzte, während Eiweiß und Zucker weniger Schwankungen zeigen.

Trotz dieser Differenzen bietet die zum Markt gebrachte Milch im ganzen doch eine gleichmäßige Zusammensetzung dar, namentlich innerhalb der gleichen Jahreszeit. Es rührt dies wesentlich daher, daß die zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Kühen gewonnene Milch vor dem Transport gemischt wird. Es lassen sich daher sehr wohl Durchschnittsziffern aufstellen, so daß man berechtigt ist, jede Milch zunächst als verdächtig anzusehen, welche erheblich von diesem Mittel abweicht.

Die Ausnutzung der Nährstoffe der Milch und die biologische Wertigkeit ihrer Eiweißstoffe ist eine relativ gute, wenn auch etwas weniger gut als die des Fleisches. Das Eiweiß wird zu mindestens 90%, das Fett etwa 95%, die Salze zu 50%, der Zucker vollständig resorbiert. Bei Kindern ist die Ausnutzung eine noch bessere (s. unten).

Demnach stellt die Milch ein vorzügliches Nahrungsmittel dar, das bei kleinen Kindern zur vollen Ernährung ausreicht, bei Kindern vom zweiten Jahre an und bei Erwachsenen eine rationelle Ernährung sehr wesentlich unterstützt. Zu ausschließlicher Ernährung Erwachsener ist die Milch nicht geeignet, weil selbst in der schwer resorbierbaren Menge von 4 Litern kaum genügend Kalorien vorhanden sind.

Die Milch ist als Nahrungsmittel um so bedeutungsvoller, als sie für sehr billigen Preis das sonst so schwer zu beschaffende Eiweiß und Fett gewährt (vgl. S. 201).

Der billige Preis erklärt sich indes daraus, daß die Milch eine Reihe von Nachteilen aufweist, die ihre Verwendbarkeit beeinträchtigen. Einmal geht sie außerordentlich rasch unter dem Einfluß von Mikroorganismen Zersetzungen ein, die sie zum Genuß ungeeignet machen, zweitens ist kein anderes Nahrungsmittel so leicht zu fälschen und im Nährwert zu verschlechtern als gerade die Milch; drittens ist sie zur Verbreitung pathogener und infektiöser Bakterien und eventuell von Giftstoffen besonders disponiert. — Auf diese drei hygienisch wichtigen Nachteile der Milch ist im folgenden näher einzugehen.

a) Die Zersetzungen der Milch.

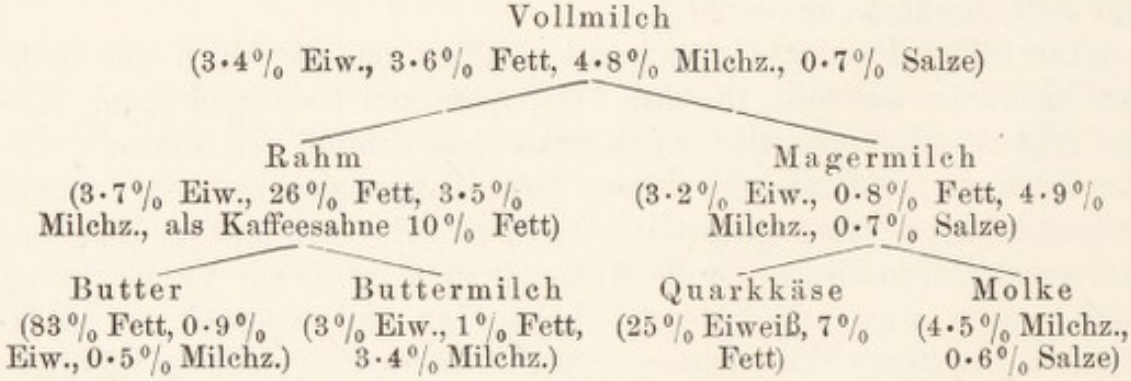
Die Veränderungen, welche die frisch gemolkene Milch allmählich durchmacht, bestehen 1. darin, daß bei ruhigem Stehen die Milchkügelchen an die Oberfläche steigen und dort die Rahmschicht bilden. Diese erscheint nach 24 Stunden als dicke, feste Decke, die sich abheben läßt (Aufrahmen). Man erhält dadurch im Gegensatz zur ursprünglichen „Vollmilch“ 2 Teile, den Rahm und die „abgerahmte

Milch“ oder „Magermilch“. Letztere ist je nach der Vollständigkeit des Aufrahmens mehr oder minder fettfrei; werden Zentrifugen zum Entrahmen benutzt, so verbleiben nur etwa 0·15% Fett in der Magermilch.

2. Bei längerem Stehen der Milch beobachtet man, daß auf der Oberfläche ein weißlicher, pilziger Überzug aus Oidium lactis sich etabliert. Gleichzeitig entwickeln sich in der Flüssigkeit unter dem Rahm zahlreiche Bakterien, am schnellsten bei einer Temperatur von 25 bis 30°. Besonders verbreitet findet man darunter einige Arten, die man schlechthin als Milchsäurebakterien bezeichnet.

Am meisten beteiligt ist der Streptococcus lacticus (Str. Güntheri oder acidi lactici), ein unbewegliches, den Pneumokokken sehr ähnliches, aber nicht pathogenes Bakterium; grampositiv, aerob und anaerob, am besten bei 32—38° wachsend, Rechtsmilchsäure ohne Gasentwicklung liefernd. Besser aerob wächst Bacillus ac. lactici gramnegativ, mit Bac. aerogenes oder pneumoniae übereinstimmend; bildet Linksmilchsäure, Bernsteinsäure, Essigsäure und Gas. — Auch zahlreiche andere Bakterien (z. B. Colibazillen) bilden gelegentlich Milchsäure.

Durch diese Bakterien wird der Milchzucker vergoren, so daß freie Milchsäure (durch einige Arten außerdem gasförmige Produkte) entsteht. Ist etwa 0·2% Milchsäure gebildet, so tritt Gerinnung des Kaseïns ein, der untere Teil der Milch scheidet sich damit wieder in zwei Abschnitte, in den Käse und das Serum (Molke). Ersterer enthält gewöhnlich die Reste von Fett eingeschlossen, so daß das Serum nur noch Milchzucker und Salze aufweist. Die gesamten Zerlegungen der Milch ergeben sich aus folgender schematischer Übersicht:



3. Läßt man Milch mehrere Tage stehen, so entwickelt sich Gestank nach Buttersäure und es entsteht reichliches Gas (Wasserstoff); zuweilen wird gleichzeitig das Kasein peptonisiert. Alsdann sind Buttersäurebazillen in den Vordergrund getreten. Die meisten beteiligten Arten sind Anaeroben, teils beweglich, teils unbeweglich, bewirken Buttersäuregärung aus dem Milchzucker und liefern daneben oft reichlich Milchsäure. — Will man die reine Wirkung der Buttersäurebazillen ohne die Milchsäuregärung zur Anschauung bekommen, dann muß man die Milchsäurebakterien abtöten. Es gelingt dies durch $^1/_2$stündiges Erhitzen

der Milch auf 100°. Die Sporen der Buttersäurebazillen bleiben bei dieser Behandlung am Leben; werden die Flaschen mit der erhitzten Milch fest verschlossen und bei 30—35° gehalten, so ist gewöhnlich binnen 20 Stunden die Milch in lebhafter Buttersäuregärung.

4. Hält man die durch Erhitzen von Milchsäurebakterien befreite Milch in offenen Gefäßen bei 30—40°, oder kocht man die Milch vorher mindestens eine Stunde lang, so daß auch die Sporen der Buttersäurebazillen abgetötet sind, dann wird wieder eine andere Gruppe von Bakterien und eine andere Zerlegung bemerkbar. Die Milch verändert sich äußerlich wenig, das Kasein gerinnt nicht, sauere Reaktion fehlt oder ist geringfügig. Daß solche Milch überhaupt von Bakterien erfüllt und zersetzt ist, sieht man nur daran, daß sich unter der Rahmschicht langsam eine transparente Zone ausbildet, die allmählich breiter wird. Die Milch gibt dann deutliche Peptonreaktion; gleichzeitig ist der Geschmack bitter und kratzig geworden. — Diese Zersetzung wird durch Bakterien aus der Gruppe der Heubazillen bewirkt. Die Sporen derselben sind gleichfalls sehr verbreitet; sie vertragen 1—6stündige Erhitzung auf 100°. Unter den Heubazillen der Milch wurden auch Arten gefunden, deren Reinkultur in Milch toxische Wirkungen ausübt.

Alle die beschriebenen Phasen des Bakterienlebens lassen sich mit geringfügigen Abweichungen in jeder Milch beobachten; die betreffenden Bakterien sind offenbar überall verbreitet. Teils entstammen sie den Ausführungsgängen der Euter, in denen sich Massen von Bakterien zwischen den Melkzeiten zu entwickeln pflegen; teils gelangen sie durch Kuhexkremente in die Milch; fast jede Milch läßt nach dem Absitzen sogar makroskopisch eine Beimengung von Kuhexkrementen erkennen. Auch die zum Sammeln der Milch dienenden Eimer und Gefäße, die Hände des Melkenden, die in die Milch fallenden Fliegen, der Heustaub, der beim Verfüttern trockenen Heus oft in Massen die Luft erfüllt, sind Quellen der Milchbakterien. — Neben diesen „normalen“ Bakterien der Milch kommen noch zahlreiche andere Arten mehr oder weniger häufig vor; so z. B. Streptokokken, die nach Herkunft und Wirkung sehr verschieden, zuweilen aber nicht unbedenklich sind (s. unten), ferner „säurefeste“ Bazillen, die im Kuhkot und andererseits im Rahm und Butter leicht zu finden sind (vgl. Kap. X).

Wird der Inhalt der Eutergänge zu Anfang jedes Melkens entfernt und nicht mit in den Eimer gebracht, wird der Euter sorgfältig gereinigt, der Schwanz der Kuh festgebunden, werden Hände und Gefäße völlig sauber gehalten und wird das Heu nur in angefeuchtetem Zustand in den Stall gebracht, um Heubazillen-haltigen Staub zu vermeiden, so kann eine nahezu sterile, außerordentlich bakterienarme Milch gewonnen werden.

Zuweilen kommen Abweichungen von den üblicherweise in der Milch ablaufenden bakteriellen Zersetzungen vor, und zwar dadurch, daß weniger verbreitete Bakterienarten zufällig in größerer Menge in die Milch gelangen und dort die Oberhand gewinnen, so z. B. die Bazillen der blauen Milch, welche ein Chromogen produzieren, das bei Luftzutritt und saurer Reaktion dunkelblau wird. Sind diese Bazillen in einer Milchkammer erst einmal zur Entwicklung gelangt, so befallen sie dort immer wieder neue Vorräte, bis sie durch gründliche Desinfektion des Raumes und der Gefäße vernichtet sind. — Zuweilen tritt rote oder gelbe Milch auf durch Wucherung anderer Bakterienarten, zuweilen schleimige, fadenziehende, in anderen Fällen bittere Milch. Alle diese abnormen Bakterienansiedelungen haben nicht gerade direkte hygienische Bedeutung, aber machen die Milch wegen der starken Veränderung ihres Aussehens oder Geschmacks unverkäuflich.

5. Frische Milch enthält verschiedene Fermente, die bei der Aufbewahrung der Milch bezw. beim Kochen zerstört werden. a) Pepsin- und trypsinartiges Ferment, das Eiweiß zu spalten vermag; b) diastatisches Ferment, das Stärke in Zucker, sowie ein anderes (bakterielles?) Ferment, das Milchzucker in Glykose überführt; c) Superoxydase (Katalase), zerlegt Wasserstoffsuperoxyd unter Bildung von Wasser und molekularem O ($2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$). Die Milchkatalase entstammt anscheinend teils Leukocyten, teils saprophytischen Bakterien, sie zerfällt bei 65—70°; d) indirekte Oxydasen, Peroxydasen, vermögen bei Gegenwart von H_2O_2 Oxydationen auszuführen, da sie dieses in Wasser und atomistischen O zerlegen ($H_2O_2 = H_2O + O$). Werden zerstört bei 72—75°; e) Reduktasen, entfärben Methylenblau, bilden aus Schwefel H_2S; werden bei 70—80° zerstört.

b) Die Fälschungen der Milch.

Die Fälschung besteht hauptsächlich im Entrahmen oder im Wasserzusatz oder in einer Kombination von beiden Manipulationen. Solche teilweise entfettete und verdünnte Milch hat natürlich einen entsprechend geringeren Nährwert. Außerdem können durch den Wasserzusatz Infektionserreger in die Milch gelangen. — Andere Fälschungen, z. B. Zusatz von Stärke, Dextrin, Gips, Gehirn usw., sind nur Kuriosa ohne größere Bedeutung. Dagegen werden der Milch sehr häufig Konservierungsmittel zugefügt, welche bestimmt sind, die Milch länger haltbar zu machen. Der Händler wendet aber diese Mittel gewöhnlich dann an, wenn schon ein gewisser Bakterienreichtum der Milch vorhanden ist und die bald zu erwartende äußerlich sichtbare Veränderung der Milch, die Gerinnung, noch eine Zeitlang hinausgeschoben werden soll. Zu diesem Zweck wird am häufigsten Soda oder Natron bicarbonicum oder Borax benutzt. Alle diese Mittel hindern aber das Bakterienleben in der Milch in keiner Weise, dasselbe wird im Gegenteil eher begünstigt, und lediglich die Entwicklung

freier Säure und damit die Gerinnung wird (übrigens auch nur für kurze Zeit) verzögert. Diese Mittel sind also gefährlich, weil sie nur das äußere Kennzeichen einer schlechten Beschaffenheit der Milch verdecken, während sie dagegen Zahl und Arten der Bakterien nicht vermindern. — Sehr häufig wird im Hochsommer die Milch in den Handlungen aufgekocht, ehe der Säuregrad bis zur Gerinnung der Milch gesteigert ist. Auch dadurch wird eine zu lange oder unzweckmäßige Aufbewahrung und infolgedessen eine intensive Zersetzung der Milch nur verschleiert, und das Bakterienleben oft derartig verschoben, daß gerade bedenklichere Zersetzungserreger in den Vordergrund gelangen. — Borsäure zeigt sehr wenig konservierende Wirkung. Besseren Effekt haben Salizylsäure (0·75 p. m.), Formalin (0·2 p. m.) und Wasserstoffsuperoxyd (2·0 p. m.), welche die Entwicklung der Bakterien kräftig hemmen, ohne den Geschmack der Milch zu stark zu alterieren. Wasserstoffsuperoxyd tötet sogar in der angegebenen Konzentration die meisten saprophytischen und pathogenen Bakterien. Durch mäßiges Erwärmen oder durch Zusatz tierischer Fermente (Katalase des Rinderserums) kann das Wasserstoffsuperoxyd wieder zerlegt werden, so daß es in der Milch nicht nachweisbar bleibt (Perhydrase-Milch, v. Behring). — Alle derartige Konservierungsmittel der Milch dürfen indes nicht geduldet werden, weil sie bei anhaltendem Genuß keineswegs als indifferent, insbesondere für den kindlichen Organismus, anzusehen sind, und weil die Wiederbeseitigung des H_2O_2 in praxi nicht zuverlässig genug erfolgen würde.

c) Krankheitserreger und Gifte der Milch.

Die gewöhnlichen, bei Temperaturen unter 24° gewucherten Saprophyten der Milch scheinen selbst in großer Menge unschädlich zu sein. Die in den Milchstuben geronnene Milch, ebenso Kephir und ähnliche Präparate, welche enorme Mengen von Milchsäurebakterien enthalten, werden im allgemeinen ohne Nachteil ertragen. — Auch der Mehrzahl der Buttersäurebazillen scheint eine erheblichere schädigende Wirkung nicht zuzukommen; dieselben finden sich in jedem menschlichen Darm, fast in jedem Wasser usw.

Nicht ganz indifferent sind dagegen einige Arten aus der Heubazillengruppe, welche heftige Giftwirkung veranlassen. Verfüttert man Milch, die eine Reinkultur dieser Bazillen enthält, an junge Hunde oder Meerschweinchen, so erkranken dieselben schon nach wenigen Stunden an profusen Durchfällen und gehen nach 4—6 Tagen zugrunde. Das Toxin ist in der Leibessubstanz der lebenden Bazillen enthalten; Filtrate oder abgetötete Kulturen sind unwirksam. — Auch unter den fast in jeder Milch vorhandenen, bei höherer Tem-

peratur stark wuchernden Streptokokken sind vermutlich häufiger solche vertreten, die toxische Produkte liefern.

Ferner werden durch die Milch Erreger menschlicher Infektionskrankheiten verbreitet. Kommt in einer Milchwirtschaft ein solcher Krankheitsfall vor, so vollzieht sich die Übertragung der Infektionserreger auf die Milch teils dadurch, daß Bazillenträger (sog. Dauerausscheider) oder die mit dem Kranken beschäftigten Personen Infektionserreger an den Händen behalten und in die Milch bringen; teils durch das Wasser eines infizierten Brunnens gelegentlich der Spülung der Gefäße oder der Fälschung der Milch. Die pathogenen Bakterien können sich in sterilisierter Milch, meist ohne jede sichtbare Veränderung derselben, lebhaft vermehren. In der nicht sterilisierten, natürlichen Milch ist allerdings die Vermehrung durch die Konkurrenz mit den gewöhnlichen Milchsaprophyten und namentlich durch die Säureproduktion der letzteren einigermaßen erschwert. — Zahlreiche Erfahrungen zeigen, daß in dieser Weise Infektionen durch Milch des öfteren stattgefunden haben. In einer Anzahl von Cholera-, Diphtherie-, Scharlach- und namentlich Thyphusepidemien konnte die Milch mit Bestimmtheit als Vehikel der Keime angeschuldigt werden, weil der Versorgungsbezirk einer bestimmten Milch sich genau mit der Ausbreitung der Krankheit deckte.

Auch vom erkrankten Tier aus kann die Milch Infektionserreger auf den Menschen übertragen. In erster Linie ist hier die Tuberkulose zu nennen, die Perlsucht des Rindviehs. Man darf annehmen, daß in städtischen Milchwirtschaften mehr als 10% der Kühe tuberkulös sind; sie häufen sich dort, weil tuberkulöse Kühe nicht konzipieren und nicht fett werden, und deshalb aus den auf Tierzucht oder Mast eingerichteten ländlichen Wirtschaften möglichst ausrangiert werden. Etwa die Hälfte der tuberkulösen Kühe liefert, auch wenn keine Erkrankung des Euters bemerkbar wird, eine Tuberkelbazillen-haltige Milch. Über die Einschränkungen, unter denen die Übertragung von Perlsuchtbazillen auf den Menschen bei diesem Erkrankung hervorzurufen vermag, s. Kap. X.

Ferner wird in seltenen Fällen die Maul- und Klauenseuche der Rinder auf den Menschen übertragen. Einzelne Kinder erkranken nach dem Genuß frischer Milch von solchen Kühen unter Fieber, Verdauungsstörungen und bekommen einen Bläschenausschlag auf Lippen und Zunge, zuweilen an den Händen. — Ob Milzbrand und Wut durch Milch auf Menschen übergehen können, ist zweifelhaft. — Von Kühen, die an Mastitis erkrankt waren, werden Streptokokken durch die Milch übertragen, die mikroskopisch durch ihr staketförmiges Aussehen (abgeplattete Glieder) ausgezeichnet sind, meist harmlos zu sein,

zuweilen aber Darmkatarrhe veranlaßt zu haben scheinen. Auch die Erreger von Enteritis der Kühe können vermutlich durch Infektion der Milch mittels Kuhkotteilchen auf Menschen übergehen.

Von Giften kommen anscheinend hauptsächlich Colchicin, vielleicht auch die Gifte von Hahnenfuß, Dotterblumen usw. in Betracht, die mit dem Futter aufgenommen werden und Darmaffektionen bei Kindern veranlassen können. Auch das Solanin verdorbener Kartoffeln, ferner gewisse Medikamente gehören möglicherweise hierher.

Die prophylaktischen Maßregeln gegen die aus dem Milchgenuß erwachsenden Gefahren bestehen 1. in der Kontrolle der Marktmilch, 2. in der Überwachung der Milchwirtschaften, 3. im Präparieren der Milch im großen Maßstabe vor dem Verkauf derselben, 4. im Präparieren der Milch durch den einzelnen nach dem Kauf.

1. Die Untersuchung und Kontrolle der Milch.

Eine normale Milch soll keinerlei Fälschung oder Zusatz erfahren haben, frisch und unzersetzt sein und keine Krankheitserreger enthalten. Die Kontrolle mittels einfacher, womöglich ohne Laboratorium ausführbarer Methoden soll zunächst Fälschungen dadurch erkennen oder ausschließen, daß sie a) das spezifische Gewicht ermittelt (dasselbe schwankt bei normaler Milch zwischen 1029 und 1033, bei abgerahmter Milch zwischen 1032 und 1037; der Trockenrückstand der Vollmilch beträgt mindestens 10·5%); b) durch die Fettbestimmung; normale Milch enthält mindestens 2·7% Fett; c) durch Auffindung von Nitraten, die in normaler Milch fehlen und deren Anwesenheit auf einen Zusatz von Brunnenwasser deutet; d) durch den Nachweis konservierender Zusätze.

Zweitens hat die Kontrolle nachzuweisen, daß die Milch unzersetzt und vom völligen Verderben noch hinreichend weit entfernt ist.

Drittens ist auf pathogene Bakterien und auf Gifte zu untersuchen.

a) Die Bestimmung des spezifischen Gewichts: Zwei Komponenten wirken auf eine Abweichung des spezifischen Gewichts der Milch von dem des Wassers. Eiweiß, Zucker, Salze machen die Milch schwerer, das Fett dagegen leichter; das Gesamtresultat ist, daß sie immer schwerer ist als Wasser, aber um so weniger, je mehr Fett oder je mehr Wasser vorhanden ist. Hohes spezifisches Gewicht kann durch Reichtum an festen Bestandteilen und Wasserarmut, ebensowohl aber auch durch Fettmangel bedingt sein; niedriges spezifisches

Gewicht durch abnorme Verdünnung mit Wasser oder durch Fettreichtum. Abrahmen und nachfolgender Wasserzusatz läßt daher das ursprüngliche spezifische Gewicht der Milch eventuell wieder hervortreten. Weiß der Fälscher, daß das spezifische Gewicht kontrolliert wird, so kann er in der Weise verfahren, daß er durch Abrahmen und Wasserzusatz eine stark gefälschte Milch von normalem spezifischen Gewicht liefert. Indes gehört zu dieser Manipulation Zeit und Sorgfalt, und für gewöhnlich weicht jede gefälschte Milch, entrahmte oder gewässerte, von dem durchschnittlichen spezifischen Gewicht ab. In vielen Fällen wird man daher durch die Bestimmung des spezifischen Gewichts allein die Fälschung entdecken, wenn es auch immerhin sicherer ist, daneben die Fettbestimmung auszuführen.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts benutzt man Aräometer (sogenannte Milchwagen, Laktodensimeter). An dem gebräuchlichsten Instrument von Quevenne-Müller finden sich an der Spindel zur Bezeichnung des spezifischen Gewichts nur zweistellige Zahlen, vor welchen die Zahlen 1·0 fortgelassen sind, also statt 1·029 nur die Zahl 29. Beim Ablesen ist das Auge in gleiches Niveau mit dem Skalenteil zu stellen; ferner ist vor der Prüfung die Milch gut durchzumischen und mit Hilfe von Tabellen eine Temperatur-Korrektion anzubringen, bzw. die Milch auf 15° zu erwärmen oder abzukühlen. — Die Grade des Müllerschen Laktodensimeters sind sehr eng und die Ablesung deshalb ungenau. Sollen die Grade größer ausfallen, so muß die Spindel dünner und leichter werden. Nach diesem Prinzip ist das Instrument von Soxhlet konstruiert; ferner gibt das Recknagelsche Aräometer aus Hartgummi gute Resultate.

b) Die Fettbestimmung.

Sie gelingt annähernd mittels optischer Methoden. Je fettreicher die Milch, um so undurchsichtiger wird sie. Darauf sind eine Reihe von Instrumenten gegründet, von denen das brauchbarste das Feser sche Laktoskop ist. In dasselbe werden 4 ccm Milch eingeblasen und dann wird allmählich Brunnenwasser zugefügt, bis schwarze Linien auf einem am Boden des Gefäßes befindlichen Milchglaszapfen eben sichtbar werden. An einer Skalenteilung liest man direkt die Fettprozente ab. — Alle optischen Methoden sind dadurch unzuverlässig, daß viel auf die Beleuchtung und das Auge des Beschauers ankommt, namentlich aber dadurch, daß die Durchsichtigkeit nicht sowohl von der Fettmenge, als vielmehr von der Zahl und Größe der Milchkügelchen abhängt, und daß auch noch das Kasein für die Durchsichtigkeit in Betracht kommt.

Eine genauere Bestimmung des Fettes ist möglich mit Hilfe des Soxhletschen Verfahrens, bei welchem man das spezifische Gewicht des Ätherextraktes der Milch zu bestimmen sucht. 200 ccm Milch werden mit 10 ccm Kalilauge und 60 ccm Äther kräftig geschüttelt. Nach einer Viertelstunde wird die oben angesammelte Ätherfettlösung in ein Glasrohr gebracht, das außen von einem Kühlrohr umgeben ist und mit Hilfe dessen stets die genau gleiche Temperatur von $17^1/_2{}^0$ hergestellt wird. In der Ätherfettlösung läßt man dann ein Aräometer schwimmen und bestimmt deren spezifisches Gewicht. Mittels einer Tabelle findet man aus dieser Ablesung den Fettgehalt.

Ferner gelingt die Fettbestimmung schnell und für praktische Zwecke hinreichend sicher mittels des Gerberschen Butyrometers. In besonders konstruierten, an einer Stelle zu einer graduierten Röhre verjüngten Glasgefäßen wird die Milch (11 ccm) mit konzentrierter Schwefelsäure (10 ccm) und Amylalkohol (1 ccm) versetzt; es entsteht eine Lösung aller Stoffe, aus welcher sich durch Zentrifugieren auf einer kleinen Handzentrifuge (Laktokrit) die Fettlösung so abscheidet, daß ihr Volum an der Teilung des graduierten Rohrs direkt in Fettprozenten abgelesen werden kann.

c) Nachweis von Nitraten bei Zusatz von Brunnenwasser.

Die Milch wird durch Zusatz von Essigsäure oder Chlorkalziumlösung (pro 100 ccm Milch 1·5 ccm einer 20%igen Lösung) und Kochen koaguliert, und das Filtrat tropfenweise einer Lösung von Diphenylamin in konzentrierter Schwefelsäure zugefügt. — Bei deutlicher Reaktion ist es ausgeschlossen, daß die Blaufärbung durch in die Milch gelangten Stallschmutz oder durch das Spülwasser der Gefäße bewirkt ist.

d) Konservierungsmittel.

Die alkalisch reagierenden (Soda, Natr. bic., Borax) erkennt man am einfachsten daran, daß sie die Milch nach 1—2 stündigem Kochen dunkelgelb bis braun färben. — Ferner deutet Rosafärbung nach Zusatz von Alkohol und einigen Tropfen Rosolsäure auf alkalische Beimengungen. — Salizylsäure ist durch die Violettfärbung, die einige Tropfen Eisenchlorid in der Milch hervorrufen, Wasserstoffsuperoxyd durch die Bläuung von Jodkaliumstärkepapier oder durch Zusatz von Titansäure (Gelbfärbung) zu erkennen. — Um gekochte Milch nachzuweisen, übersättigt man die Milch mit Kochsalz, erwärmt auf 30 bis 40°, filtriert und prüft im Filtrat, ob noch durch Kochen gerinnendes Albumin vorliegt. — Oder man prüft, ob Katalasen, Peroxydasen und Reduktasen noch vorhanden sind; auf erstere durch Versetzen von 15 ccm Milch mit 5 ccm 1%iger H_2O_2-Lösung in Gärröhrchen; auf Peroxydasen: Zusatz von H_2O_2 und Guajaktinktur (Schichtprobe; Bläuung, wenn die Peroxydasen erhalten sind) oder Paraphenylendiamin (Storchsches Reagens), ebenfalls Bläuung; auf Reduktasen: 10 ccm Milch + 1 ccm Methylenblau-Formalinmischung, bei 45° nach 10 Min. Entfärbung (Schardingers Reagens).

Um die Zersetzung der Milch zu erkennen, kann man 1. gleiche Volumina Milch und 70%igen Alkohol mischen; zersetzte Milch gerinnt meistens. — 2. Zur genaueren Feststellung des Grades der Zersetzung ist die von Soxhlet angegebene Titrierung des Säuregrades zu verwenden. 50 ccm Milch werden mit Phenolphtalein versetzt, und dann mit $^1/_4$ Normalnatronlauge titriert bis zur Rotfärbung. Für Verkaufsmilch, welche keine zu lange „Inkubationszeit“ hinter sich hat bezw. nicht zu warm aufbewahrt war, findet man etwa 3·5 ccm Verbrauch von Natronlauge. Die Anzahl ccm $^1/_4$ Normalnatronlauge, welche zur Neutralisation von 100 ccm Milch erforderlich sind, bezeichnet man als „Säuregrade“; zulässig sind also noch 7 Säuregrade. — 3. Nicht selten tritt bei einer bakterienreichen Milch die saure Reaktion zurück, zumal wenn die Milch, wie es im Hochsommer häufig geschieht, aufgekocht und dann bei hoher Temperatur aufbewahrt war.

Die unter diesen Umständen entwickelten Bazillen (darunter die Heubazillen) produzieren wenig Säure, statt dessen aber Labferment, und dieses bringt die Milch beim Erwärmen zum Gerinnen. Alsdann ist die Bakterienzahl das beste Kriterium, die durch Agarplatten mit $^1/_{100}$ und $^1/_{10}$ Tropfen Milch und Zählung der Kolonien nach 24 Stunden bei 35° gelingt. Ganz besonders reinlich behandelte frische Milch enthält im Mittel höchstens 2000—3000 Keime in 1 ccm; deutliche Zunahme ist erst nach 4—5stündigem Aufenthalt der Milch bei 20—25° zu bemerken. Ein Gehalt von mehr als 100000 Keimen in 1 ccm deutet auf längere unzweckmäßige Aufbewahrung der Milch oder starke Bakterieneinsaat durch Schmutzteilchen und zeigt an, daß die Milch nur kurze Zeit von dem Stadium der vollständigen Zersetzung und Gerinnung entfernt war.

Eine Prüfung auf pathogene Arten von Bakterien durch Kultur wird in den meisten Fällen vergeblich sein. Tuberkelbazillen sind nur durch Überimpfung des Gemenges aus Rahm und Bodensatz der Milch auf Meerschweinchen nachzuweisen. — Trommsdorf hat zur Prüfung auf Mastitis eine „Milchleukozytenprobe" angegeben, bei der 5 ccm Milch in kleinen Röhrchen mit kapillarem Ende und feiner Teilung einige Minuten scharf zentrifugiert werden; von 2‰ an soll Mastitis anzunehmen sein. — Über Differenzierung der Streptokokken s. Kap. X. — Für die Auffindung von Futtergiften bestehen gleichfalls keine praktisch verwendbaren einfachen Methoden.

Zu einer Kontrolle auf dem Markte und in den Verkaufsläden wird nur die Aräometerprobe und höchstens noch das Fesersche Laktoskop benutzt. Ist das spezifische Gewicht abnorm, so wird der weitere Verkauf der Milch einstweilen inhibiert und eine Probe im Laboratorium mittels des Gerberschen Butyrometers oder der Soxhletschen Methode auf den Fettgehalt geprüft. Wird hierdurch eine zu niedrige Fettmenge oder im Verein mit der Aräometerprobe ein zu hoher Wassergehalt erwiesen, so ist die betreffende Milch unter allen Umständen als minderwertig zu konfiszieren, nebenbei die Herkunft, Anzahl der Kühe usw. sorgfältig zu notieren. Es fragt sich dann aber noch, ob eine Fälschung vorliegt, die nach dem Nahrungsmittelgesetz streng bestraft wird, oder ob etwa die abnorme Beschaffenheit der Milch durch die Art der Fütterung bedingt ist. Zu diesem Zweck wird eine weitere Probe der Milch der genaueren Analyse unterworfen. Ergibt sich daraus mit Sicherheit die Fälschung, so wird die Bestrafung erkannt oder Anklage erhoben. Ist auch nach der genauen Analyse die Einrede möglich, daß mangelhafte Fütterung die Ursache der Abweichung sei, so ist eventuell die „Stallprobe" vorzunehmen. Dieselbe soll mindestens innerhalb dreier Tage nach der Konfiskation, ohne daß inzwischen die Fütterung der Tiere geändert ist, ausgeführt werden und zwar in der Weise, daß alle beteiligten Kühe gut ausgemolken, die Milch gemischt und dann untersucht wird. Dieselbe darf höchstens um 2 Grad im spezifischen Gewicht, um 0·3% Fett von der beanstandeten Milch abweichen, widrigenfalls die Fälschung als erwiesen anzunehmen ist.

Bis jetzt berücksichtigt die marktpolizeiliche Kontrolle der Milch

lediglich die etwaige Fälschung. Vom hygienischen Standpunkt aus ist diese aber nicht als so bedeutungsvoll anzusehen, wie eine zu fortgeschrittene Zersetzung der Milch. Diese läßt sich mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln sehr wohl kontrollieren und sollte öfter bestraft werden. — Bezüglich der Gefahr einer Infektion oder Intoxikation vermag die Kontrolle wenig zu leisten, und wir sind daher in dieser Beziehung auf andere prophylaktische Maßregeln angewiesen.

2. Die Überwachung der Milchwirtschaften.

Eine Verschleppung von Perlsucht, Maul- und Klauenseuche kann dadurch teilweise gehindert werden, daß die Tiere der Milchwirtschaften in regelmäßigen Zwischenräumen von einem Tierarzt, eventuell unter Zuhilfenahme von Tuberkulininjektionen, untersucht und bei entsprechendem Befunde ausrangiert werden.

Um ferner die Übertragung von Typhus und anderen menschlichen Infektionskrankheiten zu verhüten, sind Krankheitsfälle dieser Kategorie in Milchwirtschaften mit besonderer Vorsicht zu behandeln, für Absperrung und Desinfektion ist zu sorgen, auf Bazillenträger zu fahnden, die Brunnenanlage zu revidieren und eventuell der Milchverkauf zeitweise zu verbieten.

Die Einsaat abnormer Saprophyten ist durch peinliche Reinlichkeit aller Räume und Gegenstände, die mit der Milch in Berührung kommen, zu vermeiden. Der Stall, die Euter der Kühe sind möglichst sauber zu halten; die Gefäße, Milchkühler usw. sollen durch Ausscheuern mit heißer Sodalösung stets völlig frei bleiben von Milchresten, außerdem sind sie von Zeit zu Zeit nach erfolgter Reinigung mit Sodalösung auszukochen oder mit Wasserstoffsuperoxyd (1:200) zu desinfizieren. Die Aufbewahrungsräume sollen kühl, luftig, leicht zu reinigen und geschützt gegen Fliegen sein. Jede Unsauberkeit ist zu bestrafen.

Eine derartige Überwachung der Milchwirtschaften und Verkaufslokale ist vom hygienischen Standpunkt entschieden bedeutungsvoll, aber bei uns noch selten in vollem Umfang durchgeführt. In den Vereinigten Staaten wird in nachahmenswerter Weise zahlreichen Milchwirtschaften, die mit solchen Einrichtungen versehen sind und sich einer fortlaufenden Kontrolle unterwerfen, ein „Zertifikat" ausgestellt, und solche Milch wird zu höherem Preise gern gekauft.

3. Präparation der Milch vor dem Verkauf.

Teils die finanzielle Schädigung durch das leichte Verderben der Milch, teils die Gefahr der Übertragung pathogener Mikroorganismen hat zu Versuchen geführt, vor dem Verkauf der Milch die hinein-

gelangten Bakterien zu töten und dadurch die Milch haltbarer und frei von pathogenen Keimen zu machen.

Nachdem der Zusatz chemischer Substanzen sich als unzureichend oder bedenklich erwiesen hatte, sind Kälte und Hitze als die am leichtesten anwendbaren desinfizierenden Mittel in Gebrauch gezogen.

Durch Abseihen des Milchschmutzes, sofortiges energisches Abkühlen der frisch gemolkenen Milch, Aufbewahren in kühlen Räumen und Transport in Eispackung läßt sich die Bakterienentwicklung in der Milch und die Zersetzung derselben beträchtlich verzögern; insbesondere wenn gleichzeitig durch die oben aufgeführten Vorsichtsmaßregeln für geringe Bakterieneinsaat gesorgt wird. Diese Mittel sollten daher in jeder Milchwirtschaft so viel als möglich Verwendung finden.

Der Effekt ist jedoch immerhin unvollkommen, zumal die Abkühlung im Mittel der ganzen Zeit bis zum Verkauf nur etwa bis auf 10° gelingt; eine gewisse Vermehrung der Bakterien findet auch bei niederer Temperatur noch statt; außerdem bleiben die pathogenen Keime lebensfähig. Von Casse und Helm wird gleichwohl die Herstellung von Eismilch empfohlen; die Milch soll mittels Kaltluftmaschine gekühlt und für den Transport mit 15—30% gefrorener Milch versetzt werden. Für die Konservierung leistet dieses Verfahren Gutes; hygienisch einwandfrei ist aber solche Milch erst, wenn vor dem Abkühlen die pathogenen Keime durch Hitze abgetötet sind.

Vollkommenere Resultate namentlich gegenüber den Krankheitserregern können durch Hitze erzielt werden. Hier kommen vier Methoden in Frage:

a) Das Pasteurisieren, d. h. kurzes Erhitzen auf 65—90° und nachfolgendes rasches Abkühlen, so daß der Rohgeschmack der Milch möglichst erhalten bleibt.

Bei den früheren Pasteurisierverfahren rieselte die Milch über die inneren Wandungen eines erhitzten Zylinders, so daß sie die Temperatur von 70° für sehr kurze Zeit erreichte. Bei solcher Behandlung der Milch geht aber von den Saprophyten nur ein Bruchteil zugrunde; Typhusbazillen, Tuberkelbazillen, Staphylokokken werden nicht sicher vernichtet. Jetzt werden Apparate benutzt mit sog. gezwungener Führung, in welchen die Milch mehrere Minuten auf der Maximaltemperatur verbleibt. Am günstigsten ist die Einwirkung von 85° zwei Minuten lang; dabei werden auch Tuberkelbazillen sicher abgetötet und der Geschmack der Milch sehr wenig verändert.

b) Behandlung im Biorisator (Lobeck). Die Milch wird aus einer Zerstäubungsdüse als feiner Michregen in einen auf 75° erhitzten Kessel eingeblasen. Die meisten Saprophyten und pathogene Keime gehen zugrunde. Peroxydasen bleiben erhalten, ebenso der Roh-

geschmack; aber Sporen bleiben am Leben. Für Vorbehandlung der Marktmilch anscheinend gut geeignet.

c) Partielles Sterilisieren durch Erhitzen der in bakteriendicht verschlossenen Flaschen eingefüllten Milch während 30—60 Minuten auf 100—103°.

In Apparate mit strömendem Dampf von 100—103° werden Flaschen mit Patentverschluß zu $^1/_2$ oder $^1/_3$ Liter Inhalt mit lose aufgelegtem Verschluß eingesetzt, dann wird erhitzt bis zur Maximaltemperatur; hat diese 5 Minuten eingewirkt, so rollt man den Einsatz mit Milchflaschen heraus und schließt dieselben durch Andrücken des Verschlusses. Dann läßt man die Temperatur von 100—103° noch $^1/_2$ Stunde bis 1 Stunde einwirken. — Von verschiedenen Fabrikanten sind Öfen konstruiert, in welchen das Andrücken des Verschlusses der Flaschen auch ohne Öffnen des Ofens vorgenommen werden kann. Kühlung meist durch verspraytes kaltes Wasser im Ofen.

Die Wirkung dieses Sterilisierens ist die, daß die Infektionserreger und die Saprophyten mit Ausnahme der Sporen der Heubazillen abgetötet werden. Letztere können bei warmer Aufbewahrung der Milch wuchern und Toxine liefern. Solche Milch ist daher kühl aufzubewahren und hat begrenzte Haltbarkeit; sie darf nicht als „keimfreie Dauermilch" verkauft werden.

Bei längerer Aufbewahrung tritt außerdem eine Veränderung des Rahms ein, derart, daß derselbe beim Schütteln nicht mehr vollständig emulgiert wird, sondern zum Teil in große, nicht mehr zerteilbare Fetttropfen umgewandelt isr. Namentlich beim Schütteln der unvollständig gefüllten Flaschen auf dem Transport wird diese Zersetzung des Rahms begünstigt. Anhaltender Land- und Seetransport pflegt vollständiges Ausbuttern der Milch zu veranlassen. — Für kleinere Kinder ist schon aus diesen Gründen die käufliche sterilisierte Milch nicht als gleichwertig mit der im Hause gekochten anzusehen.

d) Vollständige Sterilisation kann erzielt werden durch etwa 6stündiges Erhitzen auf 100°; dabei wird aber die Milch braun und völlig zersetzt. Geeignet ist nur die Anwendung gespannten Dampfes von zirka 120—125° 10 bis 30 Minuten auf die in Blechdosen gefüllte Milch. Farbe, Geruch und Geschmack werden dabei wenig verändert.

Bei dieser fabrikmäßig hergestellten Exportmilch läßt sich auch das Ausbuttern des Rahms verhüten; entweder dadurch, daß eine vollständige Füllung der Büchsen ohne jeden Schüttelraum hergestellt wird; oder vollkommener dadurch, daß man die Milch vor dem Sterilisieren zwischen eng aneinander gelagerten Platten hindurchpreßt und sie dadurch homogenisiert, d. h. die Fetttröpfchen so zerkleinert, daß sie selbst bei langem Stehen der Milch gleichmäßig suspendiert bleiben (Natura-Milch-Gesellschaft in Waren in Mecklenburg).

e) Kondensierte Milch. Die Milch ist im Vakuum eingetrocknet bis $^1/_3$ oder $^1/_5$ ihres Volumens, dann in zugelöteten Büchsen auf 100° erhitzt. — Damit das Präparat auch nach dem Öffnen der Büchsen

besser haltbar sei, wird meistens so viel Rohrzucker zugesetzt, daß keine Bakterienentwicklung stattfinden kann, für 1 Liter Milch zirka 80 g Zucker.

f) Durch rasches Eintrocknen auf heißen rotierenden Walzen wird ein Milchpulver (Präparate von Just-Hutmaker, Passburg, Trumilk-Ges., u. a.) erzielt, das sich leicht wieder löst und unbegrenzt haltbar ist. Die Milch muß auch hierfür vorher homogenisiert werden. Der Geschmack des Milchfettes ändert sich aber bei diesen Präparaten in so störender Weise, daß die aus Vollmilch hergestellten bald nicht mehr genießbar sind; nur die aus Magermilch und Buttermilch bereiteten halten sich besser und lassen sich wenigstens zu Koch- und Backzwecken verwenden; die Löslichkeit ist oft mangelhaft.

Die Indikationen für die Anwendung der genannten Konservierungsverfahren gehen ziemlich weit auseinander. In milchreichen Ländern ist es — ganz abgesehen von den oben bezeichneten Gefahren für kleinere Kinder — keinesfalls empfehlenswert, die partiell oder völlig sterilisierte Milch in größerem Umfang auf den Markt zu bringen, schon wegen der erheblichen Verteuerung. Mit der Veränderung der Farbe und mit dem Verlust des Geschmacks und des Geruchs der rohen Milch sind außerdem alle die Kriterien verschwunden, deren sich bisher das Publikum mit Recht bediente, um eine normale, gehaltreiche, in sauberen Stallungen gewonnene und reinlich behandelte Milch von abnormer und verschmutzter Milch zu unterscheiden.

In größerer Ausdehnung empfiehlt sich für den Markt milchreicher Länder nur das Pasteurisierverfahren oder die Behandlung im Biorisator, bei denen alle jene Kriterien für die Beurteilung der Milch intakt erhalten werden. Zu beachten ist, daß durch beide Verfahren die Heubazillen nicht vernichtet werden, daß also kühle Aufbewahrung und für Säuglinge Aufkochen vor dem Gebrauch unbedingt erforderlich bleibt.

Für die Versorgung milcharmer Länder, ferner für Reisende, für die Schiffsversorgung usw. ist die total sterilisierte homogenisierte Milch von großer Bedeutung und einstweilen weit mehr zu empfehlen als die kondensierte Milch oder das Milchpulver. Die durch Verdünnen mit Wasser aus letzteren Präparaten hergestellte Milch ist umständlich zu bereiten und steht einer gut sterilisierten Milch in Aussehen, Geruch und Geschmack erheblich nach.

4. Präparation der Milch nach dem Kauf.

Der einzelne kann sich gegen die aus dem Gehalt der Milch an Bakterien hervorgehenden Gefahren leicht schützen durch Kochen der Milch. Erhitzt man dieselbe 5 Minuten lang auf 97—100°, so sind alle Milchsäurebakterien, die von kranken Menschen oder Tieren stammenden Parasiten, sowie die sporenfreien Buttersäure- und Heubazillen vernichtet. Nur die Sporen der letzteren bleiben am Leben, können indes durch Kühlhalten der Milch (unter 20° C) an der Wucherung verhindert werden. Bekanntlich gehört aber eine gewisse Aufmerksamkeit zu einem anhaltenderen Erhitzen der Milch; es tritt dabei leicht Überkochen und Anbrennen ein, und daher ist es Sitte, Milch nur aufzukochen, d. h. dieselbe nur für kürzeste Zeit bis in die Nähe des Siedepunktes, gewöhnlich aber auf noch geringere Wärmegrade zu erhitzen. Dabei erfolgt keine Tötung der pathogenen Keime.

Um ohne die Gefahr des Überkochens Milch mehrere Minuten lang zu erhitzen, bedient man sich daher zweckmäßig besonderer „Milchkocher", die im folgenden Abschnitte näher beschrieben sind.

2. Die Ernährung der Kinder mit Milch und Milchsurrogaten.

Die einzige normale Nahrung des Kindes in den ersten Lebensmonaten ist die Frauenmilch. Wenn irgend möglich, sollte jedes Kind von der eigenen Mutter genährt werden; nur übertragbare Krankheiten, hochgradige Anämie und Verdacht auf Tuberkulose sollten von dem Versuch einer solchen naturgemäßen Ernährung zurückhalten. Durch häufige Belehrungen, Stillprämien usw. muß immer wieder auf die Bedeutung der Ernährung der Säuglinge durch Muttermilch hingewiesen werden (s. Kap. VIII). — Ist die Mutter nicht befähigt, so kommt zunächst die Milch einer anderen Mutter in Frage. Für schwächliche Kinder der ärmeren Bevölkerung ist Ammenernährung in Säuglingsheimen zu veranlassen.

Die Frauenmilch ist gelblichweiß, von stark süßem Geschmack, zeigt alkalische Reaktion, ein spezifisches Gewicht von 1028—34 und enthält nach Heubner und Rubner folgende Bestandteile:

88·6% Wasser; 11·4% Trockensubstanz; 0·16—0·25% Eiweiß-Stickstoff = zirka 1—1·5%, Eiweiß (etwa 12% des Gesamt-Ns ist auf Extraktivstoffe zu rechnen); 3·0% Fett, 0·2% Salze. — 100 g Milch liefern 58 nutzbare Kalorien.

Die Eiweißstoffe bestehen größtenteils aus Albumin, daneben aus kleinen Mengen Kasein, Protalbumin und Pepton; durch Magensaft gerinnt das Eiweiß in weichen Flocken; das geronnene Kasein reagiert

alkalisch, wird leicht gelöst und peptonisiert. — An Aschenbestandteilen enthält die Frauenmilch in 1 Liter:

0·7 g Kali, 0·25 Natron, 0·33 Kalk, 0·06 Magnesia, 0·004 Eisen, 0·47 Phosphorsäure, 0·43 Chlor.

Die Zusammensetzung schwankt ähnlich wie die der Kuhmilch je nach dem Alter und der Individualität, nach der Zeitdauer der Laktation, nach der Nahrung und dem Ernährungszustand, namentlich aber je nachdem die Probe zu Anfang des Saugens der noch vollen Brust oder aber gegen Ende der fast entleerten entnommen ist.

Die Ausnutzung der Frauenmilch durch den Säugling ist eine außerordentlich vollkommene; von den gelieferten Kalorien sind 91·6% verwertbar. Auch die Salze werden zu 90% ausgenutzt. Die Fäzes enthalten vorzugsweise Fettsäuren, Kalk, geringe Spuren von Eiweiß und machen etwa 3% der genossenen Nahrung aus.

Am ersten Tage nach der Geburt sollen dem Säugling 2—3, an den folgenden Tagen im Mittel 5—7 Mahlzeiten gereicht werden und zwar stets in gleichen regelmäßigen Abständen mit Pausen von mindestens $2^1/_2$—$3^1/_2$ Stunden. Jede Mahlzeit dauert etwa 20 Minuten. Der Säugling verzehrt:

	pro Mahlzeit:		pro 24 Stunden:
am 1. Tag	10 g	am 6. Tag 50 g	in der 1. Woche 298 g
„ 2. „	20 „	„ 10. „ 70 „	„ „ 2. „ 363 „
„ 3. „	30 „	„ 20. „ 100 „	„ „ 10. „ 986 „
„ 4. „	40.„	„ 40. „ 130 „	„ „ 12. „ 940 „
„ 5. „	50 „	„ 100. „ 150 „	„ „ 20. „ 950 „

Vom 7. Monat ab, wo eine Zugabe von Kohlehydraten und Salzen erforderlich ist, kann Zwieback, Grieß usw., und für die Salzzufuhr Spinat, Karotten und dgl. herangezogen werden. Etwa vom 10. Monat ab ist die Frauenmilch durch Kuhmilch zu ersetzen.

Die Ernährung des Kindes mit Kuhmilch.

Ist Frauenmilch nicht zu beschaffen, so muß der Säugling das der Frauenmilch immerhin ähnlichste Nahrungsmittel, die Tiermilch, gegeben werden. Die Milch von Stuten und Eselinnen scheint die weitgehendste Ähnlichkeit mit der Frauenmilch zu haben; doch liegen zu wenig Erfahrungen über ihre Bekömmlichkeit vor, und ihre Beschaffung in ausgedehnterem Maßstab stößt auf größere Schwierigkeiten.

Die Kuhmilch läßt allerdings sehr bedeutende Differenzen gegenüber der Frauenmilch erkennen. Diese betreffen:

1. Die chemische Zusammensetzung. Die hauptsächlichsten Differenzen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Frauenmilch	Kuhmilch
Weniger Eiweißstoffe.	Mehr Eiweißstoffe.
Mehr Zucker.	Weniger Zucker.
Alkalische Reaktion.	Amphotere Reaktion.
Wenig Kasein.	Die Eiweißstoffe bestehen hauptsächlich aus Kasein.
Mit Magensaft weiche, flockige Gerinnsel.	Mit Magensaft derbe Gerinnsel.
Das Kaseingerinnsel reagiert alkalisch.	Das Kaseingerinnsel reagiert sauer.
Viel weniger Salze, namentlich Phosphorsäure, Kalk und Chlor.	Erheblich mehr Salze.

2. Die Ausnutzung und Verdaulichkeit. Die Ausnutzung ist im ganzen bei der Kuhmilch etwas schlechter als bei der Frauenmilch. Die Menge der Fäzes beträgt 6—7% der Nahrung; das Eiweiß wird zu 98%, das Fett zu 94%, die Salze nur zu 56%, der Kalk nur zu 30% ausgenutzt. Der Kot besteht größtenteils aus fettsaurem Kalk, enthält aber auch deutliche Spuren von Eiweiß. — Ferner ist die Kuhmilch schwerer verdaulich, weil sie gehaltreicher ist und insbesondere viel derbere Kaseingerinnsel liefert, in welche die Verdauungssäfte nur langsam vordringen.

3. Der Bakteriengehalt. Auch die Frauenmilch enthält Bakterien, die von der äußeren Haut her in die Ausführungsgänge der Drüsen hineingewuchert sind und daher in den erstentleerten Milchportionen am reichlichsten vorkommen. Vorzugsweise handelt es sich dabei um Staph. pyog. albus. Im übrigen ist die Frauenmilch frei von schädigenden Keimen. Dagegen können mit der Kuhmilch die zahlreichen S. 207 und 210 aufgezählten saprophytischen und infektiösen Bakterien in den Darm des Kindes gelangen.

Man versucht, diese Abweichungen der Kuhmilch nach Möglichkeit zu beseitigen:

a) Durch eine Präparation der Milch, die darauf hinausgeht, die Kuhmilch in bezug auf die chemische Zusammensetzung der Muttermilch ähnlicher zu machen. Am einfachsten ist es, durch Wasserzusatz die Eiweißstoffe und Salze, die in der Kuhmilch in zu großer Menge vorhanden sind, zu verdünnen und durch Zuckerzusatz das Minus der Kuhmilch in dieser Beziehung auszugleichen. Erfahrungsgemäß ist an den ersten Lebenstagen 1 Teil Milch mit 3 Teilen Wasser zu verdünnen, vom 3. bis 30. Tage 1 Teil Milch mit 2 Teilen Wasser, vom 30. bis 60. Tage 1 Teil Milch mit 1 Teil Wasser und so allmählich abnehmend, bis etwa vom 8. Monat ab reine Kuhmilch gereicht wird. Ferner sind pro 1 Liter fertiges Gemisch 26 g Milchzucker zuzufügen.

Die so präparierte Milch hat dann noch einen abnorm geringen Fettgehalt, 1·5% statt 3%. Um dies auszugleichen, läßt man die Milch vor dem Verdünnen mit Wasser zirka 1 Stunde in flachen Gefäßen stehen und schöpft nur die oben angesammelte Sahne in das Milchgefäß. Das Gemisch von dieser mit dem gleichen Volum Wasser enthält dann etwa 2·6% Fett. — Noch vollkommener ist der Ausgleich in der Gärtnerschen Fettmilch, die aber nur partiell sterilisiert in Flaschen und relativ teuer zu beziehen ist.

b) Durch Tötung der in der Kuhmilch enthaltenen Bakterien.

Verschiedene Autoren legen besonderen Wert darauf, daß die Kuhmilch roh genossen wird; sie soll dann leichter verdaulich und bekömmlicher sein, Fermente enthalten, bakterizide Fähigkeit („Milchkraft") zeigen und Antikörper einführen, während durch Erhitzen alle diese Eigenschaften schwinden.

Über die bakterizide Kraft der Milch s. S. 204. — Von den in der Milch nachgewiesenen Fermenten ist eine Erleichterung der Verdaulichkeit kaum zu etwarten. Vor allem aber hat sich weder durch Tier experimente noch durch Versuche an schwächlichen Kindern (Czerny) bis jetzt eine Überlegenheit der rohen Milch über die gekochte einwandfrei erweisen lassen. Nur bei ausgebrochener Barlowscher Krankheit (Skorbut-ähnlichen Erscheinungen) ist rohe Milch als Heilmittel bewährt, ohne daß die Ursache dieser Wirkung aufgeklärt wäre. Im übrigen hat tausendfältige Erfahrung gezeigt, daß die Säuglinge bei sorgfältig durchgeführter Ernährung mit gekochter Kuhmilch gut gedeihen; das Schreckgespenst der Barlowschen Krankheit gegen das Kochen ins Feld zu führen ist um so weniger statthaft, als diese Erkrankung ungemein selten vorkommt und auch bei Kindern, die gar nicht ausschließlich mit stark gekochter Milch genährt sind.

Auf der anderen Seite sind die von den toxinliefernden und pathogenen Bakterien der Milch ausgehenden Gefahren so erheblich, daß deren Abtötung unbedingt erforderlich ist (vgl. in Kapitel VIII die Angaben über die Hochsommer-Sterblichkeit der künstlich genährten Säuglinge). Durch chemische Mittel, auch durch Formalin oder H_2O_2, gelingt dies nicht ohne neue Gefährdung der Säuglinge (s. S. 209); Fernhalten der Bakterien durch aseptische Milchgewinnung ist einstweilen viel zu teuer; daher bleibt nur das Erhitzen der Milch als unschuldigstes, aber wirksames Mittel zur Vorbehandlung der Säuglingsmilch übrig.

Soll die Milch im Hause gekocht werden, so genügt es, sie in geeigneten Milchkochapparaten 5 Minuten auf 97—100° durchzuhitzen, um die vorhandenen Krankheitskeime und fast alle Gärungserreger zu vernichten.

Hierbei kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht:

Höhere Temperaturen, durch Erhitzen unter Druck gewonnen, sind völlig überflüssig, ebenso ist es unnötig, die Temperatur von 97—100° länger als 5 Minuten einwirken zu lassen; denn eine sichere Abtötung auch der widerstandsfähigeren Milchbakterien gelingt doch erst bei 6 stündiger Erhitzung. Auch ist es gar nicht erforderlich, dem Säugling eine völlig keimfreie Milch zu liefern. Bakterien gelangen in den Darm des Säuglings unter allen Umständen durch seine Finger und verschiedenste Berührungen. Es kommt nur darauf an, die Milch 1. von parasitären Bakterien zu befreien und 2. eine Wucherung von Saprophyten in der Milch zu verhüten.

Ferner ist es zu beachten, daß die gekochte Milch meistens längere Zeit — bis zu 24 Stunden — aufbewahrt werden soll.

Dies ist ohne Zersetzung der Milch nur dann möglich, wenn die Milch nach dem Kochen rasch abgekühlt und bei niederer Temperatur (unter 20° Celsius) aufbewahrt wird. Diejenigen Gärungserreger, welche durch das voraufgehende Erhitzen nicht getötet werden — und solche sind fast immer vorhanden —, vermehren sich bei niederer Temperatur äußerst langsam, dagegen rasch bei einer Wärme von mehr als 20°. Am bedenklichsten ist in dieser Beziehung ein langsames Abkühlen größerer Portionen gekochter Milch. Dieselben halten sich viele Stunden auf Temperaturen zwischen 25 und 45°, d. h. auf Wärmegraden, bei denen rascheste Wucherung der restierenden Bakterien erfolgt. — Sehr empfehlenswert ist in Orten, die im Sommer über kühles Grund- oder Quellwasser verfügen, die Verwendung von Kühlkisten. In der Mitte einer mit schlecht Wärme leitendem Material gefüllten Kiste (vgl. die „Kochkiste", S. 190) steht ein größeres Blechgefäß mit Wasser, das 2—3 mal täglich erneuert wird. Bewahrt man die Milch nach dem Abkühlen in diesem Wasser auf, so erhebt sich deren Temperatur nie über 18—20° (Speck).

Außerdem aber muß die aufbewahrte Milch vor dem Hineingelangen neuer Krankheitskeime und solcher Gärungserreger geschützt werden, welche auch bei niederer Temperatur rasch wuchern und die Milch verderben. Dazu ist vor allem nötig, daß man die Milch während der ganzen Zeit in den Kochgefäßen beläßt, und aus diesen eventuell nur die jeweils gebrauchten Portionen in Saugflaschen, Tassen usw. abgießt. Wollte man die Milch in Gefäße, welche in üblicher Weise gereinigt sind, umgießen und in diesen aufbewahren, so würde sie rasch verderben, weil solche Gefäße stets zahlreiche, sich schnell vermehrende Gärungserreger enthalten.

Auch der Luft soll die Milch während ihrer Aufbewahrung keine zu große Berührungsfläche darbieten; es fallen sonst Staub und Schmutz und mit diesen reichliche Bakterien hinein. Eine kleine Berührungsfläche mit der Luft schadet dagegen nichts; die Luft führt gewöhnlich nur spärliche Bakterien, und diese sind in der Form des trockenen Staubes so lebensschwach, daß sie, in die Milch gelangt, erhebliche Zeit gebrauchen, ehe sie anfangen, sich zu vermehren.

Für das Kochen kleinerer Portionen Milch, die nicht aufbewahrt, sondern kurz nach dem Kochen verbraucht werden sollen, benutzt man am besten einfache kleine Wasserbäder.

Ein größerer offener Blechtopf, der innen drei vorspringende Leisten trägt, dient als Wasserbad; in den Ausschnitt der Leisten paßt ein kleinerer emaillierter oder porzellanener, mit Deckel versehener Milchtopf.

Für das Kochen größerer Portionen Milch, insbesondere der ganzen Tagesration des Säuglings sind zu benutzen:

1. Soxhlets Milchkocher. Die mit Wasser und Zucker gemischte Milch wird je nach dem Bedarf des Säuglings in 5—7 kleine Saugflaschen gefüllt. Als Verschluß dienen kleine Gummischeiben, welche lose auf die Flaschen aufgelegt werden, nur seitlich durch eine Metallhülse fixiert, und während des Kochens Luft und Wasserdampf entweichen lassen, aber beim Erkalten durch den Luftdruck derartig angepreßt werden, daß sie einen festen Verschluß bilden

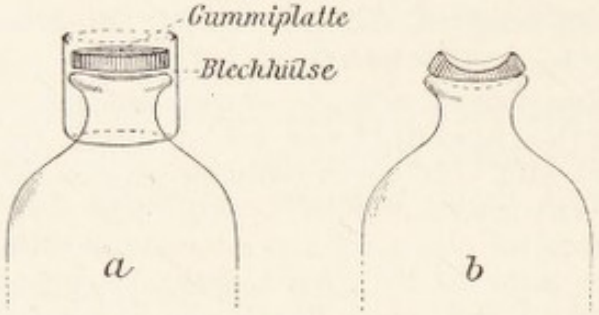


Fig. 29.

Soxhlets Gummischeiben-Verschluß; *a* vor dem Kochen, *b* nach dem Kochen und Abkühlen.

(vgl. unten „Weck"verfahren). — Gut verwendbar sind als Verschluß auch lose aufsitzende Glas- oder Aluminiumhütchen. Trotz der freien Kommunikation mit der Außenluft ist der Verschluß völlig bakteriendicht. Es ist längst erwiesen (s. Kap. X), daß den in der Luft schwebenden Bakterien meist eine gewisse

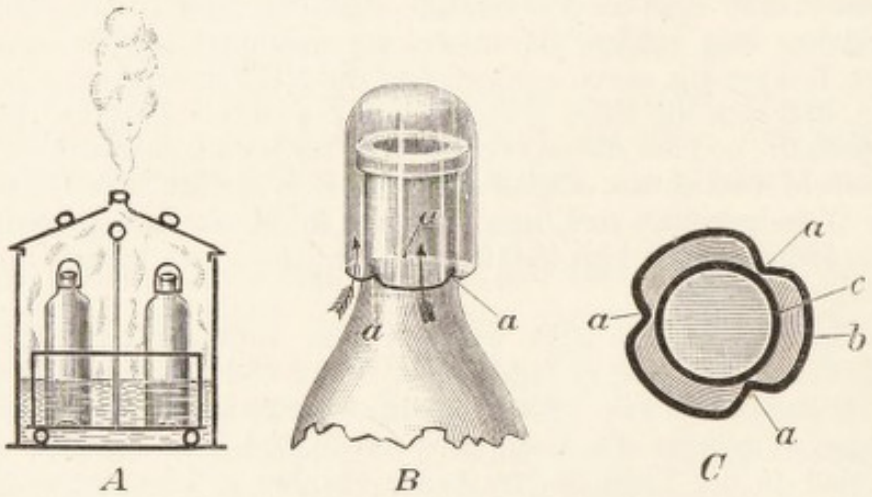


Fig. 30. Milchflaschen mit Glashütchen.

A Die Flaschen im Kochtopf. *B* Flaschenhals mit Hütchen, bei *a* Einkerbungen, um das Abgleiten zu hindern. *C* Flaschenhals und Hütchen im Querschnitt; *a* Einkerbungen, *b* Rand des Hütchens, *c* Flaschenhals.

Schwere zukommt, daß sie daher — abgesehen von sehr heftigen Luftströmungen — nicht vertikal aufwärts geführt werden können. Oder man verwendet paraffinierte Pappscheiben, die in eine ringförmige Erweiterung des Flaschenhalses eingedrückt werden, nur durch Zerstörung zu entfernen sind und dadurch Schutz bieten gegen unbefugtes Öffnen.

Der Kochtopf wird zweckmäßig nach Art des Kochschen Dampfofens mit konischem, oben durchbohrtem Deckel verschlossen (Weite der Bohrung nicht über 0·5 cm). Als Wasserfüllung genügt $^1/_2$ Liter; bei mehr Wasser dauert nur das Anheizen länger. Sobald der Dampf aus der Öffnung in kräftigem Strahl ausströmt, ist derselbe 100° warm; von diesem Moment ab beläßt man das Wasser noch 5—10 Minuten im Sieden.

In jedem Falle muß die gekochte Milch rasch abgekühlt werden. Am besten läßt man den Einsatz mit Flaschen zunächst $^1/_2$ Stunde in der Luft sich abkühlen; dann füllt man in den Kochtopf kaltes Wasser und beläßt die Flaschen hierin 1 Stunde; darauf bewahrt man den Einsatz im leeren Topf in einem kühlen Raum bezw. in dem mit kaltem Wasser gefüllten Topf in der Kühlkiste auf. — Ein von der Thermophor-Gesellschaft (s. S. 190) hergestellter „Demosterilisator" leistet nach keiner Richtung mehr, ist aber ungleich teurer als die beschriebenen Vorrichtungen.

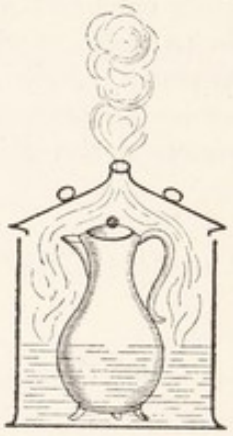


Fig. 31. Milchkocher in Kannenform.

2. Milchkocher in Kannenform. Eine 2 Liter fassende Kanne aus emailliertem Blech paßt in den beim vorigen Apparat verwendeten Kochtopf. Sie wird mit Milch gefüllt und in strömendem Dampf von 100° 10 Minuten erhitzt. Die herausgenommene Kanne wird zweimal in kaltem Wasser gekühlt, und bleibt dann in dem entleerten Kochtopf an kühlem Orte stehen (oder Kühlkiste); unmittelbar vor dem Gebrauch wird die jedesmal nötige Portion Milch ausgeschenkt. — Die Milch ist in solcher Kanne auch bei häufigem Ausschenken nach 24 Stunden noch nahezu bakterienfrei und kann Kindern ohne jede Gefahr verabreicht werden.

3. Töpfe mit durchlochtem Deckel für halbe Tagesportionen (12 Stunden). Die Deckel haben in der Mitte ein kurzes Rohr von ca. 2 cm weitem Durchmesser, in der Peripherie 5 Löcher von 1 cm Durchmesser. Kocht man die Milch in solchem Topf auf lebhaftem Feuer, so wallt sie durch die mittlere Öffnung in die Höhe und fließt durch die anderen Löcher des Deckels wieder in den Topf zurück; Überkochen findet auf Herdfeuer nie statt. Die Töpfe werden aus emailliertem Eisenblech oder aus glasiertem Ton (Bunzlauer Geschirr) hergestellt; letztere kosten bei $1^1/_2$ Liter Inhalt 60 Pf. — Die Milch ist bei 24 stündiger Aufbewahrung nicht so keimarm wie bei den vorgenannten Methoden; es ist daher in diesen Töpfen besser zweimal täglich eine Portion Milch zu kochen.

In manchen Fällen ist die Abgabe bereits gekochter Kindermilch in Milchküchen angezeigt, namentlich für bereits erkrankte Kinder aus den ärmsten Bevölkerungsklassen. Für diese Fälle sind Milchmischungen oder Surrogate (Malzsuppe) zu verwenden, die dem Alter bezw. dem Zustand des Säuglings angepaßt und dann in kleinen Saugflaschen partiell sterilisiert sind, damit jedes Manipulieren im Hause vermieden wird. Das an einem Tage hergestellte Milchquantum muß kühl gehalten und binnen 24 Stunden verbraucht werden. — Die Milchküchen sind nur an Säuglingsfürsorgestellen oder Säuglings-

heime anzugliedern, damit nicht ein unberechtigtes Zurückdrängen der Brustnahrung die Folge ist (s. Kap. VIII).

Für Reisen oder für den Fall, daß das Kochen im Hause momentan nicht mit der erforderlichen Sorgfalt geschehen kann, empfiehlt sich die Benutzung der in Blechdosen total sterilisierten Milch (s. oben). Dieselbe ist aus den Büchsen stets direkt in die Saugflaschen zu gießen und in diesen eventuell mit gekochtem Wasser zu mischen.

Eine weitergehende Verwendung der vor dem Kauf sterilisierten Säuglingsmilch erscheint nicht zweckmäßig. Vollständig sterilisierte Milch ist zu teuer; die partielle Sterilisierung liefert ein nur bei strenger Kontrolle unbedenkliches Präparat. Jede einigermaßen sorgsame Mutter wird sich auf solche Präparate nur im Notfalle verlassen, dagegen für gewöhnlich den Einkauf guter roher bezw. pasteurisierter Kindermilch und deren Zubereitung im Hause vorziehen.

Die Ernährung des Kindes mit Milchpräparaten und Kindermehlen.

Die Beobachtung, daß manche Kinder die nach den S. 222 gegebenen Vorschriften mit Wasser und Milchzucker versetzte Kuhmilch nicht vertragen, hat zu zahlreichen Versuchen geführt, die Kuhmilch der Frauenmilch ähnlicher zu machen.

Entweder hat man eine leichtere Verdaulichkeit und eine Gerinnung des Kaseins in weicheren Flocken herbeizuführen gesucht durch Zusätze von Hafer- oder Gerstenschleim zur Milch, oder das Kasein ist durch Behandlung mit Verdauungsfermenten teilweise in Albumosen übergeführt (Präparate von Voltmer in Altona, von Loeflund, Backhaus u. a.). — Auch Buttermilch (s. S. 232), frisch oder in Konservenform (Laktoserve, holländische Säuglingsnahrung usw., auch als Trockenpulver) ist vielfach empfohlen.

In einer anderen Gruppe von Präparaten hat man das am meisten gefürchtete Kasein ganz oder fast ganz fortgelassen, oder auch andere Eiweißkörper in die kaseinfreie Milch einzuführen versucht (Biederts Rahmgemenge: Emulsion aus Eiereiweiß, Butterfett, Milchzucker und Milchsalzen). — Wieder anders geht Finkelstein bei seiner Eiweißmilch vor; sie enthält vor allem wenig (1%) Milchzucker, dessen Säurebildung in erster Linie die Enteritis veranlassen soll, während das Kasein mit seinen mehr alkalischen Produkten dafür nicht in Betracht kommt. Milch wird daher mit Lab zum Gerinnen gebracht, die Molke filtriert und entfernt, das Gerinnsel in mit Wasser $\overline{aa}$ verdünnter Buttermilch verteilt. — Von dem Bestreben, die Milch dem Säugling möglichst unerhitzt zu geben, und von der Idee, daß Magermilch schon durch Zentrifugieren ausreichend von Bakterien befreit werden kann, geht Friedenthal bei der Herstellung seiner Säuglingsmilch aus. Zentrifugierte Magermilch wird mit Zucker, Salz, Wasser und pasteurisiertem Rahm versetzt; die Mischung soll ungekocht gegeben werden. Nachweislich sind oft sehr zahlreiche Bakterien vorhanden, die nicht immer harmlos sind.

Sehr verbreitet sind und waren namentlich früher die sog. Kindermehle, die teils mit Wasser bereitet als zeitweises Surrogat der Kuhmilch dienen, teils der Milch zugesetzt werden sollen.

	Wasser	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate		Salze
				in Wasser löslich	unlöslich	
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
Nestlémehl (Vevey)	6·6	9·6	4·3	24·9	34·4	2·0
Kufekes Kindermehl	8·8	12·5	2·0	21·9	52·2	2·1
Lakto-Leguminose (Gerber in Thun)	6·3	16·7	5·6	43·2	24·4	3·0
Präpariertes Hafermehl (Knorr in Heilbronn)	10·0	12·6	6·1	5·6	63·7	1·3

In fast allen Präparaten ist ein Teil des Amylums durch Hitze oder durch Erhitzen mit wenig Säure oder durch diastatisches Ferment in lösliche Stärke, Dextrin, bzw. Zucker übergeführt; die meisten enthalten aber immerhin ziemlich beträchtliche Mengen unveränderter Stärke, andere haben infolge von Rohrzuckerzusatz einen widerlich süßen Geschmack. Einige enthalten mehr oder weniger eingedickte Milch (Allenburys Präparate).

Czerny und Keller empfehlen die Liebigsche „Malzsuppe" nach folgender Vorschrift: 50 g Mehl sollen mit $^1/_3$ Milch gequirlt werden, dann ist eine Mischung von 100 g Malzextrakt in $^2/_3$ Liter Wasser und 10 ccm einer 11%igen Kali carbonicum-Lösung zuzufügen, und das Ganze kurz auf Siedetemperatur zu erhitzen. — Die Malzsuppe kommt auch in Sirupkonsistenz und in Form von trockenem Pulver in Handel.

Die aufgezählten Präparate kommen nur vorübergehend für den relativ kleinen Bruchteil von Kindern in Frage, welche die übliche Kuhmilchmischung nicht vertragen, oder welche namentlich im Hochsommer an Verdauungsstörungen leiden. Über die Indikationen für das eine oder andere Präparat hat im Einzelfall nur der Kinderarzt zu entscheiden.

3. Molkereiprodukte.

Butter wird aus Rahm (selten aus Milch) durch Schlagen hergestellt.

Zur Gewinnung des Rahms benutzt man jetzt in allen größeren Betrieben Zentrifugen, die den besonderen Vorteil bieten, daß man infolge des schnellen Betriebes auch frische und gut benutzbare abgerahmte Milch bekommt. Früher, wo das Aufrahmen 36 bis 48 Stunden dauerte, war die abgerahmte Milch ein Artikel, der nur mit größtem Mißtrauen gekauft werden konnte und unter den Händen verdarb. Jetzt ist die abgerahmte Milch so haltbar wie Vollmilch, zumal wenn sie pasteurisiert wird, besitzt hohen Nährwert und deckt außerordentlich billig den Eiweißbedarf des Menschen; für 15—18 Pfennig wird der ganze Tagesbedarf an Eiweiß geliefert. Die Magermilch wird von der ärmeren Bevölkerung noch viel zu wenig konsumiert, da diese den Vorteil des jetzigen zentrifugierten Produktes gegenüber dem früheren nicht hinreichend beachtet.

Die Butter soll demnächst durch Kneten vom Wasser und den anderen Bestandteilen der Milch, Kasein, Milchzucker, Salzen, möglichst befreit werden; die andernfalls zurückbleibenden Beimengungen machen die Butter minderwertig und beschleunigen erheblich die Zersetzung.

Die mittlere Zusammensetzung der Butter s. in der Tabelle S. 195. Der Schmelzpunkt der Butter liegt gewöhnlich zwischen 31 und 37°, der Erstarrungspunkt zwischen 19 und 24°.

Marktfähige Butter soll mindestens 84% Fett und höchstens 2% Kochsalz enthalten. Oft findet man Butter mit 30—35% Wasser und erhält dann in 1 Pfund Butter nur 315 g Fett statt 425 g. — Um das leichte Verderben solcher wasserreicher Butter zu verhindern, wird, Kochsalz zugesetzt, 30 g pro 1 kg und mehr. Dadurch wird der Profit der Händler noch größer. Die süddeutsche Sitte, die Butter ungesalzen in den Handel zu bringen, ist empfehlenswerter, weil solche Butter sehr sorgfältig behandelt werden muß, wenn sie nicht schnellem Verderben ausgesetzt sein soll.

Die Butter enthält meistens sehr zahlreiche lebende Bakterien, oft 1—10 Millionen in 1 g; und zwar nicht nur die aus längere Zeit gestandenem Rahm bereitete Butter, sondern auch Butter aus Zentrifugensahne, weil beim Zentrifugieren die Rahmteilchen Bakterien mechanisch mitreißen. Enthält die Milch Tuberkelbazillen, so gehen diese nachweislich beim Zentrifugieren in Sahne, Magermilch, Buttermilch und Zentrifugenschlamm über. Infolgedessen finden wir Tuberkelbazillen — und unter Umständen andere infektiöse Milchbakterien — reichlich in der Butter vertreten. Sehr häufig begegnet man ferner in der Butter den S. 207 erwähnten „säurefesten" Bazillen, die von der Ackererde auf Futtergräser, mit diesen in die Kuhexkremente und mit letzteren in die Milch gelangen. — Pasteurisieren des zur Butterbereitung verwendeten Rahms würde gegen die bakterielle Gefahr des Buttergenusses Schutz gewähren. Dasselbe stößt um so weniger auf Schwierigkeiten, als das zu pasteurisierende Quantum relativ klein ist, und als die Butter bei Einhaltung von 85° und 2 Minuten (s. S. 216) nicht an Geschmack einbüßt.

Eine erhebliche Geschmacksalteration und vermutlich auch eine für die Verdauungsorgane nicht belanglose Änderung erleidet die Butter beim Aufbewahren durch das Ranzigwerden, das auf einer durch kombinierte Wirkung von Bakterien und Fadenpilzen (Penicillium, Oidium) erfolgenden hydrolytischen Spaltung des Butterfetts unter Freiwerden von Fettsäuren und Buttersäureestern beruht; oder durch Talgigwerden, das durch Belichtung und durch Luftzutritt zustande kommt und namentlich auf Übertragung des Luftsauerstoffs durch das Licht auf die im Butterfett enthaltenen Fettsäuren (besonders Ölsäure) zurückzuführen ist. Abschluß der Butter gegen Luft und Licht ist die zweckmäßigste Schutzmaßregel gegen die letztgenannte Veränderung.

Von Fälschungen der Butter kommt in Frage ein zu großer Wasser- und Kochsalzgehalt (s. oben); ferner Beimengungen von Farbstoff, Mehl, Schwerspat usw., namentlich aber von fremden Fetten. Letzteres erklärt sich aus den Preisverhältnissen; 1 kg Butter kostet im Mittel 2·70 Mk., 1 kg Rindstalg 1·50 Mk., 1 kg Schweineschmalz 1·70 Mk.; noch billiger sind die importierten pflanzlichen Fette, Palmöl, Kokosbutter usw.

Untersuchung der Butter. Zur Wasserbestimmung werden 5 g Butter in flacher Nickelschale 30—40 Minuten im Vakuumtrockenapparat getrocknet und gewogen. — Der Kochsalzgehalt wird durch die Bestimmung des Chlors im wässerigen Extrakt der Asche ermittelt. — Zur Feststellung des Gehalts an freien Fettsäuren werden 5 g Butter in Äther gelöst und mit alkoholischer $^1/_{10}$ Normal-Kalilauge nach Zusatz von Phenolphtalein titriert. Als Säuregrade bezeichnet man die zur Sättigung von 100 g Fett verbrauchten Kubikzentimeter Normal-Kalilauge. Gute Tafelbutter hat meist weniger als 5 Säuregrade; doch kommen höhere Säuregrade ohne ausgesprochene Ranzigkeit vor und umgekehrt.

Genauere Erkennung der fremden Fette ist möglich:

1. mikroskopisch. Einbettung des Präparats in Glyzerin. In Butter bleiben die Fettkügelchen erhalten; alle anderen festen Fette müssen ferner behufs Verwendung geschmolzen werden, und dabei entstehen immer kristallinische Gebilde (Fette und Fettsäuren).

2. Untersuchung des Butterfetts (das klare Filtrat der bei 50—60° geschmolzenen Butter, in Deutschland „Butterschmalz" genannt)

a) auf das spezifische Gewicht;
b) auf Schmelz- und Erstarrungspunkt;
c) auf Brechungsvermögen mittels des Refraktometers. Die Methode ist nicht immer zuverlässig; Mischungen von Margarine und Kokosfett können sich wie reine Butter verhalten.

3. Nachweis von Phytosterin in den unverseifbaren Bestandteilen des Fettes; in den pflanzlichen Fetten stets enthalten (in den tierischen Cholesterin), erkennbar durch Kristallform und Schmelzpunkt des Acetats.

4. durch das Mengenverhältnis der niederen und höheren Fettsäuren. Wie aus nebenstehender Übersicht:

Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$) Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2$ usw.	höhere Fettsäuren, unlöslich in aq., nicht flüchtig, große Moleküle (284, 256)	Im Butterfett 87 %. In anderen tierischen Fetten mindestens 96 %.
Buttersäure $C_4H_8O_2$ Valeriansäure $C_5H_{10}O_2$ Kapronsäure $C_6H_{12}O_2$ pusw.	niedere Fettsäuren, löslich in aq., flüchtig, kleine Moleküle (88, 102 usw.)	Im Butterfett 13 %. In anderen tierischen Fetten Spuren, höchstens 4 %.

hervorgeht, enthält Butter 87—88 % höhere und 12—13 % niedere Fettsäuren. Andere tierische und pflanzliche Fette dagegen 95—96 % höhere und nur sehr wenig niedere Fettsäuren. Die höheren Fettsäuren sind im Wasser unlöslich, nicht flüchtig und bilden große Moleküle. Eine Lösung von 1 g braucht daher eine relativ geringe Zahl Alkalimoleküle zur Neutralisation. Die niederen Fettsäuren sind löslich in Wasser, flüchtig und haben kleinere

Moleküle, so daß für die Neutralisation von 1 g Substanz mehr Alkalimoleküle verbraucht werden. — Zur Untersuchung der Art der Fettsäuren werden die Fette zunächst verseift (3—4 g Fett in Porzellanschale von 10 cm Durchmesser mit 1—2 g Ätznatron und 50 ccm 70%igen Alkohol versetzt und unter Rühren vorsichtig erhitzt, die entstehende Seifenlösung bis zur Sirupdicke eingedampft); die Seife wird in Wasser gelöst und mit Schwefelsäure zersetzt. Man bekommt so in der wässerigen Lösung die zwei Anteile der Fettsäuren in freiem Zustande: die unlöslichen, die durch Filtration abgetrennt werden, und die löslichen, welche im Filtrat enthalten sind und durch Destillation desselben von der Schwefelsäure abgetrennt werden können. Das Destillat enthält bei Butter große Mengen, bei anderen Fetten nur Spuren von Säuren. Die Menge derselben läßt sich mit Alkalilösung von bekanntem Gehalt quantitativ bestimmen. Zur genaueren Charakterisierung der Fettsäuren und zur Erkennung von Verfälschungen dient:

a) die Köttstorfersche Zahl; gibt an, wie viel Milligramm KOH zur Verseifung von 1 g Fett nötig sind (Verseifen mit bestimmter Menge KOH, dann mit Normal-SO_4H_2 titrieren). Milchfett = 221—230, Oleomargarin 193—198;

b) die Reichert-Meisslsche Zahl; gibt an, wie viel Kubikzentimeter $^1/_{10}$ Normal-NaOH erforderlich sind zur Neutralisation der aus 5 g Butterfett abdestillierten flüchtigen, wasserlöslichen Fettsäuren. Butter = 26—31; Oleomargarin = 0·4—1·0; Talg = 0·2—0·8;

c) die Hehnersche Zahl; gibt die Menge der in 100 Teilen Fett enthaltenen in Wasser unlöslichen, nicht flüchtigen Fettsäuren an;

d) die Polenskesche „neue Butterzahl" gibt an, wie viel $^1/_{10}$ Normalbarytlauge erforderlich ist zur Neutralisation der nach Reichert-Meissl überdestillierten, aber noch im Kühlrohr befindlichen in Wasser unlöslichen, dagegen in 90% Alkohol löslichen Fettsäuren. Die Zahl ist namentlich bei Kokosfett sehr hoch.

5. Durch die Hüblsche Jodzahl. Die in pflanzlichen Fetten reichlich enthaltenen ungesättigten Fettsäuren (Ölsäure) lagern (bei Gegenwart von $HgCl_2$ als „Übertrager") Jod an. Butter 26—38% des Fettes, Rindstalg 35—40; Erdnußöl 83—105; Leinöl 178.

Durch vorstehende Methoden gelingt der Nachweis von Pflanzenfetten relativ sicher (Methode 3 und 5); tierische Fette sind bei geringerer Beimengung unsicher zu erkennen, zumal bei reiner Butter große Schwankungen vorkommen.

Kunstbutter. Die Einführung guter Surrogate der Butter ist von großer hygienischer Bedeutung, da das Fett relativ teuer ist, Butter weniger produziert wird als dem Bedarf entspricht, und billigere Fette, Talg und Schmalz, nur zu wenigen Speisen zu gebrauchen sind.

Es gelang zuerst Mège-Mouriès ein Surrogat für Butter zu finden. Er verarbeitete Rindstalg so, daß zunächst durch Pepsin in Form von Schaf- oder Schweinemagen die einhüllenden Membranen des Fettes gelöst wurden; die erstarrte Masse (Premier-Jus) wurde dann im Preßbeutel bei 25° unter eine hydraulische Presse gebracht, es blieben 40—50% Stearin zurück, während 50—60% flüssiges Oleomargarin durchgingen. Letzteres wurde mit Kuhmilch, Wasser und den löslichen Teilen von Kuheuter im Butterfaß verarbeitet. — Später ist das Verfahren mannigfaltig modifiziert worden; namentlich wird Pflanzenöl (Kokosöl, Palmkernöl), das vorher hydriert ist, zugemengt. Das Naturbutteraroma wird durch Zusatz von Kultur von Milchsäurebazillen während des Kirnprozesses (Verbuttern) erreicht; Schäumen und Bräunen beim Braten durch Zusatz von Lecithin in Form von Eigelb. — Die Fabrikation ist in Deutschland,

Österreich und Nordamerika eine sehr ausgedehnte. Die in Düsseldorf etablierten Fabriken produzieren allein alljährlich mehrere Millionen Pfund.

Die Kunstbutter kommt jetzt unter dem Namen Margarine (auch Oleomargarin, Sparbutter, Wiener Sparbutter, Holländische Butter usw.) in den Handel. Sie kostet im Durchschnitt 1 Mk. 20 Pf. pro 1 kg; Bäcker und Konditoreien, Gast- und Speisewirtschaften verwenden sie in ausgedehntem Maße. Sie soll nicht zum Rohgenuß dienen, namentlich ist das unmöglich, seit gesetzlich verboten ist, die Kunstbutter mit Naturbutter zu vermengen. Dagegen ist sie zweckmäßig für Kochen und Braten zu verwenden und einer schlechten Butter meist vorzuziehen. In bezug auf die Ausnützung und die Bedeutung als Fettnahrung ist die Kunstbutter der Naturbutter ungefähr gleichwertig. Wir haben also vom hygienischen Standpunkt ein entschiedenes Interesse an ihrer Verbreitung als Volksnahrungsmittel.

Allerdings ist eine Überwachung der Produktion nötig; es könnten sonst Fette von Abdeckereien, Fleisch von Notschlachtungen usw. benutzt werden, und es ist das um so unzulässiger, als wegen der Geschmacksänderung bei der Herstellung der Kunstbutter Temperaturen nicht angewendet werden, die zur Tötung von Parasiten ausreichen. Ebenso dürfen nur bekannte und sicher giftfreie pflanzliche Fette herangezogen werden (Vergiftungserscheinungen sind z. B. nach Verwendung von sog. Marattifett, das giftige Chaulmugrasäure enthält, beobachtet). Die Überwachung stößt indes auf relativ geringe Schwierigkeiten, da die Herstellung fast nur in großen Betrieben erfolgt. — Ferner ist die Kunstbutter meist nur bis 2 Wochen haltbar; sie wird dann ranzig, unschmackhaft und kann zu Magendarmstörungen Anlaß geben. Längere Konservierbarkeit (bis 5 Wochen) wird ihr jetzt allgemein durch Zusatz von ClNa und von 0,2% benzoesaurem Natron verliehen. — In neuerer Zeit kommen reine pflanzliche Fette in den Handel, die hygienisch noch günstiger zu beurteilen sind. So wird aus Kokosnußstücken (Coprah) durch hydraulische Pressen ein weißes Öl, Palmin, gewonnen, das mit Speiseöl, Eigelb und Zucker gemischt und verbuttert, als butterähnliches Fett unter dem Namen „Palmona" verkauft wird.

In Deutschland ist durch Gesetz von 15. Juni 1897 bestimmt, daß Verkaufsstellen für Margarinepräparate durch deutliche Plakate als solche kenntlich gemacht werden müssen. Zugleich ist jede Vermischung von Butter und Margarine verboten, und die zu Handelszwecken benutzten Margarinepräparate müssen einen die Erkennbarkeit mittels chemischer Untersuchung erleichternden Zusatz enthalten. — Als solcher ist Sesamöl angeordnet, welches beim Schütteln mit alkoholischer Furfurollösung und Salzsäure Rotfärbung gibt (3 g Butter im Reangenzglas mit 10 ccm konz. HCl geschüttelt; einige Tr. Furfurollösung zufügen). Beim Vorhandensein gewisser Farbstoffe ist vorheriges wiederholtes Ausschütteln des Fettes mit reiner HCl und Abgießen der letzteren erforderlich (Baudouinsche Reaktion).

Buttermilch bleibt vom Buttern des Rahms zurück, enthält noch $^1/_2$—1% Fett, 3% in Flocken geronnenes Kasein, zirka 3% Milchzucker und etwas Milchsäure. Bei der gewöhnlichen Herstellungsweise gelangen sehr zahlreiche Bakterien in das Präparat. Aus Zentrifugenrahm gewonnene Buttermilch wird als leicht verdauliches Kindernährmittel empfohlen.

Käse bereitet man durch Fällen des Kaseins mittels Lab (Extrakt aus Kälbermagen).

Etwa 30 Minuten nach dem Labzusatz und Erwärmen auf 35° erfolgt Gerinnung der Milch. Aus 10—12 Liter erhält man 1 kg Käse, letzterer wird durch Pressen und Liegenlassen an der Luft unter häufigem Umwenden getrocknet, sodann läßt man ihn reifen. Man unterscheidet Weichkäse, bei niederer Temperatur koaguliert und wenig gepreßt; ferner überfette Käse aus Rahm, bzw. Rahm mit wenig Milchzusatz (z. B. Fromage de Brie, Gervaiskäse usw.), fette Käse aus ganzer Milch (z. B. Holländer, Schweizer usw.), Magerkäse aus der abgerahmten, meist sauren Milch (Quark, Handkäse).

Beim Reifen tritt Verlust von Wasser ein, sodann eine Umwandlung des Kaseins in Pepton und Amide und sogar Ammoniak. Es entstehen niedere Fettsäuren, ferner scharfe, bittere oder aromatische Produkte, alles offenbar durch Bakterieneinwirkungen, die im einzelnen noch nicht genau bekannt sind.

Der Käse repräsentiert ein sehr konzentriertes Nahrungsmittel, das namentlich Eiweiß und Fett in großer Menge enthält (Zusammensetzung s. S. 195). Mit Rücksicht auf den Preis können die feineren Sorten nur als Luxusartikel gelten, aber schon Schweizer- und Holländerkäse sind ziemlich billige Eiweiß- und Fettlieferanten; der Magerkäse kostet freilich nur $^1/_4$ so viel als die vorgenannten und repräsentiert geradezu das billigste Eiweiß.

Die Ausnutzung des Käses ist eine gute und vollständige, aber für viele Menschen ist er ein schwerverdauliches Nahrungsmittel; leicht verdaulich und als Zusatz zu Speisen sehr zu empfehlen ist Magerkäse in fein geriebener Form. — Der Bakteriengehalt des Käses ist immer ein sehr bedeutender. Hauptsächlich sind Saprophyten vertreten, indes ist auch die Möglichkeit gegeben, daß Parasiten vorhanden sind, oder daß solche Saprophyten sich stärker entwickeln, welche toxische Stoffwechselprodukte liefern und dadurch diese „Käsevergiftungen" hervorrufen.

Molken enthalten Milchzucker, etwas Milchsäure, Salze und Pepton; sie haben eine leicht laxierende Wirkung, können daher wohl den Ernährungszustand indirekt bessern, sind aber nicht selbst ein gutes Nährmittel, ihr geringer Gehalt an Pepton kommt hierfür nicht in Betracht.

Von sonstigen Milchpräparaten sei noch Kumis und Kefyr erwähnt, ersterer in der Kirgisensteppe aus Stutenmilch, letzterer von den mohammedanischen Bergvölkern des Kaukasus aus Kuhmilch bereitet und auch bei uns

jetzt vielfach als Diätetikum gebraucht. — Durch das Kefyrferment, das aus Hefe und verschiedenen Bakterienarten besteht und in der gleichen Kombination sich gut weiter züchten läßt, wird der Milchzucker zum Teil in Glykose umgewandelt. Aus dieser entsteht durch die Hefe Alkohol und Kohlensäure, so daß ein schwach berauschendes und moussierendes Getränk resultiert. Der Alkoholgehalt beträgt zirka 1%. Ein anderer Teil des Milchzuckers wird durch Streptokokken energisch in Milchsäure verwandelt, und ein langer beweglicher Bazillus, Dispora caucasica, wirkt peptonisierend. Fertiger Kefyr enthält etwa $1^1/_2$% Milchsäure; das Kasein ist in außerordentlich feinen Flöckchen (rahmähnlich) und teilweise peptonisiert, so daß es sehr leicht verdaulich ist. Die Bereitung erfolgt in Flaschen mit trockenen Körnern, die vorher in Wasser und dann in Milch zum Quellen gebracht sind; oder mit frischen Körnern, die eben von fertigem Kefyr abgesiebt sind. Die Flaschen müssen gut verschlossen 1—2 Tage bei etwa 18° gehalten und häufig geschüttelt werden. Kefyr scheint bei Verdauungs- und Ernährungsstörungen oft günstig zu wirken. Die Milchsäure wirkt kräftig entwicklungshemmend und die Kefyrbakterien überwuchern alle fremden Keime und insbesondere die Kolibakterien.

Ein Präparat von ähnlicher Wirkung ist der in der Türkei und Bulgarien viel genossene Yoghurt, der mit Majaferment (eingedicktem, getrocknetem Yoghurt) oder mit käuflichen getrockneten Reinkulturen des Bac. bulgaricus bereitet wird. Auch ein Milchpudding läßt sich bereiten: Milch wird auf die Hälfte eingedickt, auf 40—50° abgekühlt, dann je $^1/_4$ Liter mit 1 Kaffeelöffel voll Maja versetzt, mehrere Stunden bei etwa 50° gehalten (Kochkiste!). Nach 12 Stunden ist eine puddingartige Masse entstanden, die mit Brot und Zucker bestreut genossen wird. — Auch hier sollen namentlich die Milchsäurebazillen das Bakterienleben im Darm regulieren, das Indol zum Schwinden bringen und dadurch vorzeitige Alterserscheinungen wie Arteriosklerose verhüten (Metschnikow). — Buttermilch und saure Milch haben vermutlich ähnliche Wirkung.

Literatur (Milch und Molkereiprodukte): Sommerfeld, Handbuch der Milchkunde, Wiesbaden 1909. — Czerny und Keller, Des Kindes Ernährung usw. Ein Handbuch für Ärzte. Leipzig, Wien 1901 ff. — Heubner und Rubner, Verschiedene Arbeiten über Stoffwechsel und Ernährung des Kindes im Archiv f. Hygiene, Zeitschr. f. Biologie und Jahrbuch f. Kinderheilkunde 1896—1902. — Flügge, Die Aufgaben und Leistungen der Milchsterilisierung, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 17. — Lübbert, Die Giftwirkung der peptonisierenden Bakterien der Milch, ebd. Bd. 22. — Untersuchung von Milch und Milchpräparaten: König, Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin 1910. — Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin, Springer 1897. — Teichert, Methoden zur Untersuchung von Milch usw. Stuttgart 1909. — Vasen, Die Kunstbutter, Centralbl. f. allg. Ges. 1914.

4. Fleisch.

Als Marktware kommt vorzugsweise das Fleisch von landwirtschaftlichen Nutztieren, nebenbei das Fleisch von Wild, Geflügel, Fischen, Austern usw. in Betracht. Die Hauptmasse des Fleisches bilden die Muskeln; daneben Fett, Bindegewebe, Knochen, Drüsengewebe usw. Außer Fett, leimgebender Substanz und Salzen findet man Eiweißstoffe: Syntonin, Myosin, Muskelalbumin, Serumalbumin;

ferner zahlreiche Extraktivstoffe, wie Kreatin, Xanthin, Hypoxanthin, Milchsäure; kleine Mengen Inosit und Glykogen.

Die Zusammensetzung des Fleisches (vgl. Tab. S. 195) schwankt sehr bedeutend je nach der Tierspezies, nach dem Mästungszustande und Alter des Tieres. Auch die verschiedenen Muskeln des gleichen Tieres zeigen Unterschiede, jedoch vorzugsweise nur im Fettgehalt. Viel bedeutender sind die Differenzen zwischen den einzelnen Fleischsorten in bezug auf spezifischen Geschmack, Zartheit der Faser und Derbheit des Sarkolemms sowie des eingelagerten Bindegewebes. Für den Preis einer Fleischsorte sind diese Differenzen viel mehr maßgebend als der Gehalt an Eiweiß und Fett.

Beim Ochsen werden als die zartesten und wohlschmeckendsten Partien geschätzt: Schwanzstück, Lendenbraten, Vorderrippe, Hüftenstück, Hinterschenkelstück; die billigsten sind Kopf, Beine, Hals und Wanne; die übrigen Stücke rangieren dazwischen; besonders billig und doch gut verwendbar ist Kronfleisch (Diaphragma), Herz (zu Ragout und Gulasch), Lunge (Haschee), Kuheuter (Schnitzel). — Als zart, fettarm und leicht verdaulich gilt das Fleisch von jungem Geflügel und Wild; letzteres hat aber starkes Bindegewebe und muß daher längere Zeit abhängen oder in saure Milch eingelegt werden. Kalbfleisch enthält mehr Wasser und Leimsubstanz und weniger Extraktivstoffe als Ochsenfleisch; übrigens ist Geschmack und Nährwert ganz abhängig vom Alter und Mastzustand. Schweinefleisch ist meist fettreich und deshalb schwerer verdaulich; jedoch als Volksnahrungsmittel besonders beliebt und auch in kleinen Haushaltungen produziert, weil Schweine beim Schlachten die geringsten Abfälle und leicht herstellbare Konserven liefern, und weil die Mästung mit Küchenabfällen leicht durchzuführen ist. Pferdefleisch hat einen unangenehm süßlichen Geschmack (starker Glykogengehalt); außerdem kommen meist abgetriebene oder verunglückte Tiere zur Schlachtbank. Fische haben teils ein fettarmes, leicht verdauliches, teils ein durch starke Fetteinlagerung ins Sarkolemm schwer verdauliches Fleisch (Aal, Lachs). — Austern, Muscheln usw. haben großen Wassergehalt, nur 5—6% Eiweiß, und ihr absolutes Gewicht ist so gering, daß sie für die Ernährung kaum ernstlich in Betracht kommen können.

Die Ausnutzung sämtlicher Fleischsorten ist eine vorzügliche. Eiweiß und Leim werden im Mittel zu 98%, das Fett zu 95%, die Salze zu 80% resorbiert.

Der Fleischgenuß ist indes mit zahlreichen Gefahren für die Gesundheit verbunden. Erstens können im Fleisch tierische Parasiten (Trichinen, Finnen) enthalten sein, die sich im Menschen ansiedeln; zweitens können pflanzliche Parasiten der Schlachttiere im Fleisch enthalten sein; drittens kann das Fleisch nach dem Schlachten pathogene und saprophytische Bakterien aufnehmen und in den Menschen einführen; viertens sind einige seltenere und weniger wichtige Anomalien des Fleisches imstande, die Gesundheit zu beeinträchtigen.

1. Tierische Parasiten des Fleisches.

a) Trichinen (Fig. 32—35). Die Trichinen werden vom Menschen fast nur im Schweinefleisch (eventuell noch im Wildschwein-, Hunde- und Bärenfleisch) genossen.

Sie finden sich in den Muskeln des Schweins in Kapseln (s. Fig. 34, 35) eingeschlossen; diese werden im Magen des Menschen gelöst, die 0·7—1·0 mm langen Würmer werden frei und wachsen im Darm, bis das Männchen 2, das Weibchen 3 mm lang ist. Nach $2\,^1/_2$ Tagen sind die Darmtrichinen geschlechtsreif, sie begatten sich und 7 Tage nach der Begattung beginnt jedes Weibchen mit der Geburt von 1000—1300 Embryonen. Nach 5 bis 6 Wochen sterben die Darmtrichinen ab, die Embryonen aber gelangen von der Darmwand aus in die Lymphbahnen und schließlich in die Muskelprimitivfasern (Fig. 33). Eine geringe Zahl von Trichinen ruft keine Krankheitssymptome hervor. Die Schwere der Erkrankung (zuerst Enteritis; von der zweiten Woche ab heftige Muskelschmerzen, Atemstörungen, Ödeme, Fieber) richtet sich nach der Zahl der eingewanderten Embryonen.

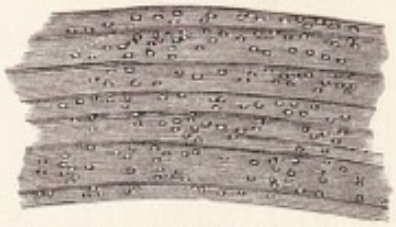



Fig. 32. Eingekapselte und verkalkte Muskeltrichinen, nat. Gr.

Die Trichinen werden beobachtet beim Schwein, bei der Katze, Ratte, Maus, beim Fuchs, Marder usw. Die Schweine akquirieren sie

Fig. 33. Wandernde Trichinen. 80:1.

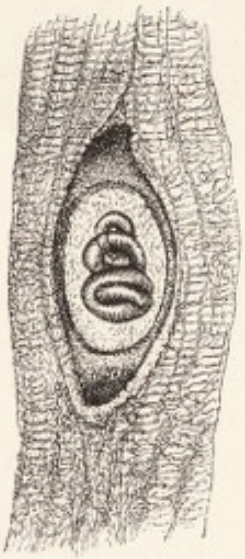


Fig. 34. Eingekapselte Trichine. 80:1.

Fig. 35. Trichine mit verkalkter Kapsel. 80:1.

namentlich durch Ratten oder durch Abfälle von trichinösem Schweinefleisch. Künstlich, d. h. durch absichtliche Fütterung von trichinösem Fleisch sind sie auch auf Kaninchen, Meerschweinchen, Hunde, usw. zu übertragen.

Die mikroskopische Untersuchung auf Trichinen erfolgt dadurch, daß $^1/_4$ cm breite und lange Streifen mit einer aufs Blatt gebogenen

Schere vom roten Teil des Zwerchfelles, von den Interkostalmuskeln, von den Bauch- und Kehlkopfmuskeln abgetrennt werden. Von jedem Stück werden 6 Präparate angefertigt; $^1/_4$ qcm große Stücke werden im Kompressorium plattgedrückt, und eventuell mit Wasser oder verdünnter Kalilauge oder Glyzerin befeuchtet; zur Besichtigung genügt 50fache Vergrößerung. Neuerdings beschränkt man die Untersuchung meist auf die sehnigen Teile des Zwerchfells und vollzieht die Durchmusterung mit Hilfe des Projektionsapparats, die weniger ermüdend und durch Ersparnis an Personal billiger ist. — Zur Feststellung, ob die unter dem Mikroskop gesehenen eingekapselten Trichinen noch lebend und infektionsfähig sind, müssen Fütterungsversuche angestellt werden.

b) Finnen (Fig. 36, 37). Die Finnen stellen ein Entwicklungsstadium der Bandwürmer dar. In deren Proglottiden entstehen befruchtete beschalte Eier, in denen schon während des Verweilens im Uterus

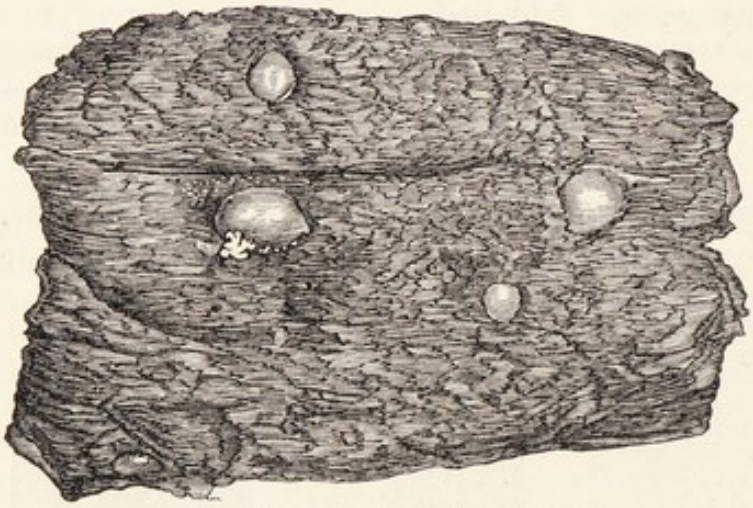


Fig. 36. Finnen im Fleisch, natürl. Gr.

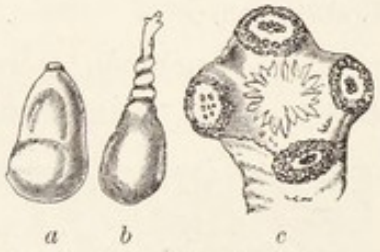


Fig. 37. Schweinefinne.
a Receptaculum. *b* Dasselbe mit ausgestülptem Kopf. 4:1. *c* Kopf mit 4 Saugnäpfen u. Hakenkranz. 40:1.

der Embryo sich entwickelt. Der mit 3 Häkchenpaaren versehene Embryo, die Oncosphaera, tritt, von 2 Hüllen umgeben, deren eine oft verkalkt ist, mit dem Kot nach außen. Die Bandwurmglieder und die befruchteten Eier gehen fortgesetzt mit dem Kot ab, gelangen unter die Abfallstoffe, auf den Acker, in Brunnenwasser usw. Von da aus geraten sie in den Magen bestimmter Tiere, dann wird die Hülle der Eier gelöst, die Embryonen bohren sich durch die Darmwand und wandern durch Pfortader und Darmvenen nach der Leber, oder werden durch Blut- und Lymphstrom verschleppt; schließlich wandeln sie sich innerhalb 3—7 Monaten in irgendeinem Organe in eine Blase um, an deren vorderer Wand der Scolex sich ausbildet = Finnenstadium.

Die Finnen erscheinen als mit bloßem Auge sichtbare 1—20 mm lange Blasen mit wässerigem Inhalt (Fig. 36). Man unterscheidet an ihnen ein eingestülptes Receptaculum und in diesem den Scolex, den neuen Bandwurmkopf (Fig. 37). Genießt der Mensch eine Finne, die

von einem bei ihm gedeihenden Bandwurm stammt, so setzt sich, nachdem die Kapsel im Magen gelöst und der Scolex frei geworden ist, dieser an der Darmwand fest und bildet einen neuen Bandwurm.

Für den Menschen kommen in Betracht:

1. Die Finne Cysticercus cellulosae im Schweinefleisch, aus dem Ei von Taenia solium entstanden. Prädilektionsstellen im intermuskulären Bindegewebe des Herzens und der Zunge. Der Scolex zeigt 4 Saugnäpfe und doppelten Hakenkranz. Die Finne kommt gelegentlich auch bei Hunden, Ratten usw. zur Entwicklung. Der Bandwurm Taenia solium haftet nur beim Menschen und veranlaßt bei diesem nicht unerhebliche Verdauungsstörungen. Von einem solchen Bandwurm

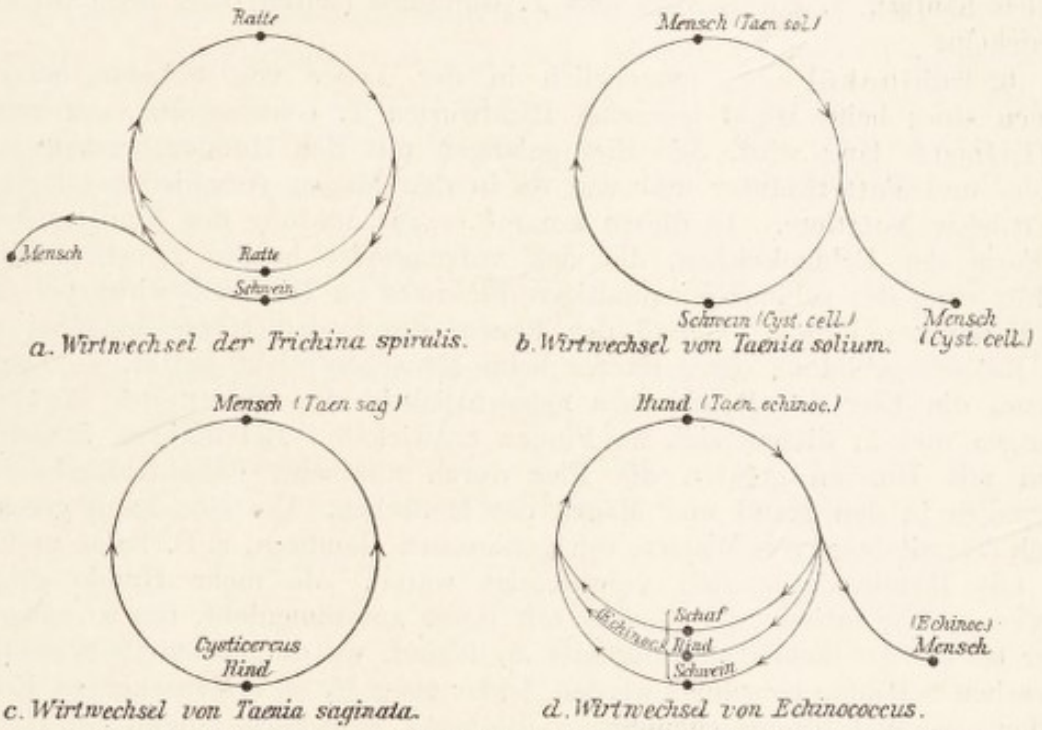


Fig. 38. Schematische Darstellung des Wirtwechsels der Fleischparasiten, nach BOLLINGER.

aus kann außerdem die Cysticerkenkrankheit des Menschen bewirkt werden dadurch, daß im Menschen selbst Bandwurmeier zu Finnen auswachsen (vgl. Fig. 38). Es müssen dazu Bandwurmeier in den Magen des Menschen gelangen; das kann entweder in seltenen Fällen durch antiperistaltische Bewegungen geschehen, oder durch unbewußte und unabsichtliche Berührungen und Verschleppungen, die durch den bei Bandwurmkranken gewöhnlich bestehenden Juckreiz am After befördert werden; oder aber es können mit Wasser, rohen Gemüsen und allerhand Eßwaren Bandwurmeier eingeführt werden, namentlich wenn diejenigen, welche mit den Eßwaren beschäftigt sind (Verkäufer, Bäckerjungen, Köchinnen), am Bandwurm leiden.

2. Die Finne Cysticercus inermis im Rindfleisch, entstanden

aus dem Ei des beim Menschen parasitierenden Bandwurms Taenia mediocanellata s. saginata. Prädilektionsstellen Kaumuskeln, masseter. 4 Saugnäpfe, kein Hakenkranz.

3. Der freie Embryo (Plerocercoid, nicht eigentlich Finne) des beim Menschen, namentlich Küstenbewohnern, häufigen Bandwurms Dibotriocephalus latus findet sich in Darm, Leber und Milz vom Hecht, Barsch, Maräne usw.

4. Für den Menschen unschädlich, aber mit Cyst. inermis gelegentlich zu verwechseln ist Cysticercus tenuicollis, die Finne eines beim Hund parasitierenden Bandwurms Taenia marginata. Die Finne findet sich beim Rind, Schwein, Schaf, aber stets nur in den Eingeweiden (Gekröse), nicht in den Muskeln.

5. Unbekannt ist der Wohnort der Finnen, aus denen Taenia nana (in Sizilien häufig), T. cucumerina und T. diminuta (selten) sich beim Menschen entwickeln.

6. Echinokokken, namentlich in der Leber von Schafen, sind die Finnen eines beim Hund lebenden Bandwurms T. echinococcus, der nur bis 4 Millimeter lang wird. Die Eier gelangen mit den Hundeexkrementen auf Weide- und Futterkräuter und von da in den Magen verschiedener landwirtschaftlicher Nutztiere. In diesen kommt es zur Bildung des Finnenzustandes in Form der Echinokokken, die sich vorzugsweise in der Leber etablieren. Verfütterung des echinokokkenhaltigen Fleisches an Hunde bewirkt bei diesen die Bandwurmbildung. Genuß der Finnen durch den Menschen führt nicht zur Bandwurmbildung, da letzterer beim Menschen nicht haftet. — Dagegen können die Eier des Bandwurms gelegentlich in den Magen des Menschen gelangen und in diesem sich zu Finnen entwickeln. Bei innigem Zusammenleben mit Hunden geraten die Eier durch allerhand unkontrollierbare Berührungen in den Mund und Magen des Menschen. Dasselbe kann geschehen durch Vermittlung von Wasser, roh genossenen Gemüsen, z. B. Salat und dgl., die mit Hundeexkrementen verunreinigt waren. Je mehr Hunde gehalten werden und je intimer der Mensch mit ihnen zusammenlebt, um so ausgebreiteter ist die Echinokokkenkrankheit; in Island, wo durchschnittlich auf jeden Menschen 6 Hunde gerechnet werden, leidet etwa $^1/_7$ aller Menschen an Echinokokken. — Auch Taenia cucumerina, diminuta, marginata kommt bei Hunden, T. serrata bei Jagdhunden vor. Die Finne der letzteren soll in Hasen und Kaninchen gefunden sein.

Außerdem gibt es noch zahlreiche andere Würmer, Gregarinen usw. im Fleisch der Schlachttiere, die aber für den Menschen keine besondere Gefahr bedeuten. Hervorgehoben sei nur Distoma hepaticum (Fasciola hepatica), welches hauptsächlich von Schafen in Form eingekapselter Cercarien in Futterkräutern aufgenommen wird. Die Kapsel der Cercarien wird im Magen verdaut, die freigewordenen Würmchen wandern in die Gallengänge, entwickeln sich zu den sogenannten Leberegeln, und die dort produzierten Eier gehen durch die Gallenwege und den Kot ab. Aus ihnen entwickeln sich nach mehrwöchentlichem Aufenthalt im Wasser Embryonen, welche zunächst in Schnecken (Limnaeus minutus) ihre weitere Entwicklung durchmachen und dann erst die Umwandlung in Cercarien erfahren. Da dieser komplizierte Entwicklungsgang eingehalten werden muß, hat der Genuß von Leberegeln keine Ansiedlung der Parasiten im Menschen zur Folge, wohl aber ist die mit Egeln besetzte Leber abnorm fäulnisfähig und ekelerregend und deshalb vom Genuß auszuschließen.

2. Auf pflanzlichen Parasiten beruhende Krankheiten der Schlachttiere.

a) Perlsucht, Tuberkulose. 10—30% aller geschlachteten Rinder (besonders ältere Kühe, am seltensten Kälber) und 2—3% der Schweine sind tuberkulös. — Am häufigsten ist die Tuberkulose der serösen Häute; letztere sind mit hellgrauen oder bräunlichen hirsekorn- bis walnußgroßen „Perlknoten" besetzt, oft in enormer Ausdehnung, so daß das Gewicht der Neubildungen 20—30 Kilo betragen kann. — Ferner kommen Eutertuberkulose und oft käsige pneumonische Herde vor. — Fast stets sind die Lymphdrüsen stark entartet. Das Fleisch ist bei hochgradiger Tuberkulose fettarm und blaß. — Im Muskelfleisch finden sich Tuberkelbazillen nur in den kleinen das Fleisch durchsetzenden Lymphdrüsen und jedenfalls ist gut zubereitetes Fleisch unschädlich; doch spricht, abgesehen von der Möglichkeit einer Infektion durch rohes Fleisch (Hauttuberkulose bei Fleischern), die häufige Minderwertigkeit desselben für den Verkauf nur nach dem Erhitzen.

b) Milzbrand. Hauptsächlich bei Rindern und Schafen. An den Eingeweiden, der stark vergrößerten Milz und Leber, eventuell unter Zuhilfenahme des Mikroskops leicht zu erkennen. Im Fleisch findet man zuweilen Hämorrhagien und es zeigt einen widrig-ammoniakalischen Geruch; in anderen Fällen ist durchaus keine Abnormität am Fleisch zu bemerken. — Gefährlich namentlich für die beim Schlachten, Abhäuten, mit dem Zubereiten des Fleisches usw. beschäftigten Menschen.

c) Rotz. Besonders bei Pferden. Knoten oder diffuse Infiltrationen auf der Schleimhaut der Nase, des Kehlkopfs, der Lunge; stark geschwellte Lymphdrüsen. Gefahr der Übertragung wie bei Milzbrand.

d) Wut. Das Fleisch, oft auch die Eingeweide sind ohne gröbere Veränderungen. Die Erkennung der Krankheit erfolgt meist durch die am lebenden Tier hervortretenden Symptome.

e) Eiterungen, Septikämie und Pyämie. Außer den Lokalaffektionen zeigen die erkrankten Tiere — am häufigsten Rinder — oft hämorrhagische Gastroenteritis, Ekchymosen auf den serösen Häuten, Milzschwellung usw. Das Fleisch ist vielfach mißfarbig. Derartige Erkrankungen können dem Menschen dadurch gefährlich werden, daß die Erreger in Wunden eindringen und Eiterung bezw. Sepsis veranlassen; oder es entstehen sog. Fleischvergiftungen.

f) Fleischvergiftung. Oft als Massenerkrankung auftretend. In den letzten 12 Jahren sind in Deutschland etwa 250 größere Epidemien mit über 6000 Erkrankungen und etwa 100 Todesfällen beobachtet. — Ätiologisch und symptomatisch sind zwei Kategorien zu unterscheiden:

1. Fleischvergiftungen durch parasitäre Bakterien, hauptsächlich Bac. paratyphi B (40%) und B. enteritis Gaertner (60%); selten durch B. Paratyphi A und C, B. metatyphi usw., alles Angehörige der Coligruppe (genaueres s. Kap. X). Vorzugsweise handelt es sich um Fleisch von Schlachttieren, welche durch Wucherung derartiger Bakterien erkrankt waren (septische, z. B. vom Puerperium ausgehende Prozesse; auch ältere, wenig auffällige Herde, oder Mischinfektionen und dergl.). Meist ist das Fleisch des ganzen Tieres gefährlich und zwar sofort nach der Schlachtung. Nur roh genossenes oder nicht durchgekochtes Fleisch kann Infektion durch die lebenden Bakterien und Intoxikation durch deren Endotoxine hervorrufen. — Es kann aber auch Fleisch postmortal mit den genannten Bakterien infiziert werden, sei es durch Berührung mit Fleisch von kranken Tieren, oder durch Verunreinigung mit Exkrementen von Schweinen (Schweinedarm), Ratten und Mäusen, oder durch menschliche Dejekte, unreines Eis usw., welche alle Paratyphus-B-Bazillen enthalten können. Im Fleischerladen aufbewahrtes und dann roh genossenes Hackfleisch ist besonders verdächtig. — Die beim Menschen entstehenden Krankheitserscheinungen sind entweder die der akuten Gastroenteritis, oder sie erinnern an Typhus oder an Cholera nostras; seltener treten dysenterische oder septische Symptome in den Vordergrund.

2. Fleischvergiftungen durch Toxine, welche postmortal von bestimmten saprophytischen Bakterien, namentlich dem Bac. botulinus, nach der Schlachtung in einzelnen Stücken des aufbewahrten Fleisches (Würstchen) gebildet sind (s. im folgenden Abschnitt).

g) Aktinomykose (s. Kap. X). Übertragung vom Schlachttier auf den Menschen erfolgt nicht sowohl durch den Genuß des Fleisches, als durch Wunden der mit dem Schlachten usw. Beschäftigten.

h) Maul- und Klauenseuche. Das Fleisch bleibt unverändert und vermag die Krankheit nicht zu übertragen.

i) Pocken kommen nur bei Schafen häufiger vor, sind dann aber auf Menschen nicht übertragbar und können höchstens infolge von Eiterungen und septischen Prozessen zur Infektion Anlaß geben.

k) Schweinerotlauf. Haut hyperämisch. Bauchfell und Schleimhaut des Ileum entzündet und ekchymosiert; Peyersche Plaques geschwollen. Über die Erreger s. Kap. X.

Schweineseuche, mit vorwiegender Erkrankung der Lunge und Pleura, durch kurze ovale Stäbchen verursacht. — Bei beiden Krankheiten scheint nach einigen Beobachtungen das Fleisch hochgradig affizierter Tiere nicht frei von schädlichem Einfluß auf den Menschen zu sein (Darmkatarrhe usw.).

l) Das Fleisch von an Rinderpest und Lungenseuche erkrankten Tieren ist in zahlreichen Fällen ohne Schaden genossen.

3. Postmortale Veränderungen des Fleisches.

Das Fleisch bildet ein vorzügliches Nährsubstrat für Bakterien. Es kann zweifellos gelegentlich auch Infektionserregern zur Ansiedelung dienen, die von erkrankten Menschen aus auf das Fleisch gelangen; doch wird meistens die Konkurrenz saprophytischer Bakteren hinderlich sein. — Letztere können sich bei feuchter Oberfläche des Fleisches und bei Temperaturen zwischen 14 und 35° rapide vermehren, aber selbst bei 7—15° noch proliferieren und sich weiter ausbreiten. Viele dieser Bakterien sind als unschädlich anzusehen, namentlich wenn das Fleisch vor dem Genuß gut zubereitet wird (Hautgoût des Wildes). Verbreitete Fäulnisbakterien vermögen indes auch Toxine, wenngleich in relativ sehr geringer Menge, zu liefern. Von Brieger sind aus zersetztem Fleisch Kadaverin, Putrescin, Neurin, Gadinin u. a. m. als zum Teil giftige Alkaloide isoliert, die sich namentlich bei wenig tiefgreifender Zersetzung zu bilden scheinen.

Von weit erheblicherer Bedeutung ist aber die Ansiedlung und Wucherung gewisser spezifischer Bakterien, des Bac. botulinus (vielleicht auch einiger Coli- und Proteusarten) im Fleisch. Der Bac. botulinus wächst anaërob und findet günstigste Lebensbedingungen im Innern von Würsten, Pasteten, Schinken usw.; er kann auch in Fisch- und in vegetabilischen Konserven zur Wucherung kommen. Im lebenden tierischen Körper vermag er nicht zu proliferieren; dagegen haben van Ermengem, Brieger und Kempner aus seinen Kulturen ein spezifisches Toxin isoliert, welches in typischer Weise die Symptome des „Botulismus" (Wurstvergiftung) hervorruft, wie sie vielfach nach dem Genuß gefaulten Fleisches beobachtet sind. Diese Symptome bestehen — oft nach vorübergehendem Erbrechen, aber ohne Durchfälle — in Lähmungen der Muskeln des Auges, des Schlundes, der Zunge und des Kehlkopfs und infolgedessen in Erweiterung der Pupille, Ptosis, Akkommodations- und Motilitätsstörungen des Auges, erschwertem Sprechen und Schlingen, Stuhl- und Urinverhaltung; nicht selten tritt unter den Erscheinungen der Bulbärparalyse der Tod ein. — Erhitzen auf 60° zerstört das Gift.

Mit Rücksicht auf die Möglichkeit derartiger die Gesundheit schwer bedrohender Intoxikationen und mit Rücksicht auf das instinktive Ekelgefühl des normalen Menschen gegen übelriechendes und mißfarbenes Fleisch, ist jede verdorbene Ware vom Verkauf auszuschließen.

Als abnorm ist das Fleisch anzusehen, wenn es keine frischrote, sondern braune oder grünliche oder auffällige blasse Farbe hat; wenn auf Druck reichlicher, mißfarbiger, mitunter alkalisch reagierender Saft hervorquillt; wenn das Fett nicht fest und derb, sondern weich und gallertartig ist; wenn das Mark

der Hinterschenkel nicht fest und rosafarben, sondern mehr flüssig und bräunlich erscheint. Ist das Fleisch oberflächlich mit Lösung von Kaliumpermanganat, oder mit sog. Konservesalz (s. unten) behandelt und dadurch der Geruch zeitweise beseitigt, so läßt sich dieser dennoch konstatieren, indem man ein in heißes Wasser getauchtes Messer in das Fleisch einsticht und rasch wieder hervorzieht. — Mikroskopisch zeigt verdorbenes Fleisch verschwommene Querstreifen der Muskelfasern und außerdem zahlreiche Bakterien.

Außerordentlich verbreitet ist im Fleischhandel die Sitte, dem Fleisch, besonders dem Hackfleisch, die rote Farbe des Oxyhämoglobins länger zu erhalten durch Beimengen von Konservesalz, das teils aus Natriumsulfit, teils aus Natriumsulfat besteht. Auf 1 Kilo Hackfleisch werden gewöhnlich 10 g des Salzes zugesetzt. Bei Versuchstieren sind nach der Verfütterung von schwefligsauren Salzen Entzündungen und Hämorrhagien in verschiedenen Organen, namentlich in der Niere beobachtet. Außerdem wird durch die künstliche Rotfärbung eine minderwerte Beschaffenheit des Fleisches nur verschleiert. Mit Recht sind daher neuerdings derartige Zusätze verboten.

4. Seltenere Anomalien des Fleisches.

Bei einigen Tieren scheint es unter Umständen während des Lebens zu einer Anhäufung giftiger Stoffwechselprodukte, vorzugsweise in der Leber, zu kommen. Es wird dies von manchen Fischen, Austern usw. behauptet; ferner sind die mehrfach nach dem Genuß von Miesmuscheln beobachteten Erkrankungen auf ein hauptsächlich in der Leber derselben zeitweise angesammeltes Gift, das Mytilotoxin, zurückgeführt.

Giftige Arzneimittel sind wohl zuweilen im Fleisch der damit behandelten Schlachttiere nachgewiesen, aber in solchen Spuren, daß kaum eine Gefahr für die menschliche Gesundheit resultieren kann.

Als entschieden minderwertig ist das Fleisch junger Kälber anzusehen; bis zum 10. Tage liefern sie ein sehr blasses, graues, fettarmes Fleisch mit wässerigem, welkem Bindegewebe. Zwischen der 2. und 5. Lebenswoche ist es am besten zum Verkauf geeignet.

Von unangenehmem Beigeschmack und Geruch und deshalb verwerflich ist das Fleisch von männlichen Zuchttieren, von abgehetztem und an Erschöpfung verendetem Vieh.

Sehr verbreitet ist die Unterschiebung von Pferdefleisch an Stelle von Rindfleisch, namentlich in Hackfleisch, Würsten usw. Vom hygienischen Standpunkt ist dies kaum zu beanstanden, wohl aber wird der Käufer finanziell geschädigt. Die Erkennung von Pferdefleisch stieß bisher (Nachweis des größeren Glykogengehalts) auf große Schwierigkeiten; jetzt ist sie leicht ausführbar durch die spezifischen Präzipitine im Serum von mit Pferdefleischinfus vorbehandelten Kaninchen; im

wäßrigen Auszug aus Fleisch oder Wurst, denen Pferdefleisch beigemengt war, entsteht durch solches Serum eine deutliche Trübung (Uhlenhuth, Nötel; genaueres s. in Kap. X).

Gegen die geschilderten Gefahren des Fleischgenusses stehen uns eine Reihe von wirkungsvollen Maßregeln zu Gebote, welche teils die Haltung der Schlachttiere während des Lebens betreffen, teils in einer Fleischschau während des Schlachtens, sodann in zweckentsprechender Aufbewahrung des Fleisches und in der Zubereitung desselben vor dem Genuß bestehen.

1. Vorsichtsmaßregeln bei der Viehhaltung.

Die Kontinuität des Wirtswechsels tierischer Parasiten der Schlachttiere (vgl. Fig. 38) kann unterbrochen und damit die Gefahr der Weiterverbreitung großenteils vermieden werden durch reinliche Haltung der Ställe und reinliche Fütterung. Gibt man den Schweinen keine Gelegenheit, durch Ratten oder trichinöses Schweinefleisch Trichinen zu akquirieren, hält man namentlich die Schweineställe dicht und gegen ein Eindringen von Ratten geschützt, so ist eine Verbreitung der Trichinose unmöglich. — Ordnungsmäßige Beseitigung der menschlichen Dejekte und deren Fernhaltung von den Schweinen bezw. vom Rindvieh schützt gegen eine Entwicklung der Finnen von Taenia solium und T. mediocanellata und somit gegen die Weiterverbreitung dieser Bandwürmer. — Einschränkung der Zahl der Hunde und Verhinderung ihrer Anwesenheit bei den Schlachtungen kann die Fälle von Taenia echinococcus wesentlich verringern. Ferner ist Vernichtung alles echinokokkenhaltigen Fleisches und größte Vorsicht im Verkehr der Menschen mit Hunden indiziert.

Der Verbreitung der Zoonosen (Milzbrand, Rotz, Wut usw.) ist durch Seuchengesetze, speziell durch Anzeigepflicht, Sperren und Desinfektionsmaßregeln wirksam vorzubeugen.

Welch bedeutenden Einfluß die Art der Viehhaltung auf das Vorkommen von Parasiten beim Schlachtvieh hat, geht z. B. aus einem Vergleich der in den Regierungsbezirken Posen und Hildesheim im Durchschnitt von 7 Jahren gefundenen finnigen und trichinösen Schweinen hervor:

	Posen	Hildesheim
Es gelangten jährlich zur Untersuchung	75 000	130 000 Schweine
Davon waren finnig	253	47 „
also pro Mille	3·4	0·36 „
Trichinös wurden gefunden	381	7 „
also pro Mille	5·1	0·05 „

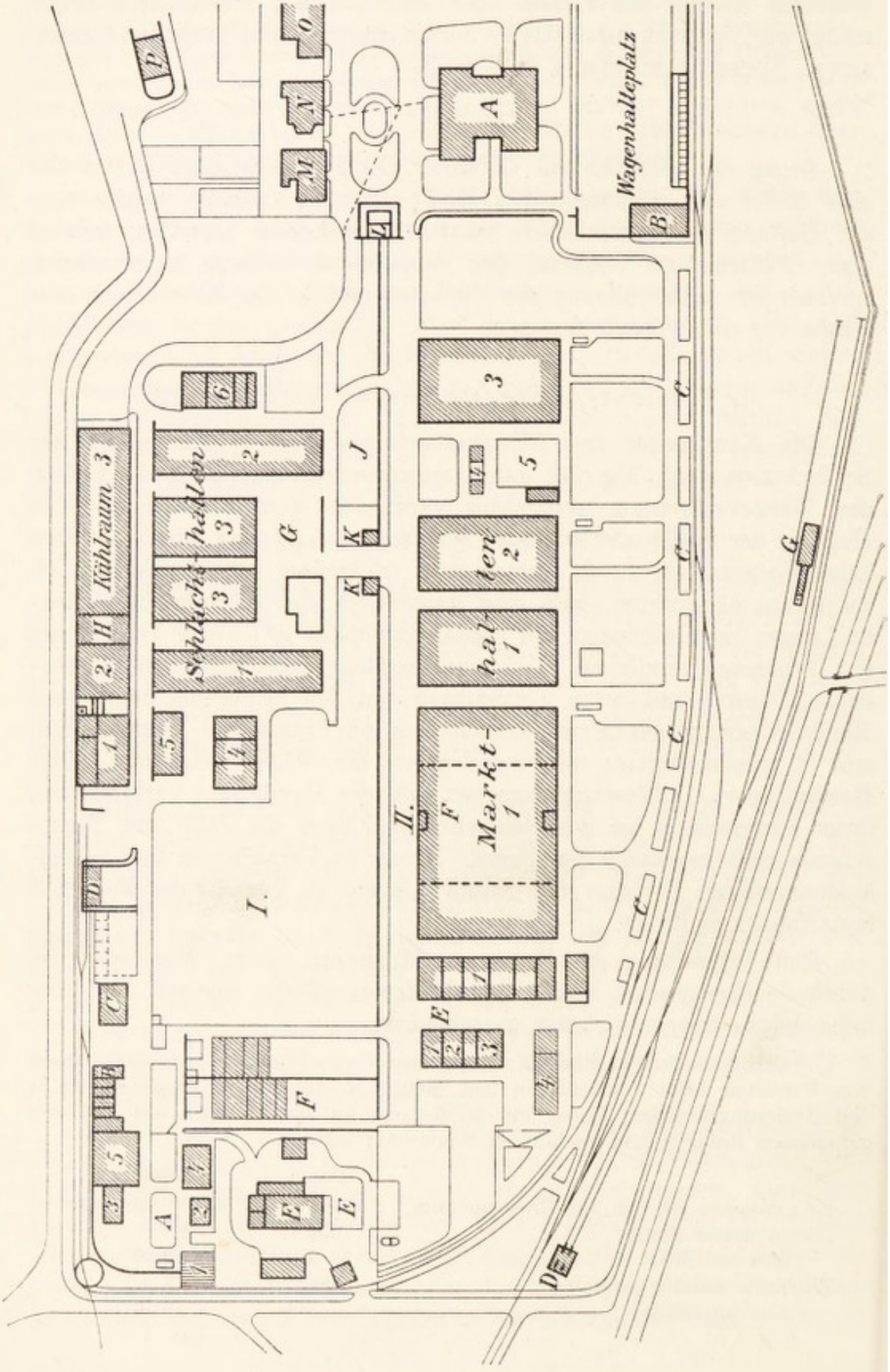

Kühlraum
Schlacht-hallen
Markt-hal-len
Wagenhalteplatz
I.
II.

Fig. 39. Schlacht- und Viehhof in Breslau.

I. Schlachthof.

A Polizei-Schlachthof
1 Entladeraum,
2 u. 3 Ställe,
4 Schlachthaus,
5 Desinfektion.
B Fellsalzerei.
C Talgschmelze.
D Düngerhaus.
E Roßschlächterei.
F Überständerhof.
G Schlachthallen:
1 für Großvieh,
2 für Kleinvieh,
3 für Schweine,
4 Stall für Großvieh,
5 Kuttelei,
6 Stall für Kleinvieh.
H Kühlraum:
1 Maschinenraum,
2 Vorkühlraum,
3 Großer Kühlraum.
J Notstall.
K Desinf. u. Steuerhaus.
L Pförtnerhaus.
M Inspektorhaus.
N Verwaltungshaus.
O Beamtenwohnung.
P Freibank.

II. Viehmarkt.

A Börse.
B Pferdeausspannst.
C Laderampe.
D Lokomotive.
E Stallung für:
1 Großvieh,
2 Kleinvieh,
3 Schweine,
4 Streuschuppen.
F Markthallen:
1 für Großvieh,
2 für Schweine,
3 für Kälber u. Hammel,
4 Laderampe,
5 Schweinewäsche.
G Desinfektions-Anstalt.

2. Fleischbeschau.

Für Deutschland bestimmt das Fleischschaugesetz vom 3. Juni 1900 u. a. folgendes:

§ 1. Rindvieh, Schweine usw., deren Fleisch zum Genuß für Menschen verwendet werden soll, unterliegt vor und nach der Schlachtung einer amtlichen Untersuchung.

§ 5. Die Untersuchung erfolgt durch Tierärzte und andere Personen, welche genügende Kenntnisse nachgewiesen haben.

§ 9. Fleisch, das für den menschlichen Genuß untauglich ist, darf als Nahrungs- oder Genußmittel für Menschen nicht in Verkehr gebracht werden und ist von der Polizeibehörde in unschädlicher Weise zu beseitigen.

§ 10. Ergibt die Untersuchung, daß das Fleisch zum Genusse für Menschen nur bedingt tauglich ist, so ist es zu beschlagnahmen, und die Polizeibehörde bestimmt, unter welchen Sicherungsmaßregeln es zum Genusse für Menschen brauchbar gemacht werden kann. Bevor dies geschehen, darf es als Nahrungs- und Genußmittel für Menschen nicht in Verkehr gebracht werden.

§ 21. Bei der gewerbsmäßigen Zubereitung von Fleisch dürfen Stoffe und Arten des Verfahrens, welche der Ware eine gesundheitsschädliche Beschaffenheit zu verleihen vermögen, nicht angewendet werden. Verkauf und Einfuhr solchen Fleisches ist verboten.

Auch enthält das Gesetz besondere Bestimmungen betreffs der Einfuhr von Fleisch über die Zollgrenzen. Die Einfuhr von Büchsenfleisch ist verboten.

Da pathologische Veränderungen nur selten an den Muskeln, dagegen fast regelmäßig an den Eingeweiden auftreten, so ist eine Fleischbeschau nur während des Schlachtens durch Begutachtung der inneren Organe möglich. Eine solche Fleischschau kann in zuverlässiger Weise im allgemeinen nur in einem städtischen Schlachthaus erfolgen. Sobald ein solches eingerichtet

ist, steht den Kommunen nach dem preußischen Gesetz von 1868 das Recht zu, Privatschlachtstätten zu verbieten.

In den großen Städten sind die Schlachthäuser gewöhnlich mit dem Viehhof, mit Schienengleis nach dem Bahnhof (Erleichterung der Zufuhr, Unabhängigkeit von lokalem Angebot!), mit einem Börsengebäude, Markthallen, ausgedehnten Stallungen usw. verbunden (s. Fig. 39). Auf dem eigentlichen Schlachthof befinden sich: 1. das Polizeischlachthaus und Observationshaus für verdächtiges Vieh. Daselbst befinden sich auch Räume für das kon-

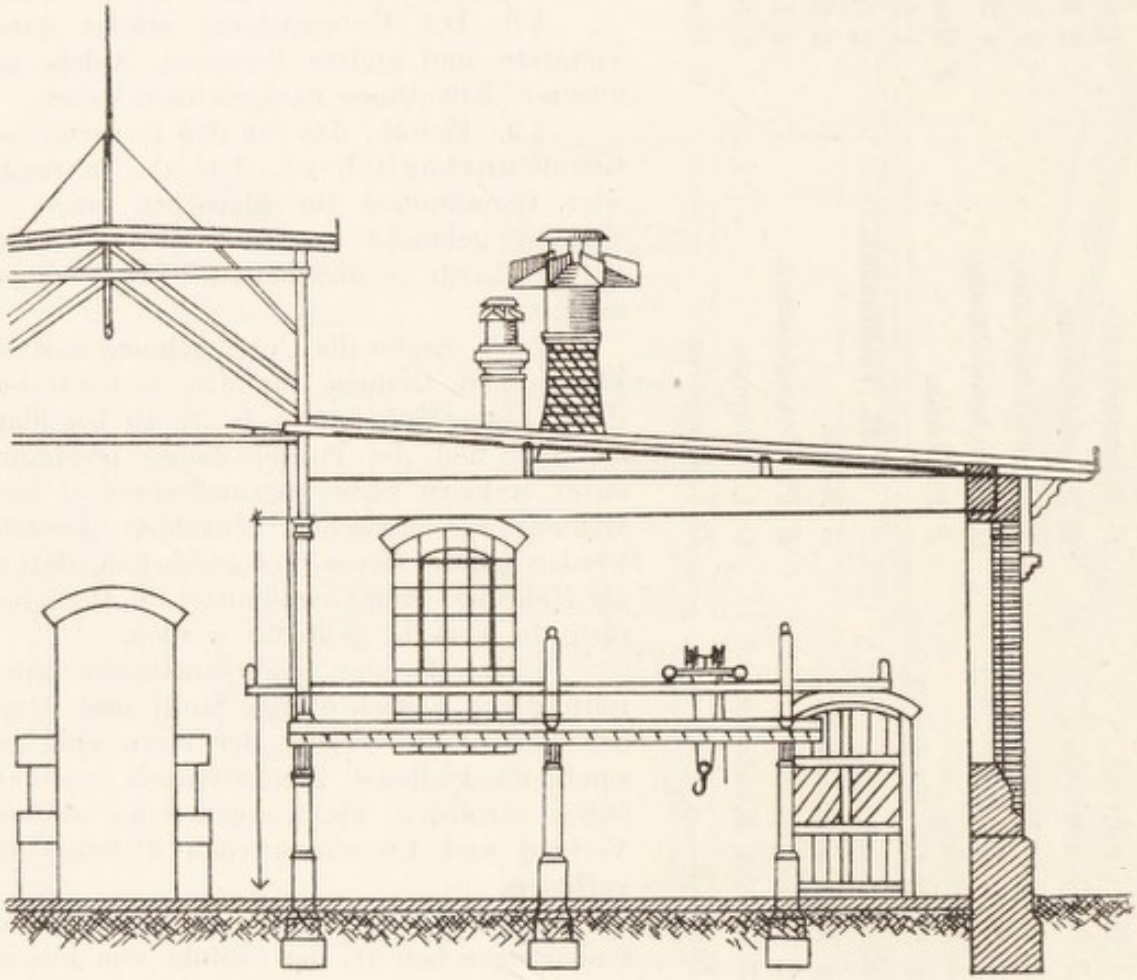


Fig 40 Schlachthalle für Kleinvieh.

fiszierte Fleisch und für dessen Vernichtung. Daneben Talgschmelze, Fellsalzerei, Düngerstätte usw. 2. Rinderschlachthallen. Entweder sind dieselben nach dem Zellensystem eingerichtet; von einer Mittelhalle, welche als Vorplatz zum Aushängen des Fleisches dient, gehen nach rechts und links kleine Abteilungen, welche von je einem oder mehreren Fleischern benutzt werden; oder es bestehen gemeinsame Schlachthallen, die nur durch Pfeiler unterbrochen sind (Fig. 40), und dieses System verdient vom hygienischen Standpunkt den Vorzug, weil dann die Beaufsichtigung leichter und infolge der gegenseitigen Kontrolle der Fleischer gleichmäßiger ist. 3. Schweineschlachthallen mit drei Abteilungen, dem Abstechraum, dem Brühraum, in welchem die getöteten Tiere abgebrüht werden, und der eigentlichen Schlachthalle. 4. Die Kühlhallen zur Aufbewahrung des geschlachteten Fleisches. 5. Eine besondere Pferdeschlächterei. 6. Kut-

telei zum Ausräumen, Waschen und Reinigen der Därme. Wegen der Gerüche und der starken Wasserdampfentwicklung von den übrigen Räumen abzusondern. 7. Wohnung für den Direktor, Untersuchungszimmer für die Fleischbeschauer usw.

Der Direktor ist Tierarzt und hat sachverständige Gehilfen. Das zugeführte Vieh kommt zunächst in die Stallungen, muß dort ruhen und wird zunächst im lebenden Zustande untersucht. Wird es nicht beanstandet, so kann es geschlachtet werden. Die dabei angewandten Methoden bestehen in: 1. Öffnen der Halsblutgefäße ohne Betäubung (Schächten). 2. Betäubung durch Keulenschlag auf den Schädel und Öffnen der Halsblutgefäße — gebräuchlichste Methode. 3. Genickstich oder Genickschlag, unzweckmäßig, weil infolge der Zerstörung der Zentren in der Medulla kein vollständiges Ausbluten erfolgt. 4. Schlag mit der Buterolle, einem Hohleisen, welches mit einem Hammer verbunden bzw. in eine Art Maske eingeschlossen ist und dem Tiere ins Gehirn getrieben wird. 5. Durch Abfeuern einer Patrone mittels Schußmasken. 6. Betäubung und Einblasen von Luft durch einen Trokar in die Pleurahöhle. — Letztere Methode ist ungünstig, weil dabei das Blut im Fleische bleibt und dann leichter Verderben und Mißfarbigwerden des Fleisches eintritt. Daß der Nährwert des Fleisches durch das darin bleibende Blut wesentlich erhöht werde, ist unrichtig. — Nach dem Öffnen des Tieres werden die Eingeweide begutachtet und die Proben entnommen zur Untersuchung auf Trichinen (s. S. 235).

Wird das Tier als „tauglich" erklärt, so wird es weiter zerlegt, das Fleisch gestempelt und zum Verkauf freigegeben. Im übrigen wird noch unterschieden zwischen „bedingt tauglichem" und „untauglichem" Fleisch. Bedingt tauglich ist 1. das Fett von Tieren mit frischer ausgebreiteter Tuberkulose, mit Finnen, Miescherschen Schläuchen und Trichinen; 2. das ganze Fleischviertel bei mäßiger Tuberkulose, wenn sich in ihm nicht mehr als eine kranke Lymphdrüse findet; 3. der ganze Tierkörper, wenn eine frische, nur auf Eingeweide oder Euter beschränkte Blutinfektion ohne hochgradige Abmagerung vorliegt, ferner bei mäßigem Schweinerotlauf und bei Finnen. Das bedingt taugliche Fleisch muß zum Genuß für Menschen durch Einwirkung von Hitze (Ausschmelzen, Kochen, Dämpfen) oder durch 3 Wochen lange Pökelung brauchbar gemacht werden; meist wird es in kleineren Stücken im Dampfsterilisator (Hartmann, Rohrbeck u. a.) gekocht und in diesem Zustande auf der „Freibank" (Fig. 39 *P*) an das Publikum verkauft. Für finniges Fleisch genügt die mindestens 21tägige Aufbewahrung im Kühlraum.

Untauglich ist der ganze Tierkörper, wenn u. a. Milzbrand, Rauschbrand, Rinderseuche, Tollwut, Rotz, Rinderpest, eitrige oder jauchige Blutvergiftung, schwere Tuberkulose oder Schweineseuche, Schweinerotlauf mit erheblicher Veränderung des Muskel- und Fettgewebes vorliegt; ferner bei Trichinose mit Ausnahme des Fettes. Solches Fleisch muß durch Einwirken höherer Hitzegrade (Dämpfen im Podewilsschen Apparat, trockene Destillation, Verbrennen) oder auf chemischem Wege bis zur Auflösung der Weichteile oder durch Vergraben

(tiefe Einschnitte in das Fleisch, mindestens 1 m Erdschicht) unschädlich beseitigt werden.

Infektion des Schlachttiers durch Fleischvergiftungsbazillen läßt sich oft beim Schlachten nicht erkennen, namentlich wenn nur noch Residuen eines älteren Prozesses vorliegen. Durch Kultur aus Blut oder verdächtigen Organen ist die Infektion nachzuweisen; das Verfahren erfordert aber zu viel Zeit. Vielleicht bietet der höhere Agglutiningehalt des Muskelsafts (1:80) gegenüber Paratyphus B oder Bac. Gärtner bessere Anhaltspunkte für die Diagnose (Müller).

Ein besonderer Vorteil der Schlachthäuser liegt noch darin, daß das Fleisch daselbst möglichst reinlich behandelt, und daß somit der späteren Zersetzung energisch vorgebeugt wird.

Der Fußboden der Schlachthalle ist aus gerillten Fliesen hergestellt und mit solcher Neigung und mit Rinnsalen versehen, daß Verunreinigungen leicht abgeschwemmt werden können. Überall steht reichlich Wasser zur Disposition, ebenso ist für gute Lüftung gesorgt; Drahtgitter schützen gegen Fliegen, Jalousien gegen Sonnenstrahlung. Von den Abfällen, die in ungeheurer Masse geliefert werden, werden die flüssigen abgeschwemmt, wobei die festen Partikel durch Siebeimer zurückgehalten werden; der Dünger und Kehricht wird abgeholt und als wertvolles Düngemittel verwandt.

3. Aufbewahrung des Fleisches nach dem Schlachten.

Das frisch geschlachtete alkalisch reagierende Fleisch ist zäh und hat leicht einen faden, widerlich süßen Geschmack. Soll es trotzdem genossen werden, so ist das Fleisch tüchtig zu klopfen und in nicht zu großen Stücken gründlich zu kochen oder zu dämpfen. Gesundheitsschädlich ist frisches gekochtes Fleisch nicht. — Für gewöhnlich bewahrt man aber das Fleisch 2—3 Tage nach der Schlachtung auf; durch einen autolytischen Vorgang entsteht eine Säuerung, durch diese wird das intrafibrilläre Bindegewebe und das Sarkolemm gelockert, und gleichzeitig entwickeln sich kräftige und angenehme Geschmacksreize. Es fragt sich, wie diese Aufbewahrung des Fleisches vor sich gehen soll, ohne daß Saprophyten, Infektionserreger oder üble Gerüche in das Fleisch eindringen.

Die Aufbewahrung im Eisschrank ist eine unzulängliche Methode. Bei der Temperatur des Eisschrankes (7—12°) hört das Bakterienwachstum durchaus nicht auf; dazu kommt, daß sich im Eisschrank fortwährend Wasserdampf aus der Luft kondensiert und die Oberfläche des Fleisches allmählich sehr stark durchfeuchtet wird. Gerade diese weiche Oberfläche bietet dann den Bakterien einen vorzüglichen Nährboden. Auch der Geschmack des im Eisschrank gehaltenen Fleisches leidet erheblich.

Richtiger ist es, das Fleisch in relativ trockner, etwas bewegter Luft abhängen zu lassen, so daß die Oberfläche eintrocknet. Es ist dann den Bakterien nicht möglich, in der oberflächlichen Schicht zu wuchern und von da in die Tiefe zu dringen. Ein solches Abhängen gelingt am besten in den Kühlhallen der Schlachthäuser.

In Lindeschen Eismaschinen wird durch einen Kompressor Ammoniak (oder Luft) komprimiert, die dabei entstehende Wärme durch Kühlung mit Wasser beseitigt; das gekühlte komprimierte Ammoniak läßt man durch ein Ventil in den Refrigerator ausströmen, d. h. in Röhren, welche ein Gefäß

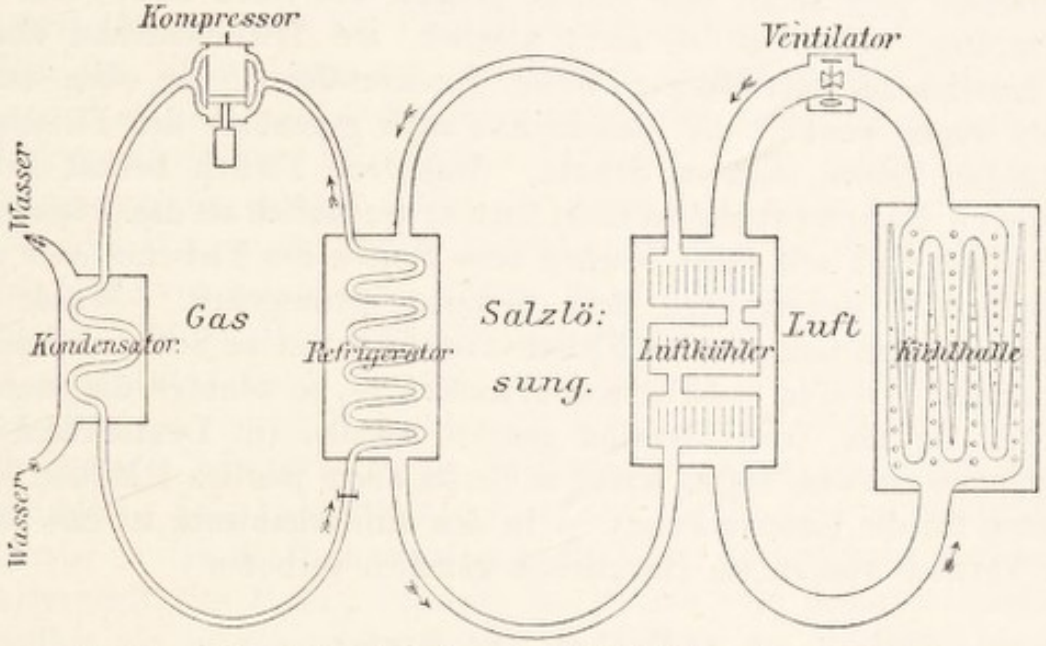


Fig. 41. Schematische Darstellung der Kühleinrichtung für die Kühlhalle.

mit Salz-(Chlorkalzium-)Lösung durchziehen; durch die plötzliche Expansion des Gases erfolgt intensive Abkühlung der Salzlösung. Das Ammoniakgas gelangt darauf wieder in den Kompressor und beginnt seinen Kreislauf aufs neue.

Die im Refrigerator unter 0° abgekühlte Salzlösung wird zu einem Behälter, dem Luftkühler, geleitet, in welchem sie über eine große Oberfläche (rotierende poröse Scheiben) strömt; dort tritt Luft, die mittels Ventilators eingetrieben wird, in innige Berührung mit der kalten Salzlösung. Letztere fließt, nachdem sie ihre Kälte an die Luft abgegeben hat, zum Refrigerator zurück.

Die gekühlte Luft tritt durch Rohre unter der Decke des Kühlraums aus, senkt sich nach abwärts, erwärmt sich allmählich, bekommt dadurch ein größeres Sättigungsdefizit und austrocknende Wirkung auf die Oberfläche des aufgehängten Fleisches, steigt bei weiterer Erwärmung allmählich nach oben, und wird von an der Decke gelegenen Röhren, deren Öffnungen nach oben gekehrt sind, aufgenommen und wieder dem Luftkühler zugeführt.

Im übrigen ist bei der Aufbewahrung des Fleisches und in den Fleischerläden selbstverständlich die größte Reinlichkeit notwendig; jede engere Verbindung der Verkaufslokale mit Wohn- und Schlafräumen ist zu verbieten. In Fällen von infektiösen Krankheiten inner-

halb der Familie des Fleischers ist ähnliche Sorgsamkeit notwendig, wie sie bezüglich der Milchwirtschaften gefordert wurde.

4. Zubereitung des Fleisches.

In Anbetracht der zahlreichen Gefahren, welche mit dem Genuß des rohen Fleisches verbunden sein können, sollte das Fleisch niemals im rohen Zustande genossen werden, auch dann nicht, wenn eine geordnete Fleischschau besteht. Einzelne Finnen werden z. B. leicht übersehen, aber selbst eine einzige genügt, um einen Bandwurm hervorzurufen; ebenso ist es nicht möglich, die Trichinenschau überall in hinreichend zuverlässiger Weise durchzuführen; wie oben ausgeführt wurde, gewährt die Fleischschau auch gegenüber den Fleischvergiftungen keinen sicheren Schutz. Das rohe Fleisch besitzt keinen höheren Nährwert und ist nicht leichter verdaulich als das präparierte. Für gewöhnlich soll daher Kochen oder Braten des Fleisches oder aber zuverlässiges Konservieren dem Genusse vorausgehen. Würde allgemein auf den Genuß rohen Fleisches oder wenigstens Schweinefleisches verzichtet — wie in anderen Kulturländern —, so könnten die enormen Kosten für die Trichinenschau gespart werden (in Deutschland pro trichinöses Schwein 15000 Mark; in Berlin allein jährlich 1 Million Mark Kosten für die Untersuchung). — In den Militärkantinen ist mit Recht der Vertrieb von rohem Hackfleisch gänzlich verboten.

a) Kochen und Braten.

Durch mäßige Hitze werden die Parasiten fast ausnahmslos zerstört. Trichinen sterben bei 65° ab, Finnen bei 52°, die meisten Kontagien bei einer Hitze von 60—65°, die etwa $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde einwirkt. Nur manche Toxine bleiben auch nach Einwirkung höherer Temperaturen unzersetzt. — In gut gekochtem und gebratenem Fleisch steigt selbst im Innern die Temperatur regelmäßig auf 60—70°, was zur Tötung der Parasiten ausreicht.

Allerdings dringt die Hitze in größere Stücke nur langsam ein; beispielsweise zeigt ein Stück Fleisch von $3^1/_2$ Pfund in kochendem Wasser erst nach $1^1/_2$ Stunde eine Temperatur von 62° im Innern. Halb gar gebratenes Fleisch, aus welchem beim Schneiden nur mühsam trüber Saft hervorquillt, und bei welchem also auch noch keine Gerinnung des Myosins stattgefunden hat, bietet natürlich auch keine Garantie gegen Parasiten.

Das Fleisch wird durch das Kochen und Braten nur in geringem Grade verändert. Beim Kochen wird es in 2 Teile zerlegt, das Eiweiß gerinnt, es wird Flüssigkeit ausgepreßt und es entsteht so 1. die Brühe. Diese enthält sehr wenig feste Substanzen, nur $2^1/_2$—$3^1/_2$ %, hauptsächlich Extraktivstoffe und anorganische Salze. Die wertvollen

Bestandteile, insbesondere die Eiweißstoffe, Myosin, der Blutfarbstoff bleiben ganz im Fleisch und nur Spuren von Albumin gehen in die Brühe über, gerinnen dort durch die Hitze und werden mit dem vorwiegend aus Fett bestehenden sog. Schaum abgeschöpft. Bei Knochenzutat löst sich in der Brühe noch etwas Leim, von 1 kg etwa 20 g. Jedenfalls bekommen wir in der Brühe immer nur eine außerordentlich kleine Menge von Nährstoffen, so daß sie lediglich als Genußmittel angesehen werden kann. 2. Das gekochte Fleisch. Dasselbe hat viel Wasser, Salze und Extraktivstoffe, aber nur eine sehr geringe Menge Nährstoffe verloren. 100 Teile frisches Fleisch geben 57 Teile gekochtes. Wird das Fleisch zunächst mit Wasser ausgelaugt und dann erhitzt, so wird es hart, zäh und geschmacklos, aber durch feines Zerkleinern, Hacken und Schaben ist es gleichwohl verdaulich und nahrhaft zu machen. Besser von Geschmack bleibt es, wenn man große Stücke gleich in siedendes Wasser einbringt. Es bildet sich dann an der äußeren Fläche eine Hülle von geronnenem Eiweiß, welche das Innere vor weiterer Auslaugung schützt. Die Brühe wird in diesem Falle weniger schmackhaft, ist aber leicht durch Extrakt aufzubessern. — Gebratenes Fleisch hat etwa die gleiche Konzentration wie gekochtes, 100 Teile frisch entsprechen 56 Teile Braten; im übrigen hat es seine Beschaffenheit wenig verändert. Sehr bald bildet sich auf der Oberfläche eine undurchlässige Kruste, so daß das Innere saftig bleibt. Das Bindegewebe wird in Leim verwandelt, das Myosin gerinnt; das Fleisch wird dadurch leichter verdaulich als in rohem Zustande; die brenzlichen Röstprodukte geben außerdem einen angenehmen Geschmacksreiz. Mit der Sauce zusammengenossen, welche viel Fett und namentlich freie Fettsäuren enthält, wird es von empfindlichen Menschen schlechter ertragen; dagegen ist es im kalten, feingeschnittenem oder geschabtem Zustande außerordentlich leicht verdaulich.

b) Konservierungsmethoden.

Wegen der schlechten Haltbarkeit des Fleisches sind seit Jahren viele Versuche zur Konservierung desselben gemacht. Zum Teil verwendet man Mittel, welche die Fäulniserreger töten. Diese töten dann zugleich auch die Kontagien, Finnen und Trichinen, und solche Konserven sind ohne weitere Zubereitung genießbar und vom hygienischen Standpunkt in keiner Weise zu beanstanden. Andere Mittel bewirken nur eine gewisse Hemmung der Bakterien und verhindern lediglich eine so starke Wucherung, daß Fäulniserscheinungen auftreten. In diesem Falle bleiben die etwa vorhandenen pathogenen Bakterien und tierischen Parasiten eventuell lebendig und die Konserven bedürfen dann der besonderen Zubereitung vor dem Genuß. —

Alle Konservierungsmethoden dürfen keine giftigen Stoffe in das Fleisch hineinbringen und dürfen den Nährwert und den Geschmack des Fleisches nicht beeinträchtigen. Vorzugsweise in Betracht kommen folgende Methoden:

1. Kälte. Sie wirkt entwicklungshemmend, tötet aber nur wenig Bakterien (s. Kap. X). Trotzdem hat man auch die Kälte zu einer längeren Konservierung des Fleisches zu verwenden und namentlich die großen Fleischvorräte Südamerikas und Australiens auf den europäischen Markt zu bringen versucht. In England importiert man entweder Rinder- und Hammelfleisch als Gefrierfleisch, das bei Temperaturen unter 0° in Kaltluftkammern fest gefroren ist und in Schiffen mit Kaltluftkammern befördert wird. Hier muß vorsichtiges Auftauen in besonderen Hallen erfolgen und von da direkter Verkauf, wenn nicht zu viel Saft ausfließen und rasches Verderben eintreten soll. Daher nur in Hafenstädten verwendbar. Auch nach vorsichtigem Auftauen leidet der Geschmack; für Suppen und Kochfleisch ungeeignet. — Mehr und mehr wird Kühlfleisch bevorzugt, das bei + 3° gehalten, weniger gut konservierbar aber schmackhafter ist. Bessere Konservierung gelingt durch den „Linley-Prozeß", bei dem außer der Kälte Formaldehyd einwirkt; es bildet sich auf der äußersten Oberfläche eine dünne harte Schicht, die gegen Verderb schützt. — In Deutschland ist Fleischeinfuhr nur in ganzen Tieren einschließlich der Eingeweide gestattet, damit noch Fleischschau ausgeübt werden kann. Aber in England, wo die zerlegten Stücke ohne Eingeweide eingeführt werden, ist von Infektionen nichts beobachtet, die ja auch vom Muskelfleisch selten ausgehen und beim Vorliegen von Paratyphusinfektion auch bei der Schlachtung oft nicht erkannt werden.

2. Wasserentziehung. Eine rasche Eintrocknung der Oberfläche verhindert für lange Zeit den Eintritt der Fäulnis. Von diesem Mittel wird z. B. an allen Orten ausgiebiger Gebrauch gemacht, wo eine lebhafte Windbewegung und eventuell ein niederer Luftdruck die Wasserverdunstung begünstigt, z. B. auf hohen Bergen. In Südamerika benutzt man seit langer Zeit die Sonnenwärme zum Austrocknen des Fleisches. Das Fleisch von mageren, abgetriebenen Tieren wird in Streifen geschnitten und der Sonne ausgesetzt; da es aber nicht gelingt, dadurch die letzten Mengen von Wasser fortzubringen, muß das Fleisch noch mit Kochsalz und Borsäure eingerieben werden, um vollkommen haltbar zu werden. In dieser Form kommt es als Tassajo oder Charque in den Handel, ist aber für Europäer kaum genießbar. — Ein besseres Fabrikat wurde früher unter Anwendung von heißer Luft hergestellt, die sogenannte Carne pura. Auch dabei war indes ein gewisser Kochsalzzusatz zur völligen Konservierung des Präparates nötig. Das getrocknete Fleisch kam in pulverförmigem Zustande in den Handel, jedoch zu ziemlich hohen Preis, und war nicht imstande, mit den heimischen Präparaten zu konkurrieren.

3. Salzen, Pökeln. Imprägniert man das Fleisch mit einer 8—25%igen Salzlösung (meist unter Zusatz von etwas Salpeter) oder legt man das Fleisch trocken in ein Salz-Salpetergemenge, so wird ein großer Teil der Bakterien getötet und alle werden an der Wucherung verhindert. Finnen sind nach 21tägigem Pökeln in 25%iger Salzlake abgestorben. Das Verfahren wird bei Rind- und Schweinefleisch und bei Fischen (Hering, Lachs, Sardellen) angewendet. Der Nährwert wird etwas verringert, die Verdaulichkeit scheint nicht zu leiden; die rote Farbe des Fleisches wird dauernd erhalten.

4. Räuchern. Das Fleisch wird in einer Räucherkammer dem abgekühlten Rauch von Buchen- oder Eichenholz, eventuell auch Wacholdersträuchern, aus-

gesetzt. Daneben findet ein starker Luftzug und durch diesen ziemlich erhebliche Austrocknung statt; oft werden die Fleischwaren vorher stark mit Salz imprägniert. — In neuerer Zeit hat man außerdem eine sogenannte Kunst- oder Schnellräucherung eingeführt, welche nur im Eintauchen des Fleisches in eine Mischung von Wasser, Holzessig und Wacholderöl besteht. Bei dem letzteren Verfahren werden die Kontagien und Parasiten durchaus nicht vollständig getötet. Dagegen sind in den langsam in Räucherkammern geräucherten und stark ausgetrockneten Fleischwaren gewöhnlich keinerlei lebende Parasiten mehr enthalten. Finnen haben überhaupt eine Lebensdauer von nur 3 Wochen, werden also in solchen Konserven niemals gefunden. — Die verbreitetsten Konserven, Schinken und Würste, sind seit Einführung der Schnellräucherung nicht ohne Bedenken zu genießen, sobald man über ihre Herkunft und die Art ihrer Herstellung nicht unterrichtet ist. Zu Würsten werden außerdem erfahrungsgemäß alle möglichen Fleischabfälle, die sich anderweit nicht verwerten lassen, verbraucht. Sehr oft tritt in denselben nachträgliche Fäulnis ein, namentlich im Innern voluminöser Präparate, wo die Hitze bezw. der Rauch nicht ordentlich eingedrungen ist. Daher die Gefahr der Wurstvergiftung, welche bereits S. 241 näher geschildert wurde.

5. Chemikalien wie Borsäure, Salizylsäure sollten zur Konservierung des Fleisches nicht verwendet werden, da beide sich nicht indifferent gegenüber dem menschlichen Organismus verhalten. Neuerdings werden für Fleisch auch Kohlensäure und Formalin (s. oben), für Margarine Benzoesäure zu Konservierungszwecken benutzt.

6. Erhitzen in bakteriendicht verschlossenen Gefäßen. Schon Übergießen des Fleisches mit heißem Fett führt zu einer langen Konservierung desselben; die anhaftenden Bakterien werden dabei getötet, der Zutritt neuer Bakterien durch die Fetthülle verhindert. In solchem Zustande kann sogar Fleisch über See transportiert werden. — Am vollkommensten geschieht die Konservierung in Blechbüchsen (Appertsches Verfahren). In denselben wird das Fleisch zunächst erhitzt, dann werden die Büchsen zugelötet und die Erhitzung noch eine Zeitlang fortgesetzt. Dabei werden alle Bakterien und alle Kontagien sicher getötet. Früher kamen in dieser Form z. B. aus Amerika Zungen, das Corned Beef usw. Diese standen den heimischen Präparaten dadurch nach, daß infolge des langen Kochens das Bindegewebe gelatinös geworden war und dadurch die zähe Faserung des Fleisches stärker hervortrat. Außerdem stammte das Fleisch fast niemals von Masttieren, sondern meist von abgetriebenem Vieh. Jetzt ist die Einfuhr von Büchsenfleisch nach Deutschland verboten.

7. Seit langen Jahren werden die zahllosen Rinderherden Südamerikas auch dazu verwertet, aus dem Fleisch derselben Fleischextrakt herzustellen. Zu dem Zwecke wird das zerhackte magere Fleisch mit Wasser gekocht, das Albumin und Fett abgeschöpft, die Brühe eingedampft bis zur dicken Sirupkonsistenz. Ein Rind liefert etwa 5 kg Fleischextrakt. Außerdem werden die Schlachtabfälle zu einem Dungmittel, dem Fleischknochenmehl, verarbeitet. Das ausgekochte Fleisch wird zermahlen, mit Kochsalz und Kaliumphosphat versetzt und als Fleischfuttermehl für Schweine verkauft. — Der Fleischextrakt enthält 17% Wasser, 20% Salze, 63% organische Stoffe, die größtenteils aus Extraktivstoffen, zu etwa 20% aus löslichem Eiweiß bestehen. Der Fleischextrakt ist daher nur Genuß- und Reizmittel und hat sehr geringen Nährreffekt. Auch die neueren, im flüssigen Zustande unter Zusatz von viel Kochsalz präparierten Fleischextrakte (Cibils, Maggi usw.) sind nicht sowohl Nähr- als vielmehr Genußmittel (s. unten).

Im folgenden sei noch besonders auf einige möglichst leicht verdauliche Fleischpräparate für Kranke und Rekonvaleszenten hingewiesen. — Vielfach hat man versucht, flüssige oder breiartige Präparate aus dem Fleische zu gewinnen. In dieser Absicht ist z. B. hergestellt:

Extractum carnis frigide paratum (LIEBIG); früher offizinell. Fein zerhacktes Fleisch wird mit 1 Promille Salzsäure $^1/_2$—1 Stunde mazeriert, die rötliche Brühe dekantiert. Es geht Syntonin in Lösung; Kochsalz darf nicht zugesetzt werden, da sonst Fällung eintreten würde. Enthält 2·4% feste Bestandteile, 1·3% Eiweiß; in einer Tasse also kaum 3 g Eiweiß, daher nicht nährend.

Beef tea. 300 g fettfreies Fleisch in kleine Würfel geschnitten, ohne jeden Zusatz in einer weithalsigen Flasche mit lose aufgesetztem Kork in warmes Wasser gestellt, letzteres langsam erhitzt und 20 Minuten im Sieden gehalten. Die abgegossene gelbe Brühe (ca. 100 ccm) enthält: 7·3 feste Bestandteile; darin 5·5 organisch, etwas fein suspendiertes Eiweiß, etwas Pepton und Leim. — Als Nährmittel ungeeignet, aber von kräftigem Geschmack und bei Zugabe von nährenden Präparaten zu empfehlen (teuer!).

Succus carnis. Das fein zerhackte Fleisch wird in Lagen von je 250 g durch grobe Leinwand getrennt unter eine Fleischpresse gebracht. 1 Kilo Fleisch liefert 230 g Saft, welcher 6% Eiweiß, in einer Tasse also 12—14 g, enthält. Vor dem Genuß ist der Saft auf nicht mehr als 40° zu erwärmen und reichlich mit Salz und Gewürz (Fleischextrakt) zu versetzen. Bei höherer Temperatur würden die Eiweißstoffe koagulieren. — Das Präparat leistet eine nicht unerhebliche Eiweißzufuhr, aber für sehr hohen Preis, und ist von unangenehmem Geschmack.

Zahlreiche Versuche gehen ferner darauf aus, das Eiweiß des Fleisches zu peptonisieren. Bei der Magenverdauung und bei der künstlichen Verdauung entstehen bekanntlich zunächst vorwiegend Albumosen, leicht lösliche und verdauliche, durch Salpetersäure noch fällbare Vorstufen der Peptone; erst späterhin überwiegen die nicht mehr fällbaren Peptone. Auf die Albumosen ist es bei Herstellung der Peptonpräparate in erster Linie abgesehen; dieselben haben nur faden, nicht unangenehmen Geschmack, während die Peptone wegen ihres bitteren, brenzlichen und adstringierenden Geschmackes durchaus nicht für Ernährungszwecke geeignet sind. — Präparate von Liebig-Kemmerich mit ca. 35% Albumosen, Extraktkonsistenz. Somatose, Fleischalbumose in Pulverform. — Fluidbeef, Fluidmeat, Fleischsaft Karno, in flüssiger Form mit 20—30% löslichem Eiweiß. — In Abwechslung mit diesen Fleischpräparaten können Eiweißpräparate aus Milch: Nutrose, Plasmon (Kasein-Natrium), Eukasin (Kasein-Ammoniak), alle in Pulverform; oder aus Getreide: Roborat, Aleuronat, Verwendung finden; auch aus Hefe werden neuerdings eiweißreiche Präparate hergestellt.

Sobald als möglich sollte dem Rekonvaleszenten bzw. Kranken statt dieser für längere Zeit sehr ungern genossenen und übermäßig teueren Präparate, festes aber fein verteiltes Fleisch gereicht werden. Geschabtes bzw. fein zerhacktes gebratenes oder gekochtes Fleisch, das in der Suppe suspendiert werden kann, ist außerordentlich leicht verdaulich. Als Fleischsorten sind dazu Geflügel, Rindsfilet, Kalbfleisch usw. geeignet.

Nicht zu vergessen ist, daß es bei Rekonvaleszenten von vornherein weniger darauf ankommt, größere Mengen Eiweiß zuzuführen, als vielmehr Kohlehydrate (s. S. 182). Daher ist anfangs eine Kombination der obengenannten Brühen und flüssigen Fleischpräparate, auch wenn sie nicht viel Eiweiß enthalten, mit leicht verdaulichen Kohlehydraten (s. unten) zweckmäßig.

Anhang. Eier. Eier bieten eine sehr eiweißreiche Nahrung, die auch gut ausgenutzt wird, das Eiweiß zu 97%, das Fett zu 95%. Am leichtesten verdaulich sind sie in feinster Zerteilung als Emulsion in Suppe, Bier usw., ferner weich gekocht und gut zerkleinert. Hart gekochte Eier sind schwerer verdaulich, weil der Magensaft nur sehr langsam die Koagula durchdringen kann. Empfindliche Individuen und namentlich Kinder vertragen die Eier oft schlecht, höchstens im rohen Zustande in Form der Emulsion. — Der Nährwert der Eier wird vielfach überschätzt. Das genossene Quantum ist für gewöhnlich zu gering. Ein Ei hat etwa 50 g Inhalt, darin 19 g Dotter und 31 g Eiweiß. In den 19 g Dotter sind 3 g Eiweiß und 5 g Fett enthalten, außerdem 2 g Lecithin, Nuklein usw. In den 31 g Eiweiß sind 27 g Wasser und nur 4 g Eiweiß. Zusammen liefert also ein Ei etwa 7 g Eiweiß und 5 g Fett an Nährstoffen, außerdem relativ viel Eisen.

Beim Aufbewahren von Eiern tritt Wasserverlust ein. Daher sinken sie später in 10%iger Kochsalzlösung unter (Eierprobe). Konservierbar sind sie durch Einlegen in Kalkwasser, wobei die Poren durch kohlensauren Kalk verschlossen werden, oder Bestreichen mit Fett, Vaselin usw. Im Handel existieren Konserven von Albumin, die vielfach technische Verwendung finden; ferner Eidotter-Konserven, die sich nur langsam im Wasser lösen und leicht ranzig werden.

Literatur: Schneidemühl, Die animalischen Nahrungsmittel, Wien und Berlin, 1903. — Ostertag, Handbuch der Fleischbeschau, 5. Aufl. 1904. — Osthoff, Schlachthöfe und Viehmärkte. Weyls Handbuch der Hygiene VI, 1. 1894. — Edelmann, Lehrb. der Fleischhygiene, 3. Aufl. 1914. — v. Leyden, Handbuch der Ernährungstherapie und Diätetik, Leipzig 1897. Teil 1. — Hübener, Fleischvergiftungen, Jena, 1910. — Hahn, Über Gefrierfleisch, Zeitschr. f. Medizinalbeamte, 1913. III.

5. Vegetabilische Nahrungsmittel.

a) Getreide, Mehl, Brot.

An den Getreidekörnern ist die Fruchthülle und der Kern zu unterscheiden; von außen nach innen folgt auf eine Reihe von Zelluloseschichten, deren Struktur aus Fig. 42 zu ersehen ist, die an Eiweiß besonders reiche sogenannte Kleberschicht, dann der Mehlkern mit reichlichen Stärkezellen; knetet man das Mehl des Mehlkerns im Seihtuch unter Wasser, so bleibt der Kleber als fadenziehende Masse zurück. Die ganzen Körner enthalten im Mittel 14% Wasser und 86% feste Teile, unter letzteren 11% Eiweißstoffe, 2% Fett, 67% Stärke. Vor dem Vermahlen sind die Getreidekörner zunächst durch Reinigungsmaschinen von außen anhaftendem Schmutz und Beimengungen zu befreien, und zwar der Reihe nach zuerst von Staub und Brandsporen, dann von Spreu und Stroh, dann von den Unkrautsamen. Sodann sind sie durch Schälmaschinen von der wertlosen

bezw. störenden Hülse, Frucht- und Samenhaut, zu befreien (Dekortikation). Durch das Mahlen wird dann das Korn in zwei oder mehr Anteile zerlegt; die Kleberschichten sind zäher und elastischer, während der spröde Mehlkern leicht in Pulver zerfällt. Der vorzugsweise aus Stärke und wenig Eiweiß bestehende Kern kann daher von jenen nur grob zerkleinerten, eiweißreichen Teilen der Hülle durch Beuteln oder Sieben getrennt werden. Die äußeren Partien des Kerns sind außerdem grau gefärbt; das Mehl wird daher um so dunkler und gröber, je mehr es von den äußeren Schichten enthält. Bei der sogenannten Hoch- und Griesmüllerei, wo die Walzen bezw. Steine anfänglich weit voneinander stehen und allmählich einander genähert werden, bekommt man die meisten Sorten und zu Anfang die feinsten Mehle; bei der Flachmüllerei stehen die Steine von Anfang an nahe und durch die von Anfang an gewaltsame Zerkleinerung wird die Schale zum Teil in feine Splitter zerteilt, die sich dem Mehl beimengen und ihm eine graue Farbe geben.

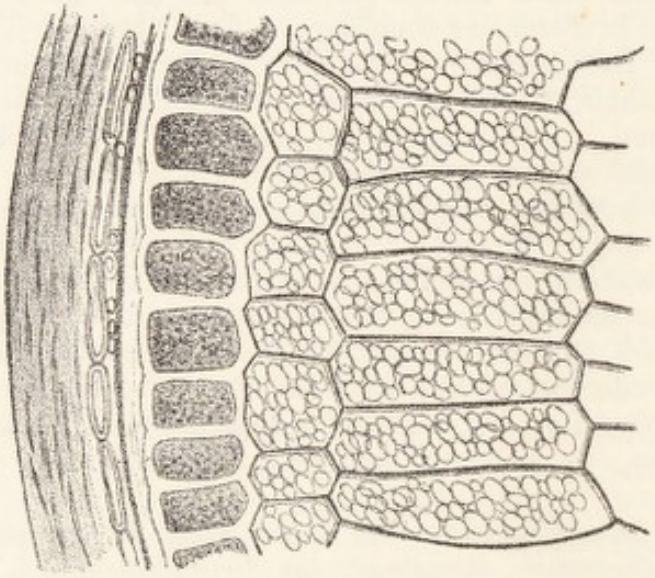


Fig. 42. Querschnitt durch ein Weizenkorn, 150:1.

Die verschiedenen Getreide und die verschiedenen Mehlsorten aus dem gleichen Getreide zeigen relativ geringe Differenzen in der chemischen Zusammensetzung. Die gröberen Sorten und die Kleie enthalten aus den oben angeführten Gründen die größte Eiweißmenge. Dies Plus von Eiweißstoffen ist indes zum Teil nicht ausnutzbar; die Zellulosehüllen der Kleberschicht sind schwer durchdringlich und ihre Zutat verringert außerdem noch die Ausnutzung der übrigen Nahrstoffe (s. S. 187).

Auch in bezug auf ihren Nährwert zeigen die einzelnen Getreidearten nur relativ geringfügige Unterschiede.

Das Mehl ist im rohen Zustande schwer verdaulich; es müssen vorerst die Hüllen der Stärkekörner gesprengt, die Stärke zum Quellen und zur Kleister- oder Dextrinbildung gebracht werden. Ferner muß das Eiweiß in den geronnenen Zustand übergehen. Es gelingt dies alles z. B. durch Erhitzen des Mehls mit Wasser. So lassen sich Suppen und Breie bereiten, die aber relativ wenig feste

Substanz enthalten, außer beim Reis, in dem leicht die ganze Tagesration von Kohlehydraten geliefert werden kann. Zu Suppen verwendet man zweckmäßig Mehlpräparate wie Nudeln und Makkaroni; oder Sago (Reis- und Maisstärke), Graupen (kugelförmig gemahlene Gersten- und Weizenkörner), Gries (vermahlener Weizen), Grütze (geschälte und geschrotete Körner von Hafer, Buchweizen u. dgl.). Versucht man einen gehaltreicheren, konservierbaren Teig aus Mehl und Wasser herzustellen, so resultiert eine kompakte, schwer verdauliche Masse; dieselbe wird erst brauchbar, nachdem sie durch die Brotbereitung porös und locker geworden ist.

Die Lockerung läßt sich beim Brotteig erreichen durch im Innern desselben entwickelte Gase und zwar deshalb, weil der Teig stark zusammenbäckt, so daß die Gase nicht glatt entweichen, sondern die zähe Masse nur auseinandertreiben. Kleberfreie, nicht backende Mehle sind zur Brotbereitung ungeeignet.

Das Gas kann bei sehr zäher Masse Wasserdampf sein. Brot wird dadurch nur, wenn es viel Eiweiß enthält, etwas gelockert (Graham-Brot). Meist benutzt man Kohlensäure, die entweder aus mineralischem Material entwickelt wird, z. B. Natron bicarbonicum + Salzsäure; oder Liebig-Horsfords Backmehl, bestehend aus saurem Kalziumphosphat und Natrium bicarb.; oder Natr. bicarb. + Weinsäure; oder Ammoniumkarbonat (Hirschhornsalz). Es kann auch die aus Mineralien entwickelte Kohlensäure durch Maschinen, welchen außerdem die ganze Bereitung des Teiges obliegt, in das zum Backen verwendete Wasser und somit in den Teig eingepreßt werden (Dauglischs Verfahren).

Gewöhnlich benützt man Hefe oder Sauerteig, erstere Form in der Preßhefe, oft mit zahlreichen Bakterien verunreinigt. Der Sauerteig stellt eine noch unreinere, meist vorwiegend aus Spaltpilzen bestehende Hefe dar, die von einem Backtermin zum andern aufbewahrt wird. Beide werden in folgender Weise verwendet: 100 Teile Mehl werden in 80 Teilen Wasser von 42° angemengt, so daß der Teig eine Temperatur von 33° zeigt. Es kommt dann zunächst ein in den Getreidekörnern enthaltenes diastatisches Ferment zur Wirkung, welches die Stärke teilweise in Dextrin und Maltose überführt. Durch Zumengen der Hefe bezw. des Sauerteiges wird nun die Maltose in Gärung versetzt, es entsteht reichlich Kohlensäure, daneben Alkohol und verschiedene andere Produkte. Vorzugsweise scheint bei dieser Gärung die Hefe beteiligt zu sein; von Spaltpilzen namentlich der durch starke CO_2-Bildung ausgezeichnete, zur Koli-Gruppe gehörige Bac. levans. Nebenbei entsteht, am reichlichsten beim Sauerteig, Essigsäure und Milchsäure. — In 2—12 Stunden ist der Teig aufgegangen; er wird dann bei 200—270° 30—80 Minuten lang gebacken.

Beim Backen des Brotes verdunstet ein Teil des zugefügten Wassers, so daß aus 100 Teilen Mehl 120—135 Teile Brot hervorgehen. Ferner geht durch die Gärung 1—2% der festen Substanz verloren. Die Fermente werden durch die Backhitze vollständig auch im Innern des Brotes getötet bzw. unwirksam gemacht. Die Stärke und die Eiweißkörper sind nach dem Backen wesentlich verändert, erstere zum Teil in Kleister, teils in Dextrin und Gummi verwandelt; das Pflanzenalbumin und der Kleber ist in den geronnenen unlöslichen Zustand übergeführt. Auf der äußeren Kruste entsteht aus dem Dextrin das angenehm schmeckende Röstbitter. Dabei bildet das Brot eine poröse, lockere Masse, die den Verdauungssäften eine große Angriffsfläche bietet.

Infolge von mangelhaftem Durchhitzen oder zu reichlichem Wasserzusatz bleiben schliffige Stellen zurück mit abnormem Wassergehalt und ungeronnenem Protein. — Beim Liegen wird das Brot rasch altbacken. Diese Änderung ist etwa nicht durch Wasserverlust bedingt. Denn wenn man solches Brot auf 70° erwärmt, wird es wieder frischem Brot ähnlich. Wahrscheinlich gibt beim Anwärmen der noch wasserhaltig gebliebene Kleber einen Teil des Wassers an die rascher ausgetrockneten und hart gewordenen Stärkekörner ab. Lagert das Brot längere Zeit und sinkt der Wassergehalt unter 30%, dann gelingt es nicht mehr, dasselbe durch Erwärmen wieder frischbacken zu machen.

Die verschiedenen Brotsorten zeigen folgende Zusammensetzung:

	Wasser	Eiweiß	Kohlehydrate
Feines Weizenbrot	35·5	7·1	56·6
Grobes Weizenbrot	40·5	6·2	51·1
Semmel (mit Milch bereitet)	28·6	9·0	59·5
Roggenbrot	42·3	6·1	49·3
Kommißbrot	36·8	7·5	52·4
Pumpernickel	43·4	7·6	45·0

Das mit Milch bereitete Weizenbrot zeigt den höchsten Gehalt an verdaulichem Eiweiß. Das Eiweiß des aus groben Mehlsorten bzw. aus dem ganzen Korn bereiteten Brotes ist, wie oben erwähnt, nur zum Teil ausnutzbar. Vom Eiweiß des Weizenbrotes werden zirka 80% resorbiert, von dem des Pumpernickels nur 55—60%. Die Kohlehydrate des Weizenbrotes werden zu 98%, die der gröberen Sorten zu 90% resorbiert.

Die dunklere Farbe des mit Sauerteig bereiteten Brotes rührt von einer Einwirkung der Säuren (Milch- und Essigsäure) auf den Kleber her.

Für das Kommißbrot der deutschen Soldaten bestehen folgende Vorschriften: Das Mehl soll durch Siebe, welche auf 1 qcm 17—18 Fäden zeigen, von gröberen Bestandteilen befreit sein. 100 kg Roggenmehl von ganzem Korn verlieren dadurch 15 kg Kleie (ferner 3% Mahlverlust). Bei höherem Kleiegehalt des Brotes sinkt die Ausnutzung entsprechend ab, so daß es ökonomischer ist, das Brot kleiearm herzustellen und die Kleie als Viehfutter zu verwerten. Das Brot soll gleichmäßig aufgegangen, gar und locker und von angenehmem Geruch und Geschmack sein. Der Wassergehalt darf nicht mehr als 40% betragen (bei käuflichem Brot oft überschritten!); der Gewichtsverlust eines Brotes von 3 kg soll am 1. und 2. Tage 34 g, am 3. Tage 56 g, nach längerer Zeit 72 g betragen.

Billige Brotsurrogate (z. B. durch Zusatz von Maismehl) sind, auch wenn ihre gute Ausnutzbarkeit und Bekömmlichkeit nachgewiesen wird, praktisch meist ohne Bedeutung, weil ihr Geschmack weiteren Kreisen des Publikums nicht zusagt. — Ähnliches gilt von dem neuerdings viel empfohlenen Aleuronatbrot. Unter der Bezeichnung „Aleuronat" bringt die Stärkefabrik von Hundhausen in Hamm ein besonders präpariertes Mehl aus Weizenkleber in Handel, das sehr billig ist, da der Kleber als Abfallprodukt bei der Stärkefabrikation

gewonnen wird und früher unverwertet blieb. Werden ein Teil Aleuronat und drei Teile Weizenmehl verbacken, so erhält man ein eiweißreiches Brot mit ca. 19% gut ausnutzbarem Eiweiß. Dabei ist das Aleuronat, falls der Preis gleich niedrig bleibt, einer der billigsten Eiweißträger, der für 1 Mark ca. 800 g Eiweiß liefert, allerdings von geringer biologischer Wertigkeit (s. oben). Die Einführung dieses Präparats würde immerhin für die ärmere Bevölkerung Vorteile bieten; aber es gelingt schwer, das Mißtrauen derselben gegenüber irgendeiner erheblichen Änderung der gewohnten Geschmacksreize zu besiegen.

Anomalien und Fälschungen des Mehls und des Brotes. In Betracht kommen vorzugsweise

α) Parasiten des Getreides: Claviceps purpurea, der Mutterkornpilz.

Siedelt sich in den Blüten von Roggen, Gerste und Weizen an und bildet dort zunächst ein Konidien tragendes Myzel, das sich allmählich in ein schwarzes, 1—3 cm langes und hornartig aus der Ähre hervorragendes Sklerotium umwandelt. Dieses Sklerotium keimt im Frühjahr auf feuchtem Boden und entwickelt kleine gestielte, rote Köpfchen, an deren Oberfläche Perithezien mit Sporen eingesenkt sind.

Das Sklerotium (secale cornutum genannt) gelangt leicht mit ins Korn und in Mehl und Brot. Der anhaltende Genuß solchen Brotes kann die Kriebelkrankheit oder den Ergotismus hervorrufen, der auf einer Intoxikation durch die im Mutterkorn enthaltenen Gifte, Cornutin und Sphacelinsäure, beruht. Entweder treten nervöse Erscheinungen, Digestionsbeschwerden, Gefühl von Kriebeln und Anfänge von Anästhesie an Fingern und Zehen, auch wohl Kontrakturen, Lähmungen, sensorielle Störungen in den Vordergrund, oder aber es werden die Zehen und Füße, seltener die Finger von trockener Gangrän befallen.

Nachweis des Mutterkorns. Die Farbe des Mehls ist grauer als gewöhnlich, oft zeigt es violette Flecke. Beim Versetzen mit Kalilauge und Erwärmen tritt Geruch nach Trimethylamin auf infolge einer Zersetzung des im Mutterkorn enthaltenen Chinolin. — Ferner ist im Mutterkorn ein Farbstoff enthalten, der in saurem Alkohol oder Äther löslich ist. 10 g Mehl werden mit 15 g Ähter und 20 Tropfen verdünnter Schwefelsäure geschüttelt, nach einer halben Stunde filtriert, dann mit einigen Tropfen gesättigter Lösung von Natron bicarb. versetzt, welche allen Farbstoff aufnimmt. Eventuell kann noch eine Prüfung im Spektralapparat erfolgen.

Brandpilze, Ustilago carbo, Tilletia caries usw. lassen an Stelle der Getreidekörner schwarze klebrige und staubige Massen von Sporen auftreten, die sich dem Mehl beimengen können; für Menschen ungefährlich; bei Haustieren, welche die Körner in rohem Zustande aufnehmen, scheinen sie Gesundheitsstörungen bewirken zu können.

β) Von Unkrautsamen sind Taumellolch und Kornrade bedenklich, weil sie Intoxikationserscheinungen, namentlich narkotische Symptome hervorrufen können. Wachtelweizen und Rhinantusarten sind ungiftig, bewirken aber grünblaue Färbung des Brotes. Der Farbstoff ist mit saurem Alkohol extrahierbar; im übrigen sind die Unkrautsamen durch mikroskopische Untersuchung zu erkennen.

γ) Bei unzweckmäßiger, feuchter Aufbewahrung der Körner und des Mehls können erstere keimen, letzteres faulen. Der Kleber geht dann durch Fermentwirkung in eine lösliche Modifikation über und das Mehl ist nicht mehr backfähig. — Schlechte Aufbewahrung des Brotes führt zur Verschimmelung oder zur Entwicklung von Bakterien, gelegentlich z. B. des Bacillus prodigiosus. Haltbar ist das Dörrbrot, 3000 g Brot liefern durch Rösten 1875 g Dörrbrot; ferner Zwieback (in den Garnisonbäckereien Feldzwieback aus Roggenmehl, Eierzwieback aus Weizenmehl).

δ) Zusätze. Das Mehl wird zuweilen mit Gips oder Schwerspat versetzt; ferner mit Alaun und Kupfersulfat zur Aufbesserung der Farbe und zum Einteigen eines feucht aufbewahrten, nicht mehr bindenden Mehles. Die ersteren werden durch Schütteln des Mehles mit Chloroform und Wasser als Absatz auf dem Boden des Glases erkannt; Alaun und Kupfersulfat durch die Aschenanalyse.

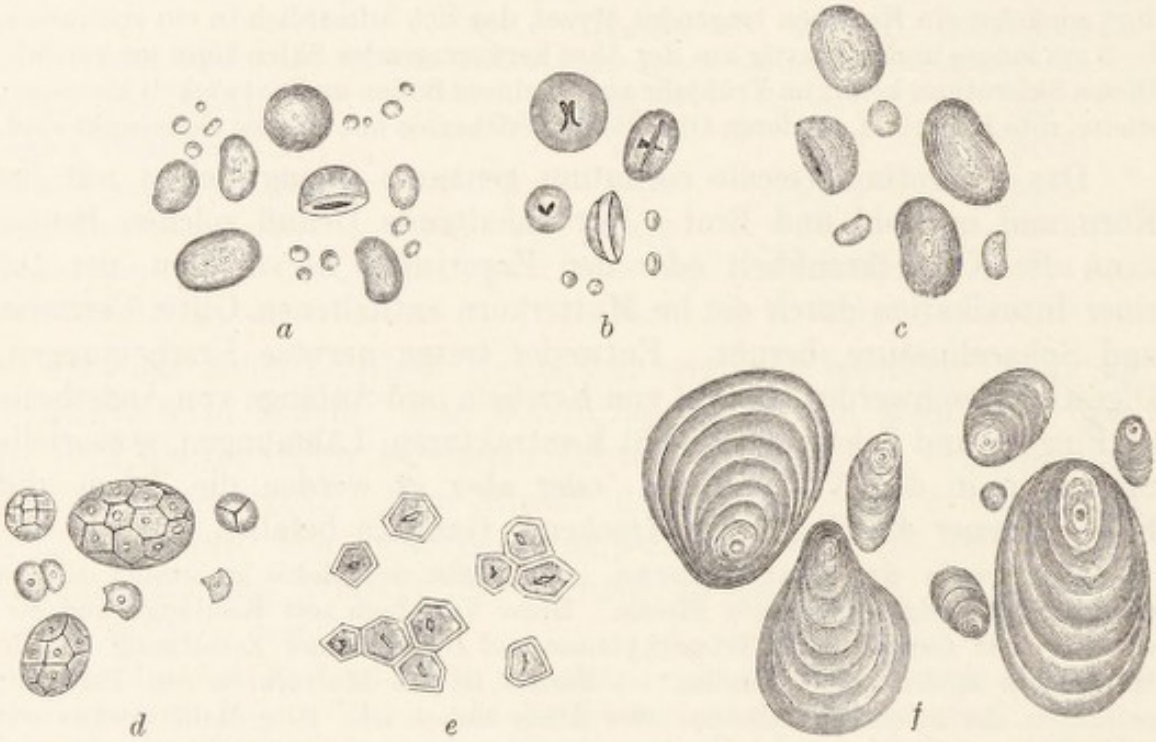


Fig. 43 Stärkekörner. 350:1. *a* Weizen. *b* Roggen. *c* Gerste. *d* Hafer. *e* Reis. *f* Kartoffel.

— Weit häufiger kommt eine Beimengung des billigeren Kartoffelmehls zu Weizen- oder Roggenmehl vor, nachweisbar durch das sehr charakteristische mikroskopische Bild der Stärkekörner (s. Fig. 43).

ε) Blei- und Zinkvergiftungen mittels Brot sind zuweilen dadurch vorgekommen, daß Fehlstellen der Mühlsteine mit Blei ausgegossen waren; oder daß zum Heizen des Backofens ein mit Bleiweiß gestrichenes, bzw. mit Zinkvitriol imprägniertes Holz (Bahnschwellen) benutzt war.

ζ) Verbreitete Gastrizismen sind beobachtet infolge des Genusses von Brot (Milch- und Franzbrötchen), das sog. Brotöl enthielt. Um das Ankleben zu hindern, werden die Backbleche und die einzelnen Brote mit Butter, Schmalz, Margarine oder dgl. bestrichen. Jetzt wird dazu ein billigeres „Mineralöl" empfohlen, das aus den bei 300° nicht flüchtigen Petroleumrückständen bereitet ist. Schon 1 g desselben ruft Brechen, Durchfall, Gliederschmerzen usw. hervor. Die Verwendung verrät sich meist durch Geruch der Brote nach Petroleum (Dunbar).

Konditorwaren rufen nicht selten durch giftige Farben Gesundheitsstörungen hervor. Giftig bzw. ungiftig sind folgende Farben (deren Namen im Handel übrigens oft wechseln):

Gelb. Giftig: Chromgelb (Blei, Chrom); Ultramaringelb (Barium, Chrom); Kasseler Gelb (Blei); Neapelgelb (Blei, Antimon); Auripigment (Arsen); Pikrinsäure; Gummigutt. — Ungiftig: Saffran, Safflor; Curcuma; Ringelblumen; Gelbbeeren.

Grün. Giftig: Schweinfurter-, Neuwieder-, Bremer-, Wienergrün, Scheeles Grün (enthalten sämtlich Arsen, Kupfer usw.). — Ungiftig: Mischungen von Blau und Gelb; Spinatsaft.

Braun. Giftig: Sepia, Terrasiena (zuw. Arsen). — Ungiftig: Gebrannter Zucker; Lakritzensaft.

Rot. Giftig: Zinnober (Quecksilber); Chromrot (Quecksilber und Chrom); Mennige (Blei); Anilinfarben. — Ungiftig: Kochenille; Karmin; Krapprot; Saft von roten Rüben und Kirschen.

Blau. Giftig: Bergblau (Kupfer); Thenardblau (Arsen); Smalte (Arsen). — Ungiftig: Indigolösung; Lackmus; Saftblau.

Weiß. Giftig: Bleiweiß; Zinkweiß. — Ungiftig: Feinste Mehle; Stärke.

Schwarz. Giftig: Spiesglanz (Antimon). — Ungiftig: Chinesische Tusche.

b) Reis und Mais.

Reis enthält 8% Eiweiß (zu 80% ausnutzbar), Spuren von Fett, 76% Kohlehydrate. Letztere sind sehr gut ausnutzbar. Vielfache Zubereitungsweisen; namentlich Risotto mit Zusatz von geriebenem Käse.

In China, Indien, Japan fast ausschließliches Nahrungsmittel des Volkes. In solchen Ländern ist Beri-beri verbreitet, eine chronisch verlaufende Polyneuritis, die zu Sensibilitätsstörungen, Muskelatrophien, Hydrops, kardialen Störungen führt. Bei ausschließlicher Ernährung mit Reis (oder Mais) lassen sich bei Hühnern, Meerschweinchen, Kaninchen ähnliche Krankheitsbilder erzeugen. Neuerdings ist die Ursache im Fehlen des Vitamins im vollständig geschälten, vom sog. Silberhäutchen befreiten Reis ermittelt (s. S. 176).

Mais enthält 10% Eiweiß, 4·6% Fett, 68% Kohlehydrate; in Italien, Türkei, Ägypten usw. Volksnahrungsmittel als Polenta (mit geriebenem Käse).

An den Genuß von Mais geknüpft hielt man bisher die Pellagra, eine Krankheit, die seit dem vorigen Jahrhundert in Italien, Spanien, demsüdlichen Frankreich, Rumänien usw. endemisch ist. Dieselbe ist dadurch charakterisiert, daß im Frühjahr eine Art Erythem auftritt und daneben eine Reihe von leichten nervösen Erscheinungen. Zum Herbst bessert sich der Zustand; im nächsten Frühjahr aber rezidiviert die Hautaffektion und die nervösen Symptome werden schwerer, es bilden sich Sehstörungen, Paresen, Krämpfe, Hyper- und Anästhesien, oft auch psychische Störungen aus; daneben bestehen vielfach schwere Verdauungsstörungen. Die Krankheit zieht sich mit steter Steigerung der Symptome durch mehrere Jahre hin und endet gewöhnlich tödlich. In Italien werden zurzeit über 100 000 mit Pellagra Behaftete gezählt. — Die Krankheit wurde früher auf Parasiten des Mais, oder auf den Genuß des schnell verderbenden Mais und eines mit diesem aufgenommenen Giftes, oder auf das Fehlen bestimmter Vitamine bei ausschließlicher Maisnahrung zurückgeführt. In den letzten Jahren ist die

Krankheit im Süden der Vereinigten Staaten aufgetreten, und hier hält man sie auf Grund neuerer Forschungen für eine Infektionskrankheit, die vom Kranken auf Gesunde verbreitet wird, unabhängig vom Maisgenuß, vielleicht unter Mitwirkung von übertragenden Insekten. Als letztere scheint nicht die zuerst verdächtigte Kriebelmücke Simulium, sondern eher die Stechfliege Stomoxys calcitrans bzw. ähnliche Arten in Betracht zu kommen.

c) Leguminosen.

Dieselben sind ausgezeichnet durch reichlichen Eiweißgehalt (23 bis 28%); jedoch fehlt ihnen der Kleber, und deshalb ist eine Brotbereitung nicht möglich, sondern sie sind nur mit sehr viel Wasser entweder in Suppenform mit 90% Wasser, oder in Breiform mit 70—75% Wasser genießbar. Infolgedessen können die Leguminosen niemals in großer Menge und dauernd aufgenommen werden. — Ferner kommt in Betracht die schlechte Ausnutzung (das Eiweiß zu 50—70%), welche um so ungünstiger wird, je größer das genossene Quantum ist. Die übertriebene Empfehlung der Leguminosen als Volksnahrungsmittel berücksichtigt daher viel zu einseitig die Ergebnisse der chemischen Analyse. — Die präparierten Mehle aus Leguminosen sind besser ausnutzbar (Eiweiß zu 85%) und leichter verdaulich; ebenso japanische unter Zuhilfenahme von Gärungen hergestellte Präparate. — Die Sojabohne enthält außer 33% Eiweiß noch 17% Fett; die damit bereiteten chinesischen und japanischen Nationalgerichte haben daher sehr hohen Nährwert.

d) Kartoffeln.

Auf Grund ihres geringen Eiweißgehaltes sind die Kartoffeln vielfach angegriffen und als Nährmittel in Mißkredit gebracht, jedoch mit Unrecht. Man betonte eben früher zu sehr den Wert der Eiweißstoffe für die Ernährung, während Fett und Kohlehydrate gerade so gut notwendige Nährstoffe sind. Zur Lieferung von Kalorien sind die Kartoffeln vorzüglich geeignet; der Körper setzt sich sogar bei Kartoffelnahrung mit geringerer Eiweißzufuhr ins Gleichgewicht als z. B. bei Brotnahrung. Wollte man den Wert der Kartoffeln allein nach der Eiweißlieferung beurteilen, so wäre das nicht anders, als wenn man den Wert des Fleisches nach den in demselben vorhandenen Kohlehydraten beurteilen wollte. — Die Ausnutzung der Eiweißstoffe beziffert sich auf 70, die der Kohlehydrate auf 90%. Die Kartoffeln sind mit Recht ein so beliebtes Nahrungsmittel, weil sie sehr gute, selbst bei häufigerer Wiederholung keinen Widerwillen erregende Geschmacksreize bieten, vielfache Verwendungsarten gestatten und außerdem die Kohlehydrate für verhältnismäßig sehr billigen Preis liefern (s. S. 198). Es ist daher durchaus rationell, wenn man den Nahrungsbedarf neben

dem nötigen Eiweiß (namentlich neben einem gewissen Quantum animalischer Nahrung) wesentlich mit Kartoffeln deckt. Nur bei einem Fehlen sonstiger Eiweißzufuhr und ausschließlicher Kartoffelnahrung treten Ernährungsstörungen auf.

Beim Aufbewahren der Kartoffeln ist darauf zu achten, daß sie nicht erfrieren und nicht keimen. Erfrorene Kartoffeln faulen leicht und haben süßlichen Geschmack. In gekeimten Kartoffeln entsteht das giftige Solanin; und zwar nach neueren Untersuchungen durch bestimmte Bakterien, die in den grauen und schwärzlichen Stellen gekeimter und verdorbener Kartoffeln sich reichlich vorfinden. Auch in gekochten Kartoffeln, die behufs Herstellung von Kartoffelsalat längere Zeit unzweckmäßig aufbewahrt waren, scheinen durch Wucherung (anaerober) Bakterien Toxine entstehen zu können.

e) Die übrigen Gemüse

sind uns wertvoll durch ihre Geschmacksreize, durch ihr großes Volum, das Sättigung herbeiführt, und durch die Anregung der Darmperistaltik. Außerdem führen sie dem Körper größere Mengen Salze zu, die grünen Gemüse insbesondere Eisen. Sie verdienen deshalb volle Berücksichtigung in der Kost, wenn auch ihr sonstiger Nährwert durchweg unbedeutend ist. — Auch die Pilze enthalten im frischen Zustand nur 2—3% Eiweiß, werden überdies schlecht ausgenützt und sind also ähnlich wie die übrigen Vegetabilien zu beurteilen. — Ein Konservieren der Gemüse gelingt teils durch Trocknen und Pressen (Massonsches Verfahren, jedoch unter starkem Verlust an schmeckenden und riechenden Stoffen); oder nach dem Appertschen Verfahren in Blechbüchsen: oder in Haushaltungen z. B. in den Weck-Gläsern: auf dem oberen Rand des gefüllten Glases liegt ein Gummiring und auf diesem ein Deckel, der zunächst nur durch eine Feder von oben schwach angedrückt wird und den Dampf während des Kochens entweichen läßt. Durch die nach dem Kochen erfolgende Abkühlung preßt (wie bei den Soxhlet-Flaschen) der Luftdruck den Deckel keimdicht an. — Die Früchte zeichnen sich aus durch ihren Gehalt an löslichen Kohlehydraten und Fruchtsäuren; sie enthalten mit Ausnahme der Nüsse wenig Eiweiß, dagegen viel Wasser, so daß sie gleichsam den Übergang zu den Getränken bilden. Durch Trocknen oder Hitze sind sie leicht haltbar zu machen.

Anomalien der Gemüse. Zu beachten ist, daß Parasiten und Infektionserreger an den Gemüsen haften können; an Salat, Kohl, Radieschen usw., Bandwurmeier; an denselben Waren und außerdem an Kartoffeln, Rüben, Wurzeln, Erdbeeren, infektiöse Bakterien aus dem gedüngten Boden. — Ferner ist durch Erkrankung der Verkäufer (Grünkramkeller) die Übertragung von Kontagien auf vegetabilische Nahrungsmittel möglich; ebenso durch Besprengen mit ver-

dächtigem Wasser (Rinnsteinwasser). Es ist daher beim Rohgenuß von Gemüsen und Früchten Vorsicht indiziert (namentlich in Typhusgegenden). Dieselben sind sorgfältig zu reinigen, ebenso die dabei benutzten Tische, Tücher und Utensilien der Küche. Soviel als möglich sollten auch die Vegetabilien nur gekocht genossen werden.

Auf die Charakteristik der giftigen und der ungiftigen Pilze kann hier nicht eingegangen werden. Manche Pilze, wie z. B. die Morchel, verlieren ihre Giftigkeit, wenn man die getrockneten Pilze abbrüht und das Brühwasser weggießt.

Die durch Kochen konservierten Gemüse sind vielfach kupferhaltig; sie verlieren ohne Kupferzusatz beim Kochen die frische Farbe; diese bleibt aber, wenn während des Kochens etwas Kupfersulfat zugefügt wird; pro kg sind 25 mg zugelassen (Reverdissage). Um Vergiftungen herbeizuführen, ist diese Menge des Kupfers nicht bedeutend genug.

Als besonders leicht verdauliche Vegetabilien für Kranke und Rekonvaleszenten sind zu empfehlen: Präpariertes Gersten- und Hafermehl, in welchem schon ein Teil der Stärke aufgeschlossen ist. Daraus sind Suppen zu bereiten, für welche höchstens 10 Teile Mehl auf 100 Teile Wasser verwendet werden. Man muß dieselben mindestens $^1/_2$ Stunde kochen lassen, um alle Stärke vollständig zu lösen. Die Suppe enthält dann im Mittel 1·5% Eiweiß und 10% Kohlehydrate; in einer Tasse also etwa 20—25 g Kohlehydrate. — Sollen die Kohlehydrate vermehrt werden, ohne die flüssige Konsistenz zu verändern, so ist beispielsweise Malzextrakt zuzufügen (aus gekeimter Gerste extrahiert). Derselbe enthält etwa 30% Wasser 6—8% Eiweiß, 30% Dextrin und 30% Zucker. Fügt man zwei Eßlöffel davon einer Tasse Suppe hinzu, so vermehrt man den Kohlehydratgehalt um etwa 20 g.

Sobald als möglich sollte, falls größere Mengen Kohlehydrate zu reichen sind, zu breiartigen oder festen Speisen übergegangen werden. Brei von Kartoffeln enthält in einer Tasse etwa 50—60 g Kohlehydrate, ebensoviel Reisbrei mit Bouillon oder Milch bereitet. Semmel, Zwieback, eventuell in Suppen eingeweicht, liefern weit erheblichere Mengen Kohlehydrate als große Volumina flüssiger Nahrung.

6. Genußmittel.

a) Alkoholische Getränke.

α) Bier. Durch Hefegärung ohne Destillation aus Gerstenmalz, Hopfen und Wasser hergestelltes Getränk, das sich im Stadium der Nachgärung befindet.

Das Malz wird erhalten, indem Gerste 2—3 Tage eingeweicht und dann in dichten Haufen bei niederer Temperatur dem Keimen unterworfen wird, wobei sich reichliche Mengen Diastase bilden. In 6—12 Tagen hat der Blattkeim etwa $^3/_4$ der Länge des Korns; dann wird durch Trocknen an der Luft das Luftmalz, durch Trocknen auf der Darre bei 40—80° das Darrmalz hergestellt. Aus dem geschrotenen Malz wird durch Behandeln mit Wasser die Würze (Maische) gewonnen (durch Infusion oder Dekoktion). Die Diastase bewirkt die Umwandlung der ganzen Stärke in Zucker (Maltose) und Dextrin. — Demnächst wird die Würze von den unlöslichen Bestandteilen (Treber) abgeseiht und in Kochpfannen unter Zusatz von Hopfen gekocht.

Der Hopfen besteht aus den weiblichen unbefruchteten Blütendolden von Humulus lupulus. Unter den dachziegelförmig übereinanderliegenden Bracteen der Dolden finden sich kleine goldgelbe klebrige Kügelchen = Lupulin. Diese enthalten Hopfenharz (50—80%), Hopfenbittersäure, als Klär- und Konservierungsmittel wichtig, und Hopfenöl, das den feinen Hopfengeruch liefert. Außerdem enthält der Hopfen noch Hopfengerbsäure.

Beim Kochen der Würze wird diese konzentrierter, das Eiweiß wird — unter Beihilfe der Hopfengerbsäure — abgeschieden, die Diastase wird zerstört, Lupulin gelöst.

Dann wird abgeseiht und im Kühlschiff rasch gekühlt; bei zu langsamer Kühlung erfolgt leicht Milchsäurebildung. Für obergäriges Bier wird die Würze auf 12—18°, für untergäriges auf 3—8° gekühlt. Dann wird sie in Gärbottiche gefüllt und auf 100 Liter $^1/_2$ Liter Hefe (jetzt meist rein gezüchtete Hefenrassen) zugesetzt. Nach 4—12 Tagen wird auf Lagerfässer gefüllt und dort bei einer Temperatur unter 5° eine schwache Nachgärung unterhalten. Zur Klärung werden eventuell Buchenholzspäne, Kochsalz, gärende Würze, oder auch Tannin oder Hausenblase zugesetzt.

Für Bock- und Exportbier werden gehaltreichere Würzen als für sogenanntes Schenkbier verwendet. — Bei 40° gedarrtes Malz gibt die hellen Biere; hoch gedarrtes oder geröstetes Malz die dunklen.

Das Bier enthält: Wasser, CO_2; Alkohol; dann die Stoffe des sog. Extraktes, Reste von Maltose und Dextrin, Pepton, Glyzerin, Milch-, Essig-, Bernsteinsäure, harzige und bittere Stoffe aus dem Hopfen; ferner Salze (besonders phosphorsaures Alkali).

Je nach der Konzentration der Würze, der Beschaffenheit des Malzes, der Anwendung der Infusion oder Dekoktion und dem Verlauf der Gärung finden sich starke Variationen der Zusammensetzung.

Zusammensetzung einiger bekannterer Biere:

	Spez. Gew.	Alkohol	Extrakt	CO_2	Eiweiß	Zucker	Asche
Münchener Spaten	1·0207	3·23	6·61	—	—	—	—
Pilsener	1·0129	3·55	5·15	0·14	0·37	—	0·19
Bockbier	1·0213	4·74	7·20	0·22	0·62	1·25	0·26

Trotzdem sind bestimmte Anforderungen formuliert; Normales Bier soll glanzhell, vollmundig, gut moussierend sein. Der Alkoholgehalt soll 1·5—6 Gewichtsprozente, der Extrakt 2—8% ausmachen; auf 1 Teil Alkohol sollen 1·2—1·6 Teile Extrakt kommen, am besten 1·6—1·8; Glyzerin soll höchstens zu 0·5% vorhanden sein.

Das Bier ist vorzugsweise Genußmittel; nur bei Aufnahme großer Quantitäten kommt ein Nährwert in Betracht, indem es dann einen nicht unerheblichen Teil des Bedarfs an Kohlehydraten deckt. — Die Ausnutzung der Nährstoffe ist zweifellos eine fast vollständige. Die Magenverdauung wird durch Bier etwas verlangsamt.

Der Konsum beträgt pro Kopf und Jahr (1901—05) in Deutschland 119, in England 133, in Bayern 220, in Österreich 42, in Frankreich 36 Liter.

Anomalien und Fälschungen. Im Bier liegt ein künstliches Präparat vor, das auch bei normaler Beschaffenheit in dem Alkohol und in den zur Unterhaltung der Nachgärung notwendigen Mikroorganismen differente, nicht unbedenkliche Bestandteile enthält. Schlechtes Bekommen ist daher bei empfindlichen Individuen leicht möglich, selbst wenn das Bier vollkommen gut ist. Außerdem aber kann, wenn auch gegen früher durch die Verwendung rein gezüchteter Hefen (s. Kap. X) der Brauprozeß sich besser regeln läßt, letzterer doch leicht etwas abnorm verlaufen, ohne daß darum eine Fälschung vorliegt; und solches Bier kann bei vielen Menschen Störungen hervorrufen. So z. B. führt ein etwas höherer Gehalt an Hopfenharz, der sich namentlich im Jungbier findet, zu heftiger und schmerzhafter Reizung der Blase; Bestreuen des Bieres mit etwas gepulverter Muskatnuß schützt erfahrungsgemäß gegen diese Affektion.

Im allgemeinen ist daher ein gewisses Risiko mit dem Genuß dieses Präparates immer verbunden. Zweifellos führen aber Anomalien und Fälschungen des Bieres viel leichter zu Störungen der Gesundheit wie normales Bier, und erfordern daher auch vom hygienischen Standpunkt eine gewisse Berücksichtigung.

Als billigere Surrogate werden verwendet: Stärke oder Stärkezucker statt des Malzes; Pikrinsäure, Enzian, Wermut, Colchizin, Quassia usw. anstatt des Hopfens; Glyzerin zur künstlichen Herstellung der Vollmundigkeit des Bieres; Alaun oder Schwefelsäure zur künstlichen Klärung trüben Bieres.

Alle diese Surrogate sind teils giftig, teils täuschen sie für schlechte und nicht haltbare Präparate eine gute Beschaffenheit vor.

Bei schlechter Aufbewahrung und unreinlichem Betrieb entstehen ferner abnorme Gärungen (hefetrübe und bakterientrübe Biere), die zu Verdauungsstörungen Anlaß geben.

Sauer gewordenes Bier wird wohl mit kohlensaurem Alkali versetzt, um das äußere Symptom des sauren Geschmacks zu korrigieren.

Ferner wird schlecht haltbarem Bier saurer schwefligsaurer Kalk bzw. Salizylsäure zugesetzt. Beide wirken in den in Frage kommenden Dosen nicht schädlich, verdecken aber die Minderwertigkeit des Präparates, ohne daß der Entwicklung schädigender Mikroorganismen entsprechend vorgebeugt wird.

Versandbiere werden durch Pasteurisieren haltbar gemacht. — Dunkle

Biere sind oft mit Zuckercouleur gefärbt, in manchen Gegenden mit Wissen und Willen des Publikums.

Nachweis der Anomalien des Bieres. Die normale Beschaffenheit des Bieres wird vor allem durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, der Alkohol- und der Extraktmengen ermittelt. — Das spezifische Gewicht des durch Schütteln im offenen Kölbchen von der CO_2 befreiten Bieres wird im Pyknometer oder mit der WESTPHALschen Wage bestimmt. Der Alkohol durch Destillation von 75 ccm mit Alkali neutralisierten Bieres, bis 50 ccm abdestilliert sind, die direkt ins Pyknometer einfließen; durch Wägung in letzterem erhält man die Gewichtsprozente Alkohol mit Hilfe von Tabellen. — Zur Extraktbestimmung werden 5 g Bier in einer Trockenente im Ölbad 3 Stunden auf 85° im trockenen Luftstrom erwärmt, dann 4 Stunden über SO_4H_2 getrocknet. — Oder indirekt nach BALLING: 100 ccm Bier werden auf dem Wasserbad zur Hälfte eingedampft zur Verjagung des Alkohols, dann mit Wasser aufgefüllt und wieder das spezifische Gewicht bestimmt.

Die einzelnen Bestandteile des Extrakts, namentlich das Glyzerin, sind nur schwierig zu ermitteln. Am einfachsten ist noch die Phosphorsäurebestimmung, die durch direkte Titrierung mit Uranlösung, wie im Harn, geschehen kann und oft Aufschluß über Verwendung von Malzsurrogaten gibt. — Der Säuregrad des Bieres wird durch Titrieren mit $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge bestimmt, nachdem die CO_2 durch Erwärmen entfernt ist.

Stärkezucker ist nachweisbar mit Hilfe der Dialyse des Bieres durch Pergament; das Dextrin bleibt zurück, das Amylin, die unvergärbare, rechtsdrehenden Bestandteile des Stärkezuckers gehen durch; es wird dann mit Hefe vergoren und im Polarisationsapparat geprüft.

Zum Nachweis der Pikrinsäure wird das eingedampfte Bier mit Alkohol, dann mit Äther extrahiert, die ätherische Lösung verdampft und mit Cyankalium bzw. Zucker auf Pikrinsäure geprüft. — Die übrigen Hopfensurrogate sind nur durch kompliziertes Verfahren nachweisbar.

Salizylsäure wird durch Ausschütteln des Bieres mit Äther, Verdampfen und Prüfen mit Eisenchlorid erkannt.

Das Ausschänken des Bieres geschieht vielfach mittels der Bierdruckapparate. Dieselben benutzen entweder Luft zur Pression; indes wird das Bier rasch schal, und die Entnahmestelle für die Luft ist oft nicht einwandfrei. Besser ist die jetzt verbreitete Sitte, Zylinder mit komprimierter Kohlensäure zu benutzen, die unter Einschaltung von Druckregulatoren durch Zinnrohre und Schläuche mit dem Faß in Verbindung stehen, so daß durch den Druck der CO_2 auf die Oberfläche des Bieres letzteres zum Schanktisch aufsteigt. Die Apparate und sämtliche Verbindungen an denselben müssen aber peinlich sauber gehalten werden und überall der Reinigung zugänglich sein. Die Rohre sollen aus bleifreiem Zinn hergestellt sein.

β) Wein. Überreife Trauben werden entbeert, gequetscht; der Saft bleibt einige Tage mit Hülsen und Kernen in Berührung, um namentlich die Bukettstoffe aufzunehmen. Der Weißwein wird dann durch Treten oder Maschinen ausgepreßt; beim Rotwein wird erst nach der Gärung gepreßt, weil nur der gesäuerte Alkohol den roten

Farbstoff löst. — Den Most läßt man entweder mit der Hefe, welche sich zufällig auf den Beeren angesiedelt hatte, oder durch Zusatz rein gezüchteter Hefen bei gutem Luftzutritt gären. Nach 10—30 Tagen folgt auf Lagerfässern die 3—6 Monate dauernde Nachgärung. — Das Klären geschieht beim Weißwein durch Hausenblase, beim Rotwein durch Eiweiß (Milch, Blut, Gelatine) oder Kaolin.

Mittlere Zusammensetzung einiger Weinsorten:

	Spez. Gew.	Alkohol	Säure (als Weins.)	Zucker	Extrakt	Farb- u. Gerbstoff	Asche
Moselwein	0·9977	12·1	0·608	0·204	1·885	—	0·203
Rheingauwein . . .	0·9958	11·5	0·455	0·378	2·299	—	0·169
Pfälzer Wein . . .	0·9956	11·6	0·534	0·522	2·390	—	0·162
Franz. Rotwein . .	0·9947	9·6	0·589	0·616	2·341	0·616	0·217
Portwein	1·0045	16·4	0·47	3·99	6·17	0·17	0·29
Champagner	1·04	9·2	0·58	10·7	11·20	0·06	0·14

Der fertige Wein enthält folgende Bestandteile (s. Tabelle): Alkohol 9—12% (Dessertweine mehr); Extrakt zirka 2·0%; Zucker 0·1—0·8%; Farb- und Gerbstoff bis 0·2%; Asche 0·2%; Wasser 85—88%; spezifisches Gewicht 0·99—0·997. — Ferner Essigsäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure (auch frei), Weinsäure (gebunden); Glyzerin, Önanthäther (Kaprin- und Kaprylsäureester), Aldehyd. Der Wein ist demnach kein Nahrungsmittel, sondern lediglich Reiz- und Genußmittel.

Anomalien und Fälschungen. Früher wendete man bei der Weinbereitung mancherlei Zusätze an, zum Teil in der Absicht, ein besseres und bekömmlicheres Präparat herzustellen. So

a) Das Chaptalisieren. Zu saurer Most wird mit Marmorstaub neutralisiert und vor der Gärung mit Zucker versetzt.

b) Gallisieren. Herstellung eines Normalmostes mit 24% Zucker, 0·6% Säure und 75·4% Wasser durch Zusatz von Wasser und Zucker. Eventuell durch den geringeren Gehalt an Aschenbestandteilen nachweisbar. In Deutschland jetzt verboten.

c) Pétiotisieren. Sehr verbreitet, seit die Phylloxera ihre Verheerungen angerichtet hat. Die Trester (Schalen und Kerne) werden wiederholt mit Zuckerwasser vergoren. Es entstehen bukettreiche Weine mit wenig Säure, feurig und schön von Farbe; der zu geringe Gerbstoffgehalt wird durch Tanninzusatz korrigiert. Sehr haltbar. — Oft durch die Analyse nicht von reinem Weine zu unterscheiden und bis zu einem gewissen Grade zulässig, falls reines Material genommen wird (in Süddeutschland zur Bereitung von „Haustrunk" beliebt).

Häufig erfolgte Gipszusatz zum Most; dadurch wird Wasser entzogen, die Klärung befördert, die Farbe verbessert, die Haltbarkeit erhöht. Die Weinsäure wird allerdings teilweise ausgefällt und dafür saures Kaliumsulfat in den

Wein gebracht. In Deutschland und Österreich verboten, in anderen Ländern gebräuchlich.

Ferner wird oft durch Pasteurisieren konserviert. — Zuweilen wurde Scheelisieren angewendet, d. h. Zusatz von 1—3% Glyzerin, um dem Wein mehr Körper zu geben und ihn den gelagerten Weinen ähnlicher zu machen. — Oft wurden fremde Farbstoffe, namentlich beim Pétiotisieren, zugesetzt (Malven, Heidelbeeren, Fuchsin usw.), nicht selten auch künstliches Weinbukett oder Alkohol (Vinage).

Bei der Beurteilung dieser Fälschungen vom rein hygienischen Standpunkt kommen ähnliche Gesichtspunkte in Betracht, wie bei der Beurteilung der Anomalien des Bieres. Für empfindliche Individuen ist schon der Genuß normalen Weins leicht mit Gesundheitsstörungen verknüpft; abnorme Präparate, namentlich mit schlechtem Stärkezucker aufgebesserte oder mit künstlichem Bukett versehene, wirken indes bereits in ungleich kleinerer Quantität schädlich und sind deshalb zu beanstanden. — Gegen alle nachteiligen Zusätze und Fälschungen schützt in Deutschland das Weingesetz vom 7. April 1909.

Dieses Gesetz bestimmt u. a.:

Moste, die einer Verbesserung nicht bedürfen, dürfen nicht mit Zuckerwasserlösung versetzt werden. Moste mit normalem Säuregehalt, aber geringem Zuckergehalt dürfen nur trocken gezuckert werden. Der Zusatz von Zuckerwasser darf in keinem Falle mehr als 20% der gesamten Flüssigkeit betragen. In allen Fällen darf nur technisch reiner, nicht färbender Rüben-, Rohr-, Invert- oder Stärkezucker verwendet werden. — Es ist gestattet, Wein aus Erzeugnissen verschiedener Herkunft oder Jahre herzustellen (Verschnitt). Dessertwein (Süd-, Süßwein) darf jedoch zum Verschneiden von weißem Wein anderer Art nicht verwendet werden.

Die Untersuchung des Weins erfolgt ähnlich wie beim Bier durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, des Alkohol- und Extraktgehaltes. Die freie Säure kann mit Normalalkalilösung titriert werden.

Nachweis einiger Fälschungen. Stärkezuckerzusatz ist durch den Polarisationsapparat zu erkennen. Reine Weine drehen die Polarisationsebene gar nicht oder infolge vorhandener Lävulose etwas nach links. Im Stärkezucker sind dagegen unvergärbare rechtsdrehende Stoffe (Amylin) und damit behandelte Weine zeigen daher starke Rechtsdrehung.

Gipszusatz wird erkannt durch die Bestimmung der Schwefelsäure. Die Asche stark gegipster Weine zeigt keine oder sehr schwache Alkaleszenz.

Um fremde Farbstoffe aufzufinden, kann man einige Tropfen des Weins auf ein Stück gebrannten fetten Kalks fallen lassen; bei reinem Wein entstehen dunkelgelbbraune Flecken, bei gefärbtem rötliche oder violette Nuancen. Oder man setzt dem Wein eine Mischung von gleichem Volum gesättigter Alaun- und 15%iger Natriumacetatlösung zu; bei größeren Mengen von Heidelbeer- oder Malvenfarbstoff tritt blauviolette Färbung ein (Nesslers Probe). Auch beim Versetzen mit Kalk gesättigter Brechweinsteinlösung treten Farbenunterschiede hervor. — Genauer Nachweis kleinerer Beimengungen erfordert komplizierte Methoden.

γ) Branntwein. Aus verschiedenstem zuckerhaltigem Material oder auch aus stärke- und zellulosehaltigem, nach Behandlung mit ver-

dünnter Schwefelsäure bzw. Diastase, werden durch Hefezusatz alkoholhaltige Flüssigkeiten gewonnen, die dann destilliert werden, um Flüssigkeiten von höherem Alkoholgehalt herzustellen. Hauptsächlich werden Kartoffeln benutzt, aber auch Früchte (Kirschen, Pflaumen, deren Kerne Bittermandelöl liefern); oder Zuckerrohrmelasse (Rum); oder Reis (Arak); oder Wein (Kognak); oder Korn (Nordhäuser, Whisky, Genever).

Die Branntweine enthalten 35—75% Alkohol; die feineren sind vielfach durch Methyl- und Äthylester der niederen Fettsäuren (Kognakaroma usw.) gefälscht. Am bedenklichsten ist ihr Gehalt an Fuselöl (Gemenge von Propyl-, Amyl-, Butylalkohol und Furfurol), das im normalen Branntwein höchstens zu 1 Promille enthalten ist und bei stärkerem Gehalt (rasche Destillation) Übelkeit und Kopfschmerzen erzeugt. — Giftige Wirkung kommt auch zustande durch stärkeren Zusatz von Methylalkohol (Sehstörungen, Pupillenerweiterung, Erbrechen, Dyspnoe, Kollaps), der z. B. durch Destillation des mit Methylalkohol und Pyridinbasen denaturierten Spiritus erhalten werden kann.

Der Nachweis des Fuselöls kann entweder schon durch den Geruch geschehen, wenn eine Probe des Branntweins zwischen den Händen zerrieben wird; genauer durch die Steighöhe des Branntweins in engen Kapillarröhren mit Skaleneinteilung; am sichersten durch Ausschütteln mit Chloroform und Beobachtung der Volumzunahme des letzteren in besonderen Apparaten (Röse).

b) Kaffee, Tee, Kakao.

Kaffee. Die Samen der Kaffeestaude enthalten nach Entfernung der fleischigen Hülle 10% Eiweiß, 15—16% Fett, 5% Asche, ätherisches Öl, Gerbsäure, Zucker und 1% Koffein (Thein). Letzteres ist ein Alkaloid (Methyl-Theobromin bzw. Trimethylxanthin), welches leichte nervöse Erregung hervorruft. — Vor dem Brennen sind die Bohnen schwer zu pulvern und die Dekokte haben zu stark adstringierenden Geschmack. Brennen (bei 200—250°) führt zu teilweiser Zerstörung der Holzfaser, des Zuckers und der Gerbsäure und zu einer Bildung empyreumatischer Substanzen, namentlich des Kaffeols, eines Öls, das sich an der exzitierenden und wahrscheinlich an der nicht unbeträchtlichen antibakteriellen Wirkung des Kaffees beteiligt.

In einer Tasse Infus, aus zirka 8 g Bohnen bereitet, finden sich etwa 1 g Nährstoffe und 0·1 g Koffein, so daß also von einer nährenden Wirkung, selbst beim Genuß großer Quantitäten, nicht die Rede sein kann. Ebensoweinig übt das Koffein einen sparenden Einfluß auf den Stoffumsatz im Körper aus. — Dagegen können durch Mischung des Kaffeeinfuses mit Milch und Zucker nicht unerhebliche Nährstoffmengen eingeführt werden.

Fälschungen finden hauptsächlich statt bei schon gemahlenem Kaffee, der nur auf zuverlässigster Bezugsquelle entnommen werden sollte. Surrogate wie Zichorien, Feigen, Malz usw. bieten wohl brenzlichen Geruch und Geschmack, aber kein Koffein oder Kaffeol, und selbstverständlich sind sie auch nicht als Nährmittel anzusehen. Sacca- oder Sultankaffee ist aus den fleischigen Hüllen der Kaffeefrucht hergestellt und enthält nur Spuren von Koffein. Auch richtige Kaffeebohnen, denen aber das Koffein entzogen ist, kommen in Handel.

Tee. Die getrockneten Blätter des Teestrauchs enthalten mindestens 30% feste Substanz, 3·0—2·0% Asche, mindestens 7% Gerbstoff; 0·5—2·0% Koffein. Letzteres ist für die Wirkung des Tees maßgebend, die der des Kaffees sehr ähnlich, aber insofern milder ist, als die empyreumatischen Substanzen des Kaffees fehlen. — Eine Tasse Infus, aus 6—8 g Tee bereitet, enthält noch etwas weniger Nährstoff und Koffein, als das eben erwähnte Kaffeeinfus.

Fälschungen mit anderen Blättern werden durch vergleichende Untersuchung der mit lauwarmem Wasser befeuchteten und auf einer Glasplatte ausgebreiteten Blätter unter Zuhilfenahme von Lupe und Mikroskop unschwer erkannt. — Schwieriger ist die sehr häufige Fälschung des Tees mit schon extrahierten und wieder getrockneten Teeblättern zu entdecken; die oben angegebenen Grenzzahlen des Gehalts normalen Tees an verschiedenen Stoffen liefern hierfür Anhaltspunkte.

Kakao. Die von Keimen und Schalen befreiten, durch Rösten und Zusammenschmelzen präparierten, pulverisierten Kakaobohnen enthalten: 16% Eiweiß, 50% Fett (Kakaobutter von 30—34° Schmelzpunkt), 3—4% Asche, 1·5% Theobromin.

Letzteres ist Dimethylxanthin, dem Koffein nahe verwandt und auch in der Wirkung demselben ähnlich. Da der übergroße Fettgehalt belästigt, wird gewöhnlich entölter Kakao mit ca. 35—30% Fett verwendet. Eine vollständigere Entölung liegt nicht im hygienischen Interesse. — Holländischer Kakao enthält dadurch, daß die Bohnen mit Pottasche, Soda oder Magnesia behandelt sind, mehr lösliche Substanzen. — Eine Tasse Kakao, aus 15 g bereitet, enthält ca. 2 g Eiweiß, 4 g Fett und 4 g Kohlehydrate. Die Theobrominmengen sind so geringfügig, daß ein nervöser Einfluß fast ganz in Fortfall kommt. Ein gewisser Nährwert ist vorhanden, wird aber meist überschätzt.

Unter Schokolade versteht man eine Mischung von Kakao mit Zucker, Gewürzen, Stärke usw.; sie enthält im Mittel 1·5—2·0% Wasser, 9% Eiweiß, 0·6% Theobromin, 15% Fett, 60% Zucker, 2% Asche. Eine Tasse aus 15 g bereitet liefert 1 g Eiweiß, 2 g Fett, 10 g Zucker.

c) Tabak.

Die reifen Blätter der Tabakpflanze werden getrocknet, in großen Haufen einer Gärung unterworfen, bei welcher CO_2, NH_3, HNO_3 entsteht. Meist werden sie mit KNO_3 imprägniert, um die Verbrennlichkeit zu erhöhen. Dann müssen die Blätter lagern; dabei erfolgt teilweise Oxydation der organischen Substanzen. Die Lagerung darf nicht zu lange dauern, da sonst auch Nikotin und ätherisches Öl verloren geht. Der wichtigste Bestandteil ist das Nikotin $C_{10}H_{14}N_2$, ein farbloses, sehr giftiges Öl.

Im Tabaksrauch finden sich Nikotin, Pyridinbasen und regelmäßig Kohlenoxydgas als giftige Bestandteile; außerdem flüchtige Fettsäuren und Kohlenwasserstoffe.

Im syrischen Tabak, der stark betäubend wirkt, findet sich allerdings kein Nikotin; ferner im Havannatabak weniger, als in schlechten Rauchtabaken; auch tritt in abgelagerten Zigarren starker Nikotinverlust ein. Demnach hängt die Wirkung des Tabaks nicht ausschließlich vom Nikotingehalt desselben ab; Pyridinbasen und andere Rauchbestandteile sind jedenfalls bei der Wirkung beteiligt. Immerhin scheinen die neuerdings hergestellten fast nikotinfreien Tabake viel leichter vertragen zu werden.

Die Gesamtwirkung des Rauchtabaks besteht in einer leichten Erregung des Nervensystems, die bei einiger Gewöhnung je nach der Wahl des Tabaks und der Menge des Verbrauchs dem individuellen und zeitlichen Bedürfnis vortrefflich angepaßt werden kann. Bei Tabaksmißbrauch beobachtet man nervöse Herzschwäche, Skotome, Unempfindlichkeit für Farben usw.

Bei empfindlichen, nicht gewöhnten Individuen vermag der Tabaksrauch zweifellos toxische Symptome, Kopfschmerzen, Reizungserscheinungen in Schlund und Magen hervorrufen. Mit Rücksicht hierauf ist das Rauchen in allen öffentlichen, nicht ausdrücklich für Raucher bestimmten Räumen unbedingt zu verbieten.

d) Gewürze.

Über ihre Wirkung s. S. 176. Speziell erwähnt seien:

Der Pfeffer. In den Handel kommt schwarzer und weißer Pfeffer; ersterer ist die unreife getrocknete Beere, letzterer die reife Frucht des Pfefferstrauchs. Enthält ca. 1% scharfes ätherisches Öl und eine schwache organische Base, das Piperin. Der gepulverte Pfeffer ist sehr oft verfälscht und sollte nie gekauft werden. — Cayennepfeffer ist der Samen einer anderen südamerikanischen Pflanze, Capsicum baccatum.

Senf. Aus den Senfsamen von Sinapis nigra und alba gewonnen. Die Körner werden in der Senfmühle unter Zusatz von Weinessig fein gerieben. Oft noch Zusätze von Zimt, Nelken usw.; dem englischen Senf wird Cayennepfeffer zugefügt. Im Senfsamen ist myronsaures Kalium enthalten; daneben Myrosin als Ferment; beim Anmachen des Senfmehls mit Wasser entsteht Senföl, Zucker und Kaliumsulfat. Das Senföl ($C_3H_5 \cdot N \cdot C \cdot S$), das zu 0·3—1·0% im Senf enthalten ist, liefert den scharfen Geruch oder Geschmack. Es wirkt energisch antiseptisch, z. B. auf Milzbrandbazillen schon völlig hemmend bei einer Konzentration von 1:33 000. — Der Senf ist sehr vielen Verfälschungen ausgesetzt, die am besten durch mikroskopische Untersuchung, bzw. durch Bestimmung des S erkannt werden.

Essig. Durch Oxydationsgärung aus Branntwein, Wein, verdorbenem Bier gewonenn; enthält im Mittel 4% Ac; daneben Extraktivstoffe. — Verfälschung hauptsächlich mit Schwefelsäure und Salzsäure.

Literatur: Genaueres über die hygienisch weniger wichtigen Nahrungs- und Genußmittel s. in den neu erschienenen Handbüchern der Hygiene von Rub-

NER, GRUBER und FICKER, im Lehrb. der Militärhygiene von BISCHOFF, HOFFMANN, und SCHWIENING, Berlin 1910; sowie in den oben zitierten Werken von FORSTER, KÖNIG, LEHMANN; ferner betreffs der Untersuchungsmethoden: Vereinbarungen betreffs der Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln, Berlin 1897. — KÖNIG, l. c. — Die gesetzlichen Vorschriften siehe in den „Veröff. des Kaiserl. Gesundheitsamts".

Sechstes Kapitel.

Kleidung und Hautpflege.

Die Seite 45 geschilderte Wärmeregulierung des Körpers reicht nicht aus, um denselben unter allen Verhältnissen gegen eine zu starke Wärmeabgabe zu schützen. Wir sehen daher, daß alle Menschen je nach den klimatischen Verhältnissen, unter denen sie leben, sich mit mehr oder weniger Kleidung umgeben und bei Schwankungen der Witterung durch die Kleidung eine Verminderung, dann aber auch eine Regulierung der Wärmeabgabe herbeizuführen versuchen.

In unserem Klima bedürfen wir einer sehr erheblichen Menge von Kleidung; die des Mannes wiegt im Sommer etwa 3, im Winter 7 kg, die der Frau etwas mehr. Ferner hat die wie gewöhnlich locker anliegende Kleidung im Mittel eine Schichtdicke von 8·6 mm; den weit überwiegenden Volumteil derselben macht aber die zwischen den einzelnen Schichten der Kleidung eingeschlossene Luft aus.

Die Kleidung besteht zum kleinsten Teil aus dichten ungewebten Stoffen; gewöhnlich werden Stoffe benutzt, die aus vegetabilischen Fasern, oder aus Haaren von Tieren, oder aus Seidenfäden gewebt und porös, mit Zwischenräumen zwischen den einzelnen Fasern versehen sind.

Unter den Eigenschaften der Kleiderstoffe unterscheidet man — nach RUBNER, dessen Arbeiten der folgenden Darstellung zugrunde liegen — die primären, welche den Stoffelementen als solchen zukommen; und andererseits die sekundären, welche nach der Verarbeitung des Stoffes zum Gewebe und wesentlich nach Maßgabe der Art der Verarbeitung zutage treten.

Eigenschaften der Stoffelemente der Kleidung.

Die Stoffelemente zeigen ein charakteristisches Verhalten unter dem Mikroskop, ferner meistens ein chemisches Verhalten, das zu ihrer

Erkennung beiträgt. Physikalisch unterscheiden sich die Stoffelemente namentlich durch ihr hygroskopisches Verhalten, ihre Benetzbarkeit durch Wasser und ihr Leitungsvermögen für Wärme.

Das mikroskopische Verhalten ist folgendes:

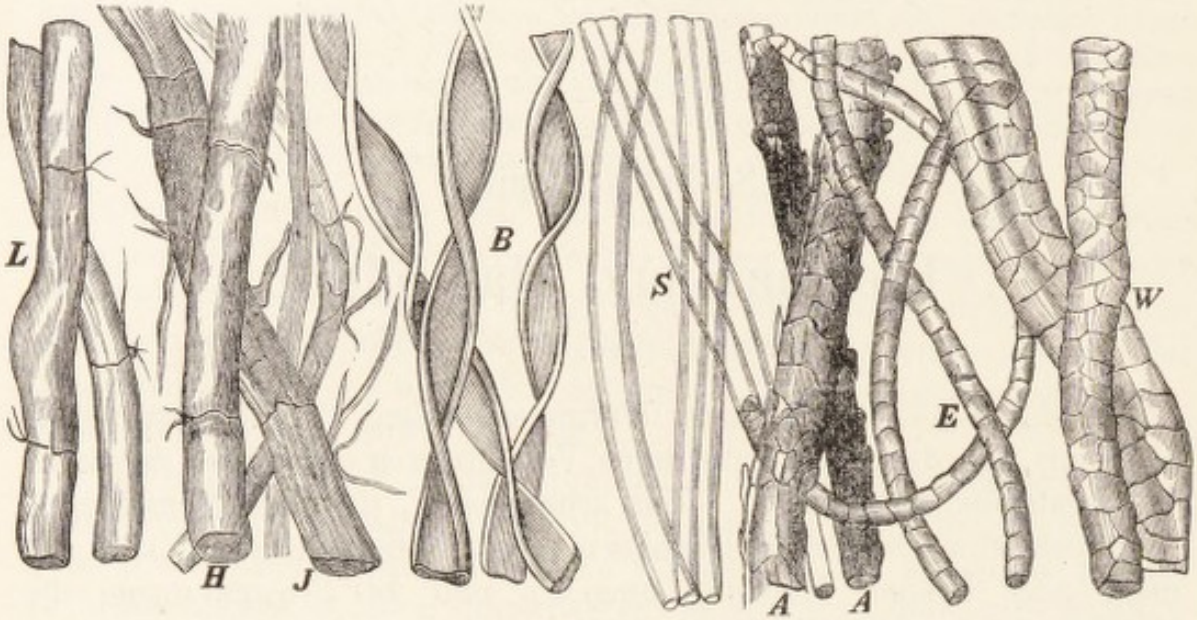


Fig. 44. Elemente der Kleidung. 150:1.
L Leinenfaser. *H* Hanffaser. *J* Jutefaser. *B* Baumwollfaser. *S* Seide. *A* Alpakawolle. *E* Elektoralwolle. *W* Schafwolle.

Aus vegetabilischen Fasern (Gefäßbündel aus Blättern, Stengeln, Wurzeln oder Samenhaare) bestehen:

a) Baumwolle (Kattun, Shirting, Musselin, Tüll, Köper, Barchent usw.). Samenhaare verschiedener Gossypiumarten. Plattgedrückte, meist gewundene Fasern (Fig. 44*B*), 0·02—0·05 m lang, von 0·012—0·042 mm Durchmesser, an einem Ende kegelförmig zugespitzt, am anderen stumpf abgerundet. Im Innern ist ein lufterfüllter Hohlraum; die Zellwand ist von beträchtlicher Mächtigkeit.

b) Leinen. Hergestellt aus der Bastfaser von Flachs (Linum usitatissimum). Das Bastgewebe des Flachsstrohs wird von der Oberhaut und dem Holzkörper getrennt durch einen Fäulnisprozeß (Rösten); dann wird die Trennung durch Klopfen, Brechen und Schwingen, schließlich durch Hecheln vervollständigt. Gut gehechelte Flachse zeigen unter dem Mikroskop nur Bastzellen, die bis 4 cm lang und 0·01—0·02 mm breit sind. Das Lumen ist meist auf eine dunkle Linie reduziert, stellenweise ganz verschwunden; die Faser ist walzenförmig, längsgestreift.

c) Hanf und Jute, aus Bastzellen von Cannabis sativa bzw. indischen Tiliaceen hergestellt, übrigens wie beim Flachs zubereitet; selten zu Kleidung verwendet. Faser starrer, Wand dicker.

Aus tierischen Materialien besteht:

a) Wolle; gewöhnlich wird die Schafwolle benutzt. Je nach der Rasse ist die Wolle durch Länge, Kräuselung und Feinheit des Haares unterschieden. Im Rohzustand ist sie stark mit Schweiß und Fett verunreinigt. Bei der Entfettung durch Waschen mit Wasser und später mit alkalischen Flüssigkeiten verliert sie 20—70%. Die Haare der gereinigten Wolle sind 4—32 cm lang, 0·014

bis 0·06 mm dick; unter dem Mikroskop zeigen sie eine epithelartige Membran, die aus dünnen, sich dachziegelähnlich deckenden Cuticularplättchen besteht, so daß die Oberfläche ein schuppiges, tannenzapfenartiges Aussehen erhält (Fig. 44*W*). Bei altem, getragenem Wollstoff zerfällt die Faser in Fibrillen, die Vorsprünge verschwinden, die Querstreifung wird weniger deutlich. — Die kurze, stark gekräuselte Wolle liefert die sogenannte Streichwolle (Flanell, Fries, Buckskin); die Kammwolle liefert das Material zu glatten Wollzeugen aus langen, sehr festen Haaren.

Häufig werden gemischte Gewebe benutzt. — Erwähnt sei besonders die jetzt sehr verbreitete Kunst- oder Lumpenwolle (Mungo, Shoddy). Diese wird durch Zerreißen oder Zerkratzen von Wollumpen und Mischen mit neuer Schafwolle zu Geweben verarbeitet. Oft sind auch Leinen- und Baumwollabfälle hineingemengt, während in anderen Fällen diese Fasern der Lumpen durch Karbonisierung (Säureeinwirkung) zerstört werden, so daß nur die Wollfasern übrig bleiben. Äußerlich ist Lumpenwolle von neuer Wolle nicht zu unterscheiden, dagegen wohl durch das Mikroskop.

b) Seide. Aus Absonderungen der Seidenraupe gewonnen. Die im Frühjahr aus dem Ei hervorgekrochene Raupe spinnt sich nach mehrmaliger Häutung zur Verpuppung ein. Dazu sondert sie durch zwei schlauchförmige Drüsen ihres Kopfes eine klebrige Flüssigkeit in Form von zwei Fäden ab, die sich zu einem Doppelfaden vereinigen, und dieser bildet ununterbrochen fortlaufend den Kokon, welcher die Puppe umgibt. In 12—21 Tagen ist aus der Puppe ein Schmetterling geworden. Dieser wird vor dem Durchbrechen des Kokons getötet, falls man letztere gewinnen will. Der Faden wird dann vorsichtig abgewickelt und liefert die Rohseide. — Unter dem Mikroskop stellen die Fäden zylindrische, solide und homogene Fasern von 0·008—0·02 mm Dicke dar. — Es kommen Beimengungen von „künstlicher" Seide vor, bestehend aus feinsten Fäden von Nitrozellulose, die nachher denitriert wird.

In bezug auf das chemische Verhalten der Kleiderstoffe seien folgende Reaktionen erwähnt:

Tierische Fasern lösen sich beim Kochen in mäßig konzentrierter Kalilauge auf, sie färben sich nachhaltig (waschecht) mit Pikrinsäure und mit Anilinfarben, brennen angezündet nicht fort, liefern eine feste schwammige Kohle und starken Geruch von verbrannten Haaren oder Federn. In Kupferoxydammoniak bleibt Seide unverändert; Wolle quillt etwas.

Vegetabilische Fasern lösen sich nicht in Kalilauge, färben sich nicht dauernd in Pikrinsäurelösung, brennen angezündet fort, geben dabei eine leicht zerfallende Asche und keinen intensiven Geruch. In Kupferoxydammoniak ist Baumwolle leicht löslich; Leinwand quillt nur. Ein kleines Stück Gewebe aus Pflanzenfasern wird mit ca. 2 ccm konzentrierter Schwefelsäure übergossen: auf Zufügung von 2 Tropfen gesättigter wäßriger Thymollösung entsteht purpurrote Färbung der Flüssigkeit.

Seide und Wolle sind durch die leichtere Lösung der ersteren in Salpetersäure und Ammoniak erkennbar. — Baumwolle und Leinen unterscheidet man durch kurzes Eintauchen in englische Schwefelsäure. Die Baumwollenfäden werden gallertartig bzw. gelöst. Die Leinenfäden bleiben unverändert.

Das Wärmeleitungsvermögen der Stoffelemente beträgt bei Baumwollfasern 29·9 (das der Luft = 1 gesetzt), bei Leinenfasern ungefähr ebensoviel, bei Wollfasern 6·1, bei Seide 19·2.

Eigenschaften der zu Geweben verarbeiteten Kleiderstoffe.

Die Fasern der Kleiderstoffe sind entweder durch Weben oder Wirken zu Geweben vereinigt; beim Weben bilden die in der Längsrichtung parallel gelagerten Fasern die Kette, die mit diesen sich rechtwinklig kreuzenden den Einschlag. In der Wirkerei werden die Fäden in Form von Maschen verschlungen; die so hergestellten Trikotstoffe zeigen viel größere Dehnbarkeit.

Folgende Eigenschaften der Gewebe kommen in Betracht:

1. der mikroskopische Aufbau (in Schnitten nach Zelloidineinbettung untersucht). Bei Wollstoff finden sich reichlich Lücken und Lufteinschlüsse; bei Leinen und Seidenstoffen sind die Zwischenräume sehr viel enger.

2. Die Dicke der Stoffe. Glatte Leinen- und Seidenstoffe haben 0·16—0·4 mm Dicke, Trikotgewebe 0·6—1·2 mm, Wollflanelle 2—3 mm, Überzieherstoffe 6—7 mm. Die Dicke wird gemessen mit Rubners Sphärometer.

3. Spezifisches Gewicht und Luftgehalt. Durch Wägung von z. B. je 5 qcm ergibt sich das Flächengewicht; dieses multipliziert mit der Dicke ergibt das Gewicht von 1 ccm = spez. Gewicht. Letzteres dividiert durch das spez. Gew. der festen Masse (= 1·3) gibt das Porenvolum oder den Luftgehalt. Dieser beträgt bei Leinen zirka 40, bei Trikotgewebe 70—80, bei Flanell 90%. Durch Plätten, Stärken, Appretieren (Imprägnieren mit $MgSO_4$) werden die Stoffe fast luftfrei.

Von dem Luftgehalt hängt wesentlich ab:

4. die Komprimierbarkeit der Stoffe, diejenige Eigenschaft der Kleidung, durch welche Stoß und Druck auf Körperstellen abgeschwächt werden sollen; außer dem Luftgehalt, der durch die Webweise bestimmt wird, kommt noch die Dicke der Stoffe und bis zu einem gewissen Grade auch ihre Elementarzusammensetzung für diesen Schutz in Betracht. Die meisten Kleiderstoffe sind etwa bis auf $^1/_3$ komprimierbar.

5. Von den Beziehungen der Kleiderstoffe zur Feuchtigkeit und zum Wasser interessiert zunächst das hygroskopische Verhalten. Entsprechend der relativen Feuchtigkeit der Luft wird von allen Stoffen Wasserdampf unter Wärmeentwicklung aufgenommen. 100 Teile Wolle adsorbieren bei 100% Luftfeuchtigkeit 28 g Wasserdampf, Seide 17, Baumwolle 12 g.

In bezug auf die Benetzbarkeit steht Leinen obenan; etwas weniger schnell ist Baumwolle benetzbar, noch weniger Wolle. Durch Behandeln der Stoffe mit essigsaurer Tonerde (bei Wolle auch mit Alaunlösung) kann die Benetzbarkeit stark verringert werden.

Nach dem Eintauchen in Wasser und Auspressen mit der Hand

bleibt so viel Wasser im Stoff zurück, wie dessen minimalster Wasserkapazität entspricht. Besonders wichtig ist, wieviel lufthaltige Poren nach dieser Wasseraufnahme noch bestehen. Je lockerer der Stoff, um so mehr Poren bleiben lufthaltig:

Wollflanell	zeigt	trocken	923	Porenvolum,	benetzt	803
Baumwollflanell	„	„	888	„	„	723
Trikot-Wolle	„	„	833	„	„	612
„ Baumwolle	„	„	847	„	„	617
„ Leinen	„	„	733	„	„	318
Glatte Baumwolle	„	„	520	„	„	0

Auch die wasserhaltende Kraft und die kapillare Aufsaugung (vgl. Kap. „Boden") hängen vorzugsweise vom Luftgehalt des Gewebes ab. Die porösen Stoffe saugen am langsamsten auf, nur tritt bei gleichem Gewebe eine besondere Verlangsamung bei Wollstoffen hervor.

Nasse glatte Gewebe, namentlich Leinen adhärieren leicht an der Haut. Leinen hat aber darin einen Vorzug, daß es häufiges Waschen am besten verträgt, namentlich ohne Verfärbung. — Nasse Wolle legt sich infolge ihrer seitlichen Stützhaare nicht so glatt an. Bei wiederholtem Waschen tritt stärkere Krümmung der Haare ein (Einkriechen der Wollstoffe).

6. Von dem Porenvolum, daneben aber besonders von der Größe der Lufträume (die z. B. durch die Appretur beeinflußt wird), hängt ferner die Permeabilität der Kleider für Luft und andere Gase (Wasserdampf, CO_2) ab. Sie läßt sich angeben in der Anzahl der Sekunden, welche es dauert, bis durch 1 qcm Fläche eines 1 cm dicken Stoffs 1 ccm Luft bei bestimmtem Druck (0·42 mm) gefördert wird. Die verschiedenen Stoffe ergeben dann folgende Zahlen:

Dichter Baumwollstoff	76
Waffenrock	10
Wolltrikot	6
Loden	3
Baumwollentrikot	1

Für die Permeabilität einer Gesamtkleidung ist es wichtig, daß die übereinanderliegenden Schichten möglichst homogen sind; die Einlagerung einer wenig permeablen Schicht über leicht permeablen hebt den Durchtritt der Luft nahezu auf (z. B. glatte Leinen- und Baumwollstoffe über Wolltrikot; glattes Westenrückenfutter).

7. Auch für das reelle Wärmeleitungsvermögen der fertigen Kleiderstoffe ist der Luftgehalt von größter Bedeutung; daneben kommt besonders die Dicke der Stoffe und in geringerem Grade das Leitungs-

vermögen der Grundstoffe in Betracht. Bei gleicher Dicke verhält sich der Wärmedurchgang,

Baumwolltrikot .	= 100	gesetzt,
bei Wolltrikot .	= 68	
„ Leinentrikot .	= 119	
„ Leinen glatt .	= 133	
Loden	= 76	

Durch hygroskopisches Wasser nimmt die Leitung bei Wolle um 110%, bei Seide um 41%, bei Baumwolle um 16% zu. — Falls Wasser eingelagert ist, verhält sich die Leitung des trockenen Stoffs zum feuchten:

bei Wollflanell.	wie 1: 1·56
„ Wolltrikot.	„ 1: 2·17
„ Loden	„ 1: 2·58
„ glatter Baumwolle . . .	„ 1: 3·39

Die Abstrahlung der Wärme differiert wenig (zwischen 83 und 110); sie ist am niedrigsten bei den glatten Stoffen (namentlich bei glänzender Seide), am stärksten bei rauher Trikotwolle. Bei nasser Oberfläche nimmt die Strahlung ab; gleichzeitig wirkt aber die Verdunstung im entgegengesetzten Sinne.

Auf Grund der dargelegten Eigenschaften vermag die Kleidung bei geeigneter Auswahl den hygienischen Anforderungen zu entsprechen, die für dieselbe in Betracht kommen: sie soll erstens die Wärmeabgabe vom Körper in zweckentsprechender Weise herabsetzen, und zwar sowohl im trocknen, wie auch im feuchten Zustand, zweitens soll sie die normale Abgabe von Wasserdampf (und der durch Hautatmung gelieferten CO_2) vom Körper ermöglichen; drittens soll sie die direkte Bestrahlung des Körpers hindern.

Weitere bei dem Gebrauch der Kleidung in Betracht kommende hygienische Gesichtspunkte betreffen die Farbe der Kleidung, durch welche keine giftigen Stoffe mit dem Körper in Berührung gebracht werden dürfen; ferner die Aufnahme und Verbreitung von Gasen und Gerüchen, sowie von Infektionserregern durch Kleidungsstoffe; endlich auch den Schnitt der Kleidung, durch welchen nicht selten abnorme Druckwirkungen auf einzelne Körperteile ausgeübt und Unfallgefahren bei der Arbeit (s. Kap. IX) bedingt werden.

1. Die Beziehungen der Kleidung zur Wärmeabgabe.

Durch direkte Bestimmung der gesamten Wärmeabgabe eines Körperteils (in Rubners Kalorimeter) ist festgestellt, daß jedes Kleidungsstück eine deutliche, 10—40% betragende Verminderung der Wärmeabgabe bewirkt.

Diese Verminderung der Wärmeabgabe könnte entweder durch Herabsetzung der Ausstrahlung der Wärme von der Oberfläche der Kleider zustande kommen, oder aber von einer Erschwerung der Wärmeleitung herrühren. Nun ergeben zwar direkte Messungen, daß das Strahlungsvermögen der Kleider sogar etwas größer ist als das der Haut, dafür hat aber der bekleidete Körper durch Erschwerung der Wärmeleitung im Durchschnitt nur eine Temperatur von 21° an der Oberfläche, und das Resultat ist daher immer eine erhebliche Verminderung der Wärmeabgabe. — Eine weitere Behinderung der Entwärmung des bekleideten Körpers kommt dann noch durch die schlechte Wärmeleitung der Kleidung zustande, die, wie oben gezeigt wurde, hauptsächlich von dem Luftgehalt des Gewebes und von seiner Dicke beeinflußt wird.

Jede Schicht Kleidung veranlaßt mithin eine Hemmung der Wärmeabgabe. Mißt man die Temperaturen, welche die einzelnen Kleidungsschichten am Körper zeigen, so findet man:

für die Haut des unbekleideten Körpers 27—32°;

für die Haut des bekleideten tätigen Körpers 29—31°; bei voller Ruhe bzw. Schlaf oder bei zu hoher über 24° gelegener Außentemperatur 34—35°.

Bei der Bekleidung mit Wollhemd an der Außenseite desselben 28·5°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd und Leinenhemd an der Außenseite des letzteren 24·8°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd und Weste an der Außenseite 22·9°.

Bei Bekleidung mit Wollhemd, Leinenhemd, Weste und Rock an der Außenseite 19·4° (Rubner).

Soll der Körper mehr Wärme abgeben, so kann eine einzelne Schicht fortgelassen und damit die Temperatur der Außenfläche erhöht werden. Die Anpassung an die klimatischen und Witterungsverhältnisse erfolgt daher am leichtesten durch eine zweckentsprechende Zahl der Kleidungsschichten.

Außerdem kommt die Permeabilität der Gesamtkleidung für ihre Wärmehaltung in Betracht. Starker Luftdurchgang kann den Wärmeschutz erheblich beeinträchtigen. — Ein gewisser Luftwechsel durch die Kleidung ist aber erforderlich; schon wegen der unten zu besprechenden wichtigen Beziehungen derselben zur Wasserdampfabgabe des Körpers. Die Größe des Luftwechsels durch eine Kleidung läßt sich durch Bestimmung des CO_2-Gehalts der Kleiderluft messen, wenn man die CO_2-Produktion seitens der Haut als gleich annimmt. Unbehagen tritt schon ein, wenn jener CO_2-Gehalt über 0·08 Promille

steigt. Durch einen einfachen Sommeranzug treten normalerweise in der Stunde 935 Liter Luft ein.

Bei durchfeuchteter Kleidung (durch hygroskopisches oder in die Poren eingelagertes Wasser) wird zunächst das Gewicht der Kleidung bedeutend erhöht und oft geradezu belästigend. Dasselbe kann auf das Doppelte, also von 4 kg auf 8 kg steigen, lockere baumwollene und wollene Stoffe nehmen sogar das Dreifache ihres Gewichts an Wasser auf.

Ferner wirken die durchfeuchteten Kleider erheblich befördernd auf die Wärmeabgabe. Einmal sind sie weit bessere Wärmeleiter als die trockenen lufthaltigen Kleidungsstücke; sodann wirken sie durch die bei der Verdunstung des aufgenommenen Wassers entstehende Kälte. Die in einer völlig durchnäßten Kleidung enthaltene Wassermenge verbraucht zu ihrer Verdunstung die gesamte Wärme, welche der Körper innerhalb 24 Stunden zu produzieren vermag.

Feuchte Kleider müssen um so stärker abkühlend wirken, je schneller sie das Wasser einsaugen, je vollständiger die Luft aus den Poren verdrängt wird, und je rascher die Verdunstung des Wassers vor sich geht. Porös gewebte Stoffe zeigen in diesen Beziehungen das günstigste Verhalten, weil die Menge des aufgenommenen Wassers geringer ist und das Wasser nur langsam eindringt (ausgenommen bei lange getragener Wolle); die Faser wird daher nicht schlaff, und das Gewebe nicht in eine gleichmäßig durchfeuchtete Masse verwandelt, sondern die Poren des Gewebes bleiben teilweise lufthaltig. Die Wollstoffe legen sich außerdem nie so glatt an die Haut an, wie die übrigen nassen Stoffe.

Bei stark schwitzender Haut, z. B. auf Märschen, im tropischen Klima usw. sind daher unbedingt lockere poröse Stoffe zu empfehlen. Bei manchen Individuen verursachen die Wollstoffe zu starke Reizungen der Haut, so daß sie nicht auf die Dauer vertragen werden; außerdem sind sie meist dicker gearbeitet, als andere Stoffe und wirken dadurch schweißtreibend. Poröse Baumwollstoffe (Lahmanns Reformbaumwolle oder Vodels aus Wolle, Baumwolle und Leinen gemischte Trikotstoffe) sind daher unter solchen Umständen besser.

Eigentümlich verschieden ist das Verhalten von Wolle einerseits, Leinen und Baumwolle andererseits gegenüber den Bestandteilen des Schweißes. Wolle läßt dieselben durchwandern, so daß eventuell die Oberkleider stark verschmutzt werden; in Leinen und Baumwolle bleiben sie stecken, und man findet diese z. B. auch dann am reichsten an Kochsalz, wenn darunter noch eine Wollschicht getragen wird.

Ist der Körper häufigen Durchnässungen von außen ausgesetzt, so bedient man sich zweckmäßig der imprägnierten, aber porösen

Wollstoffe. Dieselben werden z. B. mit einer Mischung von Alaun, Bleiazetat und Gelatine getränkt; dadurch wird die Adhäsion zwischen der Faser und dem Wasser vermindert und das kapillare Aufsaugungsvermögen des Stoffes beseitigt. Wasser läuft an diesen Kleidern vollständig ab, während die Durchlässigkeit für Luft nur um 2—8% vermindert ist. Sie sind den für Luft undurchlässigen und den Luftwechsel durch die Kleidung völlig aufhebenden Stoffen aus Gummi und Kautschuk weit vorzuziehen.

2. Beziehungen der Kleider zur Wasserdampfabgabe des Körpers.

Für die Wasserdampfabgabe des Körpers ist das eigentümliche Klima, in welchem die Haut des bekleideten Körpers sich befindet, von größter Bedeutung. Gewöhnlich zeigt die Luft zwischen Körper und Kleidung nur 30—40% Feuchtigkeit und, zusammengenommen mit der Temperatur von ca. 31° (s. oben), ein sehr hohes Sättigungsdefizit. Durch die Kleidung wird daher der Körper ständig in eine außerordentlich trockene, zur Wasserdampfaufnahme befähigte Atmosphäre eingehüllt, und nur in dieser fühlt sich der Mensch behaglich. Soll sich dieselbe aber erhalten, und der Körper in der gewohnten Wasserdampfabgabe nicht beschränkt werden, so muß ein gewisser Luftwechsel vor sich gehen und die Kleidung muß für Luft durchgängig sein. Bei undurchlässiger Kleidung, bei zu zahlreichen Kleiderschichten, ferner auch bei sehr warmer, feuchter und windstiller Außenluft sehen wir in der Tat die Feuchtigkeit in der den Körper begrenzenden Luftschicht auf 55—65% steigen; damit tritt aber zugleich eine merkliche Belästigung und ein Gefühl des Unbehagens ein (s. S. 48).

Die oben angeführten Zahlen für die Permeabilität der Kleiderstoffe im trockenen und feuchten Zustande geben daher von diesem Gesichtspunkt aus die wichtigsten Anhaltspunkte für die Wahl der Kleidung. Den lockeren Trikotstoffen ist der Vorzug vor glatten Baumwoll- und Leinenstoffen zu geben. Jägerscher Wollstoff, Lahmanns Reformbaumwolle und Vodelsche Trikotstoffe ermöglichen den ausgiebigsten Luftwechsel durch die Kleidung und die leichteste Fortschaffung des Wasserdampfes. Solange die Wasserausscheidung durch die Haut nicht übermäßig ist, wird es in solcher Kleidung überhaupt nicht zur Schweißbildung und zur Durchfeuchtung der Stoffe kommen. Auch wenn aber letztere eingetreten ist, so ermöglichen diese Stoffe immer noch eine weitere Wasserdampfabgabe, während dieselbe bei gewöhnlicher Baumwolle und bei Leinen völlig aufhört.

Die letztgenannten Stoffe sind dagegen dann indiziert, wenn die Haut wenig Wasserdampf produziert, trocken bleibt und wenn keinerlei

stärkere Temperaturdifferenzen auf den Körper einwirken, also für eine sog. Ruhekleidung, z. B. beim Aufenthalt im Zimmer und namentlich im Bett.

3. Schutz des Körpers gegen Wärmestrahlen.

Gegen die Sonnenstrahlen muß der Europäer selbst im heißen Klima Schutz durch die Kleidung suchen, da seine Haut die Sonnenstrahlung weiter in die Tiefe dringen läßt, als die des Farbigen. Zur Abhaltung der Wärmestrahlen sind am geeignetsten hellfarbige, weiße oder hellgelbe Kleiderstoffe, während die Qualität des Stoffes wenig in Betracht kommt. Setzt man das Absorptionsvermögen weißer Stoffe für die leuchtenden Wärmestrahlen = 100, so beträgt dasselbe für hellgelbe 102, für dunkelgelbe 140, für hellgrüne 152, für rote 168, für hellgraue 198, für schwarze 208. — Über den Schutz gegen die chemischen Strahlen des Sonnenspektrums s. S. 58.

Auch gegen die Strahlung von Flammen aus ist die Haut eventuell durch Kleidung zu schützen. Besonders geeignet sind für die in solcher Weise exponierten Arbeiter die zugleich unverbrennbaren Asbestkleidungsstücke (z. B. Hauben, Gamaschen usw.) bzw. die mit Flammenschutzmitteln (Ammoniumphosphat oder Ammonsulfat oder Bleiessig und Wasserglas) imprägnierten Stoffe.

Die ferneren Anforderungen an die Kleidung betreffen zunächst das Fehlen giftiger Farben.

Die S. 261 aufgeführten, Arsenik, Blei und Kupfer enthaltenden Farben werden nicht selten zur Färbung der Kleider verwendet. Große Mengen Arsenik sind namentlich in grünen Tarlatankleidern gefunden. Mit Bleifarben imprägniertes Hutfutter, mit Anilinfarben gefärbte Strümpfe und Unterkleider sollen zu Hautkrankheiten Anlaß gegeben haben.

Die porösen Kleidungsstoffe sind ferner oft die Quelle übler Gerüche. Sie nehmen von außen Massen von Staub auf, der dann bei der Durchnässung weiter ins Innere befördert wird; von seiten des Körpers dringen die Hautsekrete ein, und so werden die Kleider mit einer Menge organischer in Zersetzung begriffener Stoffe imprägniert; auch flüchtige, riechende Bestandteile werden reichlich absorbiert, von den wollenen Stoffen in höherem Grade als von Baumwolle und Leinen. In durchnäßter Kleidung können Zersetzungsprozesse eventuell weiteren Fortgang nehmen und übele Gerüche veranlassen. Eine häufige gründliche Reinigung sämtlicher Kleider ist daher unerläßlich.

Eine weitere Folge der geschilderten Verunreinigung der Kleider ist ihr Bakterienreichtum, der um so größer wird, je länger die Kleidung getragen ist und oft zu enormen Zahlen anwächst. Die Bak-

terien gelangen wesentlich mit Staubteilchen und Hautschüppchen in die Kleidung; je rauher die Oberfläche der Stoffe, um so mehr Keime bleiben haften. Leinene und baumwollene Stoffe mit fest gesponnenen Fäden und glatter Oberfläche enthalten die wenigsten Keime. — Auch bei der Übertragung von Infektionserregern spielt die Kleidung eine sehr bedeutsame Rolle. Pocken, Scharlach, Masern, Tuberkulose, Milzbrand usw. werden nachweislich durch Kleidungsstücke, zuweilen erst durch Vermittelung der Trödler oder durch Lumpen, auf Gesunde übertragen. Reste von phthisischem Sputum gelangen sehr häufig durch die Hände oder Taschentücher auf die Oberkleider. Die Erreger von Wundinfektionskrankheiten werden durch mangelhaft gereinigte Verbandstücke verbreitet; Cholera, Typhus, Ruhr durch verunreinigte Leib- und Bettwäsche, Beinkleider usw. Nach der gewöhnlich mit gründlichem Durchkochen verbundenen Wäsche pflegt die Unterkleidung lebende Infektionserreger nicht mehr zu enthalten; auch beim Plätten erfolgt energische Abtötung der Keime. Die nicht waschbaren Oberkleider können aber sehr lange Zeit als Infektionsquellen wirken, bis sie einer Desinfektion durch Dampf oder Formaldehyd unterworfen sind (s. Kap. X).

Schädigungen des Körpers durch fehlerhaften Sitz der Kleidung sind seit lange bekannt. Auf die durch Korsetts entstehende Schnürleber, auf die schädlichen Folgen enger Halsbekleidung, auf die Unzweckmäßigkeit der Strumpfbänder usw. ist in populären Schriften vielfach hingewiesen worden. Daß vom hygienischen Standpunkt aus eine Reform der Kleidung in vielen Punkten wünschenswert erscheint, ist so selbstverständlich, daß es keiner näheren Begründung bedarf. Vorläufig aber ist wenig Aussicht vorhanden, daß ein Kampf der Hygiene gegen Sitte und Mode hier auf größere Erfolge rechnen darf.

Besonders schwere Deformationen erleidet der Fuß durch die früher und zum Teil auch jetzt gebräuchliche Form des Schuhwerks, bei welcher die Sohle symmetrisch um die Mittellinie des Fußes gelagert ist und das Oberleder so geschnitten wird, daß es seine größte Höhe — entsprechend der für die Sohle maßgebende Linie — gerade in der Mitte hat und daß es nach vorn ganz flach auf die Sohle ausläuft.

Die Nachteile, welche durch diesen fehlerhaften Schnitt entstehen, betreffen insbesondere die große Zehe; der äußere Rand des Nagels derselben wird über das Nagelbett herausgedrängt und es entsteht chronische Entzündung des Nagelfalzes; der innere Rand wird nach unten, der zugehörige Nagelfalz nach oben gedrängt und dadurch der „eingewachsene" Nagel hervorgerufen; die erste Phalanx erfährt eine Abknickung gegen den Metatarsusknochen und das allmählich am inneren Fußrande prominierende Metatarsusköpfchen ist beständigem Druck und chronischen Entzündungen ausgesetzt. — Durch die seitliche Verschiebung der großen Zehe wird ferner der zweiten Zehe der ihr zukommende Platz verkümmert, und dieselbe muß daher verkrüppelt oder falsch gelagert werden. —

Endlich führt das fehlerhafte Schuhwerk zur Plattfußbildung, einer häufigen Ursache der Militäruntauglichkeit; sie beruht auf einer Umlegung des Fußgewölbes, so daß dessen Scheitel nach innen umfällt, während die Stützpunkte nach außen rutschen, und kommt dadurch zustande, daß der herkömmliche Schnitt des Oberleders den Fuß zu gewaltsamer Pronation veranlaßt. Die größte Höhe des Oberleders ist in der Mittellinie, die größte Höhe des Fußes an seinem Großzehenrand; um den Fuß also in dem Oberleder unterzubringen, muß derselbe eine möglichst starke Pronationslage einnehmen. Dabei rücken die Stützpunkte des Fußgewölbes nach außen, die Schwerlinie wird nach innen verschoben und so der Anfang für die Umlegung des Fußgewölbes gegeben.

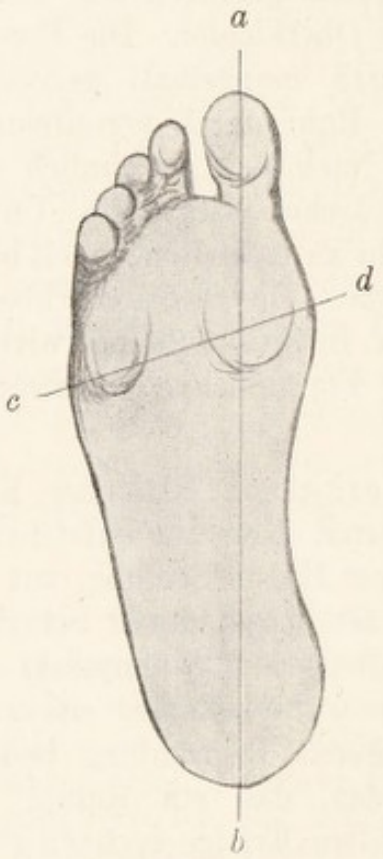


Fig. 45a.
a—*b* MEYERsche Linie. *c*—*d* STARKEsche Linie.

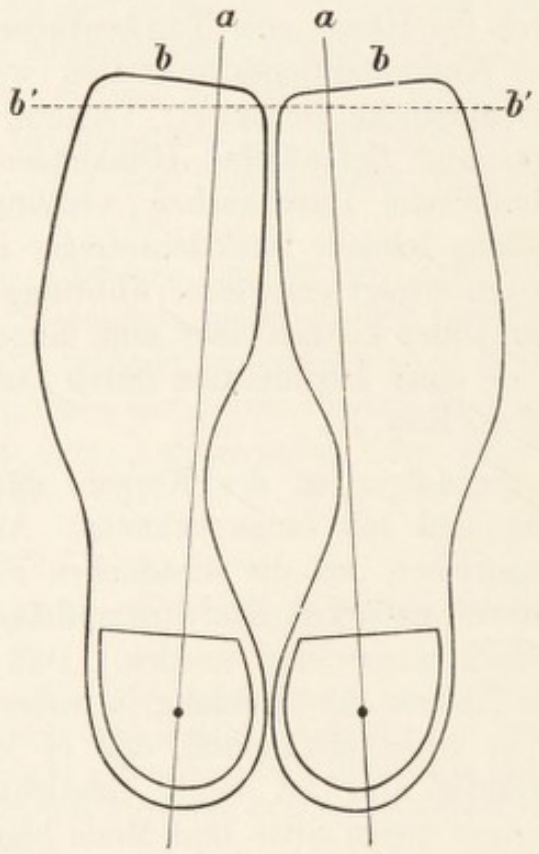


Fig. 45b. Richtige Sohlen.
a MEYERsche Richtungslinie. *b'* Vorderer Rand, unschöne Form. *b* Bessere Form des vorderen Randes.

In einem richtig gestalteten Schuh soll die große Zehe ihre normale Lage einnehmen, d. h. die Achse derselben soll die Fortsetzung einer Linie bilden, welche von der Mitte der Ferse nach der Mitte des ersten Metatarsusknochens (*a*—*b* in Fig. 45a) gezogen ist. Der innere Rand der Sohle soll vom Metatarso-Phalangealgelenk der großen Zehe bis nach vorn parallel dieser Linie liegen, und zwar in einem Abstand von reichlich der halben Breite der großen Zehe. In eben dieser Linie soll auch das Oberleder für die ganze Länge des Fußrückens und der großen Zehe am höchsten gehalten werden. Die größte Breite des Fußes liegt in der STARKEschen Linie (Fig. 45a *c*—*d*), welche die Köpfchen des 1. und 5. Mittelfußknochens verbindet.

Eine sorgfältige Hautpflege ist schon dadurch geboten, daß die vielerlei Verunreinigungen, welche auf die Körperoberfläche gelangen, keineswegs vollständig von der Kleidung aufgenommen und mit dem Wechsel derselben entfernt werden. Vielmehr bleibt ein fettiger, schmieriger Überzug auf der Haut zurück, der außerordentlich zahlreiche Sproß- und Spaltpilze beherbergt. Derselbe liefert häufig belästigende Gerüche, setzt die normale Empfindlichkeit der Haut herab, bewirkt oft stärkere Reizung einzelner Hautpartien und gibt eventuell zur Einwanderung pathogener Mikroorganismen Anlaß. Insbesondere wird bei manchen Gewerbe- und Industriebetrieben (Kohlenbergwerke, Bleiweißfabriken, Baumwollspinnereien u. a. m.) die Haut der Arbeiter mit einer festhaftenden Schmutzschicht bedeckt, unter deren Einfluß Störungen des Wohlbefindens und krankhafte Hautaffektionen entstehen.

Eine häufige Reinigung des ganzen Körpers durch lauwarme Bäder sollte daher auch für die ärmere Bevölkerung zur Gewohnheit werden. In dieser Beziehung ist ein wesentlicher Fortschritt zu hoffen

1. von der Einführung der Volksbäder, in welchen ein warmes Brausebad mit Seife und Handtuch in einzelner Zelle für den Preis von höchstens 10 Pf. geboten wird. Derartige Bäder bestehen in Berlin, Breslau, Magdeburg usw.; eine Musteranstalt nach Lassars Angaben von achteckigem Grundriß ist in Frankfurt a. M. eingerichtet (Fig. 46).

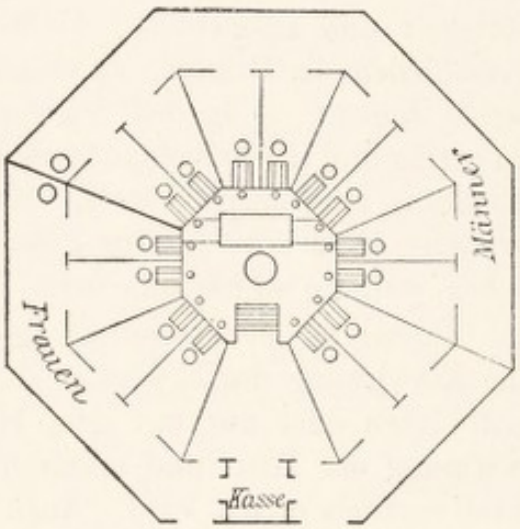


Fig. 46. Volksbrausebad.

Im zentralen Teil befindet sich der Dampfkessel, ringsum liegen 14 Zellen, 4 für Frauen, 10 für Männer in vom Eingang ab völlig getrennten Abteilungen. Das in jeder Zelle an der Innenwand angebrachte, 30 Liter fassende Wassergefäß hat ein Wasserstandsrohr, das von dem zentralen Betriebsraum aus beobachtet werden kann. Dies Wasser hat 40° und kann mit kaltem Wasser beliebig temperiert werden.

2. von Schulbädern, die zuerst in Göttingen, später in verschiedenen anderen Städten zur Einführung gelangt sind.

Im Souterrain der Volksschule sind warme Brausebäder eingerichtet, und zwar können je drei Kinder unter einer Brause baden. Sind drei Brausen vorhanden, so dauert das Baden einer Klasse von 50 Kindern ca. 50 Minuten. Die Kinder verlassen die Klasse in einzelnen Abteilungen, so daß jedes Kind nur etwa 10 Minuten in der Klasse fehlt. Dieselbe Klasse hat alle 8—14 Tage Badestunde und für diese wird eine Stunde ausgewählt, in welcher Abschreibeübungen, Wiederholungen oder kursorisches Lesen auf dem Lehrplan stehen, so daß keine

wesentliche Störung des Unterrichts eintritt. — Die Kinder werden durch diese Schulbäder in wirksamster Weise zur Reinlichkeit des Körpers und der Kleidung erzogen.

3. von Arbeiterbädern. In zahlreichen industriellen Etablissements sind bereits warme Brausebäder mit bestem Erfolg eingeführt.

Weitergehende, nicht nur auf eine Reinigung des Körpers abzielende Wirkungen kommen den kalten Abwaschungen und Bädern (Schwimmbädern) zu. Dieselben sind in heißen Klimaten ein unentbehrliches Mittel zur Entwärmung des Körpers; aber auch im gemäßigten Klima sind sie von großer Bedeutung, weil sie bei systematischer Anwendung die Reaktionsfähigkeit der Haut in erheblichem Grade steigern und die Disposition für Erkältungskrankheiten vermindern. Schwimmbäder veranlassen außerdem noch kräftige Muskeltätigkeit und ausgiebigste Atembewegungen, und sind daher aus den verschiedensten Gründen zu empfehlen, insbesondere für die heranwachsende Jugend. — In den Schwimmhallen ist häufig der Wasserwechsel zu gering und die Verschmutzung hochgradig. Scharfe Kontrolle in dieser Richtung ist wünschenswert. Wo ein nicht gar zu sehr verunreinigter größerer Fluß oder See zu haben ist, sollte dieser vorgezogen werden, schon weil die Abhärtung beim Baden im Freien kräftiger ausfällt.

Immer mehr Verbreitung finden auch Luftbäder, in denen durch die Einwirkung der bewegten kühlen Luft auf die Haut des fast völlig entblößten oder nur mit dem Hemd bekleideten Körpers starke Entwärmung der Haut und dadurch große Erfrischung und Anregung des Stoffwechsels erzielt wird. Auch diese Form der Bäder bewirkt außerdem Abhärtung gegen Erkältungskrankheiten. Jedoch ist die Anwendung je nach Witterung und Individualität vorsichtig zu variieren. — Mit den Luftbädern werden oft Sonnenbäder kombiniert, denen aber geringere Bedeutung zukommt. In unserem Klima ist Sonnenschein ein zu unsicherer Faktor; die Dauer der Bestrahlung kann im Luftbad meist nicht lange genug ausgedehnt werden; auch ist die große anfängliche Empfindlichkeit der gewöhnlich bedeckt getragenen Hautpartien sehr zu berücksichtigen. Wenn allerdings unter geeigneten Verhältnissen langdauernde wiederholte Bestrahlung vorgenommen werden kann, dann kommt es auch zu den mächtigen, S. 58 näher geschilderten Wirkungen, namentlich auf manche Kranke.

Literatur: Rubner, zahlreiche Abhandlungen über die Eigenschaften der Kleidung im „Archiv für Hygiene". — Hiller, Über die Brauchbarkeit porös-wasserdicht gemachter Kleiderstoffe usw., Deutsche militärärztliche Zeitschr. 1888. — H. v. Meyer, Zur Schuhfrage, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 3. — Lassar, Über Volksbäder, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 19. — Die Kulturaufgabe der Volksbäder, Rede usw., Berlin 1889.

Siebentes Kapitel.

Die Wohnung.

(Wohnhaus- und Städteanlagen.)

Während das Wohnhaus ursprünglich vorzugsweise zum Schutze gegen schädliche Einflüsse, namentlich gegen Wind und Wetter errichtet wurde, bezeichnet man es in neuerer Zeit vielfach als Quelle von Gesundheitsstörungen und als besonders verdächtigen Teil unserer Umgebung. In der Tat führt das Leben im Hause und speziell das Zusammenwohnen mit zahlreichen anderen Menschen zu einer Reihe von Gefahren, die um so beachtenswerter erscheinen, als der zivilisierte Mensch den weitaus größten Teil seines Lebens im Wohnhaus zubringt. Beim Bau und bei der Einrichtung des Hauses, bei der Versorgung desselben mit Wärme, Luft und Licht, bei der Beseitigung der Abfallstoffe kann es zur Verletzung derjenigen hygienischen Vorschriften kommen, die in den vorstehenden Kapiteln aufgestellt und begründet wurden. Solche Abweichungen von der hygienischen Norm werden dadurch befördert, daß sehr verschiedene Interessen beim Bau und der Einrichtung des Hauses konkurrieren. In erster Linie pflegen die Kosten der Anlage, sodann soziale und ästhetische Motive, ferner Rücksichten auf Feuersgefahr in Betracht zu kommen. Es ist zweifellos schwierig, die Forderungen der Hygiene mit allen diesen berechtigten Interessen in Einklang zu bringen.

Die daraus sich ergebenden hygienischen Beziehungen des Wohnhauses sind in folgendem in der Weise erörtert, daß die Darstellung dem Bau des Hauses gleichsam folgt. Zunächst ist der Bauplatz, die verschiedene Form des Wohnhauses, die Aufstellung des Bebauungsplanes und die Bauordnung zu besprechen; sodann die Fundamentierung, der Bau und die innere Einrichtung des Hauses; ferner die speziellen Vorrichtungen zur Regulierung der Temperatur, zur Lüftung und Beleuchtung; schließlich die in großen Städten besondere Berücksichtigung erheischenden Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und zur Leichenbestattung.

I. Vorbereitungen für den Bau des Wohnhauses.

A. Wahl und Herrichtung des Bauplatzes.

Ist die Wahl des Platzes freigestellt, so sind die Seite 101 betonten Einflüsse der Oberflächengestaltung zu berücksichtigen. Jedenfalls soll der Boden porös, trocken und frei von stärkeren Verunreinigungen sein.

Zeigt sich der im übrigen zweckentsprechende Baugrund zu feucht, so fragt es sich, ob und mit welchen Mitteln eine Trockenlegung desselben ausführbar ist.

Die Entscheidung wird sich in jedem Falle nach der Ursache der Bodenfeuchtigkeit richten müssen. Gehört der Bauplatz zum Überschwemmungsgebiete eines Flusses, so kann eventuell durch Regulierung des Flusses bzw. durch starke Aufschüttung des Terrains geholfen werden. Ist diese Abhilfe nicht in völlig befriedigender Weise zu beschaffen, so ist ein solcher Platz für die Errichtung menschlicher Wohnungen völlig ungeeignet.

Oder die Ursache der Feuchtigkeit liegt in einem zeitweise zu geringen Abstande des Grundwassers von der Bodenoberfläche. Für jedes Bauterrain soll der maximale Grundwasserstand durch längere Beobachtung bekannt sein, und letzterer darf die Kellersohle des Hauses, welche $1^1/_2$—2 m unter die Bodenoberfläche herabreicht, niemals berühren.

Ist diese Forderung nicht erfüllt, so muß der Abstand zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche künstlich vergrößert werden, und zwar dadurch, daß man entweder das Terrain aufschüttet, oder den Grundwasserspiegel senkt mittels Drainierung des Untergrundes bzw. mit Hilfe der Kanalisation, welche schon aus anderen Gründen in jeder größeren Stadt eingeführt zu werden pflegt. Bei sehr großen Grundwasseransammlungen ist allerdings eine Tieferlegung durch Drainrohre oder Kanäle nicht zu erzielen; dagegen kann bei kleineren Grundwassermassen eine sehr vollständige Besserung des Bauplatzes durch diese Maßnahmen erfolgen.

Zuweilen ist schon durch Anpflanzung schnell wachsender Pflanzen Abhilfe zu schaffen, welche große Mengen von Wasser verdunsten. Dazu eignen sich z. B. Wasserreis, die Sonnenblume und namentlich der blaue Gummibaum (Eucalyptus globulus).

Drittens kann eine feuchte Beschaffenheit des oberflächlichen Bodens dadurch bedingt sein, daß dichter, schwer durchlässiger (z. B. lehmiger) Boden von geringer Neigung des Terrains vorliegt. Die Niederschläge werden dann in Form von oberflächlichen Ansammlungen lange zurückgehalten. Ist solcher Boden mit dichtem Buschwerk besetzt, so wird die Verdunstung gehindert und es kommt zu anhaltender Durchfeuchtung. — In solchem Fall ist die Oberfläche zu aptieren, mit bestimmter Neigung und Abfluß zu versehen, die Büsche und Sträucher sind teilweise zu entfernen und statt dessen eventuell Rasen anzupflanzen. — In den Tropen ist mit Rücksicht auf die Malariagefahr eine Beseitigung der Bodenfeuchtigkeit besonders wichtig.

B. Die verschiedenen Formen des städtischen Wohnhauses und ihre hygienische Bedeutung.

In England, Holland und im Nordwesten Deutschlands herrscht das Bestreben vor, für eine, höchstens zwei Familien kleine 1—2stöckige Häuser zu bauen, weil diese mehr wie andere Wohnungen geeignet sind, den Sinn für Häuslichkeit und Familienleben zu wecken, und weil die einzelne Familie dann unabhängig von den Nachbarn ihren Neigungen entsprechend leben kann. Diese „Kleinhäuser" stehen entweder ganz frei, von Gärten und Höfen umgeben; oder es ist geschlossene Bauweise eingehalten, die Häuser stehen als „Reihenhäuser" unmittelbar nebeneinander, und vor oder hinter dem Hause befinden sich ent-

sprechende Reihen abgeschlossener Höfe bzw. Gärten. Selbst wenn bei dieser Bauart für eine Familie mehrere Stockwerke benötigt werden, erscheint die Durchführung des Alleinwohnens wichtiger als die kleinen Unbequemlichkeiten, die aus der Verteilung der Räume auf verschiedene Etagen entstehen.

In der weit überwiegenden Mehrzahl werden indessen in den modernen Städten jetzt große Mietshäuser, Mietskasernen, deren jede zahlreiche Familienwohnungen umfaßt, in geschlossener Bauweise errichtet. Hier ist meistens das Bestreben des Besitzers darauf gerichtet, den Raum des Bauplatzes möglichst auszunutzen und auf demselben möglichst viele Menschen unterzubringen. Während solche Mietshäuser früher in Deutschland selten waren und während sie auch noch in England und im Nordwesten Deutschlands nur ausnahmsweise vorkommen, sind sie jetzt in den großen, vielfach aber auch in mittleren und sogar in kleinen Städten vorherrschend geworden. Den Antrieb zu dieser Änderung der Bauweise hat das Zusammenströmen der Bevölkerung vom Lande in die Städte gegeben, das mit dem mächtigen Aufschwung der Industrie in den 60er und 70er Jahren eingesetzt und dazu geführt hat, daß in den letzten 40 Jahren die städtische Bevölkerung von 36% der Gesamtbevölkerung auf über 60% gestiegen, und die ländliche Bevölkerung von 64% auf unter 40% gefallen ist. Diesen andringenden Menschenmassen glaubte man nur durch den Bau der großen Mietshäuser genügend Wohnungen schaffen zu können. Der daraus jetzt resultierende Zustand möge durch zwei tabellarische Übersichten illustriert werden, deren erste den Prozentsatz der 5-Stockwerk-Häuser, und deren zweite die Bewohnerzahl eines Hauses im Durchschnitt angibt:

Von 100 bewohnten Gebäuden hatten 5 und mehr Stockwerke		Behausungsziffer (durchschnittliche Bewohnerzahl eines Hauses)	
Lübeck	0·2	Englische Landbevölkerung	4·6
Essen	3	„ Stadtbevölkerung	5·4
Altona	7	Bremen	8·0
München	22	Cöln	16·4
Frankfurt a. M.	24	Frankfurt a. M.	18·8
Kiel	31	Stuttgart	19·5
Berlin	34	Hannover	21·0
Breslau	36	Leipzig	27·6
Charlottenburg	43	München	36·5
Schöneberg	61	Breslau	52·0
		Charlottenburg	64·8
		Schöneberg	69·1
		Berlin	77·5

Daß gegenwärtig geradezu trostlose Zustände im Wohnungswesen herrschen, geht aus folgender Übersicht hervor, die angibt, wieviel Räume durchschnittlich eine Wohnung enthält, und welche daneben die entsprechende Zahl für englische Bewohner angibt:

Von 1000 Bewohnern wohnten 1905 in Wohnungen mit Zimmern:

	0—1	2	3	4	5 u. mehr
Berlin	417	338	125	52	69
Breslau	375	342	149	58	76
Hamburg	170	309	277	125	118
Kiel	69	467	271	85	108
Frankfurt a. M.	60	247	330	153	211
England	16	66	100	820	

Ferner wohnten z. B. 1905 in völlig überfüllten Wohnungen, bei welchen mehr als 4 Bewohner auf ein heizbares Zimmer entfielen:

in Berlin 326 980 Einwohner = 16% der Einwohnerschaft
in Neukölln = 19% „ „

Zweifellos führt dieses jetzt so sehr bevorzugte System der Mietskasernen zu schweren sozialen Mißständen. Das Zusammendrängen zahlreichster Bewohner gibt fast unvermeidlich zu Streit der Hausgenossen und Verführung Anlaß; der Gewissenhafte, Nüchterne, Reinliche leidet unter der Unsitte der Nachbarn und gibt schließlich seine Eigenart auf; das Familienleben bietet keine Behaglichkeit, die Loslösung des einzelnen vom Hause wird befördert; häufiger Wechsel der Wohnung untergräbt die Anhänglichkeit an das eigene Heim.

Für uns ist indessen die Frage wichtiger, ob auch hygienische Mißstände bedenklicher Art mit der Mietskaserne verknüpft sind, und ob nicht wenigstens diese durch sorgfältige Bauart und technische Vorkehrungen sich beseitigen lassen?

Hierüber hat man wiederholt durch statistische Untersuchungen Aufschluß zu erhalten versucht, die aber von vornherein ziemlich aussichtslos sind und deren angebliche bisherige Resultate angezweifelt werden müssen. Wenn in „schlechten“ Wohnungen die allgemeine Sterblichkeit oder die Mortalität an Tuberkulose usw. besonders hoch ist, so kann dies nicht ohne weiteres als Einfluß der Wohnung angesehen werden; denn andere Faktoren, Unterernährung, ungesunde Beschäftigung, Alkoholismus, Vererbung, Mangel an Bewegung im Freien usw. treten zweifellos dabei in Konkurrenz. Dazu kommt aber, daß in vielen Fällen die „schlechten“ Wohnungen von den Kranken, und namentlich nahe vor deren tödlichem Ende, besetzt werden, weil die Krankheit

die wirtschaftliche Lage der Betroffenen verschlechtert; eben weil sie krank sind, müssen sie die minderwertige Wohnung nehmen, nicht aber veranlaßt die schlechte Wohnung die Krankheit. Auch englischen und französischen Statistiken, wo Wohnungsgruppen mit bestimmten Fehlern — Luftmangel, Lichtmangel — bezüglich der Tuberkulosesterblichkeit mit besseren Wohnungen verglichen werden, liegt derselbe Fehler zugrunde; Familien mit Tuberkulose können sich eben „gute" Wohnungen vielfach nicht beschaffen. — Ganz verfehlt sind Vergleiche zwischen Musteranlagen von Arbeiterkolonien und Miethäusern. Bei der Aufnahme in erstere findet eine solche Auslese der Bewohner statt, daß wirtschaftlich heruntergekommene, mit Krankheit, Alkoholismus usw. behaftete Familien ganz ausgeschlossen sind. Dann ist aber ein Vergleich mit eigentlichen Proletariatsquartieren gar nicht mehr zulässig. — Noch eine grobe Verwechslung ist bei diesen Statistiken häufig mit untergelaufen: Die Wohndichtigkeit wird fälschlicherweise als bleibende Eigenschaft der Wohnung notiert, während sie tatsächlich nur eine Benutzungsart der Wohnung bedeutet, die in jeder Wohnung abnorm werden und dann in der Tat zu hygienischen Schäden führen kann.

Auch durch Besichtigung der Wohnungen hat man deren hygienischen Einfluß zu erkennen versucht. Vielfach ist auch hier nicht genügend unterschieden zwischen mißbräuchlicher Benutzung der Wohnung und Einflüssen, die von dieser selbst ausgehen. Von den Schäden letzterer Art sind einige leicht erkennbar; andere schwierig. Meist ist das Ergebnis solcher Enqueten wohl für praktische Zwecke verwertbar, aber für die wissenschaftliche Bewertung der verschiedenen Mißstände unzureichend.

Der einzig richtige Weg, um zu einer genaueren Erkenntnis der hygienisch bedeutsamen Wohnungseinflüsse und ihres Verhaltens in Miet- und Kleinwohnungen zu kommen, besteht in einer Prüfung, inwieweit wichtige Einflüsse, deren Bedeutung für Gesundheit und Leben empirisch oder experimentell festgestellt ist, in dieser Kategorie von Wohnungen besser vertreten sind als in jener.

Leider hat man diese Einflüsse bisher mit dem Schlagwort „Luft und Licht" zu erschöpfen vermeint. Die Verschlechterung der Luft durch die Exspirationsprodukte der Bewohner und das Fehlen der günstigen Lichtwirkung auf den menschlichen Organismus sowie des schädigenden Lichteinflusses gegenüber Bakterien sollten vorzugsweise die hygienische Minderwertigkeit der Wohnungen bedingen.

Einer strengeren Kritik hält diese Anschauung aber nicht stand. Wie oben ausgeführt wurde, läßt sich für die sog. Luftverschlechterung durch die Bewohner eine meßbare akute oder chronische Gesund-

heitsstörung nicht mit Bestimmtheit nachweisen (s. S. 86). Ebenso konnte der Einfluß einer stärkeren Belichtung der Wohnungen bisher nicht als so wichtig für den Gesamtorganismus erwiesen werden (s. S. 57), daß wir von einem gewissen Minus an Licht einen in der Morbidität und Mortalität sich aussprechenden Einfluß erwarten dürfen. Auch die bessere Abtötung der Krankheitserreger in stärker belichteten Zimmern setzt die Infektionschancen in diesen nicht etwa auf 0 herab, sondern vermindert sie gegenüber dunkleren Wohnungen nur um einen relativ kleinen Bruchteil, da die weitaus meisten Übertragungen durch den Kranken direkt oder durch Krankheitserreger erfolgen, welche in Wäsche, Kleidern, Betten usw. oder in dunklen Winkeln dem Lichteinfluß entzogen sind. Die offenbare Wirkung lichter Räume und reiner Luft auf Stimmung, Genußfähigkeit und Arbeitsfreudigkeit haben hier offenbar zu starken Übertreibungen verführt.

Es ist wichtig dies zu betonen, weil sonst ganz falsche Folgerungen für die Bewertung der Kleinhäuser und der Miethäuser gezogen werden könnten. Kommt es nur auf „gute Luft" und ausreichendes Licht in den Wohnungen an, dann läßt sich das Miethaus sehr leicht dem Kleinhaus gleichwertig machen. Gerade in großen Miethäusern lassen sich gute Lüftungseinrichtungen und hohe Fenster mit großer lichtgebender Fläche sehr wohl einrichten, und solche Häuser müßten dann den Kleinhäusern als gleichwertig oder gar überlegen angesehen werden.

Die Einflüsse, auf die es hier aber vorzugsweise ankommt und die zweifellos zu Erkrankung und Tod führen können, sind ganz andere. In erster Linie kommen in Betracht die Temperatureinflüsse der Wohnungen, die sich in der enormen Säuglingssterblichkeit der Großstädte in den Hochsommermonaten zu erkennen geben. Wie an anderer Stelle ausgeführt ist, hängt die Zahl derartiger Todesfälle geradezu von der Wohnungstemperatur im Hochsommer ab. Diese ist in den vom kühlenden Einfluß des Erdbodens weiter entfernten höheren Stockwerken der Mietskasernen und infolge der Häufung innerer Wärmequellen (Küchenkamine) stets erheblich höher als in den kleineren Familienhäusern. Bei letzteren ist eine Beschattung der den Sonnenstrahlen ausgesetzten Mauern viel leichter, eine Kühlung der Wohnräume durch ausgiebige Lüftung eher möglich, und ein Aufenthalt der gefährdeten Säuglinge über Tags im Freien ohne Schwierigkeit durchführbar.

Zweitens ist die Ausbreitung ansteckender Krankheiten durch die Mietkasernenwohnung begünstigt, weil in dicht bevölkerten Häusern die Absperrung des Kranken und das Fernhalten des Kontagiums von den übrigen Bewohnern auf besondere Schwierigkeiten stößt. Unter den Kindern kommen hier namentlich Diphtherie, Scharlach, Masern in Betracht; unter den Erkrankungen der Erwachsenen Typhus,

Ruhr und Cholera. Je mehr im Mietshaus gemeinsame Räume und Einrichtungen in Benutzung sind, um so größer wird die Gefahr der Ausbreitung von einer erkrankten Familie auf die andere. Durch Treppenhaus und Flur, durch Waschküche und Trockenboden, durch Klosett, Wasserzapfstelle oder Brunnen, durch den Verkehr und die Spiele der Kinder im Hof und im Hause wird massenhaft Gelegenheit zu weiteren Übertragungen geboten.

Drittens liegt ein erheblicher Nachteil der großen Miethäuser darin, daß es für die Bewohner auf Schwierigkeiten stößt, sich im Freien aufzuhalten und namentlich die Kinder so viel als möglich ins Freie zu bringen. S. 23 und S. 89 ist genauer ausgeführt, weshalb insbesondere für den wachsenden Körper Bewegung im Freien von allergrößter Bedeutung ist. Bei dauerndem Aufenthalt im geschlossenen Raum verkümmern die Kinder, werden disponiert für Rachitis, sind fortgesetzt von Erkältungskrankheiten heimgesucht, zeigen ungesunde Gesichtsfarbe. Aus den oberen Stockwerken der Miethäuser können die Kinder aber nur selten und für kurze Zeit ins Freie gebracht werden, weil der Zeitaufwand und die Mühe zu groß sind. Auch ist inmitten solcher Miethäuser oft schwer ein Fleck zu finden, wo die Kinder in wirklich freier, bewegter Luft sich tummeln können. Kleinhäuser haben dagegen fast stets ein Gärtchen, das trotz seiner geringen Größe immerhin Aufenthalt und Bewegung im Freien ermöglicht; und in solchen Siedelungen pflegt auch die Straße so wenig Verkehr zu bieten, daß sie aushilfsweise als Spielplatz eintreten kann. Für die ganze Entwicklung unserer Jugend ist dieser Vorzug der Kleinhäuser von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Viertens sei noch auf die Wohndichtigkeit, d. h. die Überzahl der Bewohner pro Zimmer, hingewiesen als auf einen wesentlich durch die Miethäuser geförderten Übelstand. Zu große Wohndichtigkeit findet man allerdings auch in ländlichen und in Kleinhäusern. Aber in den Mietkasernen ist sie die Regel und erreicht höhere Grade, weil der Besitzer durch hohe Bodenpreise vielfach zu einer möglichsten Ausnutzung des Raums gezwungen wird. — Die zu große Wohndichtigkeit wirkt zweifellos unheilvoll. Statistisch ist auch hier wenig zu erweisen, weil die Wohndichtigkeit dem Pauperismus parallel zu gehen pflegt, und verschiedenste andere Faktoren mitwirken. Aber es steht außer Frage, daß durch dichte Bewohnung Wärmestauung und die Ansammlung ekelerregender Gerüche begünstigt, und daß vor allem die Übertragung von Kontagien innerhalb der Familie gefördert wird. Dies kommt namentlich bei der Tuberkulose in Betracht; je dichter die Bewohnung, um so schwieriger ist es für den Kranken, eine Ausstreuung des Kontagiums und dessen Aufnahme durch gesunde Familienangehörige zu

vermeiden. Es ist zuzugeben, daß in dieser Beziehung viel auf die Gewohnheiten des Kranken und der Gesunden ankommt; der Phthisiker kann auch bei großer Wohndichtigkeit Übertragungen vermeiden, wenn er beim Husten und Auswerfen entsprechende Vorsichtsmaßregeln beobachtet; und andererseits sehen wir in den größten und schönsten Wohnräumen Übertragungen zustande kommen, wenn der Kranke rücksichtslos verfährt und die gesunden Familienmitglieder sich mit dem Kranken dauernd in zu naher Berührung halten. Aber zweifellos gibt doch die größere Wohndichtigkeit eine schwer vermeidbare Gelegenheitsursache für ausgedehntere Übertragungen.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß vom hygienischen Standpunkt aus die Mietkaserne sehr viel ungünstiger zu beurteilen ist, als das Kleinhaus; und daß die Nachteile der ersteren durch Änderung der Bauart und technische Verbesserungen sich nicht ausgleichen lassen.

Es wird von den Angehörigen der Mietkaserne gern eingewendet, daß doch schließlich nur diese die Möglichkeit bot und bietet, um die in die Städte drängenden Menschenmassen unterzubringen. Daß das nicht richtig ist, geht aus dem Beispiel Englands hervor, wo 40 Jahre früher, als bei uns ganz die gleiche Zuwanderung vom Lande in die Städte erfolgte, wo aber trotzdem (vgl. Tab. S. 289) die Wohnungsverhältnisse in den Städten sich kaum anders gestalteten, wie auf dem Lande und wo die Mietkaserne eine sehr geringe Ausbreitung erfahren hat.

C. Die Reform des städtischen Wohnungswesens.

1. Vorläufige Abhilfemaßregeln.

Eine radikale und rasche Abhilfe gegenüber den hygienischen Schäden, welche die moderne Wohnweise in den deutschen Städten mit sich bringt, ist selbstverständlich nicht möglich. Es wird noch viele Jahrzehnte dauern, bis der hygienisch bessere Kleinhausbau zur Regel und die großen Mietkasernen zur Ausnahme geworden sind.

Nun ist es aber ein höchst beunruhigender Gedanke, mit so langen Fristen und so schwer zu beschaffender Abhilfe rechnen zu müssen, wenn es sich doch um die vorhin aufgezählten recht ernsten Gefahren für die Gesundheit handelt. Gegen diese Gefahren müssen wir rasch nach Möglichkeit Schutz zu gewähren suchen, und wir können dies vielleicht mit Maßnahmen, die mit dem Wohnungsbau gar nicht unmittelbar verknüpft sind, aber sich ohne Zeitverlust durchführen lassen.

Für die Bekämpfung der Säuglingssterblichkeit kommen z. B. die Förderung der Brustnahrung, Vorkehrungen zum Kühlhalten der

Kindermilch, ferner die Einrichtung von Krippen, von kühlen Aufenthaltsräumen für gefährdete Säuglinge während der Hitzeperioden usw. in Betracht (vgl. Kap. VIII). Zur Bekämpfung der ansteckenden Krankheiten hilft die Entlastung der Wohnung von solchen Kranken, die Überführung in Krankenhäuser, eine gut organisierte häusliche Krankenpflege, durch welche richtige Maßnahmen in bezug auf Isolierung und Desinfektion Verbreitung finden.

Wichtig ist drittens die Ermöglichung eines zeitweisen Aufenthalts im Freien durch Kinderspielplätze, Erholungsplätze für Erwachsene, Schrebergärten, Walderholungsstätten, gute und billige Verkehrsmittel nach nahegelegenen Wäldern und Bergen, so daßdie breitesten Schichten der Bevölkerung instand gesetzt werden, sich häufig im Freien zu ergehen. Damit wird, wie bereits S. 89 ausgeführt wurde, hygienisch wesentlich mehr erreicht, als wenn die Wohnung etwas vergrößert oder mit einer Lüftungsvorrichtung versehen wird.

Der zu großen Wohndichtigkeit kann durch eine geeignete, unten genauer zu besprechende Wohnungsaufsicht entgegengearbeitet werden.

Vieles und gerade das Dringlichste kann in dieser Weise geschehen, bereits ehe das schwierige Problem, für einen großen Teil der Bevölkerung geeignetere Wohnungen zu beschaffen, gelöst ist; und gerade wegen ihrer sofortigen Durchführbarkeit sollten diese Maßregeln, durch welche schwere hygienische Schäden gemildert werden können, zunächst ins Auge gefaßt werden.

Daneben ist selbstverständlich konsequent darauf Bedacht zu nehmen, die Wohnungsverhältnisse selbst von Grund aus zu bessern; und zwar das System der Mietkaserne möglichst einzuschränken und den Bau kleinerer Häuser für einzelne oder für eine beschränkte Zahl von Familien zu begünstigen. In dieser Richtung bedeutungsvoll sind zweckmäßige städtische Bebauungspläne, Bauordnungen, Wohnungsaufsicht und planmäßige Förderung der Errichtung kleinerer Wohnhäuser.

2. Bebauungspläne und Straßenanlagen.

Sobald die Erweiterung einer Stadt in Aussicht steht, muß ein bestimmter Bebauungsplan aufgestellt werden. Dabei ist von vornherein z. B. zu erwägen, ob eine Verteilung der Bevölkerung in der Weise möglich sein wird, daß die Großindustrie, Fabriken und Arbeiterquartiere in einem peripheren Teile vereinigt werden, während den Gewerbetreibenden mehr die zentralen Teile, und der geistig arbeitenden Bevölkerung, welche berechtigten Anspruch auf eine gewisse Ruhe der Umgebung hat, andere periphere Abschnitte überlassen werden.

Falls eine solche Trennung möglich ist, können zahlreiche unzuträgliche Kollisionen vermieden werden.

Ferner ist zu erwägen, ob die neuen Stadtteile besser ihre besonderen Zentren (Märkte, Bahnhöfe, Vergnügungslokale usw.) erhalten und ob dadurch eine Dezentralisation angestrebt werden soll; oder ob die Interessen der Stadt eine gewisse Abhängigkeit vom zentralen Kern wünschenswert machen.

Schon frühzeitig sind die Hauptstraßenzüge, Plätze, Eisenbahn- und Straßenbahnlinien festzulegen, während die Details der weiteren Einteilung erst bei Beginn der Bautätigkeit normiert werden.

Das für Preußen bisher maßgebende Fluchtliniengesetz vom 2. Juli 1875 soll nach dem Entwurf des neuen Wohnungsgesetzes in folgenden hygienisch wichtigen Punkten geändert werden:

1. Zusatz zu § 3: „Im Interesse des Wohnungsbedürfnisses ist darauf Bedacht zu nehmen, daß in ausgiebiger Zahl und Größe Plätze (auch Gartenanlagen, Spiel- und Erholungsplätze) vorgesehen werden."

Eine reichlichere Anlage von freien Plätzen entspricht in der Tat dem hygienischen Bedürfnis. Nicht als ob durch die Plätze und deren Bäume eine nennenswerte chemische Verbesserung der Luft bewirkt werden könnte; sondern die freiere Luftbewegung erfrischt die Passanten und kommt den anliegenden Wohnungen zugute. Vor allem aber sollen sie Kindern und Erwachsenen Gelegenheit zu dem so wichtigen Aufenthalt im Freien geben. Von diesem Gesichtspunkt aus sollen nicht vorzugsweise Schmuckplätze geschaffen werden, sondern zahlreiche kleinere Plätze mit Sitzgelegenheiten für Erholungsbedürftige und Spielgelegenheit für Kinder. Hier und da müssen auch größere, für Sport geeignete Plätze für die heranwachsende Jugend vorhanden sein. — Die meisten deutschen Städte stehen in dieser Beziehung gegen andere Länder und namentlich England noch erheblich zurück. Auf den Kopf der Bevölkerung kommen jetzt an „Grünflächen" (Park-, Garten- und Schmuckanlagen) in Berlin 2,2 qm; in Leipzig 1,8; in London 5,3. Dazu kommt, daß fast die Hälfte der Berliner Grünflächen auf den Tiergarten entfällt, der für die Mehrzahl der Bewohner schwer erreichbar ist, und daß z. B. in England dem Publikum viel mehr Freiheit gewährt wird, die Grünflächen auch wirklich zur Erholung zu benutzen. — Ein wichtiges Aushilfsmittel haben die deutschen Städte in den Schrebergärten oder Laubenkolonien, die von Schreber in Leipzig 1833 ins Leben gerufen wurden. Die kleinen Familiengärten, die gegen billige Pacht von städtischen Verwaltungen oder gemeinnützigen Gesellschaften abgegeben werden, sind außerordentlich beliebt, und die Familien scheuen weite Wege und viel Arbeit nicht, um sich in der Peripherie der Stadt

ein Gartenheim zu schaffen, das sie inmitten der Mietkasernen nicht haben können. Zu verwerfen ist die Generalverpachtung größerer Komplexe; empfehlenswert die Anlage größerer Spielplätze, Milchschenkhäuschen usw. inmitten der Kolonien.

2. Ein zweiter wichtiger Zusatz lautet: „Für Wohnzwecke sind Baublöcke von angemessener Tiefe und Straßen von geringerer Breite entsprechend dem verschiedenartigen Wohnungsbedürfnis zu schaffen."

Die Wohnungsmisere in den großen deutschen Städten ist zum größten Teil darauf zurückzuführen, daß bei den Bebauungsplänen in den 60er Jahren Straßen von 25—30 m bis in die äußerste Peripherie unterschiedslos projektiert wurden. Um dann nicht gar zu viel Terrain durch Straßenland zu verlieren, wurden große Baublöcke geschnitten, 3—400 m lang und 150—300 m breit, so daß auf das einzelne Grundstück 70—80 m Tiefe entfiel. Diese wurden dann nicht nur mit hohen Vorder-, sondern auch mit Seiten- und Hinterhäusern besetzt; infolge dieser starken Ausnutzung konnten hohe Grundstückpreise bezahlt werden, und so entstand eine Bodenspekulation und eine Verteuerung der Grundstücke bis in die äußerste Peripherie, die wiederum jeden Grundstückkäufer zu einer dichten Besetzung mit hohen Miethäusern zwang.

Richtig ist es, zunächst 20—30 m breite, radial vom Verkehrszentrum nach der Peripherie führenden Verkehrsstraßen festzulegen, mit geraden Linien und rechtwinkligen Kreuzungen. Breite Ring- und mäßig breite Diagonalstraßen vervollständigen das Verkehrsnetz. Daneben aber sind zahlreiche Wohnstraßen vorzusehen, die nur eine Breite von 7—9 m zu haben brauchen (davon 5 m für den Fahrdamm). Dann entstehen kleine Baublocks und Häuser von nicht mehr als 2 Etagen, die Hinterhäuser fallen fort, Garten- und Hofräume oder mindestens Vorgärten, die in Wohnstraßen ebenfalls benutzbar sind, können ausgespart werden. — Man hört oft den Einwand, daß bei dieser Bauart viel weniger Menschen auf der gleichen Fläche untergebracht werden können, als beim Mietkasernensystem. Jedoch trifft dies nicht zu, sobald reichliche, möglichst schmale Wohnstraßen vorgesehen werden.

3. Als dritte Neuerung schreibt der Wohnungsgesetz-Entwurf vor, daß „bei der Festsetzung der Fluchtlinien Baugelände entsprechend dem Wohnungsbedürfnis erschlossen werden soll". — Der Bodenspekulation soll damit möglichst entgegengewirkt werden. Wo die Zersplitterung des Grundbesitzes die Fluchtlinienpläne hindert, kann die Gemeinde die Grundstücke umlegen (lex Adickes) oder die Enteignung einleiten. Die Kommunen sollen sich möglichst selbst einen großen Grundbesitz in verschiedenen Stadtteilen sichern, um den Grundstücks-

markt einigermaßen zu beherrschen; und damit nicht aus spekulativen Absichten Gelände von der Bebauung zurückgehalten wird, ist das unbebaute Gelände zu besteuern.

Durch diese und einige ergänzende Bestimmungen des neuen Wohnungsgesetzes wird es in der Tat wohl gelingen, in Zukunft dem ausschließlichen Bau hoher Stockwerkhäuser schon durch die Bebauungspläne entgegenzutreten.

Im übrigen kommt für die Straßenanlagen noch folgendes in Betracht: Die Straßenrichtung soll womöglich nicht rein äquatorial (West-Ost) sein. Es resultiert hierbei eine ausgeprägte Schatten- und eine Sonnenseite; welche enorme Differenzen im Klima ihrer Häuser aufweisen; bei der nach Süden gerichteten Fensterfront erfolgt im Sommer infolge des Hochstandes der Sonne nur ein geringer Einfall von Sonnenlicht, dagegen im Winter bis weit in die Zimmer hinein, es liegen hier also die günstigsten Verhältnisse vor. Um so schlechter ist die Nordseite bedacht. Der Mangel an Sonne kann hier nicht etwa durch die Südlage der Rückseiten ausgeglichen werden, da infolge der Bauart der Häuser hier gewöhnlich nur Wirtschaftsräume, Treppenhäuser und Schlafzimmer liegen. — Bei meridionalen Straßenrichtungen (Nord-Süd) ist die Insolation gleichmäßiger auf beide Seiten verteilt, aber sie wirkt wegen der im Sommer tief in die Fenster dringenden Sonne ungünstiger wie auf der Südseite.

Man hat eingewendet, daß der meridionale Verlauf durch die herrschende Windrichtung nachteilig beeinflußt wird. In Norddeutschland sind äquatoriale Winde häufiger, und diese bewirken eine lebhaftere Ventilation in den gleichgerichteten Straßen und deren Häusern. Daher sollen die Straßen am günstigsten liegen, welche von Nordost nach Südwest bzw. von Nordost nach Südost gerichtet sind, so daß sowohl Sonne wie Wind gut ausgenutzt und möglichst gleichmäßig verteilt werden. — Man wird jedoch in den seltensten Fällen allen konkurrierenden Gesichtspunkten Rechnung tragen können; und da die hygienischen Forderungen bezüglich der Straßenrichtung nicht eindeutig sind, wird man meist den technischen und künstlerischen Interessen die Entscheidung überlassen.

Zur Pflasterung der Straßen soll ein Material benutzt werden, das möglichst wenig Staub liefert, also hart und schwer zerreiblich ist. Ferner ist ein gleichmäßiges Quergefälle, je nach dem Material 15—70 Promille, einzuhalten, welches schnelles Abfließen des Wassers und leichte Reinigung ermöglicht. Etwaige Zwischenräume zwischen den Pflastersteinen sollen mit fest zusammenhängender, nicht staubender Füllung gedichtet sein. Vorzuziehen ist fugenloses Pflaster aus Gußasphalt oder Zementbeton mit Decke von Stampfasphalt. In England hat sich Holzpflaster mit Teerfüllung der Fugen seit lange bewährt.

Chaussierte Fahrstraßen sind in Städten ganz zu verwerfen. — Zur Schonung des Pflasters ist es wichtig, daß nicht bei jeder Reparatur von Wasser-, Gas-, Telephonleitungen usw. das Pflaster der Fahrstraße aufgerissen werden muß. Um das zu ereichen, legt man jene Leitungen entweder in besondere unterirdische Tunnel (teuer); oder man bringt sie unter der Decke der größeren Abzugskanäle an; oder man verlegt sie in eine Kiesbettung unter dem Fußsteig und macht sie dadurch viel leichter zugänglich.

Bezüglich der Unterhaltung der Straßen und Plätze hat die Hygiene eine sorgfältige Reinigung und bei austrocknender Luft reichliche Besprengung mit Wasser zu fordern; erstere, um Infektionen von der Bodenoberfläche aus nach Möglichkeit einzuschränken; letzteres, um die Belästigung der Atmung durch staubige Luft zu hindern. — Versuche, dem lagernden Staub durch Besprengen mit Teer, Mineralölen, Westrumit, Chlorkalzium u. dgl. die Flugfähigkeit zu nehmen und dadurch den Straßenstaub zu beseitigen, haben ein gutes Resultat ergeben. Der Teer wird durch besondere Maschinen fein verteilt auf die trockene und reine Straße gebracht. Bei Chausseen wird zweckmäßig die oberste Schicht Schotter vor dem Aufbringen in heißem Teer gekocht.

3. Bauordnung und Wohnungskontrolle.

Der Erlaß von Bauordnungen ist im neuen Wohnungsgesetz-Entwurf den lokalen Polizeibehörden überlassen. Die Bauordnungen sollen der Einsturz- und Feuersgefahr der Gebäude Rechnung tragen, jeder Wohnung genügend Luft und Licht schaffen und dem übermäßigen Zusammendrängen der Menschen vorzubeugen suchen. Sie enthalten vorzugsweise folgende Vorschriften:

a) Ein gewisser Bruchteil des Grundstücks muß als Hof und Gartenraum übrig bleiben; derselbe soll im Verhältnis stehen zur Zahl der Wohnungen auf einem Grundstück; meist wird er auf mindestens ein Drittel des Bauterrains normiert.

b) Bezüglich der Baufluchte wird verlangt, daß die Gebäude entweder die Straßenlinie genau einhalten, oder es wird ein Zurückweichen hinter die Fluchtlinie bis zu 3 m gestattet. Im hygienischen Interesse ist ein stärkeres Zurückweichen mehr erwünscht, da dann erst die entstehenden Vorgärten für die Bewohner des Hauses wirklich benutzbar werden.

c) Zahlreiche Bestimmungen regulieren den Abstand der Gebäude voneinander.

Bezüglich des seitlichen Abstandes wird unterschieden zwischen geschlossener Bauweise, Bauten mit geringen Abständen, und offener Bauweise, (Pavillonsystem). Bei der geschlossenen Bauweise müssen stets Brandmauern, d. h. massive Mauern ohne jede Öffnung die Häuser verbinden. Ist ein Abstand zwischen zwei Häusern vorhanden, so ist gewöhnlich bestimmt, daß, falls derselbe unter 5 m beträgt, mindestens eine Mauer als Brandmauer fungiert; geht der Abstand über 5 m hinaus, so dürfen beiderseits Öffnungen angelegt werden.

Diese in vielen Städten noch jetzt geltenden Bestimmungen, die vorzugsweise die Feuersicherheit berücksichtigen, befriedigen nicht vom hygienischen Standpunkt. Die kleinen Abstände unter 5 m sind zu verwerfen, weil auch dann, wenn beiderseits Brandmauern sie begrenzen, Winkel zu entstehen pflegen, die zur Ablagerung von allerlei Abfallstoffen dienen. Beträgt aber der Abstand wenig über 5 m und haben dann die Mauern Fenster, so ist nicht daran zu denken, daß durch diese die dort gelegenen Zimmer genügend Luft und Licht erhalten. Man muß dann wenigstens verlangen, daß für diese Zimmer noch andere Licht- und Luftöffnungen existieren, oder daß die betreffenden Räume nicht zum Wohnen benutzt werden. Erst dann, wenn der seitliche Abstand ungefähr der Haushöhe gleichkommt, ist auf eine ausreichende Licht- und Luftzufuhr zu rechnen. Andernfalls ist auf seitliche Abstände ganz zu verzichten und die geschlossene Bauweise zu empfehlen.

Vom gegenüberliegenden Hause soll die Front mindestens um die Haushöhe entfernt sein. Man bezeichnet diese Forderung gewöhnlich durch die Formel $h = b$ (Höhe = Straßenbreite). h rechnet man bis zur Dachtraufe; sind die Dächer sehr steil und ihr Neigungswinkel größer als 45°, so ist $b = h + x$ zu rechnen, wo x eine Konstante, z. B. 6 m, bedeutet. — Bei Aufstellung dieser Formel ist offenbar nur darauf Bedacht genommen, daß das diffuse Tageslicht bis zur Sohle der Vorderfläche des Hauses gelangt (s. Fig. 47). Sollen die Parterrezimmer aber auch noch bis in eine gewisse Tiefe Himmelslicht erhalten, oder wird eine gewisse Dauer der Insolation der Hausfront gefordert, so ist ein erheblich größerer Abstand der Fronten $\left(b = h + \frac{h}{2}\right)$ notwendig (s. unter „Beleuchtung").

Für Hinterhäuser soll die Regel $h = b$ gelten.

d) Die Höhe der Häuser ist zwar schon durch die Bestimmung über das Verhältnis zwischen Haushöhe und Straßenbreite in gewisser Weise limitiert. Es ist aber zweckmäßig, für den Fall, daß sehr breite Straßen existieren, noch eine maximale Höhe des Hauses (von etwa 20 m) festzusetzen, da mit der Höhe des Hauses die Sommertemperatur innerhalb der Wohnungen sich steigert und die Massenansammlung von Menschen begünstigt wird. Auch hat die Statistik in bestimmter Weise einen schädlichen Einfluß der hochgelegenen Wohnungen auf Tod- und Fehlgeburten nachweisen können, falls der Zugang nur mittels Treppen möglich ist.

e) Damit der Häuserspekulant nicht durch zahlreiche niedrige Stockwerke sich für die Beschränkung der Haushöhe schadlos zu halten sucht, muß die Zahl der Stockwerke auf höchstens fünf oder aber

die minimale lichte Höhe der bewohnten Räume auf mindestens $2^1/_2$—3 m festgesetzt werden.

f) Sehr wichtig sind Bestimmungen, welche die Größe der bewohnten Räume nach der Bewohnerzahl normieren (mindestens 10 cbm Luftraum für jeden Erwachsenen, 5 cbm für jedes Kind unter 10 Jahren), und ausreichend Licht und Luft dadurch garantieren, daß für jeden bewohnten Raum bewegliche, nach außen führende Fenster vorgeschrieben werden, deren Fläche mindestens $= {}^1/_{12}$ der Bodenfläche beträgt.

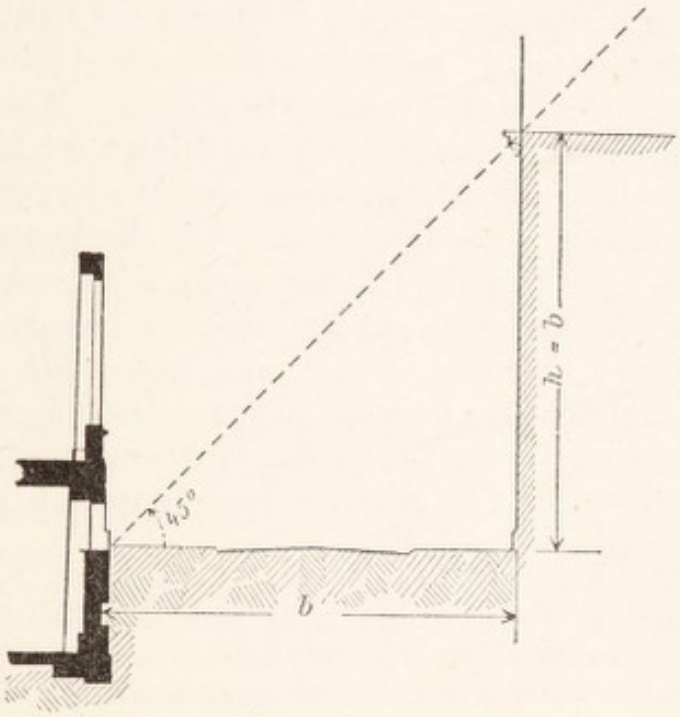


Fig. 47. Straßenbreite = Haushöhe.

g) Nach dem neuen Wohnungsgesetz sollen besondere Ortsteile, Straßen und Plätze ausgeschieden werden können, für welche die Errichtung von Anlagen nicht zugelassen ist, die üble Dünste, starken Rauch oder ungewöhnliches Geräusch entwickeln.

h) Um weiträumige Bebauung mit Familienhäusern oder kleineren Miethäusern möglichst zu fördern, ist eine unterschiedliche Behandlung der Bauordnungen für das Innere, für die Außenbezirke und für die Umgebung von Städten wünschenswert und im Wohnungsgesetz vorgesehen.

Die meisten größeren Städte haben jetzt bereits eine Zonenbauordnung, d. h. eine Abstufung der Bauordnung nach zwei, drei oder mehr Bauklassen, eingeführt. Klasse I umfaßt vier- und fünfgeschossige Miethäuser, die breite Straßen voraussetzen, und im eigentlichen Stadtinnern fortbestehen werden; in Klasse II sind kleinere Miethäuser, engere Straßen, Raum für Gärten und daher noch etwas größere Häuser-

blocks vorzusehen; Klasse III umfaßt Einfamilienhäuser und Arbeiterwohnhäuser in offener oder halboffener Bauweise und in Blöcken von geringer Tiefe, um Hinterhäuser ganz auszuschließen.

Eine Aufsicht über die vorhandenen Wohnungen ist in den letzten Jahren in verschiedenen Städten und Regierungsbezirken eingerichtet, so im Regierungsbezirk Münster, Posen, Düsseldorf, ferner in Dresden, Hamburg, Essen u. a. m.; sie ist im Wohnungsgesetz-Entwurf „unbeschadet der allgemeinen gesetzlichen Befugnisse der Ortspolizeibehörden dem Gemeindevorstand" zugewiesen. In den Polizeiverordnungen werden meist „ungeeignete" und „überfüllte" Wohnungen unterschieden; für ersteres Prädikat sollen Abnormitäten der Luft- und Lichtlieferung der Fenster, der Abortanlagen, der Wasserversorgung, sowie abnorme Feuchtigkeit maßgebend sein. Die Methoden zur Prüfung auf diese Abnormitäten sind übrigens nicht genügend festgelegt. — Die Überfüllung wird nach dem auf den einzelnen Bewohner entfallenden Luftraum (s. oben) beurteilt; ferner sind namentlich beschränkende Bestimmungen über Schlafleute, Kost- und Quartiergänger aufgenommen. Als Beispiel diene einstweilen — da das Wohnungsgesetz noch der Beratung unterliegt — die im folgenden wiedergegebene Verordnung für den Regierungsbezirk Düsseldorf:

§ 1. Niemand darf ohne Genehmigung der Ortspolizeibehörde in Wohnungen, welche sich in von zwei oder mehr Familien bewohnten Häusern befinden, selbst als Eigentümer oder Besitzer einziehen, oder eine Familie zur Miete oder Aftermiete aufnehmen, sobald die Wohnung polizeilich als zum Bewohnen ungeeignet (§ 2) oder als überfüllt (§ 3) bezeichnet worden ist.

§ 2. Als zum Bewohnen ungeeignet können von der Ortspolizeibehörde diejenigen Wohnungen bezeichnet werden, welche den nachstehenden Anforderungen nicht entsprechen:

1. Alle Schlafräume müssen mit einer Tür verschließbar und mindestens mit einem unmittelbar ins Freie führenden aufschließbaren Fenster versehen sein, dessen Größe nicht geringer als der 12. Teil der Fußbodenfläche sein darf.

2. Speicherräume sind nur als Schlafräume zulässig, wenn sie verputzte oder mit Holz verkleidete Wände haben.

3. Der Fußboden der Schlafräume muß durch gute und dauerhafte Holzdielung oder anderweitige, zweckmäßige Vorrichtung (Estrich, Plattenbelag usw.) vom Erdboden getrennt sein.

4. Die Schlafräume dürfen nicht mit Abtritten in offener Verbindung stehen.

5. Bei jedem Hause muß mindestens ein direkt zugänglicher, verschließbarer, allen Bewohnern des Hauses zur Benutzung freistehender Abort vorhanden sein.

6. Eine genügende Versorgung der Wohnung mit gesundem Wasser muß vorgesehen sein.

§ 3. Als überfüllt können von der Ortspolizeibehörde diejenigen Wohnungen bezeichnet werden, welche nachstehenden Anforderungen nicht entsprechen:

1. Die Schlafräume einer jeden Wohnung müssen für jede zur Haushaltung gehörige, über 10 Jahre alte Person mindestens 10 cbm Luftraum, für jedes Kind unter 10 Jahren mindestens 5 cbm Luftraum enthalten. Kinder, welche das erste Lebensjahr noch nicht vollendet haben, bleiben außer Betracht.

2. Die Schlafräume müssen derart beschaffen sein, daß die ledigen, über 14 Jahre alten Personen nach dem Geschlecht getrennt in besonderen Räumen oder Abschlägen schlafen können, und daß jedes Ehepaar für sich und seine noch nicht 14 jährigen Kinder einen besonderen Schlafraum oder doch einen besonderen Abschlag im Schlafraum besitzt.

§ 4. Abweichungen von den in § 2 und § 3 aufgestellten Anforderungen kann die Ortspolizeibehörde in besonders gearteten Fällen gestatten.

§ 5. Jede Zuwiderhandlung gegen diese Verordnung wird mit Geldstrafe bis zu 30 Mark, im Unvermögensfalle mit verhältnismäßiger Haft bestraft.

Über die ausführenden Organe der Wohnungsaufsicht enthält der Wohnungsgesetz-Entwurf folgende Bestimmungen: Für Gemeinden mit mehr als 100000 Einw. ist ein Wohnungsamt zu errichten, das mit dem erforderlichen in geeigneter Weise vorgebildeten Personal, insbesondere mit einer genügenden Zahl beamteter Wohnungsaufseher, besetzt sein muß. Für kleinere Gemeinden kann die Errichtung eines entsprechenden Wohnungsamts usw. durch die Aufsichtsbehörde vorgeschrieben werden. — Die Wohnungsaufseher sind berechtigt, bei Ausübung der Wohnungsaufsicht alle Räume, die zum dauernden Aufenthalt von Menschen benutzt werden, sowie die dazugehörigen Nebenräume, zu betreten. Die Besichtigung muß so vorgenommen werden, daß eine Belästigung der Beteiligten tunlichst vermieden wird. — Soweit sich ergibt, daß die Wohnung hinsichtlich ihrer Beschaffenheit oder Benutzung den an sie zu stellenden Anforderungen nicht entspricht, ist Abhilfe in der Regel zunächst durch Rat, Belehrung oder Mahnung zu versuchen. Läßt sich auf diese Weise Abhilfe nicht schaffen, so ist das Erforderliche wegen Herbeiführung polizeilichen Einschreitens zu veranlassen.

Vielfach ist ein sofortiges Eingreifen der Wohnungspolizei nicht durchführbar, weil die Insassen der überfüllten und ungeeigneten Wohnungen nicht ohne größeren Kostenaufwand zweckentsprechender untergebracht werden können, oder weil eine Reduktion der Schlafgäste und Kostgänger auf Schwierigkeiten stößt. Städtische Logierhäuser (Obdachlose, Asyle) und Ledigenheime welche Familien, die aus überfüllten Wohnungen delogiert werden, bzw. Schlafgänger aufnehmen, haben sich in solchen Fällen in Berlin, Leipzig und anderen Städten bereits gut bewährt.

4. Baupläne für Kleinhäuser.

In der Neuzeit hat man mehrfach versucht, in größeren städtischen Häusern mit 3 und 4 Stockwerken hygienisch einwandfreie Wohnungen

für Minderbemittelte herzustellen; vorbildlich sind in dieser Beziehung z. B. die nach Messels Plänen in Berlin in der Sickingenstraße, an der Proskauer- und Schreinerstraße und in Westend erbauten Häuserkomplexe,

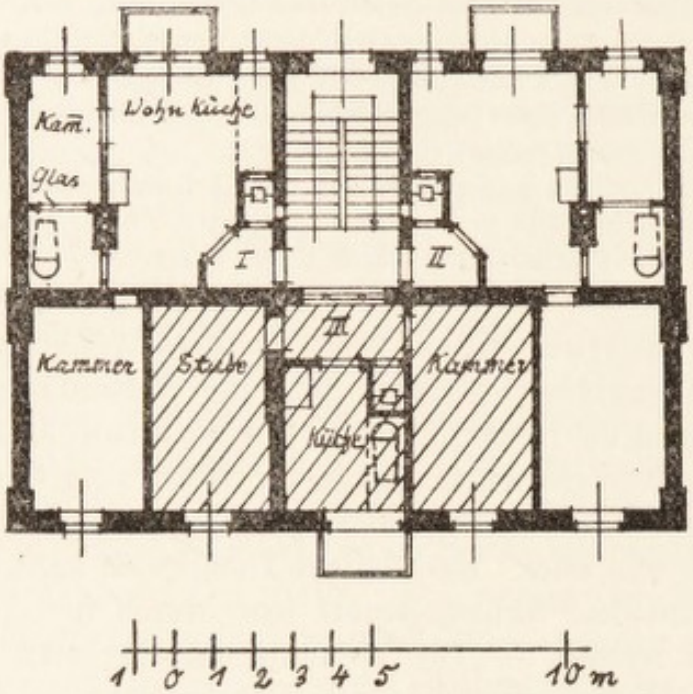


Fig. 48. 3 Wohnungen mit gemeinsamem Treppenaufgang. Wohnung I und II durchlüftbar, III (schraffiert) nicht durchlüftbar.

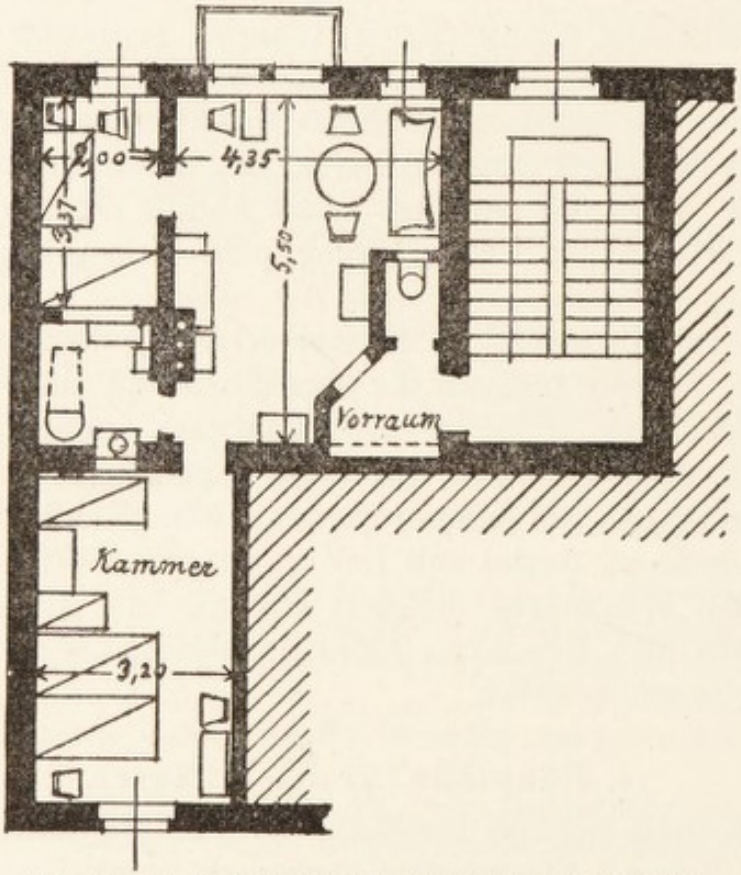


Fig. 49. Nr. I des Plans Fig. 48 in größerem Maßstab.

ferner die Posadowsky-Wehner-Häuser in Dresden-Löbtau, sämtlich von Spar- und Bauvereinen errichtet.

Für derartige Häuser ist von größter Bedeutung der Grundriß der Wohnung, der den Bedarf der Bewohner auf kleinstem Raum deckt, aber die Mißstände der bisherigen Mietskasernen-Wohnung vermeidet. Die Erfahrung hat nun zu folgenden Forderungen geführt: ein Zuviel von Räumen verführt leicht zur Aftervermietung und zum Schlafburschenwesen; zu große Räume sind bei den Bewohnern nicht beliebt, weil sie zu viel Reinigung, Heizung und Ausstattung erfordern. Dagegen ist wichtig, daß die Wohnung vollständig für sich isoliert ist und die Berührungsmöglichkeiten mit den übrigen Bewohnern möglichst reduziert sind. Unbedingt muß jede Wohnung ein besonderes Klosett haben; auch Wasserversorgung und Ausguß in der Küche sind selbstverständlich. Besonderer Wert wird von manchen Architekten und Hygienikern auf eine gute Durchlüftbarkeit der Wohnung gelegt (s. Fig. 48); es soll gelegentlich Zuglüftung durch gegenüberliegende Fenster hergestellt werden können, um frische Luft und Kühle hereinzuschaffen. Die Bewohner pflegen indes von solchen Lüftungsvorrichtungen wenig Gebrauch zu machen. Im Hochsommer könnte eine Kühlung durch fortgesetzte Zuglüftung zur Nachtzeit in Betracht kommen; gerade für die am meisten unter der Hitze leidenden Säuglinge wird das aber schwerlich in Anwendung gezogen werden. Im übrigen ist eine Reinigung der Luft und Kühlung auch durch reichliches Fenster- und gelegentliches Türöffnen recht wohl möglich, und der Gesichtspunkt der Zuglüftung gerade durch Fenster sollte daher nicht in so übertriebener Weise in den Vordergrund gerückt werden.

Fig. 50. Sofanische in der Wohnstube.

Wichtig ist die Erfahrung, daß die Arbeiterfamilie die Küche gern als Wohnraum benutzt. Namentlich wird der Hausfrau die Überwachung der Kinder dadurch außerordentlich erleichtert. Die „Wohnküche“ soll dann aber 2 Adnexa haben; erstens einen Pansch- und Aufwaschraum, der in eine Ecke der Küche eingebaut ist, eventuell durch eine Tür von der Küche abgetrennt werden und auch eine Badeeinrichtung enthalten kann. Zweitens ist zweckmäßig eine Sofanische eingebaut, die dem Raum ein gefälliges Aussehen gibt und z. B. durch den Einbau des Klosetts leicht gewonnen werden kann, ungefähr in der Weise, wie es in Fig. 49 und 50 veranschaulicht ist. — Wünschenswert sind ferner zwei Schlafstuben, da-

mit die Möglichkeit vorliegt, heranwachsenden Kindern einen besonderen Schlafraum zu überweisen. — Auch empfiehlt sich die Anbringung eines Wirtschaftsbalkons an der Küche, teils um hauswirtschaftliche Arbeiten zu erledigen, teils zum Zweck der Erholung der Bewohner; er kann einigermaßen den meist nicht leicht anzulegenden Speiseaufbewahrungsraum ersetzen. Endlich ist noch eine Absperrung der Fenster gegen Sonne durch Jalousien zu wünschen. Die Herdheizung soll wo möglich durch Gas erfolgen, das zweckmäßig durch Gas-Automaten geliefert wird.

Die Miethäuser, welche alle diese Forderungen sorgfältig berücksichtigen, bieten zweifellos erheblich besseres als die üblichen Mietkasernen. Aber verschiedene wichtige hygienische Mißstände haften ihnen doch noch an. So namentlich die gezwungene Kommunikation vieler Familien und dadurch Erleichterung der Übertragung von Kontagien; ferner die immerhin hohen Temperaturen der dritten und vierten Stockwerke; end-

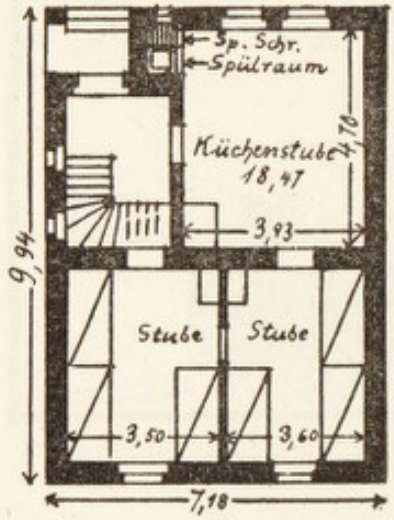


Fig. 51.
Freistehendes Einfamilienhaus.

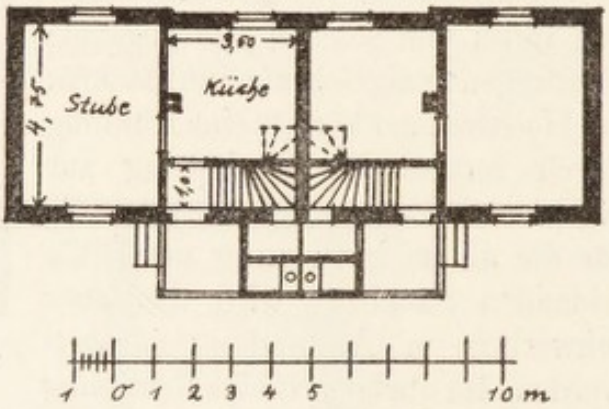


Fig. 52. Zweifamilienhaus.
Untere Figur: Erdgeschoß; obere: Obergeschoß (nur über der rechten Haushälfte gezeichnet).

lich der gemeinsame, gewöhnlich allseitig umschlossene und der freien Luftbewegung nicht recht zugängliche Binnenhof als einzige Stätte für den Aufenthalt im Freien.

Entschieden viel günstiger liegen die Verhältnisse, wenn ein- oder zweigeschossige Häuser errichtet werden, deren jedes nur eine kleine Anzahl von Familien aufnimmt.

Einfamilienhäuser in offener oder halboffener Bauweise sind meist zu teuer. Es genügt, wenn 2 oder mehr Familien in einem Hause untergebracht, dabei aber der Grundriß doch so gestaltet wird, daß jede unfreiwillige Kollision zwischen den Familien vermieden ist und der Eindruck des eigenen Heims erhalten bleiben kann.

Ein Beispiel eines einfachsten völlig freistehenden Einfamilienhauses für Arbeiter bietet der Grundriß Fig. 51 (aus den „Musterzeichnungen des Minist. d. öff. Arbeiten", Berlin). Für Doppelhäuser, die eine Wand gemeinsam haben und deren jedes für eine Familie bestimmt ist, empfiehlt sich z. B. der in Fig. 52 gezeichnete Grundriß, ausgeführt in der Kolonie Altenhof der Kruppschen Fabrik. Das Haus hat die Eingänge nicht nebeneinander, sondern weit getrennt, so daß die Bewohner möglichst wenig in Berührung treten. — Einen älteren, weniger geschickten Grundriß eines

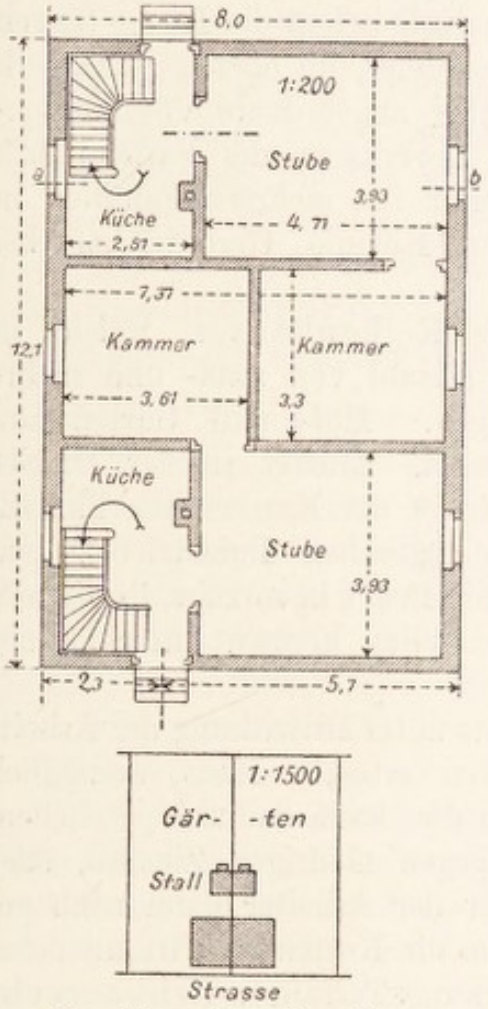


Fig. 53a und b. Doppelhaus.

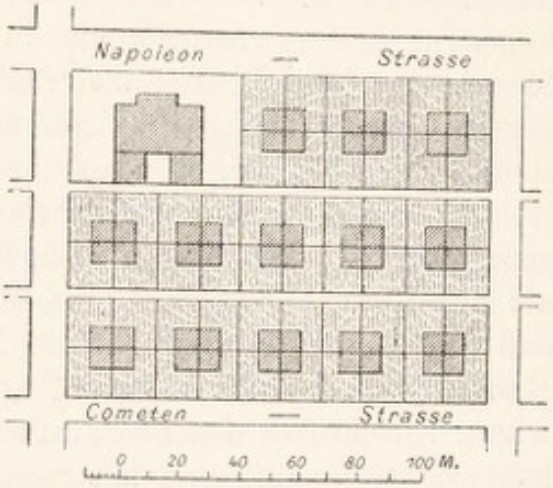


Fig. 54. Arbeiterquartier in Mühlhausen i. E.

Zweifamilienhauses, aber mit Stall und Garten, zeigt Fig. 53a und b.

Eine der ersten Arbeiterkolonien bildeten die in Mülhausen im

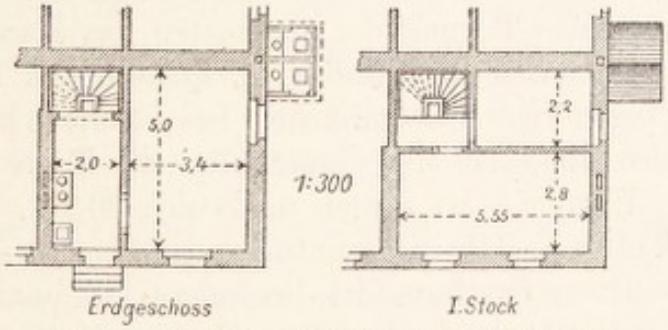


Fig. 55. Grundriß der Mühlhäuser Vierhäuser.

Elsaß gebauten Vierhäuser, bei welchen je vier quadratische einstöckige Häuser so vereinigt sind, daß sie ein größeres Quadrat bilden. Fig. 54 zeigt einen Straßenplan mit solchen Häuservierecken, deren

jedes von einem Gartenviereck umgeben ist; jedes Viertel umfaßt einen Flächenraum von zirka 180 qm. Die Gärten (teils Zier-, teils Gemüsegarten, teils Wirtschaftshof) sind durch Zäune und lebende Hecken getrennt. Der Grundriß (Fig. 55) zeigt im Erdgeschoß die Küche (durch diese erfolgt der Eingang) und ein Wohnzimmer, im oberen Stockwerk zwei Schlafkammern. Andere, zweckmäßig angeordnete Vierfamilienhäuser finden sich z. B. in der Kolonie Leverkusen der Farbenfabrik Bayer & Co. in Elberfeld, ebenso Häuser für mehrere Familien in verschiedenen gefälligen Typen in der Kolonie Gmindershof bei Reutlingen.

Noch etwas billiger stellen sich die Reihenhäuser, welche in langer geschlossener Reihe eine größere Anzahl von zwei- und mehrgeschossigen Einfamilienhäusern vereinigen. Hof- und Gartenraum sind ebenfalls für jede Familie abgegrenzt. Muster solcher Häuser finden sich z. B. in der Kolonie Friedrichshof der Kruppschen Fabrik; ferner in größter Ausdehnung in den englischen Industriebezirken. Sie werden in der Neuzeit auch bei uns mit Recht bevorzugt, da sie alle begründeten hygienischen Forderungen erfüllen können unter geringstem Kostenaufwand.

Oft wird beabsichtigt, den Arbeiter das unter Mitwirkung der Arbeitgeber oder gemeinnütziger Gesellschaften erbaute Haus womöglich als Eigentum erwerben zu lassen; und dies kann dadurch geschehen, daß ihm Baudarlehen zinsfrei bzw. gegen niedrigen Zinsfuß, oder Bauprämien gewährt werden, daß aber der Arbeiter dann nach gewissen Vorschriften den Bau ausführt. Um die Kosten des Grundstückskaufs zu ersparen, kann dem Arbeiter auch das Terrain in Erbbaurecht gegeben werden; d. h. das Recht, auf dem Grundstück ein Bauwerk zu haben, aber nur auf Zeit (99 Jahre) und gegen Jahresentgelt (Erbbauzins); ein Recht, das vererbt und veräußert werden kann. Oder der Arbeitgeber baut die Häuser, vermietet sie an Arbeiter, diese können aber durch allmähliche Tilgung der Baukosten das Haus als Eigentum erwerben. In Mülhausen im Elsaß z. B. kostete das Einfamilienhaus 2640 Mk. inkl. zugehöriger Gartenfläche. Bei Unterzeichnung des Kaufkontrakts wurden 160—240 Mk. eingezahlt; die Miete betrug monatlich 14,40 Mk. Wurden statt dessen monatlich 20 Mk. bezahlt, so war der Mieter nach etwa 17 Jahren Eigentümer des Hauses. — Der Gesichtspunkt der Eigentumserwerbung ist besonders von einigen staatlichen Arbeitgebern durchgeführt; der Bergfiskus hat namentlich große Summen als Bauprämien und unverzinsliche Darlehen an baulustige Arbeiter aufgewendet, so daß von den Arbeitern der Staatsbergwerke in Saarbrücken 42%, in Halle 27%, im Oberharz 27% Hauseigentümer sind. Von anderen Arbeitgebern oder von gemeinnützigen Baugenossenschaften

ist dies Prinzip seltener befolgt, weil die als Eigentum erworbenen Häuser unter manchen Verhältnissen leicht vom Arbeiter veräußert werden, in Spekulationshände übergehen und dadurch ihrer eigentlichen Bestimmung entzogen werden können.

Meistens werden daher die Arbeiter nur Mieter des vom Arbeitgeber oder von Genossenschaften erbauten und diesen gehörigen Einfamilienhauses; indes können die Mietverträge derart sein, daß die Mieter keinen Wechsel zu gewärtigen haben und fast ganz die Annehmlichkeiten des eigenen Besitzes genießen, wenn z. B. eine Kündigung oder eine Mietsteigerung ausgeschlossen wird, solange der Mieter seinen Verpflichtungen nachkommt (Hannoverscher Spar- und Bauverein).

Solche Arbeiterhäuser mit dem Ziele des Eigenerwerbs oder ohne dieses sind in großem Umfang von staatlichen Betrieben (Eisenbahnfiskus) hergestellt; von Gemeinden bisher nur in beschränktem Umfang (Gemeindeverwaltung der Stadt Ulm). Zahlreiche Arbeiterkolonien sind von privaten Arbeitgebern errichtet; hier sei nur auf die Firma Krupp in Essen hingewiesen, welche bereits für mehr als 12 Mill. Mk. Arbeiterwohnungen gebaut hat und das Baukapital nur mit etwa 2 % verzinst erhält. Ferner haben viele gemeinnützige Gesellschaften, neuerdings auch solche, die aus der Arbeiterschaft selbst gebildet sind, den Bau geeigneter Wohnungen übernommen, und diese Baugenossenschaften werden oft sehr wesentlich dadurch unterstützt, daß ihnen billige Kreditquellen (z. B. von den Reichsversicherungsanstalten, die ihre großen Vermögen ausdrücklich für Veranstaltungen anlegen dürfen, die den Versicherungspflichtigen nützen) oder von einer kommunalen Baukasse usw. eröffnet sind.

Auf zahlreichsten Wegen wird somit vorgegangen, um die Wohnungszustände namentlich für die arbeitende Bevölkerung zu bessern; und es ist nicht zu bezweifeln, daß auf diesem Gebiete in den nächsten Jahren mächtige Fortschritte zu verzeichnen sein werden.

5. Die Gartenstadtbewegung.

Der Lärm und die Unruhe in den Straßen der Großstadt zur Tag- und Nachtzeit, die Verschlechterung der Luft durch Staub, Ruß und riechende Gase (neuerdings durch die Auspuffgase der Autos), die Unmöglichkeit, in der Nähe der Wohnung sich durch einen Gang im Freien zu erfrischen oder durch Öffnen der Fenster „frische Luft“ in die Wohnräume zu bekommen, hat in den letzten Jahrzehnten einen erheblichen Teil der Großstadtbewohner dazu geführt, in den Vororten Wohnung zu suchen. Villenviertel, Familienhauskolonien und Arbeiterkolonien sind hier entstanden, meist nur Eigenheime, stellenweise aber auch mehrgeschossige Miethäuser enthaltend.

Abgesehen von diesen Ansiedelungen in der Umgebung der Städte hat neuerdings eine Bewegung eingesetzt, die auf eine ganz andere Bauart der Städte hinausgeht. Während das Wohnen außerhalb der Stadt und entfernt von der Arbeitsstelle fortgesetzt lange Fahrten erfordert, die Zeit und Geld konsumieren und viele Unbequemlichkeiten mit sich bringen, kann versucht werden, die Arbeitsstelle selbst — das industrielle Etablissement — aus der Stadt heraus zu verlegen und neben diesem die Arbeiter anzusiedeln. Bleibt aber die Industrie allein, so fehlt es an Produktion von Nahrungsmitteln, an kleingewerblichen Betrieben, die für die Siedelung nötig sind. Eine Verbindung der Ansiedelung mit Landwirtschaft und Gärtnerei würde die Lebensmittel verbilligen, weil dann die weiten Transporte fortfallen. Es erscheint daher zweckmäßig, verschiedene sich gegenseitig ergänzende Betriebe zusammenzulegen. Um aber die Mißstände in den größeren Städten, die allein bisher solche Kombinationen boten, von vornherein auszuschließen, sollen die neuen Siedelungen vor allem beschränkte Größe haben (nicht mehr als 30 000 Menschen). Ferner soll weiträumigste Bebauung durchgeführt werden mit Einschaltung von Gärten, freien Plätzen, einem Gürtel von Wald usw.; und um diese Bauart zu sichern und jede Grundstücks- und Häuserspekulation unmöglich zu machen, soll das Terrain der „Gartenstadt" einer Gesellschaft gehören, die das Land nicht verkauft, sondern nur in lange Pacht (Erbbaurecht s. S. 308) gibt, und zwar solchen Pächtern, die sich zu einer den Zielen der Gartenstadt entsprechenden Benutzung verpflichten. Meist werden Industrielle solche Ansiedelungen für ihre Betriebe und ihre Arbeiter ins Leben rufen. Aber die verschiedensten Gewerbtreibenden, ebenso Beamte usw. können sich die Annehmlichkeiten der Gartenstadt verschaffen, indem sie selbst Land in Erbpacht nehmen und bebauen oder sich in fertigen Wohnhäusern einmieten.

Die Bebauung des Landes ist im allgemeinen so gedacht, daß nur $^1/_6$ der Fläche bebaut wird. Im Zentrum werden die öffentlichen Gebäude, um diese ein größerer Park projektiert. Zwischen sehr breiten, parkähnlichen Ringstraßen und schmaleren Diagonalstraßen dienen Grundstücke von etwa 200 qm der Bebauung mit Wohnhäusern, die 1 oder 2 oder 3 Familien aufnehmen. Nach der Peripherie zu sind Kohlenlager, Molkereien usw., noch weiter nach außen die Gärtnereien, landwirtschaftlichen Betriebe angeordnet.

Der Gedanke der Gartenstadt rührt von dem Engländer Howard her. In England sind auch die ersten praktischen Durchführungen des Gedankens versucht; so in Bournville, in Letchworth, in Earswick usw., fast stets auf die Initiative von Großindustriellen hin.

Die „Deutsche Gartenstadt-Gesellschaft" verfolgt ähnliche Ziele. Es sollen Gartenstädte auf der Grundlage des Gemeindeeigentums am Stadt- und Landboden errichtet werden; es ist eine Wohnungsreform herbeizuführen, die eine organisierte Wanderung der Industrie aufs platte Land, eine wirtschaftlich harmonische Aufteilung des platten Landes und seine zweckmäßige Durchsetzung mit Städten von weitläufiger, hygienischer Bauweise anstrebt. — In Hellerau bei Dresden haben die „Deutschen Werkstätten für Handwerkskunst" eine solche Gartenstadt angelegt; bei Karlsruhe und bei Posen ist staatliches Terrain für Gartenstadtzwecke bereit gestellt.

Leider wird neuerdings die Bezeichnung „Gartenstadt" auch auf Siedelungen angewendet, die von irgendwelchen Baugesellschaften zu Spekulationszwecken und ohne Berücksichtigung der Ziele der Gartenstadtbewegung ins Leben gerufen sind.

Literatur: Verhandlungen des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1888, 1891, 1893 und 1910. — Nussbaum, Das Wohnhaus und

seine Hygiene. Leipzig 1909. — Stübben, Adickes, Albrecht u. a. in „Neue Untersuchungen über die Wohnungsfrage", herausgeg. vom Verein für Sozialpolitik, Leipzig 1901. — Eberstadt, Handb. des Wohnungswesens, 2. Aufl., Jena 1910. — Howard, Gartenstädte in Sicht, Jena 1907. — Zeitschrift „Gartenstadt", 1907 u. ff. Jahre. — Prausnitz, Atlas u. Lehrbuch der Hygiene, in Lehmanns med. Atlanten, München 1909; letzterem Werke sind einige der oben eingefügten Abbildungen entnommen. — Damaschke, Aufgaben der Gemeindepolitik. 1904. — Jahrbuch der Bodenreform 1. Band, 1905. — Schriften der Zentralstelle für Volkswohlfahrt, Heft 8. 1913. — Kaup, Art. Wohnungswesen in Grotjahn und Kaup, Handwörterbuch der sozialen Hygiene, 1912. — Haenel und Tscharmann, das Kleinwohnhaus der Neuzeit. 1913. — Stübben, Brix, Gretzschel, Rath im Handb. der Hygiene, 2. Aufl., 1914.

II. Fundamentierung und Bau des Hauses.

1. Das Fundament soll das Haus gegen den Boden wasser- und luftdicht abschließen. Wasserdicht deshalb, weil sonst das Bodenwasser sowohl von unten wie von der Seite her in die porösen Bausteine ein-

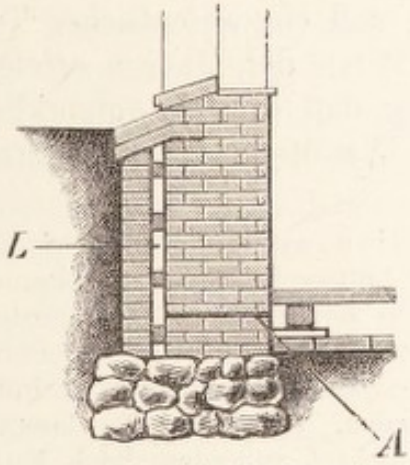


Fig. 56. Hausfundament.
A Asphaltschicht. *L* Luftraum zwischen Hauptmauer und Vormauer.

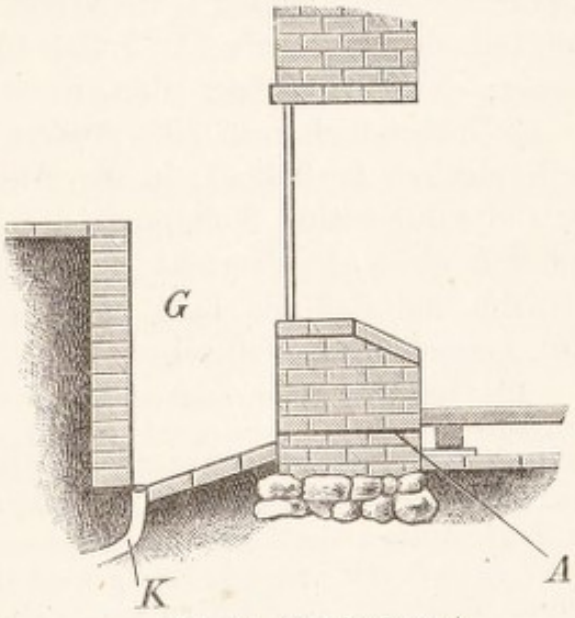


Fig. 57. Hausfundament.
A Asphaltschicht. *G* Umlaufender Graben. *K* Wasserablauf.

dringt, in diesen kapillar in die Höhe steigen und die Keller und unteren Stockwerke feucht halten kann. Ist der Boden unrein, so werden gleichzeitig die Verunreinigungen mit dem Wasser in die Höhe geführt und es kommt zur Bildung von sogenanntem Mauersalpeter.

Die Dichtung der Mauern läßt sich erreichen z. B. durch Einlegen einer Asphaltschicht (*A*, Fig. 56 und 57) oder einer Schicht von glasierten Klinkern auf die sogn. Abgleichungsschicht der Fundamente. Um auch das seitliche Eindringen von Feuchtigkeit zu hindern, werden entweder die Seiten der Funda-

mentmauer stark mit Asphaltteer oder mit geschmolzenem Ceresin oder Paraffin u. dgl., imprägniert, oder es wird eine 12 cm starke Vormauer aus Ziegelsteinen mit Zementmörtel in einer Entfernung von 6—7 cm vom Kellermauerwerk aufgeführt, mit sog. Einbindern versehen und oben abgedeckt (Fig. 56). In einigen Städten besteht die nachahmenswerte Vorschrift, daß ein offener Graben von $^1/_3$—$^1/_2$ m Weite die Fundamente des ganzen Wohnhauses umgibt; derselbe führt dann gleichzeitig den Kellerräumen in reichlicherem Maße Luft und Licht zu (Fig. 57) und macht diese für Wohnungen benutzbar. Die ganze Kellersohle ist außerdem wasser- und luftdicht mit Asphalt und mit einer Isolierschicht herzustellen.

Der geschilderte dichte Abschluß schützt das Haus auch gegen etwaiges Aufsteigen von Bodenluft. Wenn letztere auch nicht, wie man früher annahm, infektiöse Keime ins Haus zu führen vermag, so kann doch leicht eine übelriechende, stark mit Kohlensäure oder gar mit giftigem Leuchtgas beladene Luft vom Boden her in das Haus eindringen, und da eine Durchlässigkeit des Materials hier keinesfalls irgendwelchen Nutzen hat, so ist das Prinzip der vollkommenen Dichtung so viel als möglich durchzuführen.

2. Die Seitenwände des Hauses. Bezüglich des Materials und der Konstruktion der Seitenwände kommt in Betracht a) die Durchlässigkeit des Materials für Luft; b) seine Aufsaugungsfähigkeit für Wasser; c) die Dicke der Mauern.

a) Früher hielt man eine größere Durchlässigkeit des Materials für hygienisch vorteilhaft, in der Annahme, daß ein wesentlicher Teil der Luftzufuhr zum Wohnraum durch die Poren der Mauern erfolge, und daß dieser Luftwechsel gerade dadurch, daß er sich unmerklich vollzieht und daß die Luft dabei auf die Wandtemperatur erwärmt wird, besonders wertvoll sei.

Die Existenz einer solchen Porenventilation wurde durch zwei Experimente bewiesen; erstens wurde gezeigt, daß der Luftwechsel in einem Zimmer, dessen Fugen, Ritzen und sonstige Undichtigkeiten sorgfältig verklebt werden, immer noch sehr beträchtlich ist, obwohl er sich nunmehr nur durch die Poren der Begrenzungen des Zimmers vollziehen kann. — Derselbe Versuch ist indes später vielfach mit anderem Erfolg wiederholt worden. Sorgt man für dauernd dichten Verschluß aller Ritzen und Fugen und dichtet außerdem noch Fußboden und Decke des Zimmers, so sinkt der Luftwechsel in dem betreffenden Raum unter gewöhnlichen Verhältnissen auf Null herab. Nur bei sehr heftigen Winden ist eine geringfügige Ventilation bemerkbar.

Das zweite Experiment bestand darin, daß eine Glasröhre auf die beiden gegenüberliegenden Seiten eines Backsteines aufgekittet und dann die übrige Fläche des Backsteines mit Paraffin oder Teer gedichtet wird. Es gelingt dann durch Einblasen von Luft in das Glasrohr durch den Backstein hindurch z. B. ein Licht auszublasen. — Nun beträgt aber der Exspirationsdruck beim Blasen leicht 10—20 cm Qnecksilber = 1300—2600 kg pro 1 qm Fläche. Mäßiger Wind liefert dagegen nur einen Druck von 1—5 kg, starker Wind einen Druck von 20 kg, Sturm einen solchen von 100 kg pro 1 qm, so daß also aus diesem an einem sehr kleinen Querschnitt angestellten Experiment noch keine Folgerungen für

den unter dem Winddruck oder durch Temperaturdifferenzen bewirkten Luftdurchgang durch den Stein zu ziehen sind.

Später ist dann die Durchlässigkeit der Steine für Luft genauer quantitativ geprüft (Lang). Dabei stellte es sich heraus, daß je nach dem Material bei einem Druck von 1 mm Wasser oder von 1 kg pro Quadratmeter nur 5 bis 10 Liter Luft pro Stunde und pro Quadratmeter Wandfläche passieren; dies macht für ein Zimmer mit 14 qm Außenwand und für mittleren Wind von 3 kg Druck 0·2—2·0 cbm stündlicher Luftzufuhr, während der Luftbedarf für ein solches Zimmer mindestens 60 cbm pro Stunde beträgt. Außerdem fand sich, daß die Bekleidung der inneren Wandfläche noch in wechselndem, meist aber sehr erheblichem Grade die Durchlässigkeit herabsetzt; und zwar schon ein Anstrich mit Kalk- oder Leimfarbe, noch mehr ein Tapetenüberzug und wiederum mehr ein Ölfarbenanstrich. Ferner wird die Durchlässigkeit wesentlich geändert durch Befeuchtung des Steins; je nach der Feinheit der Poren tritt hier eine Abnahme um 15—90% ein.

Die Luftzufuhr durch das Baumaterial stellt sich daher für die gewöhnlich vorliegenden Verhältnisse, mäßigen Wind, der nicht gerade senkrecht auf die Mauern auftrifft, und geringe Temperaturdifferenzen als völlig illusorisch heraus. Nur in einem Fall vermag dieselbe eine nennenswerte Luftmenge zu fördern, nämlich bei direkt auftreffenden heftigen Winden. Dann aber vermitteln schon die zufälligen Undichtigkeiten der Fenster und Türen einen mehr als erwünschten Luftwechsel, so daß wir der Porenventilation und einer Durchlässigkeit des Baumaterials für Luft völlig entraten können.

Übrigens ergibt sich folgende Reihenfolge für die Permeabilität der Baumaterialien für Luft: am durchlässigsten ist Kalk-Tuffstein; dann folgt Fichtenholz (Querschnitt); dann Luftmörtel, schwach gebrannter Ziegel, stark gebrannter Ziegel, unglasierter Klinker, Portlandzement, grüner Sandstein, Eichenholz (Querschnitt), Gips (gegossen), glasierter Klinker.

b) Auch bezüglich der Aufsaugungsfähigkeit für Wasser hatte man früher unrichtige Vorstellungen. Man glaubte, daß die Mauern durchaus porös und imstande sein müßten, etwaiges an den inneren Wandungen der Wohnräume kondensiertes Wasser aufzusaugen und allmählich wieder zu verdunsten; dadurch sollen die Wände trocken gehalten werden, während sie bei wasserdichtem Material leicht feucht werden (triefen).

Eine derartige Kondensation von Wasserdampf soll indes in normalen Wohnräumen nicht vorkommen. Ist durch stärkere Ansammlung von Menschen oder durch Kochen, Waschen usw. sehr viel Wasserdampf produziert, so ist er zunächst durch Lüftung zu entfernen; reicht diese nicht aus, so findet eine Regulierung durch Kondensation an den Fensterflächen statt. Erst wenn auch dann noch ein weiterer Überschuß von Wasserdampf vorhanden ist, erfolgt Kondensation an der kältesten

Wandfläche; am erheblichsten und besonders leicht, wenn etwa eine freistehende, dünne und gut wärmeleitende, z. B. nach Norden gerichtete und stark abstrahlende Wand vorliegt. Metalle, nicht poröse Schlackensteine usw. bilden wegen ihrer guten Wärmeleitung ein besonders zur Kondensation disponierendes Material.

Das Feuchtwerden der Wände durch Kondensation des im Wohnraum entwickelten Wasserdampfs ist aber eine bei geeigneter Vorsicht vermeidbare Erscheinung, auf welche bei der Auswahl des Baumaterials höchstens insofern Rücksicht genommen zu werden braucht, als man gut wärmeleitendes Material ausschließen muß.

Außerdem ist aber auch die andere Seite der Mauer zu berücksichtigen. Hier ist gerade das aufsaugungsfähige Material leicht von Nachteil, weil auftreffende Niederschläge die Wand wiederholt bis in eine gewisse Tiefe durchfeuchten. Das eingedrungene Wasser verdunstet allmählich wieder; dabei findet ein bedeutender Wärmeverbrauch statt und die unter die Norm abgekühlte Wand vermag dann wieder zu Kondensation Anlaß zu geben.

Demnach haben wir keinerlei Grund, ein für Wasser durchgängiges Baumaterial zu bevorzugen, vielmehr ist eine wasserdichte Oberfläche an der inneren Seite nicht von Nachteil, an der Außenseite von entschiedenem Vorteil.

c) Die Baumaterialien sollen schlechte Wärmeleiter sein und geringe Wärmekapazität besitzen, weil alsdann die Regulierung der Temperatur des Hauses wesentlich erleichtert wird. Das schlecht leitende Material hindert im Winter eine zu rasche Entwärmung, im Sommer eine zu schnelle Erwärmung des Hauses. Dichtes Material, Metall, massive Steine leiten die Wärme am besten, Holz am schlechtesten. Unter den Steinen sind die porösen, lufthaltigen (Tuffsteine, Rheinische Schwemmsteine) die schlechtesten Wärmeleiter. — Absichtlich eingelagerte besondere Luftschichten setzen die Wärmeleitung einer Mauer nach neueren Untersuchungen wenig herab, dagegen bildet sich Schwitzwasser in den Hohlräumen. Letztere sind daher besser mit Kieselgur, Korkabfällen oder Sand zu füllen.

Bezüglich der Wärmekapazität (Menge von Kalorien, welche nötig ist, um 1 Kilo Material um 1° zu erwärmen) bieten wiederum die lufthaltigen leichten Baumaterialien insofern einen gewissen Vorteil, als es dann geringerer Wärmemengen bedarf, um die Temperatur der Wände um ein bestimmtes Maß zu ändern. Sollen z. B. 80 cbm Mauerwerk (ein kleines Familienhaus) von 0° auf 15° erwärmt werden, so braucht man bei Sandsteinmauern 353 000 Wärmeeinheiten, und zu deren Entwicklung 53 kg Kohle; bei Ziegelmauerwerk 219 000 Wärmeeinheiten

= 33 kg Kohle, bei Hohlziegeln nur 122 000 Wärmeeinheiten = 18 kg Kohlen.

Nebenbei gewährt lufthaltiges Baumaterial, insbesondere extraporöse Ziegel, noch finanzielle Vorteile, indem die Mauern dabei leichter werden und dem ganzen Bau und namentlich den Fundamenten eine geringere Wandstärke und Festigkeit gegeben werden darf.

Lufthaltige Mauern sind daher aus den letztangeführten Gründen entschieden zu bevorzugen, nur ist es nicht notwendig, daß sie gleichzeitig für Luft und Wasser durchgängig sind. Vielmehr werden sie, nachdem sie trocken geworden sind, am besten innen und außen mit einer undurchlässigen Deckung versehen. Nach außen bietet ein Belag mit Schindeln, Schiefer, Dachziegeln, oder Verputz mit Gips und Wasserglas bzw. ein Anstrich mit Ölfarbe, oder eine Verblendschicht aus undurchlässigem Material Schutz gegen die Durchfeuchtung der Wände; an der Innenseite gewährt Ölfarbenanstrich leichtere Reinigung und Desinfektion der Wände, Holzverkleidung die Möglichkeit rascheren Anwärmens.

d) Dicke der Mauern. Die Mauern werden entweder massiv oder aus Farbwerk, d. h. mit Einlage von Balken oder in Eisenkonstruktion, hergestellt. Die Baugesetze schreiben vor, daß massive Mauern von 3—4stöckigen Häusern im Parterre $2^1/_2$ Stein = 62 cm stark sein sollen, im ersten und zweiten Stock 50 cm, im dritten und vierten Stock 38 cm. — Bei Fachwerkhäusern sind die Mauern erheblich dünner; sie müssen bis zum ersten Stockwerk eine Dicke von 25 cm, im zweiten eine solche von nur $12^1/_2$ cm haben. Diese verschiedene Dicke der Mauern ist für die Temperaturregulierung des Hauses von großer Bedeutung. — Bei sehr dicken Mauern ist innen eine besondere Schicht aus extraporösen Ziegeln erwünscht, auf welche nach außen zunächst ein mit porösem Füllmaterial gefüllter Hohlraum folgt. Diese Schicht trocknet dann leichter und heizt sich schneller an. — Bei Fachwerkbauten, ferner zur Herstellung der Innenwände können Gipsdielen (Gips mit Rohreinlage), Rabitzputz (Geflecht von verzinktem Eisendraht mit Gipsfüllung), oder feuersichere Moniertafeln (mit Eisenstäben versteiftes Geflecht von Eisendraht, das mit Zementmörtel beworfen ist) und ähnliche künstliche Präparate verwendet werden, die aber alle sehr schlechte Schallsicherung gewähren.

3. Die Zwischenböden. Auch die richtige Konstruktion der Zwischenböden ist beachtenswert. Zwischen dem Fußboden der oberen und der Decke der unteren Etagen bleiben Räume frei, welche durch die zwischenlaufenden Balken abgeteilt werden. Diese Hohlräume werden mit porösem unverbrennlichem Material gefüllt, um der Schall- und Wärmeleitung entgegenzuwirken, ferner um Nässe aufzusaugen und

dadurch das Balkenwerk gegen Vermoderung zu schützen. Als Füllmaterial benutzt man Sand, häufiger jedoch Bauschutt, Kohlenstaub, Schlacke, Asche; oft wird sehr unsauberes Material verwendet. Analysen haben gezeigt, daß kein Boden, selbst in der nächsten Nähe von Abortgruben, so hochgradige Verunreinigungen erkennen läßt, wie die Füllungen mancher Zwischenböden. Außerdem wird auch das reinste Material gewöhnlich mit der Zeit stark verunreinigt. Durch die Ritzen und Fugen des Fußbodens dringt Scheuerwasser, Waschwasser usw.; mit diesen Sputa, eingeschleppte Erde u. dgl. ein. Die dabei in das Füllmaterial geratenen Mikroorganismen werden dort offenbar gut konserviert, ähnlich wie in natürlichem Boden. Aus den Zwischenböden gelangen sie dann leicht wieder in das Zimmer, da bei jeder stärkeren Erschütterung Wolken trockenen Staubes aus den gröberen Fugen des Fußbodens hervorzudringen pflegen. Wir haben daher allen Grund, die Zwischenböden so zu konstruieren, daß es zu keiner Verunreinigung mit saprophytischen und pathogenen Bakterien kommen kann.

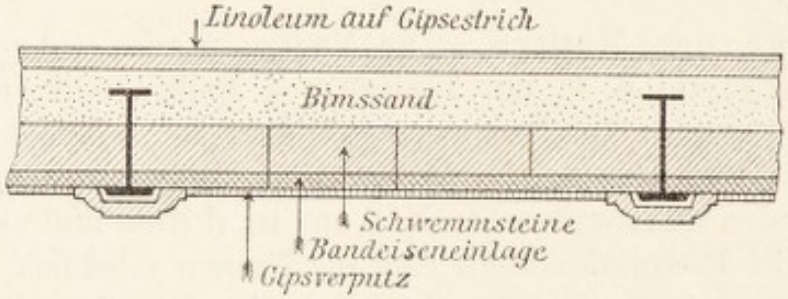


Fig. 58.
Konstruktion von Zwischendecken (nach NUSSBAUM).

Zunächst ist von vornherein nur unverdächtiges Füllmaterial auszuwählen, z. B. reiner Sand. Auch läßt sich mit Vorteil leichteres Material, wie Kieselgur, Bimssand, Korkklein usw., das auch wenig Staub liefert, verwenden. Diese Materialien haben so geringes Gewicht, daß man mit denselben den Zwischenboden in seiner ganzen Ausdehnung füllen und dadurch die Schalleitung weit besser hindern kann, während bei Verwendung von Sand usw. ein größerer Teil des Zwischenbodens frei gelassen werden muß, weil sonst die Belastung zu stark werden würde. Außerdem ist unter den Dielen des Fußbodens jedenfalls eine undurchlässige Schicht anzubringen, um spätere Verunreinigung zu vermeiden; z. B. sind die Dielen in heißen Asphalt einzulegen, oder es ist Superatorpappe einzuschalten u. dgl. — Statt des Holzwerks, das gegen Parasiten besonders geschützt werden muß und Feuersgefahr bietet, wird neuerdings meist Eisenkonstruktion verwendet; die Eisenteile müssen aber der Schallsicherheit wegen mittels Filzkappen u. dgl. isoliert sein. Ein Beispiel solchen Arrangements (nach NUSSBAUM) gibt Fig. 58.

— Der Fußboden selbst ist möglichst dicht zu fugen. Vorhandene Ritzen sind mit Holzleisten und Kitt auszufüllen; die Dielen sollen mehrfach mit heißem Leinöl getränkt oder mit Ölfarbenanstrich oder Wachsüberzug versehen und dadurch ein völlig undurchlässiger und leicht zu reinigender Fußboden hergestellt werden. — Über staubbindende Fußbodenöle s. in Schulen.

4. Dach; Treppen; Fenster. Das Dach soll undurchlässig für Wasser, nicht zu schwer sein und im Sommer die Insolationswärme, im Winter die Kälte nicht leicht durchdringen lassen. Metall- und Schieferdächer sind womöglich mit Isolierschichten zu unterlegen. In jedem Falle müssen zwischen Dach und Decke des obersten Stockwerkes reichliche Öffnungen vorhanden sein, durch welche während des Sommers ein starker Luftstrom streichen und die Fortleitung der Insolationswärme hindern kann. — Die Treppen sind so viel als möglich feuersicher in Stein, Eisen oder mit Überzug von Zementmörtel herzustellen; ferner sollen sie bequem und sicher zu begehen sein, d. h. breit, nicht zu steil und nach höchstens 15 Stufen von einem Absatz unterbrochen. — Die Fenster sind teilweise mit Scheiben zu versehen, die für eine Lüftung des Zimmers verwendet werden können (s. unten). — Genaueres über alle Einzelheiten, die beim Bau und der Ausstattung des Wohnhauses in Betracht kommen, siehe in dem unten zitierten Werk von Nussbaum.

Literatur: Deutsches Bauhandbuch, Handbuch der Architektur. — Nussbaum, Das Wohnhaus und seine Hygiene, Leipzig, 1909. — v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, 5. Aufl.

III. Austrocknungsfrist; feuchte Wohnungen.

Feuchte Wohnungen wirken nachteilig auf die Gesundheit hauptsächlich dadurch, daß sie Störungen der Wasserdampfabgabe und der Wärmeregulierung des Körpers veranlassen. Die feuchten Wände sind infolge der fortgesetzten Verdunstung und der besseren Wärmeleitung des feuchten Materials abnorm niedrig temperiert; Kleider, Betten usw. werden ebenfalls feucht und zu guten Wärmeleitern. So kommt es vielfach zu unmerklicher stärkerer Wärmeentziehung vom Körper. Daneben führt die abnorm hohe Luftfeuchtigkeit bei etwas höheren Wärmegraden zu einer Unterdrückung der Wasserdampfabgabe von der Haut und dadurch zu Empfindungen des Unbehagens und der Beklemmung (s. S. 39). — Außerdem begünstigt die Feuchtigkeit die Konservierung von Krankheitserregern und die Entwicklung von scaprophytischen Bakterien und saprophytischen Schimmelpilzen (Penicillium); die letzteren etablieren sich an den Wänden,

auf Stiefeln und verschiedenen Gebrauchsgegenständen, ferner auf Nahrungsmitteln, namentlich Brot. Durch diese Pilzwucherungen entsteht eine modrige, dumpfige Beschaffenheit der Luft, welche die Atmung beeinträchtigt. Ein Wachstum von Krankheitserregern oder von infektiösen Schimmelpilzen findet auf feuchten Wänden usw. nicht statt, schon weil die Temperatur immer zu niedrig ist. — Das Holz feuchter Wohnungen ist durch die im Volksmunde als „Schwamm" bezeichneten Wucherungen verschiedener Basidiomyceten gefährdet, unter denen der „echte Hausschwamm", Merulius domesticus, der wichtigste ist und dem mindergefährlichen M. silvester und minor an Stelle der früheren gemeinsamen Bezeichnung M. lacrymans (sogenannt wegen des Auftretens von Wassertropfen auf dem Mycel) gegenübergestellt werden muß (Falck). An Zerstörungskraft am nächsten steht ihm der Porenhausschwamm (Polyporus vaporarius), der neben dem Keller- oder Warzenschwamm (Coniophora cerebella) als Erreger der „Trockenfäule" besonders in Frage kommt.

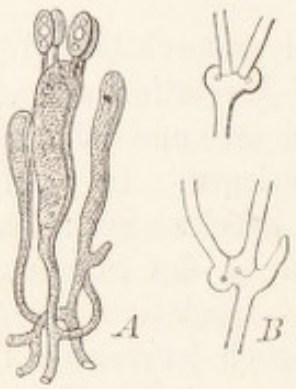


Fig. 59.
Merulius lacrymans, Hausschwamm.
A Fruchtträger mit reifen Sporen. 400:1.
B Schnallenbildung an Myceläden. 400:1.

Während sich der Kellerschwamm bereits auf gesundem Holz in feuchten geschlossenen Räumen entwickelt und die überaus häufige „Vorerkrankung" des Holzes bewirkt, kommen die anderen beiden Arten in der Regel erst auf solchem prädisponierten, „angegangenen" Holze zur Entwicklung. Auch die Erreger einer dritten Holzerkrankung, der „Lagerfäule", bes. Blätterschwamm- (Lenzites-) Arten, entwickeln sich schon auf gesunden, in freier Luftlage gestapelten Hölzern und bereiten gleichfalls den Boden für Hausschwamm- und Trockenfäule-Wucherung nach dem Einbau vor. — Das Mycel dieser Pilze entwickelt sich z. T. unsichtbar im Innern der Holzsubstanz, z. T. an der Oberfläche in Form von oft sehr ausgedehnten Belägen oder Polstern; es liefert Fermente, die das Koniferin und die Zellulose des Holzes lösen. Ältere Vegetationskörper zeigen dabei die Tendenz, sich zu einzelnen „Strängen" oder „Strangbüscheln" zusammenzuschließen, welche die Nährstoffe aus den tieferen Partien nach der Oberfläche leiten und je nach ihrer Dicke, Farbe usw. Anhaltspunkte für die Bestimmung der Art und die Schätzung des Alters der Wucherung bieten. Mikroskopisch besteht das Mycel aus farblosen Fäden, oft mit eigenartigen, knotigen, meist einseitigen Verdickungen, in welche je eine Querwand vorspringt. Diese „Schnallenzellen" (Fig. 59) wurden früher irrtümlich als für den echten Hausschwamm charakteristisch angesprochen. Dagegen sind die innerhalb der Stränge laufenden, als „Leitröhren" und „Faserhyphen" bezeichneten Elemente durch ihre verschiedene Größe und Gestalt diagnostisch verwertbar. Aus den Oberflächenmycelien entwickeln sich die „Fruchtkörper" (beim echten Hausschwamm in der Regel kuchenförmige, an der Unterseite von Decken und Dielen sitzende weiße Polster), auf denen sich das Sporenlager bildet. Die eigentlichen Fruchtträger sind die „Basidien", zahlreiche, aufrechte, keulenförmige Hyphen-Endzweige, auf deren jedem 4 Sterigmen (s. Fig. 59) mit je einer ovalen, von einer dicken, pigmentierten (beim echten Hausschwamm gelbbraunen) Membran um-

gebenen Sporen stehen. Diese Gebilde lösen sich einzeln los und werden schon durch feinste Luftströme, z. B. infolge geringer Temperaturunterschiede, überallhin weitergetragen. Hierdurch und durch die Bewohner schwammkranker Häuser, durch Handwerker, Haustiere usw. können sie auf zum Verbau bestimmte Hölzer gelangen. Ferner auch durch Vermittlung von Wasser (Scheuerwasser) an bereits verbaute Holzteile (durch Dielenritze). Häuser mit Fruchtkörperbildungen (bei M. dom. 50%, bei den anderen weit weniger) müssen daher als die wesentlichsten Infektionsquellen angesehen werden. Nicht selten gelangt auch schon angestecktes Holz (Kisten, Verschlagsbretter, Brennholz) von außen in die Häuser, bes. in die Keller, wo an den Berührungsstellen mit der feuchten Kellersohle und -wand oft die günstigsten Bedingungen für Schwammentwicklung und Fruchtkörperbildung gegeben sind. Eine Verbreitung des Hausschwamms in das benachbarte Haus durch Pilzfäden, welche die Mauern durchwachsen, ist unter gewissen Verhältnissen möglich; doch ist bisher nicht festgestellt, ob dieser Verbreitungsart eine nennenswerte Bedeutung zukommt. Einen besonderen „Mauerschwamm" gibt es nicht. — Die Sporen des echten Hausschwamms kommen auf gesundem Holz in der Regel nicht zur Entwicklung; sie keimen erst unter der Einwirkung eines gewissen Säuregrades, wie er besonders in „angegangenem" Holze auftritt, sowie ferner nur bei Zufuhr einer gewissen Feuchtigkeit. Hierfür genügt aber schon derjenige Feuchtigkeitsgehalt, den das Holz aus wasserdampfgesättigter Luft bei niedriger Temperatur selbst aufnimmt. Mithin kann nicht in allen Fällen das Auftreten von Hausschwamm als Indikator feuchter Wohnungen angesprochen werden; wohl aber weisen ausgedehntere Schwammwucherungen darauf hin, daß die Wohnung abnorm feucht ist und deshalb gesundheitsnachteilig sein kann. Direkte Gesundheitsschädigungen des Menschen oder der Haustiere durch Schwamminfektion sind auszuschließen, weil bei Warmblütertemperatur auf jedem Nährsubstrat Sporenkeimung oder Mycelwachstum bei den Merulius- und Coniophoraarten ausbleibt, und Lenzitessporen, deren Keimung und Wachstum allerdings noch bei mehr als 37° C vor sich geht, in Kaninchen- und Meerschweinchen-Versuchen durch Phagozytose unschädlich gemacht wurden. Das Temperaturoptimum des M. dom. liegt bei 19°, also der durchschnittlichen Haustemperatur, das des M. silv. und der Coniophora bei 24—26°. Diese und andere biologische Merkmale gestatten jetzt die für Gutachten erforderliche Unterscheidung der Arten, können aber nur durch Untersuchungen an Reinkulturen mit Sicherheit festgestellt werden (Falck, Moeller). — Für die Bekämpfung des Hausschwamms kommt gute Austrocknung und tunlichster Luftzutritt zu den Balken in Betracht; außerdem Imprägnierung des Bauholzes an den Schnittflächen kurz nach dem Fällen und nach der weiteren Bearbeitung mit keimungsverhindernden Stoffen; Falck hat ein explosionssicheres, billiges Dinitrophenolnatrium-Präparat („Mykanthin") 2—4% für eingebaute und Kieselfluormagnesium 5% für dauernd der freien Atmosphäre ausgesetzte Holzteile besonders empfohlen; ferner Beseitigung und Desinfektion aller ergriffenen Teile des Baues, insbesondere Vermeiden alten Bauschutts zur Füllung der Zwischenböden.

Abnorme Feuchtigkeit der Wohnungen entsteht 1. durch das beim Bau eingeführte und nicht vollständig wieder verdunstete Wasser. Das Mauern geschieht meistens im nassen Zustande des Materials, um ein Haften des Mörtels zu erleichtern. Gewöhnlich wird der ganze Ziegel in Wasser getaucht; behauene Steine werden stark mit Wasser besprengt. Außerdem erfolgt durch Regen oft reichliche Wasseraufnahme seitens des Baues. Die Wände eines mittleren Wohnhauses, die etwa

500 cbm Mauerwerk ausmachen, enthalten etwa 50 bis 100 cbm mechanisch beigemengtes Wasser. — Der Mörtel wird gewöhnlich aus einem Teil gelöschten Kalk und 2—3 Teilen Sand bereitet und enthält frisch im Mittel auf 1 cbm 150 Liter Wasser, außerdem noch Hydratwasser und zwar pro cbm etwa 100 Liter. Für je 100 cbm Mauerwerk gebraucht man teils zum Füllen der Fugen, teils zum Verputz, etwa 12 cbm Mörtel, für ein Haus von 500 cbm Mauer mithin 60 cbm Mörtel. In dieser Mörtelmasse sind 10 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm Hydratwasser enthalten; und in Summa finden sich also in einem Neubau von der bezeichneten Größe 90—110 cbm mechanisch beigemengtes und 6 cbm chemisch gebundenes (Hydrat-)Wasser.

Diese kolossale Wassermasse muß wieder fortgeschafft werden, ehe das Haus bewohnbar ist. Es geschieht dies bei warmem, trockenem Wetter genügend rasch unter dem Einfluß der freien Luft; oft muß eine künstliche Beschleunigung stattfinden durch Heizen bei offenen Fenstern oder künstliches Eintreiben erwärmter Luft; bei Einhängen von Kokskörben wirkt noch die strahlende Wärme auf die Wände kräftig mit, es bietet aber die Gefahr der CO -Vergiftung. — Sehr wichtig ist, daß das Verputzen und innere undurchlässige Anstriche nicht eher vorgenommen werden, als bis das Rohmauerwerk vollständig ausgetrocknet ist; während ein möglichst früher äußerer undurchlässiger Anstrich namentlich an der Wetterseite durch Fernhaltung neuer Durchnässung mehr nützt als schadet.

Bezüglich der Mittel zum Austrocknen der Neubauten begegnet man häufig einer irrigen, in früherer Zeit von Liebig aufgestellten Ansicht. Nach Liebig soll die Feuchtigkeit neugebauter Häuser vorzugsweise dadurch bedingt sein, daß der Ätzkalk des Mörtels allmählich eine Umwandlung in Kalziumkarbonat erleidet, und daß dabei das Hydratwasser frei wird. Das sogenannte „Trockenwohnen“ sollte wesentlich darauf beruhen, daß die Bewohner viel Kohlensäure liefern und so die Umwandlung des Ätzkalks in Kalziumkarbonat beschleunigen. Demnach würde das beste Mittel zur Austrocknung von Neubauten darin bestehen, daß Kohlensäure-Apparate und offene Kohlenbecken in den Räumen aufgestellt werden. — Aus den oben gegebenen Zahlen ist indes ohne weiteres ersichtlich, daß die weitaus größte Masse des in einem Neubau steckenden Wassers mechanisch beigemengt ist; das Hydratwasser macht nur etwa 5—10% der ganzen Wassermasse aus und tritt an Bedeutung hinter jenem weit zurück. Dementsprechend sind Neubauten nicht vorzugsweise durch Kohlensäure zu trocknen, sondern in erster Linie durch Verdunstung der großen Wassermassen. Daß austrocknende Luft in der Tat das wirksamste Mittel zur Beseitigung der Mauerfeuchtigkeit ist, läßt sich schon aus der Erfahrung entnehmen, daß in Ländern, wo die Luft starkes Sättigungsdefizit zeigt (Westküste von Nordamerika, Ägypten), die neugebauten Häuser sofort beziehbar sind, obwohl denselben hier durchaus nicht mehr Kohlensäure zugeführt wird.

Der schädlichen Wirkung feuchter Neubauten hat man durch Festsetzung einer Austrocknungsfrist in den Bauordnungen vorzubeugen

gesucht. Nach den obigen Ausführungen ist es aber schwierig, eine solche je nach dem Klima und nach der Jahreszeit richtig zu bemessen. In Norddeutschland schwankt sie zwischen 6—12 Wochen. Wünschenswert ist es, in allen Zweifelsfällen die Beziehbarkeit eines Neubaues von einer Feststellung der Mauerfeuchtigkeit nach der unten angegebenen Methode der Wasserbestimmung in Mörtelproben abhängig zu machen.

2. Eine fernere im Bau belegene Ursache abnormer Feuchtigkeit von Wohnungen kann der mangelhafte Abschluß der Fundamentmauern gegen die Bodenfeuchtigkeit und das Grundwasser sein. Nachträglich ist dieser Fehler nur schwer vollständig wieder gut zu machen.

3. Hauswände, die nach der Wetterseite liegen und von Schlagregen getroffen werden, und die außerdem nachts frei gegen den Horizont ausstrahlen und daher abnorme Abkühlung erfahren, sind oft andauernd feucht, namentlich wenn sie an ihrer äußeren Fläche aus aufsaugungsfähigem Material hergestellt sind. — Hier kann durch Anbringung undurchlässiger und zugleich die Abkühlung hemmender Bedeckungen oder durch Isolierschichten Abhilfe gewährt werden.

4. Kellerwohnungen, die zu tief unter die Bodenoberfläche herabreichen und in denen intensive innere Wärmequellen (Zentralheizungen) fehlen, zeigen regelmäßig feuchte Wände, weil diese so niedrige Temperatur haben, daß aus wärmerer Außenluft, ebenso aber aus der mit Wasserdampf erfüllten Luft des Wohnraums sich Kondenswasser auf ihnen niederschlägt. — Vielfach hat man teils aus diesem Grunde, teils wegen der geringen Licht- und Luftzufuhr, Kellerräume als überhaupt ungeeignet zum Wohnen bezeichnet. Indessen sind doch Konstruktionen ausführbar, durch welche die Nachteile vollkommen beseitigt werden. Sind die Fundamentmauern gut gedichtet, ist eventuell das Haus von einem Lichtgraben umzogen (S. 312), sind die Fenster hoch und der Fußboden nicht zu tief unter die Bodenoberfläche gelegt, so entstehen Wohnungen, welche keine wesentlichen hygienischen Nachteile darbieten, dagegen gegenüber den hochgelegenen Stockwerken den großen Vorzug niederer Hochsommer- und höherer Wintertemperaturen haben. Nachweislich ist insbesondere die Sommersterblichkeit der Säuglinge in den Kellerwohnungen eine auffällig geringe.

Kellerräume, welche nicht in der oben beschriebenen Weise hergerichtet sind, dürfen als Wohnräume nicht zugelassen werden. In den meisten Städten bestehen bereits Verordnungen, welche Kellerwohnungen, deren Fenster nach Norden oder nach bebauten Höfen gehen, verbieten; ferner ist zu verlangen, daß der Fußboden der Wohnräume nicht mehr als 0·5 m unter der Bodenoberfläche liegt. Weitere Bestimmungen über die minimale lichte Höhe, die Größe der Fenster, die zulässige Tiefe der Räume und die Isolierung der Kellersohle und

der Mauern sind behufs sicheren Ausschlusses aller hygienischen Gefahren wünschenswert.

5. Auch unabhängig von der Bauart des Hauses kann abnorme Feuchtigkeit der Wohnung auftreten, selbst in älteren Häusern und in früher trocken gewesenen Wohnungen. Abgesehen von Durchfeuchtungen einzelner Wandteile durch Defekte an Wasser- und Abwasserleitungen oder Dachrinnen tritt häufig ein Feuchtwerden der Innenwände durch Kondensation des Wasserdampfs der Luft ein. Vorübergehend kann dies in jeder Wohnung erfolgen, wenn wärmere feuchte Außenluft mit den kälteren Innenwänden in Berührung tritt, z. B. nach längerer kühler Witterung, im Winter bei ungenügender Heizung usw.

Zu dauernder und intensiver Bildung von Schwitzwasser an den inneren Wandflächen kommt es namentlich durch reichliche Wasserdampfproduktion im Wohnraum. Ist letzterer übervölkert, so genügt schon die Wasserdampfausscheidung der Menschen zur Bildung von Schwitzwasser; meistens tritt noch Wasserdampfentwicklung durch Kochen, Waschen usw. hinzu. In solcher Weise ist schließlich in jeder Wohnung Wandfeuchtigkeit zu erzielen; die Ursache derselben liegt dann nur nicht an der Wohnung, sondern in der mißbräuchlichen Benutzung derselben durch die Bewohner. Oft haben frühere oder spätere Bewohner der gleichen Wohnung nicht über Feuchtigkeit zu klagen gehabt, weil sie nicht so viel Wasserdampf produzierten und bei gelegentlich stärkerer Produktion, namentlich dann, wenn starke Kondensation an den Fensterscheiben die nahende Sättigung anzeigte, durch Lüftung oder Einschränkung der Produktion die Wände vor Durchfeuchtung schützten. — In der Praxis wird man bei der Beurteilung einer feuchten Wohnung sehr mit dieser Quelle der Wandfeuchtigkeit rechnen müssen.

Die Bestimmung des Feuchtigkeitszustandes einer Wohnung und eines Hauses erfolgt durch die Ermittelung des Wassergehalts von Mörtelproben, sowohl Putz- wie Fugenmörtel, die aus den fraglichen Mauern, bei Neubauten in unteren Wohngeschossen aus den nach der Schatten- und Wasserseite gelegenen Mauern, mittels eines Hohlmeißels entnommen sind. Meist genügen 4 Proben von je 10—20 g Putz- und Fugenmörtel. Die Bestimmung des Wassergehalts erfolgt durch Trocknen im Vakuum oder in einem auf 100° erwärmten, von CO_2 und H_2O befreiten Luftstrom; oder nach Markl: 25 g Mörtel werden in 150 ccm starkem Alkohol von bekanntem spez. Gewicht = Wassergehalt, eingetragen; nach längerem Schütteln wird filtriert und im Filtrat wiederum das spez. Gew. bestimmt. — Nach Korff-Petersen benutzt man einfacher eine mit Manometer versehene Glasflasche, in welche 15 g des gut zerriebenen Mörtels und ein dünnwandiges geschlossenes Röhrchen mit Calciumkarbid gebracht werden. Letzteres wird durch kräftiges Schütteln zerbrochen, und aus dem Druck, den das frei werdende Acetylen auf das Manometer ausübt, kann der Wassergehalt des Mörtels berechnet werden. — Mörtel aus trockenen Mauern enthält 0·5—1·0% Wasser; bei bewohnbaren Neubauten höchstens 2% Wasser.

Bei stärkeren Graden von Feuchtigkeit geben schon feuchte Flecke und Schimmelpilzbildung an den Wänden, Schimmelwucherung auf frischem Brot, auf Stiefeln, der modrige Geruch, Schwammbildung usw. gewisse, aber oft trügerische Anhaltspunkte.

Literatur: Lehmann und Nussbaum, Feuchtigkeit von Neubauten, Arch. f. Hygiene. 1889. — Emmerich, ibid. 1892. — Nussbaum, Wohnhaus l. c. — Korff-Petersen, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 75. — Hausschwammforschungen, i. amtl. Auftrag herausgegeben von Prof. Möller, Jena, 1. Heft 1907, 6. Heft 1912; darin Arbeiten von Falck, Möller u. a.

IV. Temperaturregulierung der Wohnräume.

Während im Freien die Entwärmung unseres Körpers verhältnismäßig leicht vonstatten geht, weil namentlich an die bewegte Luft durch Leitung und Wasserverdampfung viel Wärme abgegeben werden kann, fungieren diese beiden Wege in Wohnräumen fast gar nicht, und es kommt viel leichter zur Wärmestauung. Findet andererseits im Freien eine stärkere Wärmeentziehung statt, so können wir meist durch vermehrte Muskelarbeit, rascheres Gehen usw. einer fühlbaren Entwärmung des Körpers vorbeugen. Im Zimmer sollen wir uns dagegen bei andauernd ruhigem Aufenthalt behaglich fühlen, und dementsprechend sind wir gegen ein Absinken der Temperatur außerordentlich viel empfindlicher. Die Schwankungen der Temperatur der Luft und der Wände innerhalb des Wohnraums dürfen sich daher nur in sehr engen Grenzen bewegen; bei Winterkleidung zwischen 17 und 20°, bei Sommerkleidung zwischen 18 und 22°. Um diese Temperatur das ganze Jahr hindurch herzustellen, bedarf es einer Reihe von künstlichen Vorrichtungen, die im folgenden näher zu besprechen sind.

A. Temperaturregulierung im Sommer.

Bezüglich der Temperaturverhältnisse des Wohnraumes im Sommer ist zunächst zu beachten, daß die Lufttemperatur des Zimmers vollständig abhängig ist von der Wandtemperatur. Die Wände stellen ungeheure Wärmereservoire dar, welche imstande sind, das Vielfache der Zimmerluft auf den gleichen Temperaturgrad zu erwärmen, ohne daß sie selbst eine wesentliche Änderung der Temperatur erfahren.

Nun werden aber die Wände und das Dach des Hauses direkt durch die Sonnenstrahlen beeinflußt, und infolgedessen erhalten wir innerhalb der Wohnung häufig Temperaturen, welche weit über die Luftwärme im Freien hinausgehen.

Die Insolationswärme einer Mauer hängt ab 1. von ihrer Dicke; je geringer dieselbe, um so höher wird die Innentemperatur und die Lufttemperatur

des Wohnraumes. Bei sehr dicken Wandungen kann der allmähliche Ausgleich der Temperatur ein so vollständiger werden, daß, ähnlich wie in tieferem Boden, die Tages- und selbst die Monatsschwankungen der Temperatur an der Innenfläche nicht bemerkbar werden. 2. Von der Absorption der Sonnenstrahlen an der äußeren Oberfläche. Dieselbe ist vorzugsweise abhängig von der Farbe. Da diese aber wenig Differenzen bietet und namentlich die dunkleren Farben beim Anstrich der Häuser fast stets vermieden werden, ist dieses Moment verhältnismäßig wenig einflußreich. 3. Von der Dauer und Intensität der Strahlung für die hauptsächlich die Tageslänge, der Grad der Bewölkung, die Himmelsrichtung der bestrahlten Wand usw. von Bedeutung sind. Nordwände erhalten im Sommer nur morgens und abends für kurze Zeit Sonnenstrahlen, Südwände 12 Stunden, von 6 Uhr früh bis 6 Uhr abends, Ostwände von 6 Uhr früh bis mittags, Westwände von Mittag bis 6 Uhr abends. Die Südwand erwärmt sich andererseits nicht so stark, wie die Ost- und Westwand, weil diese von mehr rechtwinklig auffallenden Sonnenstrahlen getroffen werden. Ferner ist in den Tropen die Insolationswärme der Mauern nicht so bedeutend, wie in unserem Klima, weil die Sonne dort höher steht und die Strahlen mehr im spitzen Winkel die Wandungen treffen. Allerdings wird das Dach unter den Tropen um so intensiver bestrahlt.

An der Außenfläche der bestrahlten Mauern erreicht die Temperatur häufig 40—50°. Diese Wärme wird sehr allmählich durch die Wand fortgeleitet und dabei tritt ein steter Verlust von Wärme ein. Die für die Wohnräume maßgebende Temperatur der Innenwände ist daher erheblich abgeschwächt und tritt mit starker zeitlicher Verschiebung auf. Das schließlich resultierende Verhalten der Wandtemperaturen läßt sich sowohl durch Rechnung auf Grund bestimmter Formeln ableiten, als auch durch in die Wand eingelassene und mit aufwärts gebogener Skala versehene Thermometer beobachten.

Die Beobachtungen haben für den Sommer unseres Klimas ergeben, daß die unbestrahlte Nordwand ungefähr die mittlere Temperatur der äußeren Luft zeigt, daß dagegen schon die Südwand wesentlich höher erwärmt wird; noch wärmer ist die Ost-, am wärmsten die Westwand. — Der Grad der Temperaturerhöhung und die Zeit des Auftretens des Maximums an der Innenfläche läßt sich aus folgendem Zahlenbeispiel entnehmen:

	Bei einer Wanddicke von 15 cm		Bei einer Wanddicke von 50 cm	
	Temperaturgrad	Zeit	Temperaturgrad	Zeit
Nordwand	20°	—	20°	—
Südwand	23°	6h nachm.	21°	1h früh
Ostwand	28·5°	3h nachm.	23°	9h abends
Westwand	30°	9h abends	24°	3h früh

Die Ost- und Westwände zeigen also auch bei bedeutender Wandstärke an den Innenflächen noch eine Erhöhung um 3 oder 4° über die

Temperatur der unbestrahlten Wände, und die höchste Erwärmung der Innenräume durch die Ostwand findet von 7—11 Uhr abends, durch die Westwand von 1—5 Uhr früh statt.

Diese Temperaturen erfahren ferner eine erhebliche Steigerung in höheren Etagen. Hier macht sich einerseits der Einfluß des bestrahlten Daches geltend, während die Abkühlung durch den kühleren Boden in Fortfall kommt; andererseits summieren sich die Wirkungen der inneren Wärmequellen des Hauses, namentlich liefern die Küchenkamine in die oberen Stockwerke eine bedeutende Wärmemenge. In den höchsten Etagen dicht bewohnter Häuser beobachtet man daher im Hochsommer nicht selten gerade nachts Temperaturen von 25—32° und mehr. — Die intensiven Wärmegrade pflegen sich gewöhnlich erst in der zweiten Hälfte des Juni, bzw. im Juli einzustellen, weil der Wechsel der Witterung bis dahin nur selten einen gleichmäßigen Anstieg der Wandtemperaturen herbeiführt. Einzelne heiße Tage zeigen nur geringe und vorübergehende Effekte, erst bei länger dauernder Einwirkung einer kräftigen Insolation kommen jene hohen Temperaturen zustande. Am schlimmsten sind die Wirkungen in den großen Städten im Spätsommer, wenn die gewaltigen Steinmassen der Häuser zu einem großen Wärmereservoir geworden sind. — Wohl zu beachten ist, daß zur Vermittelung der Insolationswärme freistehende fensterlose Wände weitaus am geeignetsten sind. Fenster bilden nur günstig wirkende Unterbrechungen der Wärmereservoire; und der Sonneneinfall durch die Fenster kann verhältnismäßig leicht durch außen angebrachte Jalousien, Läden, Markisen usw. abgehalten werden.

Die Folgen dieser hohen Wohnungstemperaturen unseres Hochsommers bestehen in einer teilweisen Behinderung der Wärmeabgabe und deren Konsequenzen. Bei empfindlichen Erwachsenen, Rekonvaleszenten usw. tritt Erschlaffung, Appetitmangel, schließlich Anämie auf. Bei kleinen Kindern, die noch nicht selbständig durch Wahl der Kleidung, Nahrung usw. ihre Wärmeregulierung zu unterstützen vermögen, kann es zu wirklich bedrohlicher Wärmestauung kommen (infantiler Hitzschlag). — Ferner tritt in den mit mangelhaften Einrichtungen zur Aufbewahrung der Nahrungsmittel versehenen Wohnungen rasche Zersetzung der Speisen sein. In Fleisch und namentlich in der Milch wuchern die verschiedensten Bakterien, und es häufen sich infolgedessen die infektiösen Darmerkrankungen. (S. Kap. VIII).

Maßregeln zum Schutz gegen die hohe Sommertemperatur der Wohnungen. Zunächst kann ein gewisser Schutz durch die Bauart der Häuser gewährt werden. In südlichen und tropischen Ländern ist letztere in viel ausgesprochenerem Maße auf eine Fernhaltung der Insolationswärme zugeschnitten, als bei uns.

Dort wird entweder das freistehende, einstöckige Haus mit seiner Längsrichtung von Osten nach Westen gestellt und das Dach bis nahe zum Erdboden über die Wände hinweggeführt. Oder in südlichen Städten findet man die Straßen so eng, daß die Häuserfronten der Insolation fast völlig entzogen sind; oder wo dies nicht der Fall ist, liegen die Wohnräume nach dem schattigen Hofe und sind von den bestrahlten Außenseiten durch zwischenlaufende Gänge und Galerien getrennt; die engen Straßen bzw. die Höfe werden oft zur Zeit der stärksten Sonnenglut mit Stoffen überspannt. Zuweilen sucht man auch Schutz durch extreme Dicke der Mauern; in Indien existieren derartige Wohngebäude, welche in ihrem Innern fast das ganze Jahr hindurch die mittlere Jahrestemperatur zeigen.

Mit Rücksicht auf unseren langdauernden Winter können wir keine von diesen Bauarten akzeptieren. Ein einfaches und zweckmäßiges Schutzmittel können wir aber verwenden: eine Bedeckung der Insolationsfläche in einem gewissen Abstand von der Mauer, so eingerichtet, daß im Sommer in dem Zwischenraum reichliche Luft zirkulieren kann. Die Bedeckung mag in einer dünnen, oben und unten zu öffnenden Vormauer aus Kunststein, Holz oder Rohr bestehen; oder nur in Matten; oder in rankenden Gewächsen (wilder Hopfen; spanischer wilder Wein). An einigen Orten hat man Vorrichtungen getroffen, um durch Berieseln der bestrahlten Wände bzw. des Daches mit Wasser der Insolation entgegenzuwirken; doch scheint sich dies nicht bewährt zu haben.

Ferner sollte unter allen Umständen das Dach des Hauses durch zirkulierende Luftschichten isoliert werden (vgl. S. 317).

Ist es nicht tunlich, bauliche Veränderungen des Hauses vorzunehmen, so kann eine vorübergehende Kühlung versucht werden durch Zufuhr kalter Luft zu den überhitzten Wohnräumen. Dabei ist indes wohl zu bedenken, wie außerordentlich groß die Wärmekapazität der Wände ist, und wie gering dagegen die der Luft. Eine vorübergehende Luftzufuhr hat daher niemals einen genügenden Effekt; sobald die Luftzufuhr aufgehört hat, ist stets nach kurzer Zeit die frühere Temperatur des Zimmers wiederhergestellt. Eine Unterstützung der Entwärmung unseres Körpers durch Lüftung können wir daher nur dadurch erzielen, daß wir fortdauernd während unseres Aufenthalts im Zimmer die Luft desselben über einen Kühlkörper zirkulieren lassen, und zwar ausgiebig genug, um eine gewisse Menge von Wärme von unserem Körper fortzuführen, aber andererseits nicht so stark und nicht mit so intensiver Kühlung, daß Zugempfindung oder einseitige Entwärmung eintreten könnte.

Bei größeren Gebäuden ist der Versuch gemacht, von außen künstlich gekühlte Luft den Wohnräumen zuzuführen. Die Kühlung wird durch Wasser, Eis oder Eismaschinen (s. S. 248) bewirkt; oder dadurch, daß die Luft längere Strecken in tief in die Erde gelegten Kanälen zurückgelegt hat. Alle diese Mittel wirken indes nur bei ausgiebiger Anwendung und sind bis jetzt zu kostspielig, um allgemeiner brauchbar zu sein.

In kleinem Maßstabe sucht man wohl einen Wohnraum dadurch zu kühlen, daß man reichliche Mengen Wasser auf den Fußboden bzw. an den Wänden verteilt und zum Verdunsten bringt. 1 Liter Wasser bindet bei seiner Verwandlung in Dampf 580 Wärmeeinheiten; soll ein irgend erheblicher Betrag von Wärme auf diesem Wege fortgeschafft werden, so sind daher selbst für kleine Räume mindestens 9—10 Liter Wasser in kurzer Zeit zu verdampfen. Dabei liegt aber eine entschiedene Gefahr für die Entwärmung des Körpers darin, daß die steigende Luftfeuchtigkeit die Wasserdampfabgabe vom Körper erschwert und damit einen der wichtigsten Wege der Wärmeabgabe verschließt. Will man daher nicht eher eine Behinderung der Wärmeabgabe statt der erhofften Erleichterung eintreten sehen, so muß für eine stete Fortschaffung des gebildeten Wasserdampfes durch gleichzeitige reichliche Lüftung gesorgt werden.

Auch die beim Schmelzen des Eises latent werdende Wärme hat man für die Erwärmung von Wohnräumen auszunutzen gesucht. Ein Kilo Eis bindet beim Schmelzen 80 Wärmeeinheiten; bringt man 50 Kilo Eis innerhalb einiger Stunden zum Schmelzen, so werden damit 4000 Wärmeeinheiten entfernt. Auch diese bedeutende Menge reicht aber nicht einmal aus, um eine fühlbare Kühlung überhitzter Wohnräume zu bewirken.

B. Temperaturregulierung im Winter.

Zur Erwärmung der Räume während des Winters benutzen wir Brennmaterialien, die in besonderen Heizvorrichtungen verbrannt werden.

Die Brennmaterialien sind Stoffe, deren Bestandteile (vorzugsweise Kohlenstoff und Wasserstoff) sich unter Wärmeentwickelung mit Sauerstoff verbinden, und welche außerdem die Verbrennung selbsttätig weiter leiten, nachdem sie einmal an einer Stelle auf die Anzündungstemperatur erhitzt sind. Benutzt werden hauptsächlich Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle; ferner die durch trockene Destillation des Holzes gewonnene Holzkohle und die bei der Destillation der Steinkohle zurückbleibenden Koks, beides Brennmaterialien, die aus verhältnismäßig reinem Kohlenstoff bestehen. Außerdem werden gasförmige Brennmaterialien benutzt, so das bei der Destillation der Steinkohle gewonnene Leuchtgas, ferner die aus schlechter und direkt nicht benutzbarer Braunkohle bereiteten Generatorgase; oder das Wassergas, eine Mischung von Kohlenoxydgas und Wasserstoff, dadurch gewonnen, daß ein Strom von erhitztem Wasserdampf in einem Schachtofen über glühende Kohlen geleitet ist. Endlich fängt neuerdings die elektrische Heizung an, für praktische Zwecke benutzbar zu werden. — Aus der folgenden Tabelle ist der kalorimetrische Effekt der Brennmaterialien, i. e. die Wärmemenge, welche die Gewichtseinheiten bei vollständiger Verbrennung liefern, und die zur Verbrennung erforderliche Luftmenge zu entnehmen.

	Kalorimetrischer Effekt	Luftbedarf
1 Kilo Holz	2731 W.-E.	3·5 cbm
1 „ Torf	3550 „	3·4 „
1 „ Braunkohle	5350 „	5·0 „
1 „ Steinkohle	7760 „	7·5 „
1 „ Holzkohle	7750 „	7·9 „
1 „ Koks	7065 „	7·7 „
1 „ Leuchtgas	11113 „	11·6 „

An die Heizvorrichtungen haben wir folgende Anforderungen zu stellen:

1. Die Temperatur im Wohnraum soll im allgemeinen 17° nicht unter- und 19° nicht überschreiten; bei Häusern mit Zentralheizung, wo auch Korridorwände usw. mit beheizt werden, empfindet man eine Temperatur von 19° sogar schon als zu warm. Da nun die Außentemperatur während der Heizperiode in unserem Klima außerordentlichen Schwankungen unterliegt, müssen die Heizapparate sehr gut regulierfähig sein, und es dürfen keinesfalls Heizkörper von sehr großer Wärmekapazität im Zimmer aufgestellt werden.

2. Die Temperatur soll im ganzen Zimmer gleichmäßig verteilt sein, sowohl in der horizontalen wie in der vertikalen Richtung. Ungleiche Temperaturverteilung kommt namentlich dann zustande, wenn stark erwärmte Heizkörper sich im Zimmer befinden. Es resultiert dann eine sehr rsache Abnahme der Temperatur mit der seitlichen Entfernung vom Heizapparat; ferner eine bedeutend höhere Temperatur in den oberen Luftschichten als in der Nähe des Fußbodens. Bei derartig ungleicher Erwärmung des Zimmers kommt es dazu, daß die eine Seite unseres Körpers stark erwärmt wird, während die andere gegen kältere Wandflächen abstrahlt oder daß der Kopf wesentlich stärker erwärmt wird als die Füße. Solche Ungleichmäßigkeiten der Erwärmung führen aber leicht zu einer Störung der Wärmeregulierung und zu Erkältungskrankheiten.

3. Wünschenswert ist, daß die Heizung einigermaßen kontinuierlich sich vollzieht und daß namentlich über Nacht nicht eine vollständige Auskühlung der Wohnräume eintritt. Im Anfang der Beheizung kommt es sonst leicht zu ungleichmäßiger Entwärmung des Körpers unter dem Einfluß der erkalteten Wandflächen des Zimmers.

4. Die Heizung soll keine gasförmige Verunreinigungen in die Wohnungsluft gelangen lassen. Zu dem Zwecke müssen die Verbrennungsprodukte, die aus Kohlensäure, Stickstoff, Kohlenwasserstoffen, sowie aus dem giftigen Kohlenoxydgas bestehen, vollständig nach außen geleitet werden.

In früherer Zeit ist es häufiger zu einem Eindringen der Rauchgase in die Wohnung gekommen infolge frühzeitigen Schlusses der sogenannten Ofenklappen. Dieselben wurden am Übergange des Ofens in den Schornstein angebracht und sollten nach Beendigung der Verbrennung geschlossen werden, um die Wärme des Ofens vollständiger zurückzuhalten und für das Zimmer auszunutzen. Wurden dieselben aber vor Beendigung der Verbrennung geschlossen, so drangen die Rauchgase, und unter diesen auch Kohlenoxydgas, in die Wohnungsluft ein. Jetzt sind fast überall die Ofenklappen beseitigt und die Regulierung der Feuerung ist in die Ofentüre, also vor die Feuerung verlegt.

Indessen soll auch dann, wenn die Rauchgase in vorschriftsmäßiger Weise abgeleitet werden, zuweilen Kohlenoxydgas in Luft von beheizten Räumen über-

gehen und zwar durch glühend gewordene gußeiserne Öfen. In der Tat ist experimentell nachgewiesen, daß glühendes Gußeisen für Kohlenoxydgas permeabel ist. Aber aus diesem Experiment ist nicht zu folgern, daß aus Heizanlagen mit normalem Zug größere Mengen von Kohlenoxydgas in die Wohnungsluft übertreten können; denn solange die Feuerung unterhalten wird, besteht hier fortwährend ein lebhafter Zug in den Ofen hinein, und es ist daher nicht möglich, daß ein Austritt von Gasen in umgekehrter Richtung erfolgt, solange noch eine stärkere Entwickelung von Verbrennungsgasen und Kohlenoxydgas stattfindet. Nur wenn die Öfen zu früh geschlossen werden, können für eine kurze Zeit die massenhaft entwickelten Rauchgase auch in die Zimmerluft ihren Ausgang suchen. Diese Periode geht jedoch bald vorüber, und die geringen inzwischen ausgetretenen Rauchgasmengen sind kaum zu schädigenden Wirkungen imstande.

Nachweislich entstehen gewisse Mengen von Kohlenoxydgas, Ammoniak und anderen flüchtigen Produkten durch Verbrennung von Staub an der Außenseite stark geheizter Öfen und Heizkörper. Namentlich auf den Kaloriferen von Luftheizungsanlagen, aber auch auf Heizkörpern der Dampf- oder Heißwasserheizungen kommt es oft zu starken Staubansammlungen und infolge der Verbrennung derselben zu einem merklichen Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxydgas und brenzlig riechenden Produkten. Nur wenn die Temperatur der Heizkörper 70° nicht überschreitet, ist die Bildung solcher Verbrennungsprodukte dauernd ausgeschlossen.

5. Die Heizung soll der Wohnungsluft so wenig wie möglich Staub zuführen, der sich auf den Heizkörpern ablagern und dort versengen kann. Torf, Kohle, Koks liefern beim Beschicken der Öfen die größten Staubmengen. Es ist daher wünschenswert, daß bei diesen Materialien die Beschickung so selten als möglich, und wenn es irgend geht, außerhalb des Wohnraumes (vom Korridor aus) erfolgt. — Außerdem bewirken die warmen Heizkörper eine lebhafte Zirkulation der Innenluft, oft auch eine stete Zufuhr von Außenluft (s. unten). Dadurch kann Staub eingeführt, namentlich aber aufgewirbelter Staub lange schwebend erhalten und fortgetragen werden. Die Schwärzung der Zimmerwände hinter den Heizkörpern rührt von den fortgesetzt durch aufsteigende Luftströme dorthin geführten Staubteilchen her.

6. Die Luft des beheizten Wohnraumes soll einen bekömmlichen Feuchtigkeitsgehalt haben.

Die Außenluft hat im Winter infolge ihrer niederen Temperatur eine sehr geringe absolute Feuchtigkeit, beispielsweise bei 0° und 100% Sättigung nur 4·6 mm Wasserdampf. Tritt nun diese Luft in das Zimmer und wird dort auf 20° erwärmt, ohne daß sie weiteren Wasserdampf aufnehmen kann, so entsteht ein sehr bedeutendes Sättigungsdefizit. Die Luft vermag bei + 20° bis zu 17·4 mm Wasserdampf aufzunehmen; finden sich aber nur 4·6 mm vor, so beträgt die relative Feuchtigkeit nur 26% und das Sättigungsdefizit 13 mm. Je niedriger die Außentemperatur, je höher dagegen die Temperatur der Wohnungsluft ist, um so geringer muß die relative Feuchtigkeit und um so größer das Sättigungsdefizit ausfallen.

Im allgemeinen ist daher jede Heizluft relativ trocken, oft sogar sehr trocken. Wie bereits früher (S. 39) ausgeführt wurde, wird aber bei Zimmertemperatur eine niedrige relative Feuchtigkeit (20%) bzw. ein Sättigungsdefizit von 10 mm und mehr, gut ertragen. Erst dann, wenn die Luft viel Staub und eventuell noch brenzlige, durch Verbrennung des Staubes entstehende Produkte enthält, treten insofern Belästigungen hervor, als es in solcher Luft leicht zu Reizung und Schmerzempfindung auf der Kehlkopfschleimhaut, namentlich bei anhaltendem Sprechen kommt. — Dagegen sind wir, wie oben betont wurde, gegen höhere Feuchtigkeitsgrade bei der Temperatur geheizter Räume sehr empfindlich. Schon eine 60% übersteigende Feuchtigkeit ruft, namentlich sobald etwas Überheizung vorliegt, ein Gefühl von Bangigkeit und Beklemmung hervor. Als obere Grenze für die Luft beheizter Wohnräume ist daher eine Feuchtigkeit von 30 bis höchstens 50% zu bezeichnen.

Die Lufttrockenheit kann korrigiert werden entweder durch Verstäubungsapparate, durch welche Wasser mechanisch fortgerissen wird (Brausen, die gegen ein Blechdach treffen; rotierende Räder, die in Wasser eintauchen usw.); oder durch Verdampfungsapparate. Letztere werden an heißen Stellen, auf den Öfen und Kaloriferen selbst angebracht, weil sonst keine ausgiebige Wasserverdunstung stattfindet und kalte Luft nicht zur Aufnahme größerer Wasserdampfmengen befähigt ist. Im Zimmer aufzustellende Apparate mit kleiner Verdunstungsfläche, die vielfach angepriesen werden, sind Spielereien, die keine nennenswerte Befeuchtung der Luft leisten.

7. An Stelle der zur Verbrennung des Brennmaterials im Heizkörper des Zimmers konsumierten Luft muß reine Luft in das Zimmer eingeführt werden. Bei den meisten Heizbetrieben wird nicht nur diejenige Luftmenge fortgeführt, die zur Verbrennung des Brennmaterials gerade erforderlich ist, sondern der starke, durch die Erhitzung bewirkte Auftrieb veranlaßt noch ein Abströmen überschüssiger Luftmengen durch den Verbrennungsraum. Ferner kommt auch durch jeden geschlossenen Heizkörper eine Erwärmung und Verdünnung der Luft des Wohnraums zustande, die ein Nachdringen kälterer Außenluft zur Folge hat. Somit erhalten wir gleichzeitig mit der Heizung auch eine natürliche Ventilation der Wohnräume, deren quantitative Leistung von der Intensität der Beheizung abhängig ist. Für die nachströmende Luft müssen dann aber solche Wege vorgesehen werden, daß keine Verschlechterung der Luftqualität resultiert.

8. Die aus dem Schornstein entweichenden Verbrennungsgase sollen nur einen leichten, durchsichtigen Rauch bilden, da dichte Rauchmassen die Anwohner belästigen bzw. durch Einatmung von Ruß die

Gesundheit schädigen (s. S. 94). Durch richtige Anlage und zweckmäßigen Betrieb läßt sich überall dichter Rauch vermeiden.

Bei der Wahl der Kohlen sind gänzlich auszuschließen die Gasflammkohlen (zur Herstellung von Leuchtgas am besten geeignet), die mit langer roter Flamme brennen und sehr viel Ruß liefern. Zu benutzen sind nur: 1. Fettkohlen in Nußgröße; da sie bei der Entzündung viel Rauch liefern, sind sie zu mischen mit 2. Magerkohle (Salonkohle), rußfrei brennend, aber für sich allein schwer entzündlich; oder mit 3. Koks; diese Mischung ist namentlich für Kachelöfen und Regulieröfen geeignet. 4. Anthrazitkohle, rußfrei, für Dauerbrandöfen, eventuell mit Koks zu mischen. 5. Briketts (Anthrazitbriketts in Eiform oder flache Steinkohle- oder Braunkohlebriketts), zum Nachwärmen geeignet; geben wenig Rauch.

Im Betrieb ist zu beachten: Vor dem Anheizen Rost und Aschekasten reinigen. Zum Anheizen nur kleine Stücke Kohle; erst bei voller Glut Ofen schließen; nachheizen mit nur 2—3 Schaufeln Kohle oder 6—10 Briketts und nur bei gut brennendem Feuer!

Die Einzelfeuerung liefert wesentlich mehr Rauch und Ruß als Zentralheizung; diese ist schon deshalb nach Möglichkeit zu fördern. Von großer Bedeutung für die Rußverminderung ist namentlich die Einführung von Gaskochherden, auch bei der ärmeren Bevölkerung. — In mehreren Städten hat sich die Einrichtung von Kommissionen oder Vereinen zur Rauchverhütung gut bewährt, die durch Merkblätter und Belehrung in Haushaltungsschulen, sowie bei vorliegender übertriebener Rauchentwicklung zunächst durch Belehrung, erforderlichenfalls durch polizeiliche Verbote, eine rationellere Heizung und eine Verminderung der Rauchplage anstreben.

9. Der Betrieb der Heizung muß gefahrlos, geräuschlos (Dampfheizungen!), einfach und billig sein.

Als preiswürdig bezeichnet man eine Heizanlage, wenn dieselbe ein möglichst hohes Güteverhältnis hat, d. h. wenn ein möglichst großer Bruchteil der insgesamt produzierten Wärmeeinheiten der Erwärmung des Zimmers zugute kommt. Gewöhnlich gehen durch die unvollständige Verbrennung des Materials und die mit höherer Temperatur entweichenden Rauchgase ca. 40—60% der produzierten Wärme verloren, so daß oft nur etwa ein Drittel für die Erwärmung des Zimmers ausgenutzt wird.

An jeder Heizvorrichtung unterscheidet man:

a) den Verbrennungsraum. In demselben findet die Verbrennung des Materials statt; durch den Rost ist er in den eigentlichen Feuerungsraum und den darunter gelegenen Aschenfall geschieden. Durch den Rost findet der Luftzutritt statt; nur bei sehr leicht brennbarem Material (Holz) kann der Rost fehlen und es genügt eine Öffnung für die Luftzufuhr an der Ofentür.

b) Den Heizraum. Von diesem aus erfolgt die Wärmeabgabe an das Zimmer; der Heizraum wird daher nach Möglichkeit verlängert und zwar in Gestalt der sogenannten Züge, durch welche sie Rauchgase zunächst auf- und niederströmen müssen, ehe sie in den Rauch-

fang entweichen. Außerdem wird oft die Oberfläche des Heizraums durch Anbringung von Rippen und dgl. möglichst vergrößert und zur Abgabe der Wärme geeignet gemacht. Man darf indessen mit der Ausdehnung des Heizraumes nicht zu weit gehen. Die Rauchgase müssen immer noch mit einer Temperatur von 120—200° in den Schornstein gelangen, falls ein genügender Zug unterhalten werden soll und es darf daher keine Abkühlung der Rauchgase unter diese Temperatur erfolgen.

c) Den Schornstein, der gewöhnlich durch später zu besprechende Aufsätze vor störenden Einflüssen des Windes, des Regens usw. geschützt wird.

Die gebräuchlichen Heizeinrichtungen teilt man ein in Lokalheizungen und Zentralheizungen.

a) Lokalheizungen.

Die Lokalheizungen sind teils Kamine, teils Öfen.

Bei den Kaminen existiert kein Heizraum, sondern es ist nur eine offene Feuerstelle vorhanden, welche direkt in den Schornstein übergeht (Fig. 60). Die Erwärmung des Zimmers erfolgt durch Strahlung vom Feuer aus. Bei Holzfeuerung wird nur $^1/_{16}$ der Wärme ausgenutzt. Der Fußboden bleibt kalt, ebenso die Luft, die in überreichlichen Mengen dem Kamin zuströmt (daher ausgiebige Ventilation). Sehr leicht gelangt ein Teil der Rauchgase in das Zimmer.

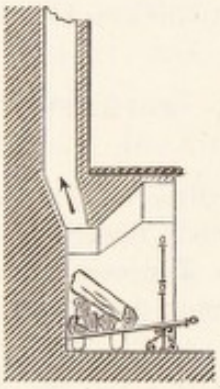


Fig. 60. Einfacher Kamin.

Eine gewisse Verbesserung können die Kamine dadurch erfahren, daß in denselben eine Kohlenfeuerung mit Rost angebracht wird; ferner an der Vorderseite ein Schild zur Regulierung des Luftzutritts. Außerdem wird die Übergangsöffnung des Kamins in den Schornstein kleiner gemacht und vor derselben eine stellbare Klappe zur Regulierung der Größe dieser Öffnung angebracht.

Wesentlich bessere Erwärmung liefern die Galtonschen Kamine (Fig. 61). Bei denselben ist das die Heizgase abführende Rauchrohr von einem Mantel umgeben, in welchen unten Luft eintritt. Diese erwärmt sich am Rauchrohr und tritt oben in das Zimmer. Dadurch findet eine viel bessere Ausnutzung der Brennmaterialien und gleichmäßigere Erwärmung des Zimmers statt. Immerhin ist die Kaminheizung selbst nach Anbringung aller dieser Verbesserungen für unser Klima durchaus ungenügend.

Bei den Öfen strömen die Verbrennungsgase durch einen ausgedehnten, für die Erwärmung des Zimmers möglichst nutzbar gemachten Heizraum.

Entweder verwendet man eiserne Öfen. In ihrer früheren primitiven Form sind dieselben unbedingt zu verwerfen; sie erwärmten sich nicht anhaltend, mußten sehr häufig beschickt werden und veranlaßten

daher starke Staubentwicklung im Zimmer. Außerdem erhitzten sie sich zeitweise sehr intensiv und gaben dann zu höchst ungleicher Verteilung der Temperatur im Zimmer und zur Verbrennung von Staubteilchen Anlaß; andererseits kühlten sie rasch und vollständig wieder aus, so daß nur durch fortgesetzte sorgfältigste Bedienung eine gleichmäßige Regulierung der Temperatur gelang. — Unvollkommene Besserung wird durch die Ausfütterung der eisernen Öfen mit Schamottesteinen

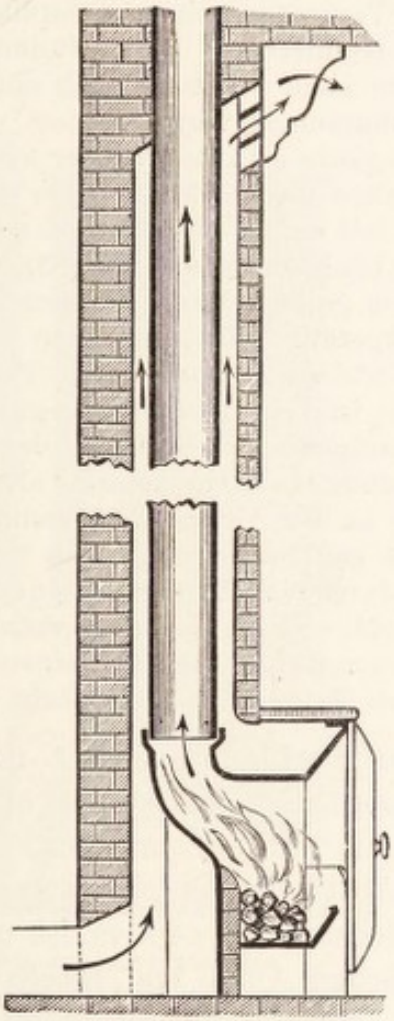


Fig. 61. GALTONscher Kamin.

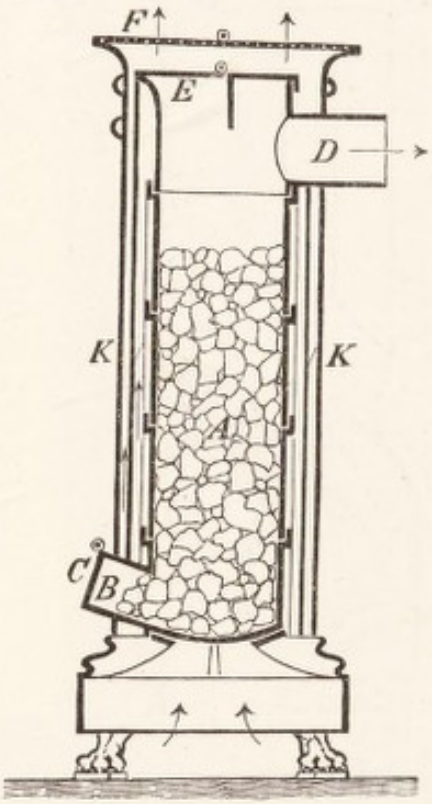


Fig. 62. Meidingerofen.
A Brennstoff. *B* Hals. *C* Verschiebbare Tür. *D* Rauchrohr. *E* Deckel. *F* Oberer durchbrochener Deckel. *K* Mantel.

erreicht; dieselben beseitigen die Übelstände nur teilweise und sind wenig haltbar.

Alle Unzuträglichkeiten sind dagegen vollständig zu beseitigen durch die Konstruktion der Mantel-Regulier-Füllöfen. Als Füll- bzw. Schüttöfen werden dieselben bezeichnet, weil sie das ganze Brennmaterial auf 6—12—24 Stunden auf einmal aufnehmen. Die meisten derselben sind außerdem Dauerbrandöfen, d. h. sie brauchen nur einmal während der Heiuperiode angeheizt zu werden, das frische Feuerungsmaterial wird immer auf die noch glimmenden Reste des

früheren aufgeworfen. Die Öfen entsprechen daher am besten der oben aufgestellten Forderung einer möglichst kontinuierlichen Heizung.

Das Brennmaterial wird entweder in einen senkrecht stehenden Zylinder eingefüllt; die Verbrennung schreitet allmählich je nach Maßgabe des Luftzutritts fort. Dieser soll durch den unten gelegenen Rost erfolgen; um das zu ermöglichen, müssen Kohlen verwandt werden, die nicht zusammenbacken, sondern auch nach dem Erhitzen für Luft durchgängige Zwischenräume bieten. Am besten eignen sich Koks oder abgesiebte nußgroße Stücke Anthrazitkohle. Durch eine Tür, welche sich vor dem Rost befindet, ist die Verbrennung in sehr empfindlicher Weise regulierbar. Die Füllung des Zylinders kann eventuell auch außerhalb des Wohnraumes vorgenommen werden, und der ganze gefüllte Zylinder wird dann in den Ofen eingesenkt. — Oder die Öfen werden mit einem seitlichen Schacht konstruiert (Schachtöfen, Fig. 63), in welchen eine größere Menge Kohlen auf einmal eingefüllt wird, nachdem an der tiefsten Stelle auf dem Rost ein Feuer angezündet ist; aus dem Schacht gleitet das zuerst aufgeworfene und das demnächst nachgeschüttete Brennmaterial allmählich abwärts in den Verbrennungsraum. Der Rost ist gewöhnlich von außen beweglich und dadurch eine Auffrischung des Feuers ermöglicht. — Eine besonders vollständige Verbrennung wird auch durch einen Korbrost mit aufrechtem Füllschacht erzielt.

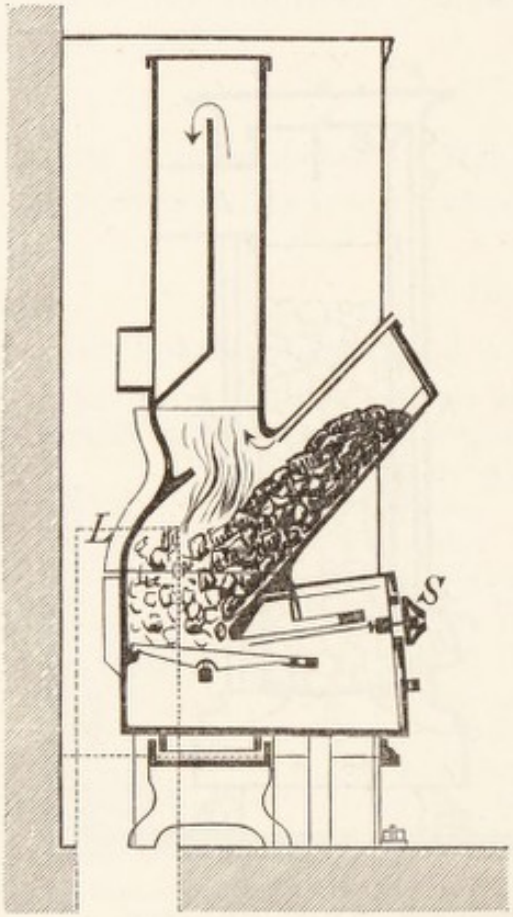


Fig. 63. KÄUFERs Schachtofen, Längsschnitt. *L* Luftzufuhrkanal. *S* Regulierscheibe.

Zur Verhinderung der direkten Strahlung sind diese Öfen oft noch mit einem Mantel umgeben, d. h. in einem Abstande von mindestens 10 cm und höchstens 30—40 cm ist um den eigentlichen Ofen ein Blechzylinder gelegt, zuweilen in doppelter Lage, der unten in einem gewissen Abstand vom Fußboden endet, so daß die Luft des Zimmers mit der des Mantelraums kommuniziert. Der Mantel wird bei hinreichend weitem Abstand wenig mehr als handwarm; die Öfen wirken daher fast gar nicht durch Strahlung, sondern vorzugsweise durch zirkulierende erwärmte Luft, die fortwährend unten in den Mantelraum eintritt, oben erwärmt ausströmt und sich dann allmählich im Zimmer verteilt (Zirkulationsöfen). — Der Mantelraum läßt sich außerdem sehr gut mit einem Ventilationskanal verbinden, der unter dem Fußboden nach außen oder nach einem Korridor führt und durch welchen fortwährend frische Luft in das Zimmer geschafft wird (Ventilationsöfen s. Fig. 63

u. 64). Dieser Zufuhrkanal ist gewöhnlich durch eine Klappe regulierbar, so daß je nach Bedarf bald nur Zirkulation der Zimmerluft durch den Mantelraum und dann starke Erwärmung des Zimmers, bald lebhafte oder gemäßigte Ventilation hergestellt werden kann. — Nach diesen Prinzipien sind z. B. konstruiert der Meidingersche Ofen (Fig. 62), der Keidelsche Ofen (Fig. 64) und der Schachtofen von Käufer & Co. (Fig. 63). Ohne Mantel, aber gut regulierbar und als Dauerofen zu be-

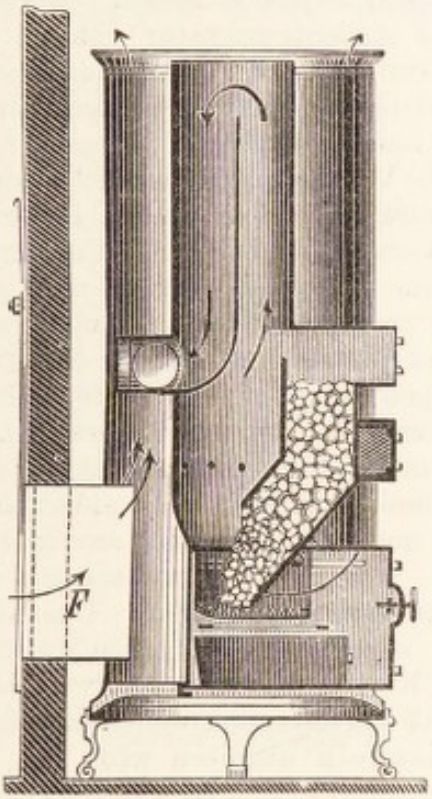


Fig. 64. Keidels Ofen.
F Luftkanal, von außen kommend und in den Mantelraum mündend.

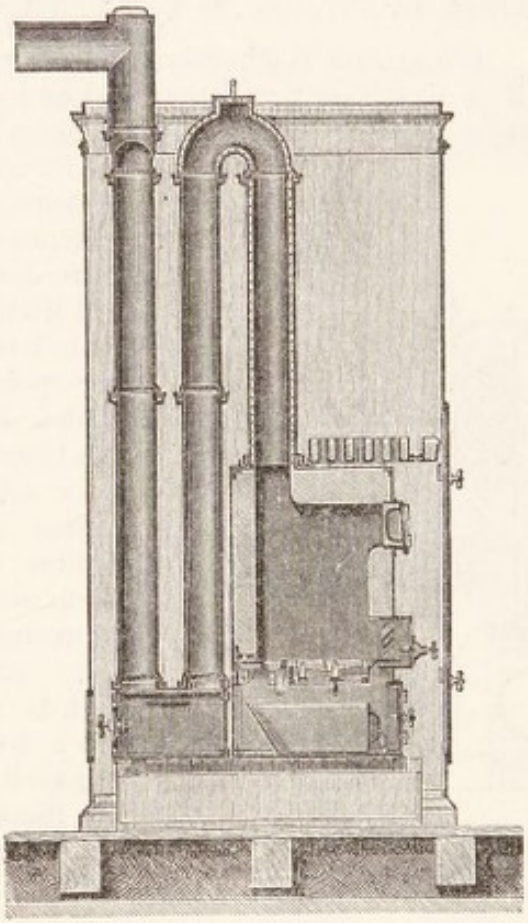


Fig. 65. Kellingscher Mantelofen.

treiben sind die Öfen von Juncker & Ruh und der Lönholdsche Ofen (Fig. 66); letzterer mit sog. Sturzflammenfeuerung, d. h. die Flammen und Gase der beiden getrennten Feuerungen *dd* stürzen in eine dazwischen liegende Schamotte-Heizkammer *a*, in welcher sehr vollständige Verbrennung entsteht. Ferner die Cadé-Öfen, die mit sehr kleiner Anthrazitkohle (10—22 mm Korngröße) beschickt werden müssen und vielfach als Kaminöfen arrangiert werden. — Für größere Räume, Krankensäle usw. empfiehlt sich der Kellingsche Mantelofen (Fig. 65).

Wesentlich verschieden von den eisernen Öfen sind die Kachel- oder Massenöfen, bei welchen einmal am Tage eine größere Menge

Brennmaterial verbrannt und die dabei gelieferte Wärme in der Steinmasse des Ofens aufgespeichert wird, so daß dieselbe von dort allmählich in den Wohnraum übergeht. Zwischen den Zügen findet sich eine Füllung von Ziegeln und Lehm; außen ist der ganze Ofen mit Kacheln umkleidet. Je nach dem Umfange stellt derselbe dann ein größeres oder geringeres, im Vergleich zu den eisernen Öfen aber immer sehr bedeutendes Wärmereservoir dar. — Tragen die Kachelöfen einen gußeisernen Feuerraum, so bezeichnet man sie als gemischte Öfen.

Die großen Kachelöfen sind für unser Klima entschieden nicht geeignet, weil sie zu schwer regulierbar sind und sich den steten Temperaturschwankungen unseres Winters und Frühjahrs nicht hinreichend anpassen lassen. Herrscht des Morgens eine Außentemperatur von 0° und ist dementsprechend der Ofen kräftig angeheizt, so kommt es vielfach vor, daß die Temperatur im Laufe des Tages auf + 10° steigt. Es gibt dann kein Mittel, um die Wärme des Ofens wieder herabzumindern; die einmal in dem großen Reservoir aufgespeicherte Wärme wird unter allen Umständen an den Wohnraum abgegeben und es muß dort eine Überhitzung zustande kommen. Andererseits ist es schwer, bei plötzlichem Sinken der Temperatur in wenigen Stunden eine entsprechend stärkere Erwärmung des Zimmers zu erzielen. — Die massiven Steinöfen sind daher nur für ein ausgesprochen nordisches Klima mit anhaltender Kälte geeignet und werden dann zweckmäßig abends geheizt. Für unser Klima müssen dieselben wenigstens von geringerem Umfange hergestellt, oder es müssen Übergange zwischen den Eisen- und Kachelöfen konstruiert werden, z. B. dadurch, daß ein eiserner Füllofen mit einem Mantel von Kacheln umgeben wird.

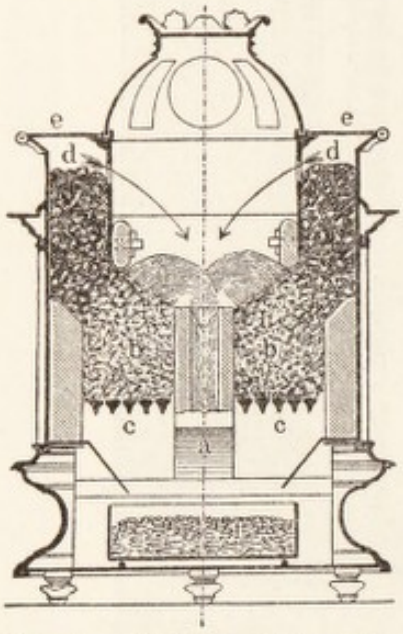


Fig. 66. Sturzflammenfeuerung.

Sehr vorteilhaft sind in vielen Fällen Gasöfen. Der Betrieb derselben und die Regulierung der Heizung ist einfacher und schneller wie bei jeder anderen Heizung; in kürzester Frist kann Erwärmung und ebensoleicht völlige Auskühlung des Ofens erzielt werden. Außerdem wird Staub und Ruß am besten vermieden. Unbedingt muß für Abfuhr der Heizgase (stets nach oben!) gesorgt sein. — Die Anschaffungskosten sind gering, der Betrieb dagegen teuer; sie sind daher da zu empfehlen, wo für Heizgas sehr billige Preise berechnet werden, oder wo nur ausnahmsweise und als Reserve diese Heizung zur Anwendung kommen soll (bei Warmwasserheizungen, ferner in Häusern mit verschiedensten Zentralheizungen, wenn nach deren Erlöschen im Frühsommer noch für kurze Zeit Heizung erforderlich ist, in Speisezimmern usw.).

Im Gebrauch sind namentlich zwei Konstruktionen: Reflektoröfen, in Kaminform, mit einem Strahlschirm von gewelltem Messing-

blech, welcher die Wärmestrahlen der im oberen Teil brennenden Gasflammen ins Zimmer reflektieren soll. Außerdem wird die Wärme der Verbrennungsgase noch durch Blechkanäle ausgenutzt (Fig. 67).

Mit besserer und gut regulierbarer Ventilation verbunden ist der Karlsruher Schulofen, ein Mantelofen, der vorzugsweise durch erwärmte Luft heizt und auf Zirkulation oder Ventilation gestellt werden kann (s. Fig. 68). Die Verbrennungsprodukte des Gases steigen in einem konzentrischen engen „Schlitzkanal" auf.

Zur Reserveheizung oder auch zur periodischen Beheizung kleinerer Räume verwendet man mit gutem Erfolg Petroleum- oder Spiritusöfen, deren Verbrennungsgase einer Ableitung in den Schornstein nicht unbedingt bedürfen.

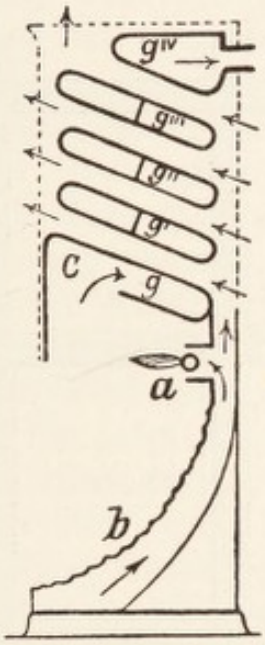


Fig. 67. Warsteiner Reflektorofen.

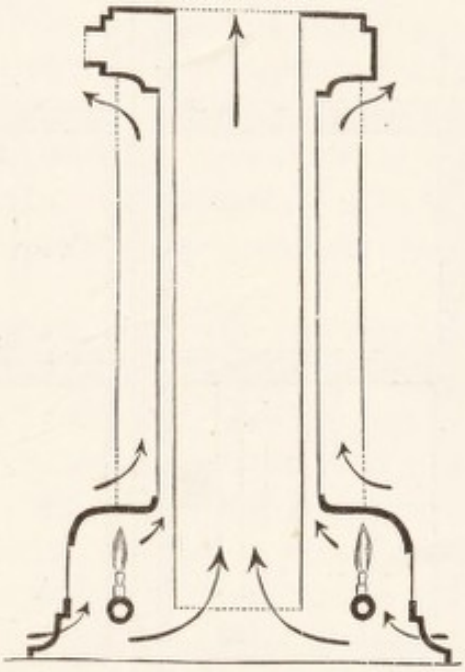


Fig. 68. Karlsruher Schulgasofen. (Durchschnitt.)

Immerhin kommt es beim Fehlen solcher Ableitungen zu erheblicher Wasserdampf- und CO_2-Ansammlung in der Zimmerluft, bei nicht sehr sorgfältigem Betriebe auch zu einem Gehalt an CO und anderen unvollkommenen Oxydationsprodukten. — Elektrische Heizung kommt an Orten in Betracht, wo billig elektrischer Strom zu haben ist (Wasserfälle); andernfalls sind die Kosten etwa zwanzigmal so hoch wie bei Steinkohlenheizung. Entweder dienen Freidrähte, die an Isolatoren befestigt und in Spiralform in einem Rahmen ausgespannt sind, als Heizkörper; oder isolierte Leiter auf Elementen, die zu Heizkörpern zusammengesetzt werden; oder Leuchtkörper, z. B. Glühlampen. Die Anlagekosten sind sehr gering, Regulierfähigkeit und überhaupt hygienische Vorteile sehr groß.

b) Zentralheizung.

Die Wärme wird von einer zentralen Entwicklungsstelle aus durch Luft, Wasser, Dampf (oder elektrische Leitung, s. oben) nach den Wohnräumen hin transportiert.

Luftheizung.

Bei derselben wird Luft an einem Ofen erwärmt und dann den Zimmern zugeleitet. — An einer Luftheizungsanlage unterscheidet man:

1. Den Heizapparat oder Kalorifer. Gewöhnlich besteht derselbe aus einem großen gußeisernen Schüttofen; der Heizkörper ist kofferförmig und dann mit zahlreichen Rippen versehen, oder er besteht in einem geschlängelten, oft ebenfalls mit Rippen versehenen Rohr, das

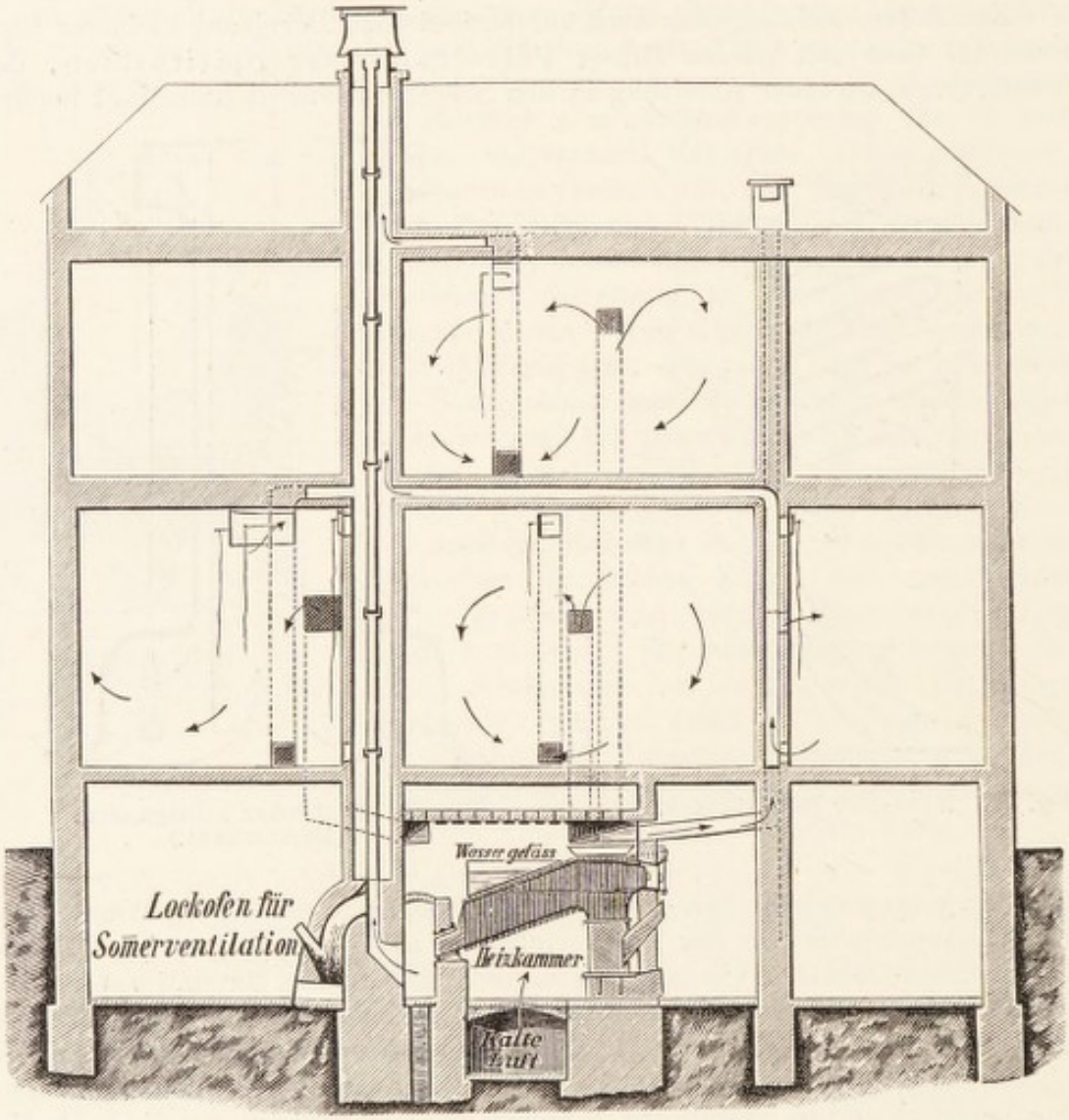


Fig. 69. Schema einer Luftheizungsanlage.

oben beginnt und die Heizgase allmählich nach unten und von dort in den Schornstein führt. Der Heizkörper muß die Wärme leicht und rasch abzugeben imstande sein.

2. Die Heizmauer, eine ummauerte Kammer, welche in einem gewissen Abstande den Heizkörper allseitig umgibt. Nur an der Seite, wo sich die Feuerung befindet, fällt ihre Wand mit der des Heizapparates

zusammen. In der Heizkammer münden alle Kanäle für die Heizluft; ferner befinden sich dort Wasserbecken, welche zur Wasserverdunstung dienen und am besten oben auf den heißesten Rippenrohren des Kalorifers angebracht werden (Fig. 70). — Die Heizkammer soll leicht betretbar sein, so daß eine regelmäßige gründliche Reinigung des Kalorifers und der ganzen Heizkammer vorgenommen werden kann. In unzulänglichen und selten gereinigten Heizkammern sammeln sich enorme Staubmassen, deren Verbrennung die Zimmerluft stark verunreinigt (vgl. S. 329).

Heizkammer und Heizapparat werden am tiefsten Ort des Hauses, im Souterrain, angelegt. Bei großen Gebäuden sind mehrere Heizkammern und mehrere für sich bestehende Systeme von Luftheizung in demselben Gebäude einzurichten (maximale horizontale Ausdehnung = Aktionsradius etwa 12 m). — Die Bewegung der Luft kann man einfach durch die Temperaturdifferenzen bewirken lassen. Sicherer ist es, vor der Heizkammer einen Ventilator einzuschalten, mittels dessen störende Widerstände sich leichter überwinden lassen und der eine bessere Regulierung gestattet.

3. Die Kaltluftkanäle. Die Entnahmestelle für die Außenluft muß gegen Staub, Ruß und üble Gerüche möglichst geschützt sein. Um von Windstößen und Winddruck unabhängig zu sein, legt man am besten für jeden Kalorifer an zwei entgegengesetzten Seiten des Gebäudes Öffnungen an, von denen nur die dem Wind abgewandte offen gelassen wird. Stets läßt man die Luft zunächst in eine Luftkammer eine größere Erweiterung des Zufuhrkanals, eintreten, welche plötzliche Windstöße abschwächt, und in welcher sich ein grobes Filter zur Abhaltung von Insekten befindet. Von da führt ein weiter Kanal die Luft unten in die Heizkammer (Fig. 69).

Vielfach werden auch feinere Filter (Moellersches Filtertuch, in Krankenhäusern auch Watte- oder Koks- oder Sandfilter) angebracht, die zur Zurückhaltung des Staubes dienen sollen. Dieselben bewirken jedoch eine sehr starke Verengerung des Querschnittes und starken Reibungsverlust, falls die Filteröffnungen hinreichend fein sind und wirklich Staub abhalten, und sind nur anwendbar, wenn die Luftförderung durch maschinelle Kräfte unterstützt wird. — Besser sind in den Kaltluftkammern angebrachte Rahmen mit rauhem Stoff, die nicht den ganzen Querschnitt der Kammer füllen, sondern so gestellt sind, daß die Luft bald über, bald unter ihnen freien Raum findet, dabei aber immer an den rauhen Flächen vorbeistreicht. Sie müssen leicht herausnehmbar sein und oft gereinigt werden. — Sehr kräftig wirkt ein Wasserschleier auf die Staubbeseitigung, der dadurch hergestellt wird, daß in der Kaltluftkammer Wasserleitungsrohre mit feinen Bohrungen zahlreiche kräftige, verstäubende Wasserstrahlen aussenden. Die Betriebskosten sind aber hoch. — Die Hauptsache für die Fernhaltung von Staub ist immer die richtige Auswahl und Behandlung der Entnahmestelle für die Luft. Hier sollte stets eine kleine Rasenfläche mit Buschwerk vorhanden sein, die nach Bedarf befeuchtet wird.

4. Die Heizluftkanäle. Dieselben nehmen ihren Anfang in der Heizkammer und verlaufen von da in den Innenwänden des Hauses nach den einzelnen Wohnräumen. Sie werden möglichst vertikal geführt; bei langen, horizontalen Leitungen treten zu starke Reibungswiderstände auf und die betreffenden Räume erhalten zu wenig Heizluft. — Die Eintrittsöffnungen dieser Kanäle werden oben in der Heizkammer, die der Kaltluftkanäle unten angelegt; die zuströmende kalte Luft muß dann an dem Heizapparat aufwärts steigen, und da in diesem die Heizgase sich entgegengesetzt, von oben nach unten, bewegen, findet eine außerordentlich vollständige Erwärmung der Luft statt.

Jeder Wohnraum bekommt seinen eigenen Heizluftkanal, aus dem die Luft mit höchstens 40—50° Wärme ausströmen soll. Die Öffnung im Zimmer liegt etwa 1—2 m über Kopfhöhe.

Man wählt dieselbe so groß, daß die Geschwindigkeit der austretenden Luft höchstens $^1/_2$—1 m beträgt, weil bei größerer Geschwindigkeit lästige Zugempfindungen auftreten. Für größere Zimmer wählt man mehrere Austrittsöffnungen; die einzelne soll nicht über 60 cm i. Quadr. messen. Wünschenswert ist es, daß die Austrittskanäle nahe der Öffnung eine solche Wölbung oder aber unmittelbar vor der Öffnung Jalousien bzw. stellbare Schirme erhalten, daß der Luftstrom immer zunächst gegen die Decke des Zimmers dirigiert wird; von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken und dann in der unteren Region des Zimmers abströmen.

5. Abfuhrkanäle. Bei allen größeren Luftheizungsanlagen gibt man der Luft auch noch besondere Abfuhröffnungen. Diese führen in Kanäle, welche in den Innenwandungen bis über das Dach hinausgehen, oder auf dem durch Firstaufsätze kräftig ventilierten Dachboden münden. Ihre Wirkung wird gesichert, wenn man sie mit einer Wärmequelle in Verbindung setzt, sie z. B. in den Mantelraum eines ständig benutzten Schornsteins (Fig. 69) führt oder sie mit Gasbrennern und dergleichen versieht. Die Abfuhrkanäle beginnen im Zimmer mit zwei Öffnungen; die eine liegt nahe am Fußboden, die andere nahe der Decke. Nur die erstere soll für gewöhnlich benutzt werden. Die obere wird ganz ausnahmsweise dann geöffnet, wenn im Zimmer eine zu große Wärme entstanden ist und nunmehr die einströmende Luft, ohne den bewohnten Teil des Zimmers berührt zu haben, direkt wieder abströmen soll; meist ist sie ganz entbehrlich.

Alle Kanäle werden mit großer Sorgfalt hergestellt und namentlich im Innern derartig verputzt, daß sich kein Staub ablöst. Zum Zweck der Reinigung sollen sie besteigbar sein oder doch wenigstens mit Bürsten leicht und vollständig gereinigt werden können. Kanäle aus Stahlblech neigen am wenigsten zu Ablagerungen von Staub. Letzterer pflegt übrigens sehr fest zu haften, namentlich an rauheren Flächen, so daß ohne mechanische Beihilfe oder sehr heftige Luftströme eine Ablösung nicht zu befürchten ist.

Die Regulierung der ganzen Heizanlage geht in folgender Weise vor sich. Zunächst ist die Heizluft auf die einzelnen Räume richtig zu verteilen. Ungefähr gelingt dies schon durch eine vorläufige Berechnung der für jedes Zimmer erforderlichen Weite der Kanäle und der Größe der Ausströmungsöffnung für die Heizluft. Bei der Probeheizung zeigt sich aber gewöhnlich doch, daß das eine Zimmer zu viel, das andere zu wenig Heizluft bekommt und daher sich nicht auf dem vorgeschriebenen Temperaturgrad hält. Um nachträglich noch eine richtige Verteilung zu erzielen, ist in jedem Heizluftkanal eine Drosselklappe angebracht und diese wird dann ein-für allemal so gestellt, daß der Kanal den für das Zimmer richtigen Querschnitt erhält.

Je nach der Außentemperatur wechselt ferner der tägliche und stündliche Bedarf desselben Raumes an Heizluft, und es ist schwierig, mit der zentralen Feuerung diesen Schwankungen zu folgen. Vielfach behilft man sich damit, daß anfangs reichlich geheizt wird, meist durch die sogenannte Zirkulationsheizung, bei welcher die Abfuhrkanäle geschlossen sind und die Heizluft aus den Zimmern wieder zur Heizkammer zurückströmt (Fig. 70). Ist dann im Zimmer die erwünschte Temperatur erzielt, so wird die weitere Zufuhr von Heizluft durch Schließen von Klappen in den Zufuhrkanälen vollständig sistiert. Damit hört aber jede Zufuhr von Luft überhaupt und jede Ventilation vollkommen auf, und es wird dies bei Luftheizungen um so schwerer empfunden, als allgemein bei derselben das Verbot besteht, Fenster und Türen zu öffnen, damit nicht durch den Einfluß derartiger willkürlicher Öffnungen die geregelte Verteilung der Luft in Unordnung gerate.

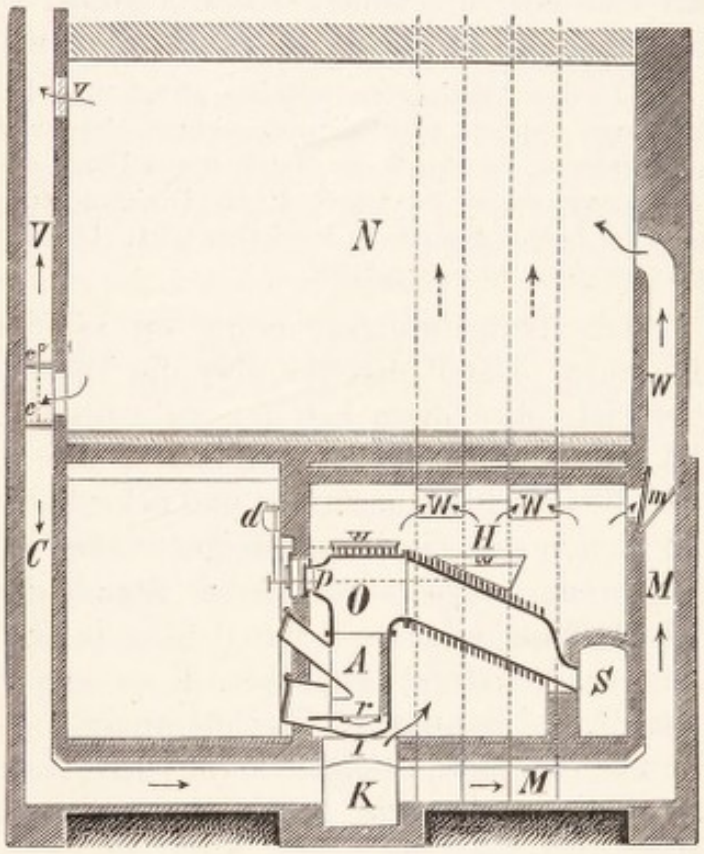


Fig. 70. Luftheizung. Heizkammer und Kanäle.
H Heizkammer. *O* Ofen. *S* Schornstein. *K* Kaltluftkanal. *W* Warmluftkanal. *M* Mischkanal. *V* Abfuhrkanal. *C* Zirkulationskanal; ist die Klappe *c* in die obere Stellung gebracht, so strömt die Luft aus dem Zimmer *N* durch den Kanal *C* wieder nach der Heizkammer.

Um eine Regulierung der Temperatur zu bewirken, ohne das Quantum der zuströmenden Luft zu verringern, müssen offenbar Vorrichtungen vorhanden sein, welche eine Mäßigung der Temperatur der Heizluft bewirken. Es geschieht dies gewöhnlich dadurch, daß für jeden Heizluftkanal ein Mischkanal hergestellt wird, d. h. nach dem Austritt aus der Heizkammer oder innerhalb der Wand der Heizkammer vereinigt sich der Heizluftkanal (*W* in Fig. 70) mit einem von außen bzw. aus dem untersten Teil der Heizkammer heraufgeführten Kaltluftkanal (*M*) und durch Stellung einer Klappe *m* kann entweder der eine oder der andere Kanal abgesperrt oder es kann eine beliebige Mischung beider Luftarten erzielt werden.

In den Vereinigten Staaten pflegt man jeden nach oben führenden Heizluftkanal doppelt anzulegen, den einen, der die Heizkammer umgeht, als Kalt-, den anderen, der durch die Heizkammer führt, als Warmluftkanal. Automatische Temperaturregler bewirken durch Drehung einer Doppelklappe, daß nur der eine der beiden Kanäle in Funktion tritt. Dabei sind aber sehr plötzliche Temperaturwechsel unvermeidlich.

Die Temperaturregulierung für sämtliche Räume ist Sache des Heizers. Damit derselbe über die Temperatur der Wohnräume orientiert ist, ohne diese betreten zu müssen, sind entweder in den Türfüllungen Thermometer eingelassen, die von außen abgelesen werden und die mit einer konstanten und bekannten Abweichung die Temperatur im Innern des Zimmers anzeigen; oder es sind Metallthermometer im Wohnraum angebracht, deren Stand der Heizer durch elektrische Übertragung erfahren kann (früher in der Form des Moennichschen Fernmeßinduktors; jetzt bes. Koepsels Fernthermometer, hergestellt von G. A. Schultze, Charlottenburg). — Niemals sollte eine Regulierung an Heizluftkanälen von den Bewohnern des Zimmers vorgenommen werden, da hierdurch der Betrieb der ganzen Anlage gestört wird.

Gegen die Luftheizungsanlagen hat sich viel Opposition erhoben. Es wird (mit Recht) über hohe Betriebskosten, ferner über eine Überhitzung der Räume und über schlechte Regulierfähigkeit der Anlage geklagt. Dies kommt jedoch nur dann vor, wenn entweder die Bewohner des Zimmers sich an der Regulierung der Temperatur beteiligen oder wenn der Heizer überbürdet und nicht ausschließlich für die Kontrolle der Heizung angestellt ist. Nicht selten werden die besten Anlagen dadurch völlig verdorben und funktionsunfähig gemacht, daß man an der Anstellung eines ausschließlichen Heizers zu sparen sucht. Bei freistehenden und dem Winde stark exponierten Gebäuden bestehen allerdings immer Schwierigkeiten; es kommt dann leicht zu einer mangelhaften Erwärmung auf der dem Winde exponierten und zu einer zu hohen Erwärmung auf der dem Winde abgekehrten Seite des Hauses. — Auch wird die Luft als staubig und von eigentümlich brenzligem Geruch bezeichnet. Dies ist in der Tat der Fall, wenn die Entnahmestelle für die Luft ungünstig ist (im Zentrum der Großstadt wegen der Verrußung der Luft unvermeidlich), wenn die Kanäle schlecht verputzt

und mangelhaft gereinigt sind und wenn namentlich die Heizkammer, wie man es bei älteren Anlagen vielfach findet, überhaupt nicht zum Zwecke der Reinigung betreten werden kann, so daß es zu Staubanhäufung und Staubverbrennung auf dem Kalorifer kommt. Ferner wird der Luftheizung oft eine besonders trockene Luft vorgeworfen. Meist wird aber der Feuchtigkeitsgehalt der Luft — abgesehen von Überheizungen und vom Fehlen geeigneter Befeuchtungsvorrichtungen — nicht niedriger als bei anderen Heizungen bei gleicher Ventilation gefunden, sondern die lästigen Empfindungen sind auch hier hauptsächlich auf den Staubgehalt der Luft und die durch Staubverbrennung entstehenden brenzligen Produkte zurückzuführen, die bei zweckmäßiger Anlage und gutem Betriebe leicht vermieden werden können.

Andererseits versuchen einige Heizfirmen die Luftheizung als ein den anderen Zentralheizungen überlegenes System hinzustellen, namentlich weil fortgesetzt frische Luft in die Wohnräume eingeführt werde. Auch für Villen und Einfamilienhäuser werden einfache derartige Anlagen empfohlen, bei denen ein größerer Füllofen die Erwärmung der Luft besorgt und diese in Blechkanälen den Zimmern zugeleitet wird. — Bei diesen Luftheizungen fehlen aber die Mischkanäle; die Luftzufuhr erfolgt daher nur periodisch; die Regulierung ist unvollkommen; die einzelnen Räume beeinflussen sich gegenseitig in erheblichem Grade. Eine besonders reichliche Zufuhr frischer Luft ist außerdem für solche von wenig Köpfen bewohnte Häuser überhaupt nicht erforderlich; wird sie aber gewünscht, so lassen sich für jeden Heizkörper einer anderen Zentralheizung und für jeden Ofen leicht Einrichtungen vorsehen, welche die Luftzufuhr ebenso reichlich wie eine Luftheizung, und mit besserer Regulierung je nach dem Bedarf des einzelnen Raumes gestatten (vgl. S. 347).

Wasserheizung.

Das Wasser ist sehr geeignet zur Wärmeübertragung wegen seiner großen Wärmekapazität. Die Anordnung einer Wasserheizanlage ist so, daß im Souterrain der Feuerraum und über diesem ein Kessel sich befindet (die Heizung kann auch mit dem Küchenherd verbunden werden [Liebau]). Vom Kessel geht ein Röhrensystem aus, das wieder in denselben zurückführt und inzwischen die verschiedenen zu beheizenden Räume durchläuft (s. Fig. 71). Das im Kessel erwärmte Wasser wird als spezifisch leichter zunächst nach oben bis zum höchsten Punkte des Systems, dem Expansionsgefäß, gedrückt; von da fließt es allmählich unter steter Abkühlung wieder zum Kessel zurück. Entweder sind besondere Rückleitungsrohre vorgesehen = Zweirohrsystem, Fig. 71; oder der Rücklauf erfolgt im Zuleitungsstrang = Einrohrsystem, Fig. 72.

Da das Röhrensystem oben offen ist, erreicht die Temperatur des Wassers im äußersten Falle 100°, meist nicht über 90°; für gewöhnlich ist die Temperatur erheblich niedriger. Infolge dieser niedrigen Temperatur muß die Masse des Wassers, welches den Wohnräumen zugeführt wird, relativ groß sein und die aus Schmiedeeisen, seltener aus Kupfer hergestellten Röhren weit (50 —60 mm). Die Anlage ist daher relativ

teuer und man findet sie mehr in Privathäusern, als in öffentlichen Gebäuden („Niederdruckwasserheizung“ oder „Warmwasserheizung“). Ist das Röhrensystem oben durch ein belastetes Ventil geschlossen,

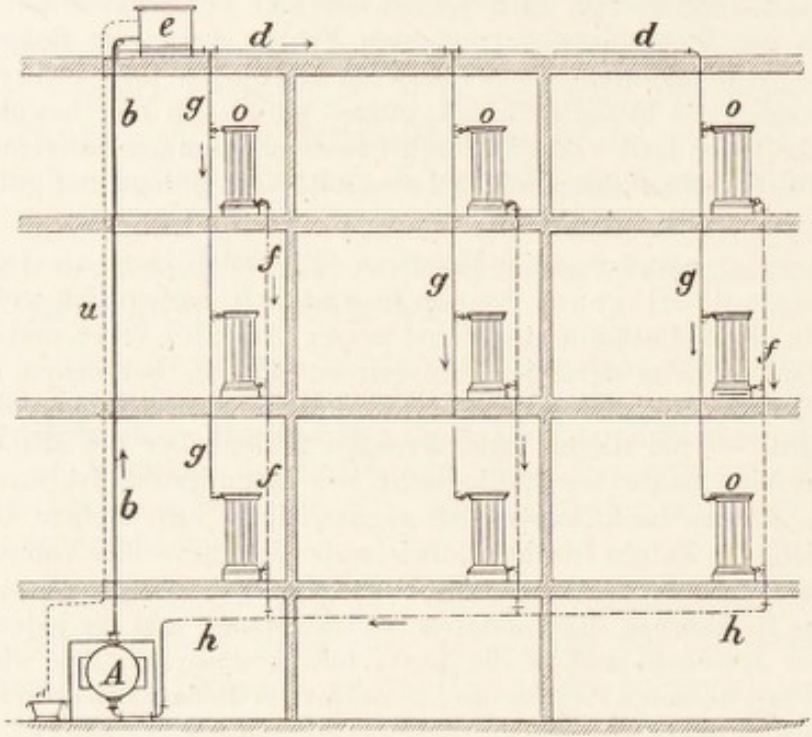


Fig. 71. Warmwasserheizung.
A Kessel. *b* Steigrohr. *e* Expansionsgefäß. *d* Verteilungsrohr. *g* Zuleitungsrohre an den Öfen. *o* Öfen. *f* und *h* Rücklaufrohre.

so erzielt man je nach der Belastung eine Temperatur von 120—200° und bedarf dann geringerer Wasserquantitäten und engerer Röhren. Eine solche Heizanlage bezeichnet man als „Hochdruckwasserheizung“ oder „Heißwasserheizung“; sie wird selten mehr ausgeführt, höchstens in Verbindung mit einer Luftheizung an Stelle des Kalorifers.

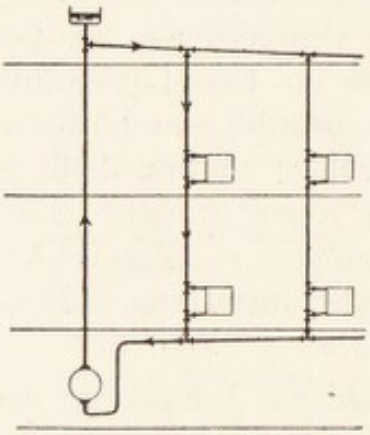


Fig. 72. Einrohrsystem.

Bei der Warmwasserheizung sind die Heizkörper entweder sogenannte Säulenöfen (Fig. 71); ein Mantel aus doppeltem Eisenblech, zwischen dessen Wandungen das Wasser zirkuliert, umschließt einen Luftraum, der mit der Zimmerluft kommuniziert, so daß dieselbe unten ein- und oben abströmt. Außerdem wird der Luftstrom mit einem verstellbaren Zufuhrkanal von außen in Verbindung gebracht, so daß (wie bei den Mantelöfen) beliebig auf Zirkulation oder Ventilation eingestellt werden kann. — Meist werden als Heizkörper Radiatoren (Fig. 73) oder Doppelrohrregister (Fig. 74) oder Rohrschlangen benutzt; weniger

zu empfehlen sind wegen ihrer schwierigen Reinhaltung Rippenheizkörper. Ihre Aufstellung erfolgt am besten an der Fensterwand unter den Fenstern, weil dann die von den Fenstern absinkende kalte Luft von dem durch den Heizkörper erzeugten warmen Luftstrom abgefangen und nach oben geführt wird, statt am Fußboden entlang zu streichen.

Fig. 73.
Zweikanäliger Radiator

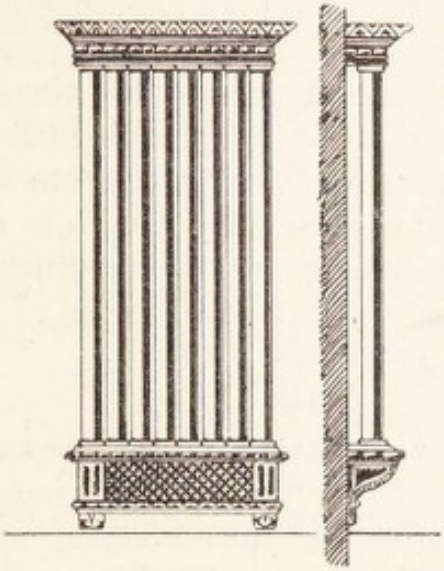


Fig. 74. Doppelrohrregister von KÄUFFER & Co.

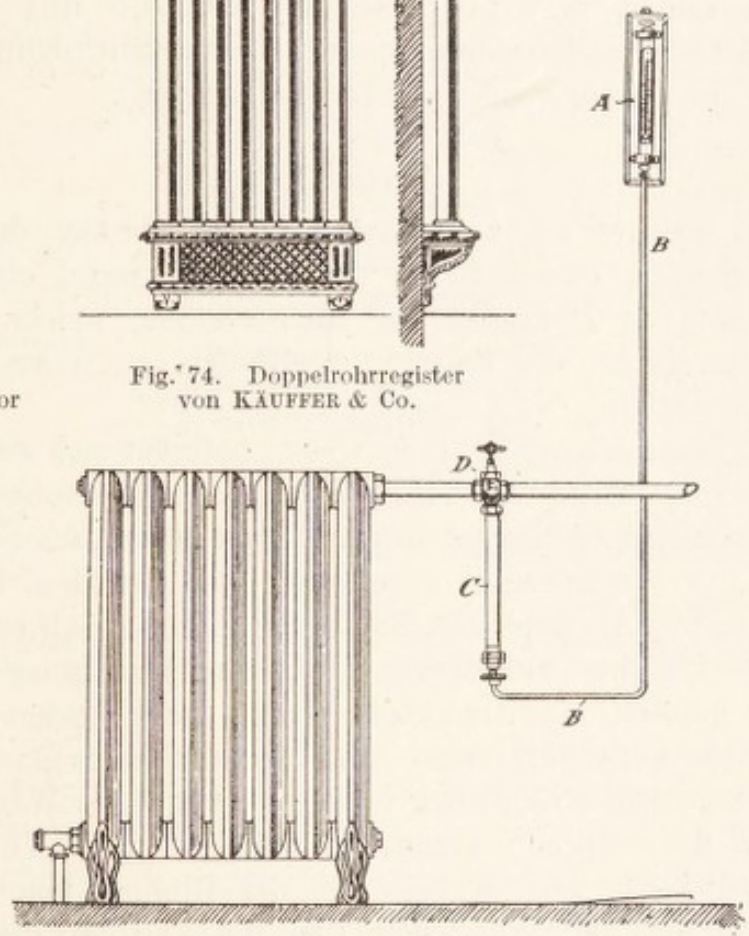


Fig. 75. Heizkörper mit Temperator.
A Wärmeaufnahmekörper. *B* Kupferrohrleitung. *C* Ventilrohr. *D* Ventil.

Die Regulierung der Heizung erfolgt zentral vom Kessel aus oder durch Ventile, die für ganze Gruppen von Heizkörpern den Rücklauf regulieren; oder lokal am einzelnen Heizkörper. An diesen sind zunächst bei der Probeheizung Hähne einreguliert, die den Wasserdurchgang durch Senkung des sogenannten Kükens drosseln. Weiterhin kann jeder Heizkörper abgesperrt und von weiterer Zufuhr warmen Wassers ausgeschlossen werden. Allerdings geht die Abkühlung des gefüllten Heizkörpers sehr langsam vor sich; erst nach drei Stunden und mehr erreichen

sie Zimmertemperatur. — Sehr empfehlenswert sind daher selbsttätige Temperaturregler, bei denen ein mit Flüssigkeit gefüllter Aufnahmekörper durch eine dünne Kupferrohrleitung mit einem Regulierventil des Heizkörpers verbunden ist (Fig. 75). Rippenheizkörper mit kleinerer Wasserfüllung sind leichter zu regulieren, müssen aber für den Fall größerer Kälte um so reichlicher vorhanden sein; eventuell sind Gasöfen als Reserve vorzusehen.

Um an Rohrdurchmessern zu sparen, um eine Beeinflussung der Heizkörper untereinander möglichst auszuschließen und um auf größere Entfernungen die Heizung verteilen zu können, sind neuerdings Warmwasserheizungen mit besonderem Antrieb des Wasserumlaufs eingeführt (Schnellstromheizung mit Niederdruckdampfkessel, Pumpenheizung mit Kreisel- oder Zentrifugalpumpen).

Dampfheizung

gestattet Anlagen von unbeschränkter Ausdehnung, die sich für größere Etablissements, eventuell für ganze Stadtviertel eignen. Besonders zweckmäßig ist Dampfheizung für Gebäude, welche bereits zum Betriebe der Küche, der Wäsche, der Bäder usw. eines größeren Dampfkessels bedürfen.

Der (konzessionspflichtige) Kessel befindet sich gewöhnlich ziemlich entfernt vom Hause und wird durch das Kondenswasser gespeist. Vom Kessel aus wird der Dampf in einer Rohrleitung aus Schmiedeeisen oder Kupfer den Wohnräumen zugeführt. Da man dem Dampf nicht gern mehr wie $1^1/_2$ Atmosphären Spannung gibt, so daß er eine Temperatur von 110—120° hat, und da der Dampf eine sehr geringe Wärmekapazität besitzt, müßten eigentlich sehr große Dampfmengen zur Beheizung der Räume notwendig sein. Man rechnet indes gar nicht wesentlich auf die von dem strömenden Dampfe abgegebene Wärme, sondern vielmehr auf diejenige Wärme, welche bei der Kondensation des Wasserdampfs frei wird. Bei der Bildung von 1 Liter Kondenswasser werden 540 Wärmeeinheiten frei und für die Erwärmung der Wohnräume verfügbar, wenn man die Kondensation in den in den Zimmern aufgestellten Heizapparaten vor sich gehen läßt.

In die Rohrleitungen werden Kompensatoren eingefügt, welche der Wärmeausdehnung Rechnung tragen. Das Hauptrohr führt den Dampf zunächst zu dem höchsten Punkt der Anlage und von da durch die Heizkörper abwärts. Läßt man das Kondenswasser in den Dampfröhren zurückfließen, so entstehen fortgesetzt störende Geräusche; man wählt daher gewöhnlich besondere (erheblich engere) Rohre zur Ableitung des Kondenswassers. Damit durch letztere kein Dampf entweicht, findet der Übertritt des Wassers in dieselben vermittelst selbsttätiger

Ventile statt. — Die Heizkörper sind ähnlich wie die der Warmwasserheizung.

Bei der Kondensation entsteht ein Vakuum, und die Heizapparate würden durch den äußeren Luftdruck komprimiert werden können, wenn man nicht dafür sorgt, daß Luft in die Röhren eintreten kann. Die eingedrungene Luft muß dann aber, um den einströmenden Wasserdampf kein Hindernis zu bereiten, beim Zulassen neuen Dampfes wieder entfernt werden. Dieses Ein- und Abströmen der Luft in das Röhrensystem geschieht entweder durch besondere Hähne oder durch selbsttätige Ventile, ist aber oft mit Geräuschen verbunden.

Meist legt man der Geräusche wegen die Heizkörper überhaupt nicht in die Wohnräume selbst, sondern verbindet die Dampfheizungen mit einer Luft-

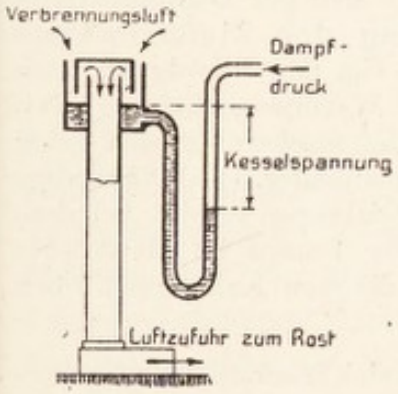


Fig. 76.
Selbsttätiger Verbrennungsregler von KÄUFFER & Co.

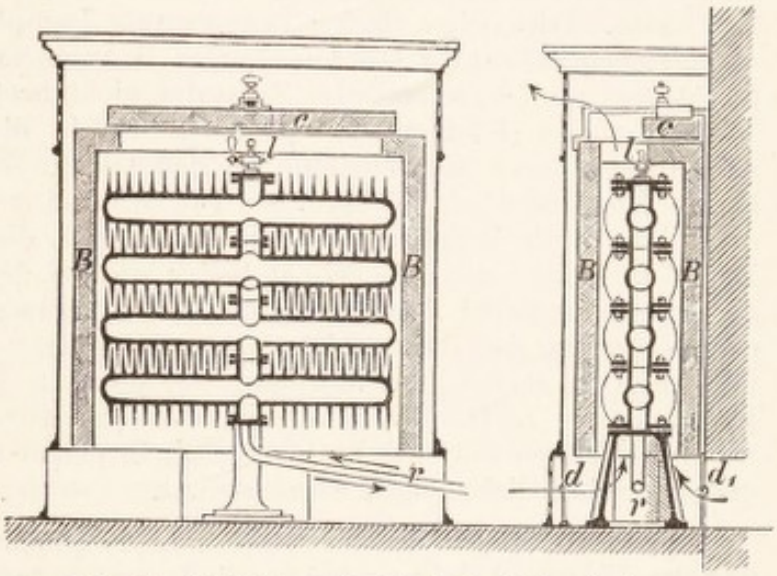


Fig. 77. Heizkörper der Niederdruckdampfheizung. *r* Zu- und Ableitungsrohr. *B* Isoliermantel. *c* verstellbare Klappe. *d* Öffnung für Zirkulation. d_1 für Ventilation.

heizung derart, daß man die Luft an einem zentralen Dampfheizkörper oder an mehreren, z. B. auf dem Korridor aufgestellten Heizkörpern sich erwärmen und dann in das Zimmer einströmen läßt.

In Privatwohnungen kommen fast ausschließlich in Betracht die Niederdruckdampfheizungen, die auch in kleineren Gebäuden sich mit Vorteil ausführen lassen.

Der Kessel dieser Heizung hat ein offenes Standrohr, so daß höchstens $^1/_2$, gewöhnlich nur $^1/_{10}$ Atmosphäre Überdruck vorhanden ist, und ist daher nicht konzessionspflichtig. Im Kessel befindet sich ein zentraler Heizkasten, der von oben beschickt wird. Der Luftzutritt zur Feuerung und damit die Intensität der Feuerung und Dampfentwicklung kann automatisch durch die Dampfspannung im Kessel reguliert werden (als Beispiel diene die Konstruktion Fig. 76); oder eine in Hg schwimmende Glocke hebt je nach ihrer Belastung durch Plattengewichte ein Ringventil, das den Luftzutritt zur Feuerung regelt. Die Heizapparate sind wie bei der Warmwasserheizung Radiatoren oder Rippenregister; am besten werden sie wie bei der Warmwasserheizung unter den Fenstern angebracht. Sie können mit einem „Vorsetzer", einem Mantel aus Eisenblech, oder auch aus

schlecht leitendem Material (Kacheln) umgeben werden, so daß keine Erwärmung der Zimmer durch Strahlung stattfindet (Fig. 77). Die Beheizung geschieht dann durch erwärmte Luft, die unten an dem Heizapparate ein- und oben austritt. Die Eintrittsöffnung ist beliebig verstellbar; vom Heizapparat geht außerdem ein Kanal nach außen, durch welchen frische Luft ins Zimmer eingeführt werden kann. Unbedingt müssen die Vorsetzer leicht abnehmbar eingerichtet sein, so daß die Reinigung nicht beeinträchtigt wird; auch sind glatte Radiatoren den in Fig. 77 dargestellten Rippenheizkörpern vorzuziehen, zumal die Temperatur der Heizkörper bei dieser Heizung hoch genug (90—95°) steigt, um Verbrennung von Staubteilen zu bewirken. Der Dampfdruck soll beim Eintritt in die Heizkörper nahezu aufgebraucht sein und der Dampf sich an dessen Heizfläche vollständig kondensieren; meist erfolgt die Kondensation sogar nur im oberen Teil, so daß die untere Hälfte, in die Luft aus der offenen Kondensleitung eintritt, kalt bleibt. Tritt bei zu starker Dampfzufuhr Dampf in die Kondensleitung ein, so entstehen störende Geräusche; z. B. wenn mehrere Heizkörper plötzlich geschlossen werden, so daß der Zugregler nicht rasch genug ausgleichen kann. Durch Syphons (Körting, Käuffer), in welche die Luft der Kondensleitung strömt, oder durch Kondenstöpfe für den Dampf läßt sich der Dampfübertritt in die Kondensleitung hindern. — Die Regulierung der Zimmerwärme erfolgt durch die Regulierventile der Heizkörper, die von den Bewohnern nach Bedarf zu stellen sind; sie gelingt besser wie bei der Warmwasserheizung, weil die Anwärmung und Auskühlung des Heizkörpers viel rascher vor sich geht; die Erwärmung des Raumes ist aber auch weniger nachhaltig. — Vollständige und nicht zu starke Durchwärmung der ganzen Heizkörper erfolgt bei dem Körtingschen Luftumwälzungsverfahren, wo der Dampf im Heizkörper unten aus Düsen austritt, Luft mitreißt, in einem mittleren Kanal nach oben und in zwei seitlichen nach unten strömt.

Für Beheizung auf größere Entfernung empfiehlt sich besonders die Unterdruck- (Vakuum-) Heizung, bei der die Dampfspannung unterhalb des atmosphärischen Druckes liegt und die an den Heizflächen sehr milde Temperaturen (bei 50% Vakuum 80°) liefert. Die Regulierung kann hier auch durch Änderung des Vakuums geschehen. — Bei größeren maschinellen Betrieben läßt sich auch der Abdampf einer Dampfmaschine zweckmäßig zu Heizzwecken verwenden.

Die hygienisch-wichtigsten Vorteile und Nachteile der hauptsächlichsten Zentralheizungen lassen sich folgendermaßen tabellarisch zusammenfassen:

Heizart	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Luftheizung	Starke Lüftung; dauernd nur, wenn Mischkanäle vorhanden. Schnelle Erwärmung; mit Mischkanälen gut regulierbar. Lange haltbar.	Aktionsradius nur 12 m. In fertigen Gebäuden nicht mehr einzubauen. Bei starkem Wind ungenügende Erwärmung. Staub und brenzlige Produkte bei schlechter Anlage. Teuer, falls ausgiebig gelüftet wird.	Räume mit starkem Lüftungsbedarf (Wohnhäuser selten). Für ausgedehnte oder dem Wind stark ausgesetzte Gebäude ungeeignet.

Heizart	Vorteile	Nachteile	Anwendung
Warmwasserheizung.	Milde; keine Staubversengung; einfache Bedienung.	Aktionsradius nur bis 60 m. Langsame Auskühlung der Heizkörper, leicht Überheizung namentlich bei großen Heizkörpern. In bestehenden Gebäuden schwer einzurichten.	Wohnhäuser aller Art. Für Schulen, Krankenhäuser besondere Lüftungseinrichtungen erforderlich.
Niederdruck-Dampfheizung	Unbeschränkter Aktionsradius. Gut regulierbar. Einfache Bedienung.	Heizkörper bis 95° warm, daher Staubversengung möglich. Bei Fehlern der Ausführung und des Betriebes Geräusche	Wie Warmwasserheizung.

Wie oben betont wurde, ist eine Regulierung der Wärme bei allen Zentralheizungen, insbesondere unter Zuhilfenahme automatischer Temperaturregler, in ausreichendem Maße durchführbar. Leider wird hiervon aber zu wenig Gebrauch gemacht. Fast in allen mit Zentralheizung beheizten Räumen ist eine Überheizung an der Tagesordnung, die bei unzähligen Menschen Erkältungskrankheiten und andere Gesundheitsstörungen hervorruft. In Schulen, Krankenhäusern, Versammlungsräumen, Restaurants läßt sich diese Überheizung konstatieren; ganz besonders gefährlich ist sie in den Eisenbahnzügen und in Kaufläden, wo das Publikum in warmer Straßenkleidung sich aufhalten muß. Klagen über die übermäßige Wärme werden meist mit Hinweis auf die Zentralheizung beantwortet, die nun einmal so viel Wärme liefere. Diese Annahme ist grundfalsch. Die Überheizung hat ihre Ursache fast immer darin, daß der Heizer, in dem mißverständlichen Glauben, daß „schlecht“ heizen identisch sei mit zu wenig heizen und daß er nur wegen zu geringer Wärme sich Vorwürfen aussetze, die Heizungen zu stark anspannt und die Reguliervorrichtungen nicht genügend benutzt. Dieser für so viele Menschen verhängnisvollen und auch vom ökonomischen Standpunkte aus verwerflichen Unsitte sollte entschiedener als bisher entgegengetreten werden.

Literatur: Rietschel, Leitfäden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Auflage, Berlin 1902. — Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung, 1887. — Schmidt, Heizung und Ventilation, in Weyls Handbuch der Hygiene, 1896. — v. Esmarch, Hygienisches Taschenbuch, 4. Aufl., 1908. — Dietz, Ventilations- und Heizungsanlagen, München und Berlin, 1909. — Berlowitz und Hottinger im Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., 1914.

V. Lüftung der Wohnräume.

Wie S. 85—90 genauer ausgeführt wurde, verändern die in einem geschlossenen Raume lebenden Menschen die Beschaffenheit der Luft in hohem Grade, indem sie erstens Wärme und Wasserdampf in solcher Menge produzieren, daß schließlich eine ausreichende Entwärmung des Körpers auf Schwierigkeiten stößt. Häufig sind an dieser Produktion die Beleuchtungskörper der Wohnräume stark beteiligt. Zweitens konsumieren Menschen und Beleuchtungsmaterialien allmählich den Sauerstoff, jedoch ohne daß es zu einer bedenklichen Verminderung des Sauerstoffgehalts der Luft kommt. Drittens sammeln sich gasförmige Verunreinigungen an, Kohlensäure, namentlich aber riechende Gase, die durch Zersetzung der auf Haut und Schleimhäuten sich sammelnden Epithel- und Sekretreste, oder auch durch unvollkommene Verbrennung der Beleuchtungsmaterialien usw. entstehen. (Bezüglich der hygienischen Bedeutung dieser Luftverunreinigungen s. S. 84ff.) — Viertens kommt es in bewohnten Räumen oft zu einem starken Staubgehalt der Luft. Eingeschleppte Erde, Staub aus der Füllung des Zwischenbodens, Fasern von der Kleidung und den Möbelstoffen, die feinsten Teilchen der Brennmaterialien und die mit der Außenluft in den Wohnraum gelangenden Staub- und Rußpartikel bilden das Material des Wohnungsstaubes, der bei den verschiedensten Hantierungen und Bewegungen der Bewohner in die Luft aufgewirbelt wird. In besonders großen Mengen wird bei manchen Gewerben Staub geliefert (s. unten). — Fünftens gesellen sich zum Luftstaub infektiöse Organismen, wenn Infektionsquellen in den Wohnraum gebracht wurden, teils nur in Form von ausgehusteten Tröpfchen (Influenza, Diphtherie, Pestpneumonie) oder sowohl in Tröpfchenform wie auch in Gestalt trockener Stäubchen (Phthise, Masern, Pocken usw.). In Krankensälen, in Zimmern, wo derartige Kranke sich aufhalten, ist die Luft häufig dauernd mit Infektionserregern beladen und kann leicht zu Infektionen Anlaß geben (s. S. 10).

Die Ventilation verfolgt nun den Zweck, alle diese durch die Bewohner bewirkten Veränderungen der Wohnungsluft durch Luftwechsel mechanisch möglichst zu beseitigen und die Räume auch für längere Zeit ohne jeden Nachteil für die Gesundheit bewohnbar zu erhalten. Sie hat daher die Aufgabe: 1. die produzierte Wärme und den Wasserdampf abzuführen und die Wärmeabgabe der Bewohner zu erleichtern; 2. den verbrauchten Sauerstoff zu ersetzen; 3. übelriechende gasige Verunreinigungen der Wohnungsluft zu entfernen; 4. Staub und 5. etwaige am Staub haftende Infektionskeime zu beseitigen. — Diese Aufgaben sucht die Ventilation zu erreichen teils durch Fortschaffung der unbrauchbar gewordenen Wohnungsluft, teils

durch Zuführung frischer, reiner Außenluft; die Größe des Luftwechsels soll dabei dem Grade der Veränderung der Wohnungsluft einigermaßen quantitativ angepaßt werden. — Unter Umständen kann versucht werden, nur die chemischen Luftverunreinigungen mittels chemischer Mittel zu zerstören, z. B. durch Ozonisierung (s. unten).

A. Der quantitative Ventilationsbedarf.

Bei Abmessung des Ventilationsbedarfs berücksichtigt man in erster Linie die gasigen Verunreinigungen der Luft und als deren Indikator die CO_2, da diese am leichtesten einer Messung zugänglich ist.

Wie oben ausgeführt wurde, empfindet man bei einem Gehalt der Luft von 1·0 Promille Kohlensäure bereits eine gewisse Belästigung, vorausgesetzt, daß die CO_2 der menschlichen Atmung und der Beleuchtung entstammt, und daß übelriechende, die Kohlensäure begleitende gasige Produkte gleichzeitig in entsprechender Menge in die Luft übergegangen sind. In diesem Falle ist daher der Gehalt der Wohnungsluft an CO_2 durch die Lüftung höchstens auf 1·0 Promille CO_2, wo möglich darunter, zu halten.

Wieviel Luft nötig ist, um dies Ziel im Einzelfall zu erreichen, das läßt sich berechnen, indem man diejenige Menge Kohlensäure berücksichtigt, welche von Menschen und Beleuchtungsmaterialien in der Zeiteinheit (1 Stunde, 1 Tag usw.) produziert wird.

Ein Mensch liefert im Mittel stündlich 22·6 Liter CO_2; ein Schulkind etwa 10 Liter, eine Stearinkerze 12 Liter, eine Petroleumlampe 60 Liter, eine Gasflamme 100 Liter. Befindet sich also z. B. ein Mensch in einem Wohnraum, und werden von demselben stündlich 22·6 Liter Kohlensäure produziert, so soll sich diese Menge Kohlensäure auf ein derartiges Luftquantum $= x$ Liter verteilen, daß der Gehalt an CO_2 nur 1:1000 beträgt. Da die zugeführte Luft bereits einen gewissen CO_2-Gehalt mitbringt, nämlich 0·3 Promille (also 0·0003 Liter in jedem Liter Luft), so lautet die Gleichung:

$$\frac{22{\cdot}6 + x{\cdot}0{\cdot}0003}{x} = \frac{1}{1000}$$

und wir finden in dieser Weise $x = 32000$ Liter oder 32 cbm. Diese Luftmenge von 32 cbm muß also stündlich je einem Menschen zugeführt werden, falls der Kohlensäuregehalt in dem von ihm allein bewohnten Raum niemals über 1 Promille steigen soll.

Es ergibt sich hieraus weiter die erforderliche Größe des Wohnraumes, der sogenannte Luftkubus, für einen Menschen. Man hat die Erfahrung gemacht, daß sich die Luft eines Wohnraumes mit Hilfe der üblichen Ventilationsanlagen auf die Dauer nicht mehr wie zweimal pro Stunde erneuern läßt. Daraus folgt, daß der minimale Luftraum für einen Menschen auf 16 cbm, die Hälfte des Ventilationsquantums, normiert werden muß. In den meisten Fällen leistet die Ventilation

sogar noch weit weniger als eine zweimalige Erneuerung der Zimmerluft, und dementsprechend ist der Luftkubus meist größer zu bemessen.

Indessen hat sich mehr und mehr die Überzeugung Bahn gebrochen, daß die Ermittelung des Ventilationsbedarfs auf Grund der CO_2-Werte nur für einen kleinen Teil der Aufgaben der Ventilation Geltung hat. Höchstens die Produktion belästigender Gase pflegt häufiger dem CO_2-Gehalt parallel zu gehen; dagegen ist ein Parallelismus mit der im Raum produzierten Wärme selten, und ein Parallelismus mit dem Gehalt der Luft an Staub und Infektionskeimen fast niemals vorhanden (vgl. S. 90).

Da durch die Erschwerung der Wärmeabgabe im Wohnraum sogar ernstere hygienische Nachteile entstehen als durch belästigende Gase, hat Rietschel mit Recht versucht, in den Fällen, wo ein Parallelismus zwischen CO_2-Gehalt und Temperatur nicht zu erwarten ist, die Wärme des Wohnraumes selbst als Maßstab für den Ventilationsbedarf zu benutzen.

Im Beharrungszustand und bei gleichmäßiger Verteilung der Wärme im Raum ist der stündliche Luftwechsel in cbm, ausgedrückt in der zulässigen Temperatur t, zu berechnen nach der Formel:

$$L = \frac{W\,(1 + \alpha\, t)}{0{\cdot}309\,(t - t_1)},$$

wo t_1 die Temperatur der eingeführten kühleren Luft, W die Wärmezufuhr, α den Ausdehnungskoeffizienten der Luft bedeutet.

Bei dieser Berechnung ist freilich die Wasserdampfansammlung nicht berücksichtigt, welche neben CO_2 und Wärme von Menschen und Beleuchtungsflammen geliefert wird, und welche die Wärmeabgabe stark beeinflußt, außerdem auch spezifisches Unbehagen erzeugt. — Für die wichtigsten Aufgaben der Ventilation ist demnach eine quantitative Bedarfsberechnung bisher nur unvollkommen möglich.

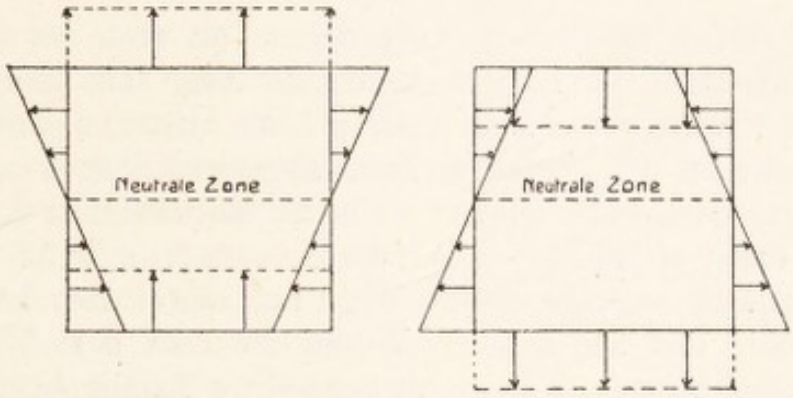
B. Die Deckung des Ventilationsbedarfs.

1. Natürliche und künstliche Ventilation.

Die erforderlichen Luftmengen kann man zunächst durch die sogenannte natürliche, ohne unser Zutun sich vollziehende Ventilation zu beschaffen suchen. Man verläßt sich alsdann auf die stets vorhandenen natürlichen Öffnungen des Wohnzimmers, die in den Poren des Mauerwerks, des Fußbodens und der Decke, ferner in den Ritzen und Fugen der Fenster und Türen gegeben sind.

Es ist aber experimentell nachgewiesen, daß die natürliche Lüftung sich, soweit die Poren in Betracht kommen, wesentlich in vertikaler Richtung vollzieht, und zwar im Winter von unten nach oben; in entgegengesetzter Richtung dann, wenn das Haus kälter ist als die Außen-

luft. Nach Messungen mit dem Differentialmanometer (s. S. 361) ist an den seitlichen Wandungen der Überdruck, welcher einen Luftaustausch veranlaßt, wesentlich geringer; er nimmt vom Fußboden und von der Decke her allmählich ab gegen eine „neutrale Zone", wo er = Null wird. Oberhalb dieser Zone findet im Winter Ausströmung, unterhalb derselben Einströmung statt. (In Fig. 78 zeigt die Höhe der Pfeile die Druckkraft an; am Boden und Decke ist demgemäß die Einströmung maximal.) Diese Art von Luftaustausch führt also höchstens zu einem Luftaustausch der verschiedenen Stockwerke, der in keinem Falle zu befürworten ist. Außerdem wissen wir bei dieser Ventilation nichts Genaueres über die Herkunft der einströmenden Luft. Ferner haben wir keine Regulierung in der Hand; bei Windstille und bei schwachen Winden ist eine solche überhaupt nicht vorhanden, während sie sich bei Sturm unter Umständen in unangenehmster Weise



Innen warm, außen kalt Innen kalt, außen warm

Fig. 78.

fühlbar macht. Die Verhältnisse der Ein- und Ausströmung durch zufällige gröbere Ritzen und Fugen in den Seitenmauern sind die gleichen wie bei der Porenventilation; im Winter strömt im unteren Teil die kalte Luft ein, im oberen die warme aus.

Es ist somit die natürliche Ventilation von dem Ideal einer Lüftungsanlage sehr weit entfernt, und wir müssen sie so viel als möglich, insbesondere durch Dichtung der zufälligen Ritzen und Fugen, ausschalten und statt dessen versuchen, besondere, künstliche Lüftungsanlagen einzurichten; bei diesen muß

1. die Entnahmestelle bekannt sein und wir müssen Garantie für Reinheit der zugeführten Luft haben; ebenso darf die fortgeschaffte unreine Luft nicht mit Menschen in Berührung kommen;

2. müssen wir die Lage der Zufuhr- und der Abfuhröffnungen so wählen können, daß eine möglichst vollständige Durchlüftung der bewohnten Teils des Zimmers erfolgt, daß aber unter keinen Umständen eine Belästigung der Bewohner durch Zugluft eintritt;

3. muß die Ventilation quantitativ ausreichen und abstufbar sein, d. h. über hinreichend kräftige Motoren verfügen, die leicht regulierbar sind.

2. Systeme der künstlichen Lüftung.

Je nach der Stellung des Motors zu dem zu lüftenden Raum unterscheidet man zwei Ventilationssysteme, die in bezug auf die Reinheit der Luftzufuhr Ungleiches leisten; nämlich Aspirations- oder Sauglüftung und Pulsions- oder Drucklüftung. Bei ersterem besorgt der Motor die Abströmung der Luft, befindet sich jenseits des von dem Luftstrom zu ventilierenden Raumes; die neutrale Zone wird nach oben gerückt. Bei der Pulsion besorgt der Motor die Zuströmung und befindet sich — in der Richtung des Luftstroms — vor dem zu ventilierenden Raum; die neutrale Zone wird nach unten verschoben.

Die Pulsion ist insofern vorzuziehen, als man bei dieser gerade die Entnahmestelle der Luft besonders ins Auge faßt und also auf ein Eindringen frischer, reiner Luft in erster Linie achtet; auch werden durch das Herabrücken der neutralen Zone Zugerscheinungen z. B. von undichten Fenstern her vermieden. Um die abströmende Luft kümmert man sich dabei oft nicht. — Bei der Aspiration weist man der abströmenden Luft zwar besondere Wege an, achtet aber häufig weniger darauf, woher und auf welchen Wegen die Luft dem Wohnraum zuströmt; dabei kommt es leicht zu schlechter Luftqualität und zu unangenehmen Zugerscheinungen. Der Pulsion ungefähr gleichwertig wird aber die Aspiration dadurch, daß man außer den Abfuhrkanälen noch besondere, weite und wenig Widerstände bietende Zufuhrkanäle von einer bestimmten tadellosen Stelle aus anlegt, welche eine Luftzufuhr durch alle engeren, zufällig vorhandenen Öffnungen ausschließt.

Pulsion ist in Wohnräumen am häufigsten indiziert, aber offenbar in den Fällen völlig unangebracht, wo es sich darum handelt, inmitten größerer Gebäude einzelne Räume zu ventilieren, in denen üble Gerüche, Staub, Infektionserreger in die Luft übergehen (Klosetts, Räume mit übelriechenden Kranken, Sektionssäle usw.). Ein Pulsionssystem würde hier die üblen Gerüche usw. in die übrigen Teile des Hauses verbreiten. Hier ist vielmehr lediglich Aspiration indiziert; und zwar soll die Absaugung stets möglichst nahe der Stelle angebracht werden, wo sich der üble Geruch, der Staub usw. entwickelt, und dieser soll auf kürzestem Wege und ohne mit anderen Menschen in Berührung zu kommen, wo möglich über Dach ins Freie geführt werden. — Nicht selten kombiniert man beide Systeme.

3. Anordnung der Ventilationsöffnungen.

Die Frage, wo die Ventilationsöffnungen im Zimmer angebracht werden sollen, ist nicht für jeden Fall in gleicher Weise zu entscheiden. — Für gewöhnlich ist das untere Drittel des Zimmers, das eigentlich bewohnt wird, zu ventilieren, und man könnte es daher wohl für das richtigste halten, in diesem unteren Drittel die Einströmungsöffnungen, und oben oder unten die Abströmungsöffnungen anzubringen. Diese Anordnung ist jedoch nur dann zulässig, wenn die Außenluft, wie dies im Hochsommer der Fall ist, ungefähr die gleiche Temperatur hat, wie die Zimmerluft („Sommerventilation", Fig. 79b). Andernfalls ist stets mit dieser Anordnung eine zu lästige Zugempfindung verbunden. Während des größeren Teils des Jahres sind daher die Zufuhröffnungen unbedingt über Kopfhöhe anzulegen, und auch dann ist dem Luftstrom zunächst eine Richtung nach oben zu geben. Von da soll sich die Luft allmählich nach abwärts senken, das bewohnte untere Drittel des Zimmers durchströmen, und ist dann unten abzuführen, und zwar durch über Dach gehende Kamine entweder mit besonderen größeren Öffnungen im Zimmer oder mit offenen Sammelkanälen, die mit Hilfe von Holzpanelen u. dgl. am Fuße der kältesten Wände angelegt werden („Winterventilation", Fig. 79a). Diese Anordnung ist sowohl für Pulsions- wie für Aspirationsanlagen einzuhalten.

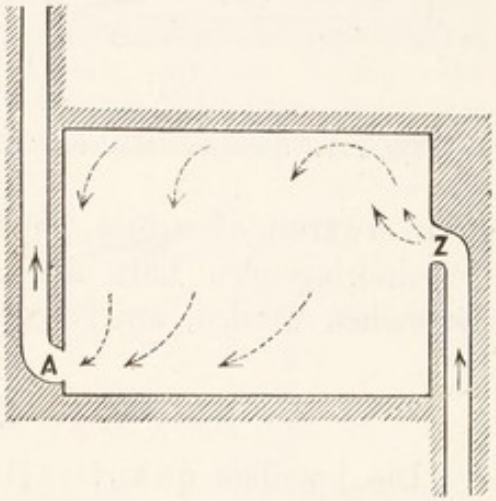


Fig. 79a. Winterventilation.
Z Zufuhr-, *A* Abfuhrkanal.

Unter Umständen kommt es allerdings vor, daß bei vorübergehend ungenügender Ventilation (wenn ausnahmsweise zahlreiche Menschen sich in dem Zimmer versammeln usw.) Wärme, Tabaksrauch usw. im oberen Teile des Zimmers sich häufen. In diesem Fall ist das Zimmer zweckmäßig zeitweise so zu ventilieren, daß seine obere, nahe der Decke gelegene Abströmungsöffnung benutzt wird, während die Einströmung wie bisher über Kopfhöhe bleibt (Fig. 79c). Für die Dauer ist diese Anordnung jedoch nicht beizubehalten, weil dabei das untere Drittel des Zimmers zu wenig berücksichtigt wird.

Eine andere Anordnung ist ferner dann nötig, wenn unter der Decke starke Wärmequellen, z. B. Gaskronleuchter usw. angebracht sind, die ein kräftiges Aufsteigen der verdorbenen Luft bewirken. Die

Abströmung ist dann oben, die Einströmung im unteren Teil des Zimmers anzubringen, wie bei der Sommerventilation. In diesem Falle ist aber die Einströmungsluft sorgfältig zu temperieren oder, wenn sie kalt oder

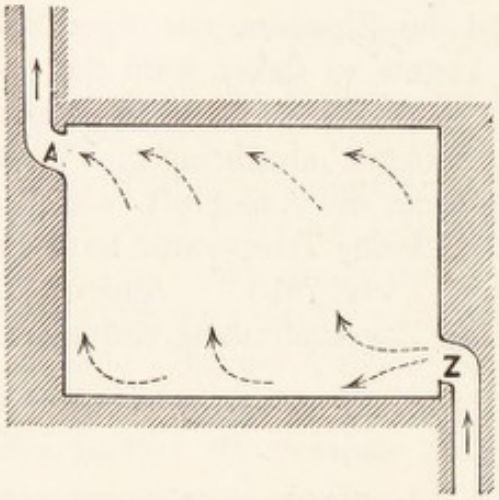


Fig. 79 b. Sommerventilation.

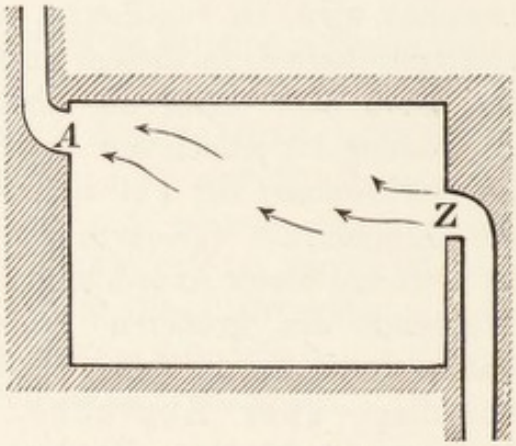


Fig. 79 c. Vorübergehende Ventilation.

stark erwärmt einströmt, muß gleichzeitig eine energische Verteilung der eindringenden Luft auf viele kleine Öffnungen (Porenventilation) vorgesehen werden, um lästige Empfindungen zu vermeiden.

4. Motoren.

Die jeweilige quantitative Leistung und die Regulierfähigkeit der Ventilationsanlage ist von der Art des angewendeten Motors abhängig.

Als Motoren stehen uns zur Verfügung: a) der Wind, b) Temperaturdifferenzen, c) maschineller Betrieb.

a) Der Wind. Derselbe muß bei jeder Ventilationsanlage berücksichtigt werden, weil er diese andernfalls leicht ungünstig beeinflussen kann, und so viel als möglich sucht man ihn zur Unterstützung der Anlage heranzuziehen. Sich auf den Wind als ausschließlichen Motor zu verlassen, ist nicht zweckmäßig, weil Richtung und Stärke des Windes zu großen Schwankungen unterliegen. In einer gewissen Höhe über dem Boden haben wir allerdings selten völlige Windstille, aber gerade an heißen schwülen Tagen versagt diese Wirkung gänzlich, und die Differenzen der Windstärke sind so groß, daß sie eine fortgesetzte Regulierung der Anlage nötig machen.

Die Unterstützung der Anlage durch Wind wird entweder in der Weise arrangiert, daß man denselben über Dach aspirierend auf die Luft der Abfuhrkanäle wirken läßt, und daß man Einrichtungen trifft, mittels welcher diese Aspiration bei jeder Windrichtung ausgeübt

wird. Dies wird erreicht durch die Schornsteinaufsätze oder „Saugkappen".

Die ausgezogenen Pfeile zeigen die Bewegung der Außenluft, die punktierten bedeuten Innenluft; diese wird in Fig. 80 und 81 herausgesogen; in Fig. 82 wird Außenluft nach innen gepreßt.

Die Wirkung derselben stützt sich auf die experimentell begründete Erfahrung, daß jeder Luftstrom infolge der Reibung die nächstgelegenen Luftteilchen mit sich fortreißt und hierdurch in seiner Umgebung eine Luftverdünnung veranlaßt, die zu weiterem Zuströmen der umgebenden Luft den Antrieb gibt; wird z. B. ein Luftstrom gegen eine Fläche oder gegen einen Zylinder geblasen, so wird er nicht etwa reflektiert, sondern die Luft breitet sich über die ganze Fläche aus und fließt an den Rändern in derselben Richtung weiter, erzeugt dabei aber an der entgegengesetzten Seite eine kräftige Luftverdünnung. Auf dieses Prinzip sind z. B. die Sauger von Wolpert, Grove u. a. (s. Fig. 80) gegründet, bei welchen der Wind bei jeder Richtung gezwungen wird, in einem schräg von unten nach oben gerichteten Strome über die Öffnung des Abfuhrkanals hinwegzustreichen. Fortwährend wird dann Luft aus dem Kanal aspiriert. Durch eine horizontale Deckelplatte gewähren diese Aufsätze außerdem Schutz gegen Einfall

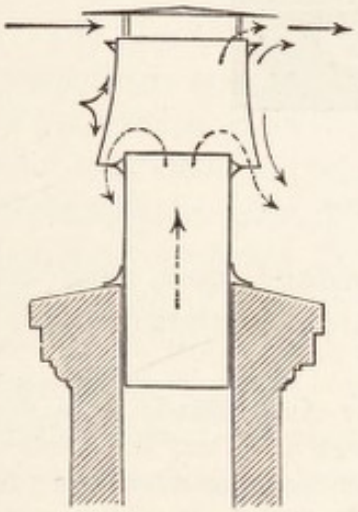


Fig. 80. Wolperts Schornsteinaufsatz.

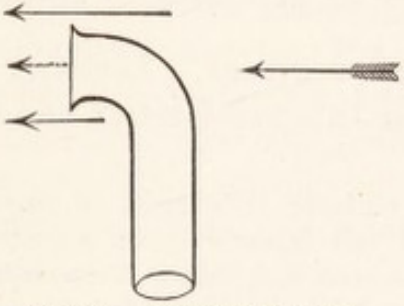


Fig. 81. Aspirationsaufsatz.

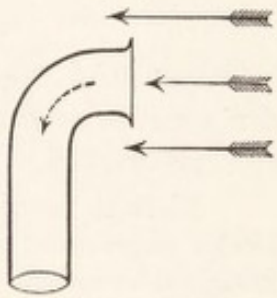


Fig. 82. Preßkopf.

Die ausgezogenen Pfeile zeigen die Bewegung der Außenluft, die punktierten bedeuten Innenluft; diese wird in Fig. 80 u. 81 herausgesogen; in Fig. 82 wird Außenluft nach innen gepreßt.

von Regen. — Oder man benutzt Zylinder, die oben rechtwinklig gekrümmt sind, und eine trompetenartige Öffnung haben (Fig. 81, 82). Oberhalb der Öffnung ist eine Windfahne angebracht, und der Zylinder ist auf dem Schlot drehbar. Der Aufsatz stellt sich dann immer so, daß die Öffnung vom Winde abgewandt ist, und dieser stets aspirierend wirkt.

Hierher gehört auch die sogenannte Firstventilation, die vielfach bei Krankenbaracken, ferner bei Eisenbahnwagen usw. angewendet wird. Der Dachfirst wird gleichsam aus dem Dach herausgeschnitten und höher gehoben; der Zwischenraum zwischen diesem Stück und dem Dach mit Jalousien ausgefüllt. Durch Stellung der letzteren kann es erreicht werden, daß der Wind in jedem Falle von unten nach oben über den offenen Schlitz unter dem Dachfirst wegstreicht und hier aspirierend auf die Luft des Innenraums wirkt.

Bei allen diesen Aspirationswirkungen des Windes muß natürlich vorausgesetzt werden, daß besondere Zufuhröffnungen für die Luft vorhanden sind, da andernfalls unreine Luft aus beliebigen anderen Räumen (Klosetts, Küchen) in die zu ventilierenden Zimmer eingeführt wird!

Will man an den Fenstern des zu ventilierenden Raumes Öffnungen anbringen, durch die der Wind wirken soll, so macht man am besten die oberen Fensterscheiben um eine horizontale Achse drehbar, so daß die Scheibe nach innen klappt (Kippfenster). Je nach Bedarf kann man dann eine größere oder kleinere Öffnung herstellen, und der eindringende Luftstrom wird auf der schrägen Fensterfläche zunächst nach oben dirigiert. Durch Schutzbleche ist das seitliche Ausströmen der Luft zu verhindern (Sheringhamsche Lüftungsklappe, Fig. 83). Läßt man die Schutzbleche fort, so entsteht ein direktes Herunterströmen der kalten Luft, so daß die in der Nähe Sitzenden oder Liegenden stark

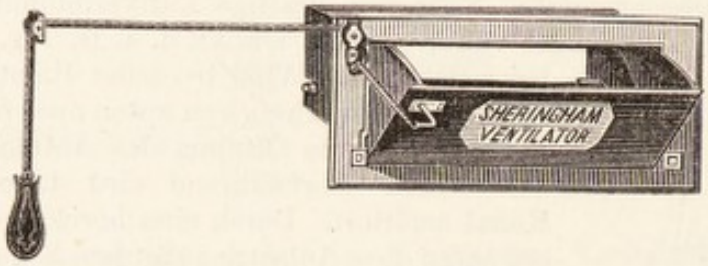


Fig. 83. Sheringhamsche Lüftungsklappe.

belästigt und geschädigt werden. Letzterer Umstand kann auch bei den sonst brauchbaren Jalousiefenstern und Schiebefenstern (Stumpf) störend wirken.

Vielfach werden einfache Öffnungen in einer der Außenwände nahe der Decke angebracht und mit irgendwelchen Zieraten oder auch mit rotierenden Rädchen versehen, um eine möglichste Verteilung der eindringenden Luft zu bewirken. Selbstverständlich ist nicht daran zu denken, daß die rotierenden Rädchen eine Verstärkung des Luftstromes bewirken. Sie werden im Gegenteil durch die in das Zimmer eindringende Luft bewegt und setzen also quantitativ die Ventilation nur herab, verteilen aber den Luftstrom und wirken dadurch der Zugempfindung entgegen.

Wohl zu bedenken ist, daß es bei jeder Fensterventilation ganz von der zufällig vorhandenen Richtung und Stärke des Windes und von der Temperaturdifferenz abhängt, ob Pulsion oder Aspiration zustande kommt und in welchem Maße. Weitaus am häufigsten, namentlich im Winter, erfolgt Einstrom; dann wird die Zimmerluft oft in unzulässiger Weise ins Haus getrieben. Bei Aspiration kann andererseits unreine Luft nachströmen.

Soll in jedem Falle Einstrom durch den Wind erfolgen; so wendet man Preßköpfe an, durch welche z. B. auf Schiffen frische Luft in die unteren Räume (Maschinenraum) eingepreßt wird; dieselben sind ebenso geformt wie die aspirierend wirkenden Aufsätze (Fig. 82), nur daß die Öffnung hier dem Wind stets entgegengerichtet wird. Mit Preßköpfen etwas anderer Konstruktion werden z. B. die Einströmungsöffnungen für Pulsionsanlagen versehen.

b) Temperaturdifferenzen. Sobald Luft erwärmt wird, dehnt sie sich aus und wird spezifisch leichter. Da die entstehenden Gewichtsdifferenzen sehr bedeutend sind, kommen starke Gleichgewichtsstörungen und bedeutende Überdrucke zustande. Diesen entsprechend findet dann eine Bewegung der Luft statt, welche sich dauernd erhält, solange die Temperaturdifferenz vorhanden ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist von der Größe der Temperaturdifferenz $t-t'$, von der Höhe der Luftsäule h und von der Fallbeschleunigung ($g = 9{\cdot}81$) abhängig und berechnet sich im Einzelfalle (abgesehen von der Reibung) nach der Gleichung:

$$v = \sqrt{\frac{2hg \cdot (t - t')}{273 + t}}.$$

Die Temperaturdifferenzen kommen bei Ventilationsanlagen zur Anwendung erstens durch Vermittelung der Öfen. Man vermeidet die Aspiration durch zufällige Eintrittsöffnungen, und verbindet vielmehr den Ofen mit einem bestimmten Zufuhrkanal, so daß eine Art Pulsionssystem entsteht. An der äußeren Hausseite legt man die (mit Zieraten versehene) Einströmungsöffnung des Kanals an. Dort wird eventuell ein Preßkopf und ein Insektenfilter angebracht. Von da aus wird dann der Kanal im Zwischenboden hin- und schließlich in den Mantelraum geführt, wenn ein Mantelregulierfüllofen vorliegt; bei gewöhnlichen Öfen ohne Mantel läßt man den Kanal hinter dem Ofen etwa einen Meter über dem Boden offen enden. Der starke Auftrieb leitet die Luft zunächst gegen die Decke hin, und von da senkt sie sich allmählich nach abwärts. Ein Schieber dient zur Regulierung des Querschnittes des Kanals. — Auch von Korridoren mit einwandfreier Luft aus kann der Zufuhrkanal ausgehen. Die eingeströmte Luft kann man entweder durch beliebige Öffnungen den Austritt suchen lassen, oder man richtet besondere Abfuhrkanäle her (Öffnungen nahe dem Fußboden, über Dach mit Aspirationsaufsätzen).

Ein ähnliches, einfaches Arrangement läßt sich auch bei Kachelöfen in der Weise treffen, daß der Zwischenraum zwischen Ofen und Wand an den beiden Seiten mit einer einfachen Mauer geschlossen wird, nachdem vorher die Zimmerwand in ihrem unteren Teile eine Öffnung nach außen erhalten hat. Die durch diese Öffnungen eintretende Luft strömt dann hinter dem Ofen nach aufwärts und über den Ofen weg ins Zimmer. Die Anlage ist jedoch nicht so gut regulierbar und nicht so leicht zu reinigen wie die zuerst beschriebene. — Über die Ventilation mittels Luftheizung, Dampfheizung usw. s. unter „Heizung".

Selbstverständlich funktionieren die auf der Ofenwärme basierenden Lüftungsanlagen (auch die Luftheizungen) nur so lange die Öfen geheizt werden. Im Sommer hört die als Motor dienende Temperaturdifferenz und damit jede Luftbewegung auf. Es kann dann höchstens der Wind durch die saugende Wirkung an den Aspirationsschloten, oder aber mit Hilfe geöffneter Fenster wirken. Das

ist jedoch eine unzuverlässige, oft versagende und namentlich für die mäßig warme Übergangszeit lästige Art der Ventilation.

Besser ist es daher, auch für den Sommer einen besonderen Motor zu schaffen. Man erhält denselben z. B. durch einen eigens zu diesem Zwecke geheizten Kamin, dessen Rauchrohr neben den Ventilationsschornstein gelegt wird, beide nur getrennt durch gußeiserne Platten; oder man führt den eisernen Rauchkamin in der Mitte eines größeren gemauerten Schornsteins in die Höhe und läßt in dem stets warmen Zwischenraum zwischen beiden die Abfuhröffnungen münden (vgl. Fig. 70, Luftheizungsschema).

Sind keine Feuerungen für die Ventilation benutzbar, so können durch Gasflammen die nötigen Temperaturdifferenzen hergestellt werden. Man läßt dieselben in dem Abfuhrkanal brennen und wählt kräftig hitzende Flammen, am besten Bunsenbrenner. Dieselben fördern stündlich 120—150 cbm Luft bei einem Verbrauch von 200 Liter Gas und für den Preis von 2—3 Pf.

Die letztbeschriebenen Anlagen beruhen auf Aspiration. Sie sind daher nur zulässig, wenn gleichzeitig bestimmte weite Zufuhrwege gegeben sind, z. B. herabklappbare Fensterscheiben oder Fensterjalousien oder aber besonders angelegte zum Ofen bzw. zum Kalorifer führende Kanäle. Stets sind Klappen oder Schieber zur Regulierung anzubringen.

c) Maschinenbetrieb. Derselbe bietet besondere Vorteile, weil die Maschinen die empfindlichste Regulierung gestatten. Dieselben sind jetzt in jeder Größe und schon zu den billigsten Preisen zu haben. — Für einfache Anlagen läßt sich Wasserbetrieb benutzen.

Entweder wählt man Turbinenradventilatoren: in denselben bewegt der Wasserstrahl ein Flügelrad; auf der gleichen Welle sitzt ein zweites größeres Turbinenrad, das sich in einem Luftkanal befindet und bei seinen Umdrehungen die Luft vordrückt. Je nachdem man das Wasser von rechts oder von links einströmen läßt, bekommt man an der gleichen Öffnung Pulsion oder Aspiration (Kosmosventilatoren, Zentrifugalventilatoren u. a. m.). — Oder man benutzt sogenannte Wasserstrahlventilatoren (Viktoriaventilator), bei welchen ein kräftiger Wasserstrahl, der durch ein feines Sieb hindurchgeht und sich dann in einem engen Zylinder ausbreitet, große Mengen von Luft mitreißt. Im Durchschnitt fördern diese Ventilatoren mit einem Wasserverbrauch von 100 Liter pro Stunde (also für den Preis von 1—2 Pf.) 30—40 cbm Luft; die meisten arbeiten allerdings nicht ohne Geräusch.

Wo elektrischer Strom zur Verfügung steht, sind elektrisch betriebene Ventilatoren sowohl für kleinere wie für größere Anlagen am besten geeignet und am billigsten.

Die Flügelventilatoren bestehen aus einem geschlossenen Gehäuse, in welchem eine Welle mit Flügeln liegt. Die Luft im Gehäuse wird durch Wirkung der Zentrifugalkraft an der Peripherie verdichtet, im Zentrum ausgedehnt; an der Peripherie liegt die Ausblasöffnung, im Zentrum die Einströmungsöffnung. — Schraubenventilatoren bestehen aus einem offenen eisernen Zylinder, in dessen Achse eine Welle liegt, welche senkrecht mehrere schraubenförmig gewundene Flügel

trägt. Durch Drehung der Welle wird eine Verdichtung der Luft hinter derselben, eine Ausdehnung vor der Welle bewirkt und dadurch eine Bewegung eingeleitet.

Auch Dampfstrahlventilatoren werden benutzt, bei welchen der Dampf aus einer engeren in eine weitere Düse eintritt und dadurch in letzterer eine Luftverdünnung erzeugt, durch welche Luft angesaugt und fortgerissen wird. Ähnlich wirkt ein Strom komprimierter Luft, der durch starke mit Luft betriebene Luftkompressionspumpen erzeugt wird. Die letztgenannten Anlagen sind jedoch mit starkem Geräusch verbunden und daher nur für Arbeitsräume in Fabriken usw. verwendbar.

C. Prüfung der Ventilationsanlagen.

Für eine genauere Beurteilung der quantitativen Leistungsfähigkeit einer Anlage ist es erforderlich, die zu- oder abgeführte Luftmenge zu ermitteln und die mögliche Steigerung der Luftzufuhr oder -abfuhr festzustellen.

Erfolgt die Ventilation durch eigene Luftkanäle, so benutzt man zur Messung folgende Methoden, auf welche sich der Untersucher besonders einüben muß, und die daher hier nur angedeutet werden:

1. Differentialmanometer. Dieselben messen direkt den Überdruck der Außen- bzw. Innenluft. Da es sich um sehr kleine Überdrücke handelt, ist der eine Schenkel des Manometers kein vertikal aufsteigendes Rohr, sondern liegt nahezu horizontal, mit ganz geringer Steigung; ferner wird zur Füllung Petroleum benutzt, das spezifisch leicht ist und sich ohne Widerstand in feinen Glasröhren bewegt. Führt man ein besonders konstruiertes Ansatzrohr in den zu untersuchenden Luftstrom, so läßt sich aus den Angaben des Manometers die Ventilationsgröße mittels einfacher Formeln berechnen.

2. Anemometer, s. S. 28. Nach genauer Eichung der Instrumente werden bei Aspirationsanlagen in der Abströmungsöffnung, bei Pulsionsanlagen in der Zuströmungsöffnung zahlreiche Messungen vorgenommen, jede von mindestens 2—3 Minuten Dauer, und aus ihnen das Mittel gezogen. Die Bestimmungen sind an verschiedenen Stellen der Öffnung zu machen; erforderlichenfalls ist ein Blechrohr an der Öffnung zu fixieren und an dessen Mündung zu messen. Die gefundene mittlere Geschwindigkeit des Luftstroms in der Öffnung multipliziert mit deren Querschnitt ergibt das geförderte Luftquantum.

Erfolgt die Ventilation teilweise oder ausschließlich durch natürliche Öffnungen (Ritzen, Poren), so läßt sich die Größe des Luftwechsels durch Kohlensäurebestimmung ermitteln.

Durch Brennen von Kerzen oder durch die Atmung zahlreicher Menschen (Schulkinder) oder durch CO_2 aus Bomben wird in dem zu untersuchenden Raum ein hoher CO_2-Gehalt hergestellt, sodann sistiert man die weitere CO_2-Produktion, indem man die Lichter auslöscht oder die Menschen hinausgehen läßt, bestimmt den CO_2-Gehalt der Zimmerluft und überläßt nunmehr eine Stunde lang das Zimmer sich selbst; dann wiederholt man die CO_2-Bestimmung, findet jetzt eine gewisse Abnahme des Gehalts und berechnet aus der Intensität der Abnahme die Luftmenge, welche inzwischen von außen in das Zimmer eingetreten ist.

Außer der quantitativen Gesamtleistung ist noch die Verteilung

und Richtung des Luftstroms festzustellen. Ferner ist auf Zugluft zu prüfen.

Letztere ermittelt man entweder durch das Gefühl am entblößten Kopf oder Hals bei ruhigem, längerem Aufenthalt an der zu prüfenden Stelle des Wohnraumes. Bei kalter Außenluft erweckt bei den meisten Menschen ein Strom von 5 cm Geschwindigkeit pro Sek., bei Luft von 15° ein solcher von 10 cm deutliche Zugempfindung. — Oder man kann kleinste Paraffinkerzen (Weihnachtslichter) mit möglichst dünnem Docht zur Prüfung benutzen, die noch eine Ablenkung der Flamme ungefähr bei der angegebenen Grenzgeschwindigkeit erkennen lassen; die gewöhnlichen Anemometer sind für diese Messungen zu unempfindlich.

D. Leistung der Ventilationsanlagen.

Die eingangs aufgezählten Aufgaben der Ventilation werden durch die beschriebenen Einrichtungen in sehr verschiedenem Grade gelöst.

1. Für die Entwärmung, von welcher — wie oben bereits hervorgehoben — in erster Linie das Befinden und Behagen der im geschlossenen Raum befindlichen Menschen abhängt, vermag die Ventilation Erhebliches zu leisten; einströmende bewegte kühlere Luft vermag die Wärmeabgabe durch Leitung zu befördern und die Ansammlung von Wasserdampf in der nächsten Umgebung der Menschen zu verhüten. Ein kräftiger Ventilationsstrom „erfrischt" daher außerordentlich. Jedoch werden solche Ströme von ruhig sitzenden oder liegenden Menschen leicht als Zug empfunden und sind daher in vielen Fällen, namentlich in Schulen und Krankenhäusern, nur in beschränktem Grade zulässig. — Auch Zirkulation der im Raume befindlichen Luft ohne Luftzufuhr von außen kann Verwendung finden. Durch diese wird gleichfalls eine sehr erhebliche Erleichterung der Wärmeabgabe erreicht, zumal man der zirkulierenden Luft größere Geschwindigkeit geben kann, ohne Störungen hervorzurufen. Auf die ungünstigere chemische Beschaffenheit der Innenluft kommt dabei nur wenig an. Auch hier kommt aber bei längerer Einwirkung bei vielen Menschen Zugempfindung zustande. — Relativ machtlos ist die Ventilation gegenüber starken Wärmequellen, z. B. gegenüber den im Sommer durch Insolation stark erwärmten Hauswänden und den dadurch bedingten hohen Wohnungstemperaturen. Es bedarf alsdann außerordentlich großer Mengen event. künstlich gekühlter Luft, die höchstens durch Maschinenventilation oder durch dauernde Öffnung ganzer Fensterflügel beschafft werden kann.

2. Die Restitution des Sauerstoffs erfolgt selbst bei im übrigen ungenügender Ventilation in ausreichender Weise.

3. Eine Entfernung der gasigen übelriechenden und belästigenden, in Fabriken auch giftigen Beimengungen der Luft ist durch ein entsprechendes Luftquantum und zweckmäßige Richtung (Aspiration!) und Verteilung des Luftstroms relativ leicht zu erreichen.

Indessen wird eine abnorm reichliche Produktion gasiger Verunreinigungen durch eine innerhalb der üblichen Grenzen gehaltene Ventilation nicht mehr zu beseitigen sein. Alsdann muß versucht werden, die Produktion der Verunreinigungen entsprechend einzuschränken. Befinden sich faulende Stoffe oder sonstige übelriechende Massen in einem Wohnraum, so soll man gar nicht versuchen, die Luft trotzdem durch Ventilation rein zu halten, sondern die Quellen der Luftverderbnis entfernen. — Es ist dies eine Regel, welche aus finanziellen Gründen für alle Fälle, nicht nur für die extremen, Gültigkeit beansprucht. So viel als möglich sollte stets die Produktion der Luftverunreinigung verhindert und erst der unvermeidlich bleibende Rest durch Lüftung beseitigt werden. Dementsprechend hat man mit Fug und Recht in neuerer Zeit den Versuch gemacht, die schlechte Luft in Schulstuben, Kasernen usw. in erster Linie dadurch zu bessern, daß die Kinder bzw. Soldaten in regelmäßigen Zwischenräumen Bäder erhalten, daß gleichzeitig auf möglichste Reinlichkeit der Kleidung gesehen wird, und daß die Mäntel außerhalb des Wohnraumes zurückbleiben. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei Einhaltung dieser Vorschriften eine relativ geringe Ventilation genügt, um eine nicht belästigende Luft herzustellen, nachdem vorher die kostspieligsten Ventilationsanlagen insuffizient waren. In solcher Luft darf auch die übliche Grenze des CO_2-Gehalts anstandslos überschritten werden, weil dann eben der gewöhnliche Parallelismus zwischen riechenden Gasen und CO_2 gestört ist. — In Krankenzimmern ist nach Czerny der Geruch der Fäces leicht zu beseitigen durch Übergießen mit 10% Antiforminlösung (zu beziehen von Oskar Kühn, Berlin, Dirksenstr. 20).

4. Zur Entfernung des Staubes aus der Luft eines Wohnraumes bedarf es eines Ventilationsstromes von bedeutender Stärke. Während für den Transport feinster Staubpartikel allerdings schon Luftströme von 0·2 mm ausreichen, wird die aus gröberen Teilen bestehende Hauptmasse des Luftstaubes erst durch Luftströme von mehr als 0·2 m Geschwindigkeit fortgeführt; mineralischer Staub erfordert noch stärkere Ströme. Nun beträgt aber die Geschwindigkeit der Ventilationsluft an den Ein- und Austrittsöffnungen zwar $^1/_2$—1 m pro Sekunde, im Innern des Zimmers dagegen $^1/_{1000}$ m und weniger. Es können also lediglich aus der nächsten Umgebung der Abströmungsöffnungen größere Staubteilchen fortgeführt werden, während im größten Teil des Zimmers höchstens ein längeres Schwebenbleiben und langsameres Absetzen derselben erfolgt.

Ist daher z. B. in Fabrikräumen eine Entfernung des in Massen produzierten Staubes erforderlich, so kann dies nur dadurch geschehen, daß die Abströmungsöffnung in unmittelbarste Nähe der Staubquelle gebracht wird. Sobald

der Staub erst im Zimmer verteilt ist, sind zur Beseitigung Ventilationsströme von solcher Intensität erforderlich, daß sie erhebliche Belästigung für die Bewohner und eventuell Gesundheitsstörungen mit sich bringen würden.

Handelt es sich um einen momentan nicht bewohnten Raum, so läßt sich die Luft durch starken Zug von Staub ziemlich vollständig befreien. In den Ecken des Zimmers, unter und hinter den Möbeln bleiben jedoch stets größere Mengen Staub zurück und bei genauerer Besichtigung erkennt man, daß auch die dem Zuge exponierte Fläche des Fußbodens usw. nicht vom Staub befreit sind. Von diesen Stellen aus findet immer wieder ein erneuter Übergang von Staub in die Luft statt. — Eine Beseitigung auch des an Möbeln, Teppichen usw. haftenden Staubes kann dagegen dadurch erfolgen, daß die Einströmungsöffnung eines kräftigen Saugapparates in unmittelbarer Berührung mit den staubhaltigen Flächen gebracht wird (Vakuumreiniger). Ferner ist das Fixieren des Staubes durch Mineralöle nicht nur auf den Straßen, sondern auch in den Wohnräumen von Bedeutung (s. unter „Schulen").

5. Die in der Luft eines Wohnraumes oder Krankenzimmers schwebenden Infektionskeime zeigen gegenüber den Ventilationsanlagen ungefähr das gleiche Verhalten, wie die Tröpfchen und Staubpartikelchen, an denen sie haften. Ein einwandfreies Fortschaffen gelingt keineswegs durch jede Art von Ventilation, z. B. Öffnen beliebiger Fenster, sondern man muß sicher sein, daß die Keime in einen Aspirationsstrom gelangen, der sie aus dem Bereich der Menschen herausbringt. Ein großer Teil jener Keime befindet sich aber stets in Form von gröberen Tröpfchen und Stäubchen. Direkte Versuche mit solchem Staub haben ergeben, daß selbst eine Ventilation, bei welcher der Luftraum des Zimmers viermal pro Stunde erneuert wird, doch nicht imstande ist, eine wesentlich schnellere Verminderung der in der Luft suspendierten Keime herbeizuführen, als beim Fehlen jeder Ventilation. In ruhiger Zimmerluft setzen sich die Keime allmählich innerhalb 1—2 Stunden zu Boden; bei Ventilation von der üblichen Stärke wird ein sehr kleiner Teil fortgeführt, dafür wird das Niedersinken anderer Keime verzögert, so daß der Gehalt der Luft ungefähr ebenso ist wie bei völlig ruhiger Luft. Werden fortdauernd Keime durch Bewegungen und Hantierungen abgelöst und in die Luft übergeführt, wie dies im Krankenzimmer immer gleich geschieht, so wird durch die Ventilation, die dauernd höchstens 1 bis $1^1/_2$malige Erneuerung der Zimmerluft pro Stunde zu leisten pflegt, keine nennenswerte Verminderung der Luftkeime erzielt.

Läßt man auf einen unbewohnten Raum kräftigen Zug wirken, so wird die Luft bald keimfrei. Dagegen vermögen nachweislich selbst die stärksten Ströme (30 malige Erneuerung der Zimmerluft pro Stunde und mehr) nicht die auf den Begrenzungen des Raumes, Möbeln, Kleidern

usw. in Tröpfchen- und Stäubchenform abgesetzten Keime fortzuführen. Nur wenn kräftige mechanische Erschütterungen (Klopfen, Bürsten) hinzukommen, kann ein Teil der so losgelösten Keime von kräftigen Luftströmen weiter getragen werden.

Eine Desinfektion von Wohnräumen, Kleidern oder sonstigen Utensilien durch Lüftung ist daher durchaus unzuverlässig; selbst die Befreiung der Luft eines infizierten Zimmers von Keimen ist in solchem Falle bedeutungslos, weil sehr bald wieder durch Hantierungen ein Teil der an den Flächen haften gebliebenen Keime in die Luft übergeht. — Will man aber Kleider und Möbel dadurch keimfrei machen, daß man sie in einem Luftstrom klopft und bürstet, so kann damit allerdings eine wesentliche Verringerung der haftenden Keime erzielt werden, wenn auch kaum eine völlige Beseitigung; aber man wird unfehlbar die betreffenden Arbeiter der Infektion exponieren, und in einer städtischen Wohnung wird es kaum möglich sein, einen Ort zu finden, wo diese Prozedur ohne Gefahr für die weitere Umgebung ausgeführt werden kann.

Die vielfach herrschende Ansicht, daß unsere jetzigen Ventilationsanlagen imstande und dazu bestimmt seien, die Luft der Wohnräume von Infektionserregern frei zu halten, ist demnach nicht als richtig anzuerkennen. Vielmehr besteht die bis jetzt lösbare Aufgabe der Ventilation ausschließlich in der Reinhaltung der Luft von gasigen Beimengungen und in der Beseitigung übermäßiger Wärme.

Der Versuch, durch Ozonisierung der Luft die Ventilation der Wohnräume zu ersetzen, muß insofern von vornherein als verfehlt bezeichnet werden, als dabei die hauptsächlichste Aufgabe der Lüftung, Überschüsse von Wärme und Wasserdampf fortzuschaffen, ganz ignoriert und nur die weniger bedeutungsvolle Befreiung der Luft von riechenden Bestandteilen angestrebt wird. Aber auch die Leistung der Ozonisierung gegenüber den riechenden Verunreinigungen ist einstweilen noch durchaus zweifelhaft. Bei den bisherigen Versuchen sind in den Luftzufuhrkanälen Ozonisatoren eingebaut, d. h. Entladungselektroden aus zwei Glaszylindern bzw. aus einem äußeren Glas- und inneren Al-Zylinder oder Plattenelektroden sind in hochgespannten Wechselstrom eingeschaltet; die damit erhaltenen Ozonkonzentrationen sollen 0·05—0·5 mg Ozon pro Kubikmeter Luft betragen. Experimentell hat ein solcher Ozongehalt nicht die mindeste Wirkung auf Bakterien gezeigt, zweifelhafte Wirkung gegenüber bekannten riechenden Gasen. Bei den in der Praxis angeblich konstatierten Effekten sind Fehlerquellen kaum vermeidlich, und namentlich ist eine Verdeckung anderer Gerüche durch das stark riechende Ozon sicher beteiligt. Besonders hervorzuheben ist aber die schädliche Wirkung einer mit Ozon derart angereicherten Luft auf den Menschen. Man begegnet häufig Menschen, die auf die genannten Konzentrationen mit heftiger Konjunktivitis und Kehlkopfreizung reagieren, und die sich daran nicht gewöhnen, sondern nach jeder Einatmung empfindlicher werden. Die Einführung einer Luftozonisierung in Krankenhäusern, Theatern ist daher bis zur Klärung dieser wichtigen Vorfragen zu widerraten. — Dagegen scheint die Ozonisierung in Räumen, wo Nahrungsmittel konserviert werden sollen, nützlich zu sein.

Eine spezifische, die Ermüdung bannende Verbesserung der Luft sollte nach einigen Beobachtungen durch Verspeien einer Antikenotoxinlösung möglich sein; mittels dieser sollte das von WEICHARDT der Exspirationsluft zugeschriebene Ermüdungsgift (Kenotoxin) neutralisiert werden können. Wiederholungen dieser Versuche unter sorgfältigerer Berücksichtigung aller Fehlerquellen konnten die Resultate jedoch nicht bestätigen.

Literatur: RIETSCHEL, Lüftungs- und Heizungsanlagen, 3. Aufl., Berlin 1902. — Lüftung und Heizung von Schulen, 1886. — RECKNAGEL, Sitzungsber. der Münch. Akad. d. Wiss. 1879. — Viert. f. öff. Ges. 1884. — FANDERLIK, SCHMIDT, DIETZ, s. unter „Heizung". — WOLPERT, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 3. Aufl. — STERN, Über den Einfluß der Ventilation auf in der Luft suspendierte Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7, S. 44. — FLÜGGE, ebenda, Bd. 24. — KONRICH, Ozonlüftung, Z. f. Hyg. u. Inf., Bd. 74. — BERLOWITZ u, HOTTINGER u. and. Literatur s. S.349.

VI. Beleuchtung.

Die Beleuchtung des Wohnraumes erfolgt entweder durch Tageslicht oder durch künstliche Beleuchtung.

A. Tageslicht.

Der Einfluß des Tageslichts auf das Wohlbefinden und die Stimmung des Menschen, sowie die Wirkung des Lichts gegenüber den Bakterien sind bereits oben (S. 59) erörtert. Hier interessiert uns außerdem noch der im Freien nicht in Betracht kommende Fall, daß das Sehorgan durch eine zu geringe Lichtmenge oder ungünstige Lichtqualität beeinträchtigt wird.

Vielfache Proben haben ergeben, daß für Lesen, Schreiben und andere die Augen anstrengende Beschäftigungen eine Helligkeit des Arbeitsplatzes erforderlich ist, die mindestens 25 Meterkerzen entspricht. Unter einer Meterkerze versteht man dabei diejenige Helligkeit, welche durch eine Amylacetatflamme, Hefnerlampe, HL, von 8 mm Durchmesser des Dochtrohrs und 40 mm Flammenhöhe auf einer 1 Meter entfernten Fläche hervorgerufen wird.

Um nun diese Helligkeit von 25 Meterkerzen in Rot auf einem von Tageslicht beleuchteten Arbeitsplatz herzustellen, kann die Zufuhr von direktem Himmelslicht kaum entbehrt werden. Eine solche ist aber in städtischen Wohngebäuden vielfach gar nicht oder in ganz ungenügender Weise vorhanden. Bei engen Straßen und hohen Häusern bekommen insbesondere die Parterreräume gar kein direktes Himmelslicht. Auch wenn der Forderung $b = h$ (s. S. 301) genügt ist, werden

nur die nahe am Fenster befindlichen Plätze von Himmelslicht getroffen und der größte Teil des Zimmers bleibt im Halbdunkel (vgl. Fig. 84).

Unter Umständen kann zwar ein Zimmer durch erhebliche Mengen reflektierten Lichts erhellt werden, das entweder von den hellgestrichenen Mauern der gegenüberliegenden Häuser oder von den hellen Wänden und der Decke des Zimmers zurückgeworfen wird. Diese Zufuhr ist aber sehr wechselnd und stets unsicher, scheint die Sonne und sind die Anstriche frisch, so kann der Betrag sehr groß ausfallen; an trüben Tagen, bei anderer Stellung der Sonne und bei allmählich dunkler gewordenen Anstrichen versagt aber diese Lichtquelle ganz. In Schulen, und für Plätze, an denen dauernd feine Arbeiten verrichtet werden sollen,

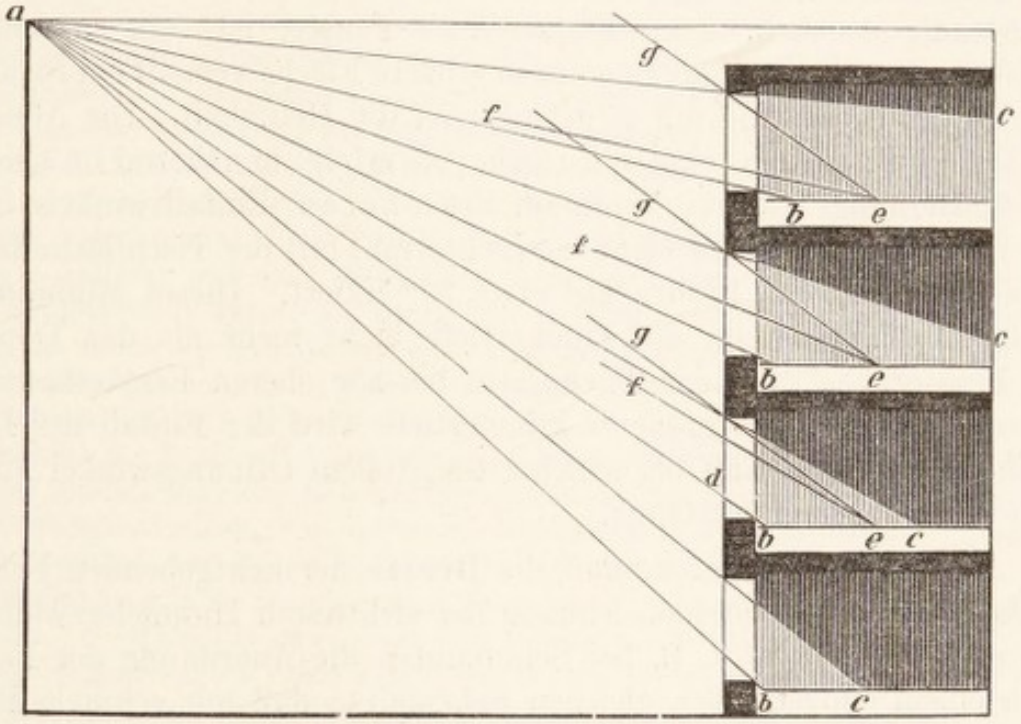


Fig. 84. Tageslichtmessung nach FÖRSTER.

darf man sich daher nie auf das reflektierte Licht verlassen, sondern man wird dieses höchstens als einen willkommenen Zuwachs zur normalen Menge direkten Himmelslichts ansehen können.

In den meisten Fällen wird es sogar unerläßlich sein, daß ein bestimmtes Quantum direkten Himmelslichtes dem Arbeitsplatz zugeführt wird; und diese Forderung läßt sich präzisieren, indem man 1. den Öffnungswinkel, und 2. den Einfallswinkel bestimmt, welchen die auf den Platz fallenden Strahlen in minimo bilden sollten (FÖRSTER), und 3. eine tunlichste Breite der lichtgebenden Fläche vorsieht.

Der Öffnungswinkel mißt die vertikale Ausdehnung des Himmelsgewölbes, welches Strahlen auf den Platz sendet. Er wird begrenzt einmal durch einen unteren, von dem Platz nach der Oberkante des

gegenüberliegenden Hauses gezogenen Randstrahl und zweitens durch einen oberen, von dem Platze nach der oberen Fensterkante gezogenen und über diese verlängerten Randstrahl. In Fig. 84 ist für den in der Mitte des Zimmers gelegenen Platz *e* der Winkel *f e g* der Öffnungswinkel. Im Parterre fehlt für diesen Platz der Öffnungswinkel ganz; im ersten Stock ist er sehr spitz; in den höheren Stockwerken wird er erheblich größer. An ausreichend belichteten Plätzen beträgt er — sonstige günstige Bedingungen vorausgesetzt — mindestens 4°.

Der Einfallswinkel ist der Winkel, unter welchem die Strahlen auf die zu belichtende Fläche auffallen (also das Komplement des in der Physik als Einfallswinkel bezeichneten Winkels). Je größer die Entfernung des belichteten Platzes vom Fenster ist, um so schräger fallen die Strahlen auf, auf eine um so größere Fläche verteilt ein Strahlenbündel sein Licht, und um so geringer ist die Helligkeit. Die Abnahme der Helligkeit ist sogar eine sehr rasche; sie erfolgt annähernd im Quadrat der Entfernung. — Das Minimum des oberen Einfallswinkels, d. h. des Winkels, welchen der oberste Lichtstrahl mit der Tischfläche bildet, ist durch zahlreiche Proben auf etwa 27° fixiert. Dieses Minimum ist dann vorhanden, wenn die Zimmertiefe nicht mehr als das Doppelte der Fensterhöhe (von der Tischplatte bis zur oberen Fensterkante gemessen) beträgt. Bei größerer Zimmertiefe wird der Einfall der Lichtstrahlen zu schräg und bei gleichzeitig großem Öffnungswinkel kommt blendende Wirkung zustande.

Als dritter Faktor kommt die Breite der lichtgebenden Fensterflächen, oder die Breitenausdehnung des sichtbaren Himmelsgewölbes in Betracht. Geschieht z. B. bei Schulbauten die Anordnung der Fenster nach einem einigermaßen gleichen Schema, so daß nur schmale Pfeiler die Fenster unterbrechen und die ganze Fensterwand gleichsam eine einzige lichtgebende Fläche darstellt, so kann bei einer Vergleichung die Fensterbreite vernachlässigt werden. Bei größeren Verschiedenheiten der Fensterbreite ist diese stets zu berücksichtigen.

Es ergibt sich aus vorstehendem leicht, in welcher Weise die Lichtverhältnisse eines Zimmers gebessert werden können, wenn vorstehende Forderungen nicht erfüllt sind. Ein tunlichstes Hinaufrücken der oberen Fensterkante erhöht gleichzeitig Öffnungs- und Einfallswinkel; Erweiterung der Fenster nach unten schafft nur wertlose und blendende Strahlen. Die Zimmertiefe ist eventuell zu verringern, oder benutzte Plätze sind nur so weit zuzulassen, wie die Entfernung vom Fenster das Doppelte der Fensterhöhe beträgt. Die Pfeiler zwischen den Fenstern sind zu verschmälern und nach innen abzuschrägen; es sind Fensterkreuze zu wählen, die möglichst wenig Licht wegnehmen. Außerdem

ist noch die Größe der Fensterfläche, der Anstrich der Wände und Decken, die Art der Vorhänge von Einfluß auf die Helligkeit des Raumes (s. Kap. „Schulen“).

Methoden zur Messung der Belichtung von Arbeitsplätzen.

Unter Umständen können auf Grund der oben gegebenen Ausführungen schon Bauprojekte begutachtet werden; hier sind viel eher durchgreifende Korrekturen möglich, als nach Fertigstellung des Gebäudes.

Erforderlich sind alsdann Skizzen (Profilskizzen) von Gebäudedurchschnitten, welche durch die Fenster gelegt sind und Höhe und Abstand der den Fenstern gegenüberliegenden Gebäude, Bäume usw. erkennen lassen. Ist der Horizont bei verschiedenen Fenstern ungleich, so sind Skizzen (Pausen) vorzulegen, die für jedes Fenster mit abweichender Horizontlinie einen besonderen Durchschnitt (unter Fortlassung aller Details) darstellen. An diesen Durchschnitten ist erstens die Grenze des Himmelslichts festzulegen, indem der höchste Punkt des Horizonts, falls derselbe höher liegt als der obere Fensterrand, mit letzterem verbunden, und diese Linie bis auf die Platte des Arbeitstisches (event. auf deren imaginäre Verlängerung) gezogen wird. Die Plätze, welche vom Fenster noch weiter abliegen als der Schnittpunkt dieser Linie mit dem Arbeitstisch, haben kein direktes Himmelslicht und sind als Arbeitsplätze für Lesen und Schreiben unbedingt zu beanstanden. Ferner ist zweitens zu ermitteln, ob die Zimmertiefe nicht mehr als doppelt so groß ist wie die Fensterhöhe (vom Schreibtisch bis zur oberen Fensterkante gemessen). Ist dies Maß überschritten, so ist der in größerer Tiefe befindliche Teil des Zimmers für Arbeitsplätze schlecht benutzbar; nach Möglichkeit ist die Zimmertiefe zu verringern, oder das Fenster höher hinaufzuführen. — Zur Bestimmung der Belichtungsverhältnisse der nach diesen Ausschaltungen noch übrigbleibenden, von direktem Himmelslicht mit mindestens 27° oberem Einfallswinkel getroffenen Plätze ist von diesen aus eine Linie nach dem oberen Fensterrand, eine zweite nach dem Horizont zu ziehen, und der zwischenliegende Winkel (= Öffnungswinkel) bzw. der zwischen oberem Grenzstrahl und Tischplatte eingeschlossene obere Einfallswinkel mit einem Transporteur auszumessen. — Ferner ist die möglichste Breitenausdehnung der Fenster zu beachten.

Für die Begutachtung von fertigen Gebäuden kommen zwei Kategorien von Methoden in Betracht; erstens solche, welche die dauernden Belichtungsverhältnisse eines Arbeitsplatzes ermitteln, zweitens solche, welche die momentan auf einem Platz vorhandene Helligkeit bestimmen.

1. Messung der Belichtungsverhältnisse eines Platzes.

a) Bestimmung der Himmelslichtgrenze und der Grenze des oberen Einfallswinkels von 27°. — Mittels eines Taschenspiegels, den man in Tischhöhe in gegen das Fenster geneigter Haltung in der Hand trägt, und auf den man möglichst senkrecht heruntersieht, findet man die Grenzen des direkten Himmelslichts. Man beginnt an den dem Fenster genäherten Plätzen, auf denen noch deutlich ein Stück Himmelsgewölbe sich abspiegelt, und geht langsam unter allmählich stärkerer Neigung des Spiegels vom Fenster zurück, bis dieses verschwindet. Der gefundene Grenzpunkt wird auf dem Tische markiert. Der Ver-

such ist, namentlich bei ungleichem Horizont, in verschiedenen Abschnitten des Zimmers zu wiederholen; die Verbindung der einzelnen Punkte ergibt die Grenzlinie, bis zu der das direkte Himmelslicht reicht und bis zu welcher dauernd benutzte Plätze zulässig sind.

Um die Grenze des wünschenswerten Einfallswinkels zu finden, mißt man die Fensterhöhe (vom Tisch bis zur oberen Fensterkante) und markiert auf dem Tisch den horizontalen Abstand vom Fenster, welcher der doppelten Fensterhöhe entspricht. Die jenseits dieser Linie gelegenen Plätze erhalten zu schräges Licht und sind deshalb ungünstig belichtet.

Durch diese einfachen Messungen lassen sich zahlreiche Plätze ohne weiteres eliminieren. — Für eine genauere Beurteilung der übrigen Plätze sind die folgenden Methoden zu benutzen:

b) Die Messung des sichtbaren Teils des Himmelsgewölbes mit dem Raumwinkelmesser (L. Weber).

Denkt man sich das Himmelsgewölbe in gleiche Quadrate von 1° Seitenlänge geteilt und sieht man dann durch eine begrenzte Öffnung nach dem Himmel,

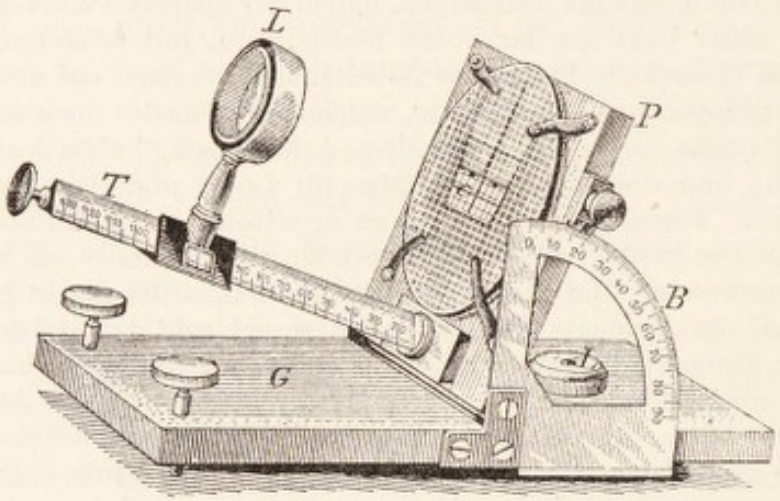


Fig. 85. Webers Raumwinkelmesser.

so erhält man einen Kegel oder eine Pyramide, deren Spitze im Auge liegt, deren Seiten durch die vom Auge nach den Rändern der Öffnung und darüber hinaus verlängerten Linien gebildet werden und deren Basis ein bestimmter Teil der quadrierten Himmelsfläche ist, meßbar durch die Zahl der Quadrate. Das ganze Himmelsgewölbe hat dann 41253 Quadrate, jedes $= \frac{1}{41253}$ des Himmelsgewölbes. Tritt man weiter von der Öffnung zurück, so wird die Pyramide spitzer, die Zahl der Quadrate kleiner. Diesen von den Seiten der Pyramide eingeschlossenen, durch die Zahl der Quadrate oder besser Quadratgrade meßbaren Winkel bezeichnet man als Raumwinkel.

Seine Messung geschieht durch ein fein quadriertes Papier, vor welchem eine Linse verschiebbar angebracht ist. Die Brennweite der Linse ist so gewählt, daß ein Quadrat von 2 mm Seitenlänge einem Quadratgrade entspricht. Mit Hilfe der Linse wird ein Bild des zu messenden Himmelsstückes auf dem quadrierten Papier entworfen, und die Anzahl der von dem Himmelsbilde bedeckten Quadrate ausgezählt. Die Zahl der hellen kleinen Quadrate gibt also den Raumwinkel für den betreffenden Platz.

Um außerdem den Einfallswinkel der Strahlen zu berücksichtigen, ist die Papierplatte drehbar eingerichtet und man neigt dieselbe so lange, bis das

helle Bild des Himmelsgewölbes gleichmäßig um den Mittelpunkt verteilt ist. Dann liest man an einem seitlich angebrachten Gradmesser den nunmehr eingestellten mittleren Neigungswinkel ab. Mit dem Sinus dieses Winkels (α) ist bei vergleichenden Messungen die Zahl der Quadratgrade zu multiplizieren.

Durch eine Reihe von Bestimmungen ist ermittelt, daß die für Lesen und Schreiben erforderliche Helligkeit eines Platzes von 10 Meterkerzen in Rot vorhanden ist, wenn der abgelesene Raumwinkel (ω) bei senkrecht auffallenden Strahlen mindestens 50 Quadratgrade, bei anderem Einfallswinkel $\frac{50}{\sin \cdot \alpha}$ umfaßt $\left(\omega \cdot \sin \alpha = 50;\ \omega = \frac{50}{\sin \cdot \alpha}\right)$. Die für die verschiedenen Einfallswinkel erforderlichen Quadratgrade sind auf dem Instrument notiert.

Praktische Nachteile der Messung mit diesem Intrument liegen darin, daß bei unregelmäßigem Horizont (Bäumen) die Bestimmung viel Zeit beansprucht und ungenau wird. Auch durch mehrere lichtgebende Flächen, die einen Platz beeinflussen, wird die Messung kompliziert. Das reflektierte Licht kommt gar nicht zur Messung. Außerdem wird das Bild in mehr oder minder großer Höhe über dem Platz entworfen. Vor allem bringt aber die Reduktion unter Anwendung eines mittleren Einfallswinkels Ungenauigkeiten mit sich. Dieser Fehler ist vermieden bei:

c) Pleiers Raumwinkelmesser. Die Himmelsfläche wird photographisch auf einer Platte aufgenommen, auf der die Quadratgrade bereits nach ihrem auf senkrechten Einfall reduzierten Werte eingetragen sind. — Die photographische Aufnahme macht die sonst sehr brauchbare Methode zu kompliziert. — Verschiedene Fehler des Raumwinkelmessers werden vermieden bei:

d) Moritz-Webers Raumwinkelmesser. Der Grundgedanke von Moritz ist folgender: Denkt man sich einen Leitstrahl vom Arbeitsplatz aus längs der Grenzlinien des von hier aus sichtbaren Stückes Himmelsgewölbe geführt, und markiert man einen in konstantem Abstand auf diesem Leitstrahl gelegenen Punkt, so wird die Projektion des letzteren auf die Tischebene eine Figur ergeben, welche ein Maß des auf den Einfallswinkel reduzierten Raumwinkels liefern.

Der Apparat (Fig. 86) besteht 1. aus einem Brett (a) mit Rahmen, das mit Millimeterpapier belegt wird. Darauf ist 2. befestigt ein Gestänge c, das in einem in das Brett eingelassenen Ringe b drehbar ist. 3. gehört dazu ein kleines und ein großes Prisma; und 4. ein Fernrohr.

Behufs Messung des Raumwinkels wird das Brett horizontal, mit den Längsseiten parallel dem Fenster, auf den Platz gelegt. Man steckt dann das schmale Ende des großen Prismas in den Tubus, der sich zwischen dem Gestänge befindet, und richtet diesen gegen das Fenster. In das weitere Ende steckt man das (nunmehr senkrecht stehende) Fernrohr. Das Licht soll in der punktierten Linie durch das Prisma einfallen, und durch dieses in das Fernrohr und ins Auge gelangen. Dann verschiebt man das Gestänge so lange, bis man im Fernrohr den Himmel sieht, und zeichnet, indem man das Fadenkreuz auf den Kontur einstellt und an diesem entlang führt, mit dem bei h sitzenden Bleistift die Konturen des sichtbaren Himmelsstücks. Die Quadratzentimeter der umrissenen Figur werden ausgezählt. Da die Schienen des Gestänges 8·92 cm lang sind, der Zeichenstift unter völlig freiem Himmel also einen Kreis von 17·84 cm Radius und 1000 qcm Fläche beschreiben würde, ist der Beleuchtungswert des Platzes

$$\omega = \frac{\text{den gezählten qcm}}{1000} . 100,$$

wenn er in Prozenten der vollkommenen Beleuchtung angegeben werden soll. — Man kann sich leicht überzeugen, daß die Lichtöffnungen nahe dem Zenith entsprechend größer gezeichnet werden als die nahe dem Horizont befindlichen, daß der Apparat also den reduzierten Raumwinkel ohne weiteres zum Ausdruck bringt.

Mit dem gleichen Apparat kann auch die Lichtgüte eines Fensters bestimmt werden. Zu dem Zweck steckt man das Fernrohr direkt in den zwischen dem Gestänge sitzenden Tubus und befestigt auf den Okular das kleine Prisma.

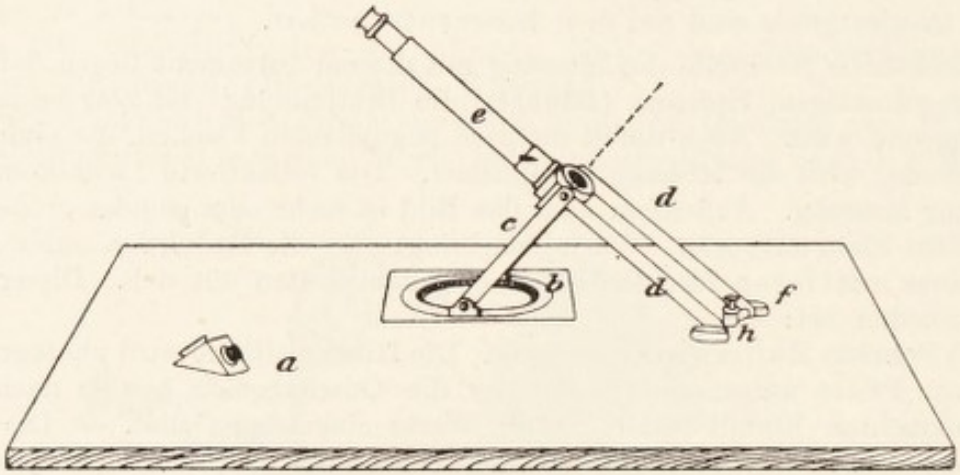


Fig. 86. Moritz-Webers Raumwinkelmesser.
a Grundbrett. *b* drehbarer Ring, *c*, *d* Gestänge. *e* Fernrohr. *f* Knopfstück. *h* Zeichenstift.

Nun legt man das Brett an das Fenster an, so daß sich das Loch in der oberen Hälfte befindet. Dann richtet man das Fernrohr gegen die Grenze des Himmels und zeichnet diese auf dem Papier nach.

e) Thorners Beleuchtungsprüfer. Das Bild im Brennpunkt einer Konvexlinse von bestimmter Apertur ist immer gleich hell (z. B. die helle Figur beim Raumwinkelmesser), unabhängig von der Entfernung der Lichtquelle. Zwar besteht außerdem noch eine Abhängigkeit von der Intensität der Lichtquelle, d. h. des Himmelslichts; aber diese ändert sich gleichmäßig mit der zu untersuchenden Platzhelligkeit und stört daher die Vergleichung nicht.

Ein Platz, der von 50 reduzierten Raumwinkelgraden belichtet wird, hat die gleiche Beleuchtung wie ein Platz, der das Licht derselben Himmelsfläche durch eine Konvexlinse von $^1/_6$ Apertur (Quotient aus dem Durchmesser der wirksamen Öffnung und dem Brennwert der Linse) erhält.

In Thorners Instrument (Fig. 87) ist eine solche Linse angebracht, und mit Hilfe eines kleinen Spiegels (*e*) wirft man auf dem zu untersuchenden Platze das Bild eines Stücks Himmelsgewölbe auf ein Blatt Papier (*a*), das im Brennpunkt der Linse liegt. Die dadurch hier entstehende Figur hat normale Helligkeit. — Das Blatt Papier hat aber außerdem ein kleines rundes Loch, und durch dieses sieht man gleichzeitig auf ein Stück weißes Papier (*c*), das auf dem zu untersuchenden Platze liegt. Erscheint nun der kreisförmige Ausschnitt heller als die umgebende Figur (Fig. 88), so ist der Platz mehr als normal beleuchtet; erscheint er dunkler, so ist er schlechter beleuchtet. — Die Methode leistet insofern nicht so viel wie der Raumwinkelmesser, als sie nur die Prädikate genügend und ungenügend ermittelt, ohne ziffernmäßig den Grad der Abweichung anzugeben.

Dafür ist sie aber äußerst einfach. — Allerdings haben neuere Untersuchungen (Franz) gezeigt, daß die Helligkeit des Platzes außer von der Helligkeit des Himmelsstücks, von welchem die Linse das Bild entwirft, auch noch von dem Licht der übrigen vom Platze aus sichtbaren Himmelsfläche und vom reflektierten Licht abhängt, und daß daher Bild- und Platzhelligkeit häufig nicht parallel laufen, sondern je nach dem Wetter variieren. — Unter der Bezeichnung „Relativphotometer" hat L. Weber eine Modifikation des Thornerschen Instrumentes beschrieben, bei dem die Apertur der Linse durch eine Irisblende meßbar verändert werden kann, so daß sich für jeden Platz die äquivalente Apertur bestimmen läßt. Bei diesem Instrument ist der Haupttubus horizontal

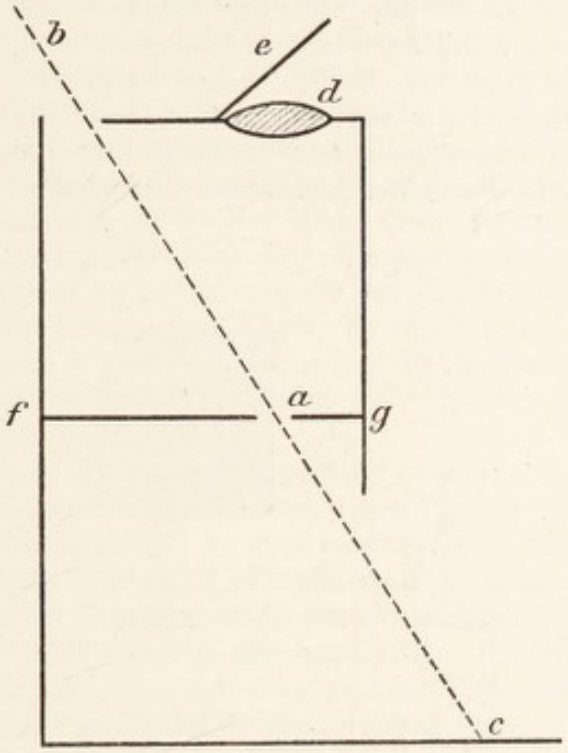


Fig. 87.

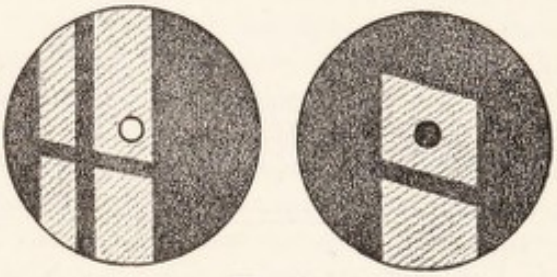


Fig. 88.

gelagert, so daß der weißen Probierplatte nicht durch den Apparat und den Kopf des Beobachters Licht fortgenommen wird.

Praktisch wird man meistens am besten so verfahren, daß man zunächst die unter a) bezeichneten Grenzen festlegt, und dann die verdächtigen Plätze nach c) prüft. Gibt der Thornersche Apparat ein zweifelhaftes Resultat und werden bestimmte Zahlen für den Grad der Abweichung verlangt, so ist noch die Methode c) hinzuzufügen.

2. Bestimmung der momentan vorhandenen Helligkeit eines Platzes.

a) Die genauesten Resultate erhält man mit Webers Photometer, das vor anderen Photometern noch den wesentlichen Vorzug besitzt, daß es für jede Art der Beleuchtung, auch bei Tageslicht, verwendbar ist.

In dem einen Arm des Photometers brennt eine regulierbare Benzinflamme, welche ihr Licht auf eine Milchglasplatte f wirft und dieser auf der abgewandten Seite einen bestimmten Grad von Helligkeit verleiht, der zum Vergleich benutzt wird (s. Fig. 89).

Die Milchglasplatte ist gegen die Flamme durch eine Schraube v verschiebbar und die Entfernung beider $= r$ kann an einer außen befindlichen Skala abgelesen werden. Bei gleichbleibender Flamme hängt die Helligkeit der Milchglasplatte von der Distanz zwischen Platte und Flamme ab. In einer gewissen Entfernung beträgt dieselbe 1 MK., bei geringerer Entfernung mehr, bei größerer weniger, und zwar im Quadrat der Entfernung ansteigend bzw. abnehmend.

Mit dieser beliebig abstufbaren bekannten Helligkeit vergleicht man die zu untersuchende Fläche, also z. B. ein Blatt Schreibpapier, das auf den Tisch gelegt ist. Auf dieses richtet man das andere Rohr des Photometers und sieht in letzteres hinein. Durch Anbringung eines LUMMERschen Prismas (Fig. 90) fällt in den mittleren Teil des Gesichtsfeldes das Licht nur von der beobachteten weißen Fläche, in den peripheren Teil nur von der leuchtenden Milchglasplatte, so daß zwei konzentrische Kreise entstehen (Fig. 91), die sehr scharf verglichen werden können. Man muß dann die Milchglasplatte so weit verschieben, bis völlig gleiche Helligkeit im ganzen Gesichtsfeld hergestellt ist. — Die Helligkeitsvergleichung gelingt allerdings nur bei gleicher Farbe des Lichts; bei verschieden-

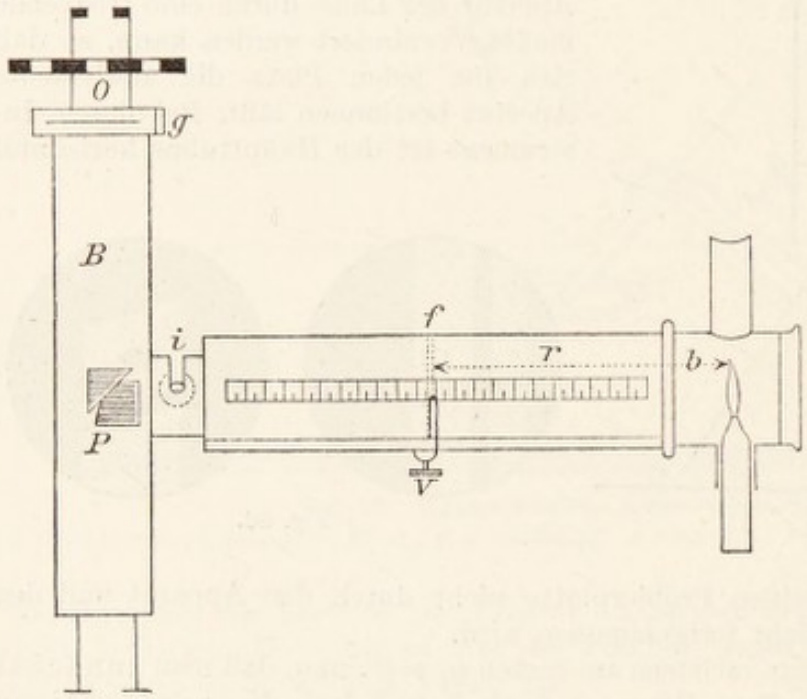


Fig. 89.

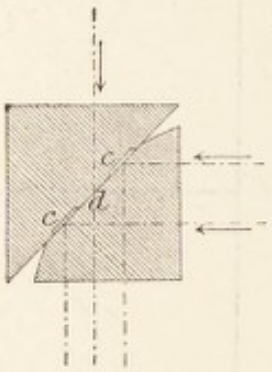


Fig. 90.

Fig. 91.

farbiger Beleuchtung wird nacheinander in rotem und grünem Licht (durch Einschaltung entsprechend gefärbter Gläser) gemessen. Der Wert für Rot muß dann mit einem Faktor k multipliziert werden, der von dem Quotienten $\frac{\text{Grün}}{\text{Rot}}$ abhängig ist, und, durch sorgfältige Versuche ein für allemal ermittelt, aus einer dem Photometer beigegebenen Tabelle entnommen werden kann. Für Tageslicht beträgt der Wert von k 2·3—2·5, für Gasglühlicht etwa 1·7.

b) WINGENS Helligkeitsprüfer. Dem WEBERschen Photometer nachgebildet, einfacher und erheblich billiger, aber ungenauer. Durch Abstufung der Flammenhöhe einer Benzinlampe läßt sich auf einem Stück weißen Kartons eine Helligkeit von 10—50 Meterkerzen (5 Stufen) herstellen; ein anderes Stück desselben weißen Kartons liegt auf dem Platze. Durch ein Okular und ein rotes Glas werden beide Kartonflächen gleichzeitig beobachtet, und es wird ermittelt, mit welcher durch die Flamme hervorgerufenen Helligkeitsstufe die Helligkeit des Platzes übereinstimmt. — Eine feiner abstufbare Konstruktion WINGENS (1—1000 MK.) ist entsprechend teurer, ohne die Zuverlässigkeit des WEBERschen Photometers zu erreichen.

c) Cohns Lichtprüfer. Cohn nennt seine Methode die „okulistische" Lichtprüfung. Er bestimmt, wieviel Ziffern einer beigegebenen Tafel in 40 cm Entfernung von einem gesunden Auge an einem Platze in 30 Sekunden gelesen werden, je nachdem ein, zwei oder drei graue Gläser, deren Lichtabsorption bestimmt ist, vor das Auge gebracht werden.

Liest man durch alle drei Gläser, welche ca. 99 % Tageslicht absorbieren, noch ebensoviel Ziffern in 30 Sekunden ab, als ohne die Gläser, dann kann der Platz als „vorzüglich" beleuchtet bezeichnet werden. Ist dies nur durch zwei graue Gläser möglich, die 95% Licht absorbieren, so ist der Platz „gut". Gelingt das fließende Lesen nur mit einem grauen Glase, welches 80% Licht absorbiert, so ist der Platz noch „brauchbar". Gelingt auch dies nicht, so ist er „unbrauchbar". Für künstliches Licht gilt folgendes: Liest jemand mit normaler Sehschärfe in 40 cm Entfernung und in 30 Sekunden ebensoviel Ziffern bei künstlichem Licht, als in derselben Zeit am hellen Fenster, so ist der Platz zur Arbeit brauchbar. — Fehlerquellen der Methode liegen darin, daß die Schnelligkeit im Lesen individuell verschieden ist, ferner in dem Einfluß der Ermüdung.

d) Wingens photochemische Methode benutzt zur Feststellung der Beleuchtungsintensität eines Platzes die Schwärzung photographischen Papieres durch Licht. An den verschiedenen Plätzen eines Zimmers werden kleine Stückchen lichtempfindlichen Papiers (sog. Aristopapiers) ausgelegt: Nach Verlauf einer Stunde werden dieselben eingesammelt, um dann wie alle photographischen Positivbilder nachbehandelt zu werden (Fixierung, Tonung usw.). Bei guter Beleuchtung soll eine gewisse Dunkelfärbung des Papiers eintreten, so daß ein nicht genügend dunkelgefärbtes Papier ein Zeichen für unzureichende Beleuchtung des betreffenden Platzes sein würde. — Nachprüfungen haben ergeben, daß die Methode unbrauchbar ist, weil sie nur die chemisch wirksamen Strahlen mißt, deren Verhältnis zu den optisch wirksamen sehr stark wechselt. Außerdem ist das Papier kaum genügend empfindlich, selbst wenn man den Grenzwert auf 125 Meterkerzen hinaufrückt.

Die praktische Verwendbarkeit sämtlicher Methoden der zweiten Kategorie leidet unter dem sehr erheblichen Fehler, daß alle nur für die Beobachtungszeit die Helligkeit angeben, daß aber diese Helligkeit je nach dem Bewölkungszustand, der Luftbeschaffenheit, dem Stande der Sonne usw. enorm stark schwankt; an ein und demselben Platze um das 40—100fache. Um die Brauchbarkeit eines Platzes unter allen Verhältnissen festzustellen, müßte man mit diesen Methoden gerade an dem trübsten Tag und zur trübsten Stunde messen; und nie wird man sicher sein können, daß nicht während der Prüfung selbst die Verhältnisse sich total geändert haben. Erst oft wiederholte Prüfungen können hier das Resultat einigermaßen sichern. — Das reflektierte Licht wird bei diesen Methoden stets mit gemessen; da es noch stärker schwankt als das direkte Licht, wird die Differenz der einzelnen, zu verschiedener Zeit gemachten Beobachtungen noch erhöht. — Bei künstlicher Beleuchtung sind allerdings nur die Momentanmethoden anwendbar; außerdem ist das Weber-sche Photometer überall da indiziert, wo es auf genaue Zahlenwerte ankommt.

B. Künstliche Beleuchtung.

Zur künstlichen Beleuchtung sind — einstweilen abgesehen von der elektrischen Beleuchtung und dem Gasglühlicht — nur Körper geeignet, welche angezündet weiter brennen; welche zweitens gasförmig

sind oder in Gasform übergehen, so daß eine Flamme entstehen kann; und in deren Flamme drittens feste Körper oder dichte Dämpfe ausgeschieden und glühend gemacht werden. Nur auf diesen glühenden Teilchen beruht die Leuchtkraft einer Flamme.

Die Leuchtgase, die entweder präformiert sind oder aus dem Leuchtmaterial, z. B. Ölen, Stearin, Paraffin, unter der Einwirkung der Hitze entstehen, sind wesentlich Kohlenwasserstoffe verschiedenster Art, Äthylen, Acetylen u. a. m.

Die sogenannten schweren Kohlenwasserstoffe scheiden leicht Kohlenstoff ab; derselbe ist aber nicht der wesentlich leuchtende Bestandteil der Flamme, sondern es kommen hierfür hauptsächlich dichte Dämpfe höherer Kohlenwasserstoffe in Betracht.

Werden einer Flamme mehr Kohlenwasserstoffe zugeführt als in der äußersten Zone verbrennen können, oder wird die Luftzufuhr und die Verbrennung beschränkt, so entweichen Kohlenwasserstoffe und es entsteht Rußen der Flamme. So beobachtet man Rußen, wenn bei Bewegungen der Flamme (durch Wind usw.) zeitweise zuviel Material erhitzt wird, oder wenn dasselbe zu leicht schmilzt und in zu großer Masse dem Docht zugeführt wird. Rußende Flammen entstehen auch trotz ruhigen Brennens bei solchem Material, welches auf 6 Teile Kohlenstoff weniger wie 1 Teil Wasserstoff enthält. Kohlenstoffreichere Öle kann man erst dadurch mit nicht rußender Flamme verbrennen, daß man Glaszylinder aufsetzt und eine verstärkte Luftzufuhr herstellt. — Bei sehr starker Luftzufuhr hört das Leuchten der Flamme völlig auf (Bunsenbrenner).

Benutzt werden:

1. Talglichter. Das Material wird sehr leicht flüssig. Die Dochtlänge wechselt stark, die Flamme ist daher in steter zuckender Bewegung und fast immer rußend; infolge der unvollkommenen Verbrennung werden Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxydgas, Fettsäuren und Acrolein der Zimmerluft beigemengt.

2. Stearinlichter, aus reiner Stearinsäure hergestellt. Die Verbrennung ist hier viel vollständiger, das Rußen seltener.

3. Paraffinkerzen, aus Destillationsprodukten der Braunkohle und des Torfs gewonnen. Das Paraffin schmilzt leichter als das Stearin; daher müssen dünnere Dochte gewählt werden.

4. Fette Öle, die unter Druck in den Docht eingetrieben werden. Zur vollständigen Verbrennung bedürfen sie großer Luftzufuhr, also des Aufsetzens von Zylindern. Sie werden kaum mehr zu Beleuchtungszwecken gebraucht und sind fast völlig durch die folgenden Materialien verdrängt.

5. Petroleum kommt in gewissen Erdschichten, in welchen es durch Zersetzung von Pflanzen- und Tierresten entstanden ist, in großen Massen vor; namentlich in Nordamerika, am Kaspischen Meere usw.

Das rohe Petroleum wird durch Destillation gereinigt, weil nur einige unter den zahlreichen Kohlenwasserstoffen des Petroleums zur Beleuchtung geeignet

sind. Die geeignetsten Öle destillieren bei 150—250°. Sie haben das spezifische Gewicht 0·8 und kommen unter dem Namen „raffiniertes Petroleum" in den Handel. Vielfach werden sie nochmals gereinigt und namentlich von den gefährlichen, niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen (Gasolin usw.) möglichst vollständig befreit. Die letzteren verdampfen schon bei gewöhnlicher Temperatur und ihre Dämpfe bilden mit Luft explosive Gemenge.

Gut gereinigtes Petroleum soll selbst an heißen Orten und auch in dem beim Brennen stets etwas erwärmten Behälter der Lampe nicht in solchem Maße verdampfen, daß explosive Gasgemenge entstehen können.

Bei der Verbrennung des Petroleums ist gute Luftzufuhr nötig; daher müssen eingeschnürte Zylinder verwandt werden, die eine innige Berührung der Luft mit der Flamme bewirken. Häufig richtet man jetzt auch im Innern der Flamme eine Luftzufuhr her, so daß die schmale Flamme von beiden Seiten eine ausgedehnte Berührung mit Luft erfährt.

6. Leuchtgas. Aus allen möglichen organischen Stoffen herstellbar, welche Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten und beim Erhitzen unter Luftabschluß Kohlenwasserstoffe liefern; am besten geeignet sind bestimmte Sorten Steinkohle. In jedem Falle ist das entstehende Gemenge von Kohlenwasserstoffen von vielen der Beleuchtung hinderlichen Destillationsprodukten zu reinigen.

Schließlich bleibt ein Gemenge übrig, das etwa 5% schwere Kohlenwasserstoffe enthält, die für die Beleuchtung am wichtigsten sind; ferner 36—60% leichte Kohlenwasserstoffe (Methan) und 30—50% Wasserstoff, die z. B. für die Beheizung mit Leuchtgas wesentlich in Betracht kommen; ferner 5—15% Kohlenoxydgas. Der charakteristische Geruch des Leuchtgases rührt von kleinen Mengen Schwefelkohlenstoff und Naphtalin her. — Das Leuchtgas ist explosiv, wenn es in bestimmtem Verhältnis mit Luft gemengt ist. Explosion erfolgt schon bei 5% Gasgehalt, am heftigsten bei 10—15%. Ist weniger als 5% oder mehr als 25% Gas vorhanden, so findet keine Explosion statt.

Auch bei der Gasbeleuchtung kommt alles auf die richtige Menge der den Flammen zugeführten Luft an. Bei zuviel Luft findet volle Verbrennung statt und die Flamme leuchtet gar nicht, bei zu wenig Luft entstehen rußende Flammen. Im Gebrauch sind (früher allgemein, jetzt selten mehr) entweder Schnittbrenner, welche breite, dünne Flammen von der Form einer Fledermaus geben; oder Zweilochbrenner, bei welchen zwei gegeneinander geneigte feine Öffnungen einen abgeplatteten Strahl erzeugen, so daß wiederum eine flache Flamme von der Gestalt eines Fischschwanzes entsteht; oder zylindrische Brenner mit schmalem Schlitz oder einer Reihe kleinen Öffnungen versehen, und mit Luftzufuhr von innen und von außen zu beiden Seiten des Flammenzylinders (Argandbrenner). Ein Fischschwanzbrenner verbraucht pro Stunde ca. 108 Liter Gas, ein Schnittbrenner 120—150 Liter, ein Argandbrenner 150—220 Liter.

Durch Destillation von Petroleumrückständen oder Abfallfetten wird in einfacher Weise Öl- oder Fettgas gewonnen, das weißes, ruhiges Licht liefert

(Paraffinölgas der Eisenbahnwagen). — Vielfach sucht man durch Einleiten von Dämpfen von Ligroin, Benzin, Naphtalin in das Leuchtgas diesem stärkere Leuchtkraft zu verleihen (Carburieren). — Ferner wird neuerdings auch Wassergas (vgl. unter „Heizung") dem durch Destillation gewonnenen Leuchtgas beigemischt oder kammförmig angeordnete Nadeln von Magnesia darin zum Glühen gebracht (Fahnehjelms Glühlicht). Dem kohlenoxydhaltigen, stark giftigen Wassergas mengt man riechende Bestandteile absichtlich bei, um etwaige Ausströmungen bemerkbar zu machen.

7. Die älteren Brenner, bei denen die eigene Leuchtkraft des Gases benutzt wurde, wird jetzt vollständig verdrängt durch das Gasglühlicht. Bei diesem wird ein mit seltenen Erden getränktes Gewebe, der Glühstrumpf, in die Flamme des Leuchtgases oder anderer brennender Gase eingehängt und hier ins Glühen gebracht (Auer von Welsbach). Für das Tränken des Glühgewebes kommen die Nitrate von Thor und von Cer besonders in Betracht; ersteres wiegt der Menge nach erheblich vor (98%), ist aber relativ indifferent und nur der Träger für das Ceroxyd, das nicht mehr als 1—2% der Masse ausmacht, aber ganz wesentlich beteiligt ist, weil es infolge spezifischer Eigenschaften (Vereinigung von H und O schon 350°) leicht in vollste Weißglut von einer 2000° erheblich überschreitenden Temperatur übergeht. Die Leuchtkraft der Glühstrümpfe ist daher eine sehr bedeutende; sie leisten die gleiche Lichtstärke mit einem Sechstel des Gasverbrauchs. — Besondere Helligkeit wird erreicht bei verstärktem Zug (Lukaslicht), Sauerstoffgasgemischen (Nürnberglicht), Preßgas usw.

Die Glühstrümpfe sind auch in der Form des Spiritusglühlichts verwendbar. In den Lampen wird entweder durch eine kleine Heizflamme, die zunächst anzuzünden ist, Vergasung des Spiritus erzielt; nach dem Anzünden muß man etwa drei Minuten warten, bis hinreichend Gas gebildet ist, und dann die den Glühstrumpf durchströmenden Gase anzünden; oder die Vergasung erfolgt ohne Heizflamme durch die vom Brenner fortgeleitete Wärme. Der denaturierte Spiritus brennt geruchlos, abgesehen von der Zeit zwischen Anzünden der Heizflamme und dem der Leuchtflamme. — Auch Petroleumglühlichtlampen kommen jetzt in Handel.

8. Acetylengas; Aerogengas. Das Acetylengas, das eine dem Leuchtgas weit überlegene Leuchtkraft besitzt, wird in größerem Umfang zur Beleuchtung benutzt, seit das Karbid, CaC_2, durch Zusammenschmelzen von CaO und Kohle bei sehr hoher, im elektrischen Ofen zu erreichender Temperatur fabrikmäßig hergestellt werden kann. Karbid gibt bei der Berührung mit Wasser Acetylen nach der Gleichung: $CaC_2 + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$. — Zur Gewinnung von Acetylen zur Beleuchtung wird z. B. Karbid durch eine Streuvorrichtung in Wasser eingebracht bzw. umgekehrt. Das Gas wird nur für kleine Anlagen

unter geringem Druck verwendet; bei stärkerem Druck ist die Gefahr, daß das Gas (ohne Berührung mit Luft) explodiert, zu sehr gesteigert. Auch zur Erzeugung von Glühlicht benutzbar. — Für kleine Anlagen eignet sich auch Aërogengas und Benoidgas, durch Verdampfung aus flüssigen Kohlenwasserstoffen (Benzindampf mit Luft gemischt) in einfachen Apparaten hergestellt.

9. Elektrisches Licht. Das Bogenlicht wird dadurch erzeugt, daß 2 Stäbe aus harter Retortenkohle, in denen eine Spannung von etwa 50 Volt liegt, in Berührung gebracht und dann einige Millimeter voneinander entfernt werden. Es geht dann zwischen ihnen ein Lichtbogen über, der aber an der Lichtaussendung nur wenig — etwa zu 5% — beteiligt ist, während 85% des Lichtes von der positiven und 10% von der negativen Kohle ausgestrahlt werden. Da die Kohleteile allmählich abbrennen, müssen sie durch besondere Vorrichtungen (automatische Regulierung nach Hefner) in demselben Maße einander genähert werden, wobei kleinere Schwankungen der Lichtstärke unvermeidlich sind.

Das Glühlicht beruht darauf, daß ein Faden aus schlecht leitendem Material durch den elektrischen Strom auf möglichst helle Glut erhitzt wird. Als Material dienten früher ausschließlich Kohlenfäden (aus gelöster, dann in Fäden gepreßter und verkohlter Zellulose), die, um das Verbrennen zu verhindern, in eine luftleer gemachte Glashülle eingeschlossen wurden. Die Kohlenfadenlampen werden aber allmählich durch die bei der Anschaffung teuerern, aber viel ökonomischer arbeitenden Metallfadenlampen verdrängt.

Während die Kohlenfadenlampe 3—3·5 Watt für die Kerze verbraucht, braucht die Tantallampe nur 1·5, und die Lampen mit Fäden aus Wolfram nur etwa 1 Watt. Bei der Nernst-Lampe werden, ähnlich wie beim Gasglühlicht, unverbrennliche Substanzen (Stäbchen aus Magnesiumoxyd und Yttriumoxyd) zur Weißglut erhitzt; damit die Stäbchen gute Leiter werden, müssen sie allerdings vorher erwärmt werden; dies geschieht durch eine das Stäbchen umgebende Platinspirale, welche durch den elektrischen Strom zunächst zur Rotglut erhitzt wird.

Vergleichen wir vom hygienischen Standpunkt aus die verschiedenen Beleuchtungsarten, so haben wir zunächst folgende Anforderungen an eine normale künstliche Beleuchtung zu stellen: 1. Die Beleuchtung soll die oben näher präzisierte erforderliche Helligkeit liefern, und zwar gleichmäßig, ohne zu starke Intensitätsschwankungen (Zucken der Flamme). 2. Die Qualität des Lichtes soll dem Auge zusagen. 3. Die Lichtquellen sollen das Auge nicht durch zu starken Glanz schädigen. 4. Die strahlende Wärme der Lichtflamme soll die Bewohner nicht belästigen, und die Wärmeabgabe der Menschen im Wohnraum soll nicht in zu hohem Grade behindert werden. 5. Die Leuchtmaterialien sollen keine gesundheitsschädlichen Verunreinigungen in die Wohnungsluft

übergehen lassen. 6. Die Beleuchtung soll keine Explosionsgefahr herbeiführen. 7. Sie soll möglichst billig sein.

1. Die Lichtstärke. Die Lichtintensität der Kerzen ist außerordentlich unbedeutend und keiner Steigerung fähig. Öllampen lieferten früher, und zum Teil auch jetzt noch, in England und Frankreich die Vergleichseinheit; eine Carcellampe ist = 8·95 Vereinskerzen. Petroleumlampen sind an Lichtstärke den Öllampen weit überlegen, namentlich wenn gut raffiniertes Petroleum benutzt wird. Gewöhnliche Lampen geben eine Lichtstärke bis zu 50 oder 60 HK. Besondere Konstruktionen (wie z. B. die von Schuster & Baer in Berlin) geben bis 110 HK. Lichtstärke. Bei letzteren Lampen geht ein Luftzufuhrrohr mitten durch den Ölbehälter und die dadurch vorgewärmte zutretende Luft wird durch einen sternartigen Einsatz passend verteilt. Die älteren Gasflammen lieferten ein Licht von 10—30 HK. Stärke, größere Argandbrenner, Gasglühlicht und Acetylenlicht bis 150 HK. und mehr. Elektrisches Glühlicht liefert 8—32—1000 HK.; eine Bogenlampe mittlerer Größe 450 HK.; große bis 3000 HK. und mehr.

Die Gasbeleuchtung läßt sich steigern durch die Zufuhr vorgewärmter Luft und durch Vorwärmung des Gases. Dies geschah z. B. bei dem Siemensschen Regenerativbrenner. Die Vorwärmung wurde dadurch erzeugt, daß die Luft bzw. das Gas in den durch die Flamme erwärmten Teilen der Lampe sich eine Strecke weit fortbewegen muß, um zur Flamme zu gelangen. Diese Lampen haben außerdem gewöhnlich einen sogenannten invertierten Brenner, d. h. aus einem unten an der Lampe befindlichen Ringe strömt das Gas von oben nach unten aus, so daß ein Kranz von Flammen unter diesem Ringe entsteht. Haltbarer und sparsamer sind Lampen mit invertiertem Gasglühlicht.

Für die ausnutzbare Lichtstärke sind die Lampenglocken sehr wesentlich. Diese sollen teils die horizontal in das Auge fallenden Strahlen abhalten, welche uns stark blenden und die Erkennung eines beleuchteten Gegenstandes erschweren, teils sollen sie das Licht auf den Arbeitsplatz reflektieren und konzentrieren. Die Lichtstärke auf dem Arbeitsplatz ist das eigentlich Wichtige für uns, und daher sollte vorzugsweise diese mit Hilfe des Weberschen Photometers bestimmt werden. Legt man als Norm eine Helligkeit von 25 Meterkerzen zugrunde, so wird eine solche von den gewöhnlichen Petroleumlampen bis zu 0·5 m seitlichen Abstand geleistet. — Gasflammen (alte Argandbrenner), welche 0·75 m über dem Tisch hängen, gewähren noch bei 0·5 m seitlicher Distanz mit Milchglasglocken von flacher Trichterform genügendes Licht.

Außer auf die Lichtstärke ist noch auf die Gleichmäßigkeit des Brennens Wert zu legen; zuckendes oder in der Lichtstärke erheblich schwankendes Licht wirkt äußerst belästigend und reizend aufs Auge (z. B. schlechte Bogenlichtanlagen). In dieser Beziehung ist das

Auerlicht (Gasglühlicht, Spiritusglühlicht) den Beleuchtungsarten, die frei brennende Flammen benutzen, erheblich überlegen.

2. Lichtqualität. Im Tageslicht finden sich 50% blaue, 18% gelbe, 32% rote Strahlen; alle künstlichen Lichtquellen liefern mehr gelbe und rote Strahlen, und das violette Spektrum ist schwach vertreten; doch ist dies Verhältnis bei den neueren kräftigeren Lichtquellen viel weniger verschoben. Beim elektrischen Bogenlicht ist ein großer Bruchteil violetter und ultravioletter Strahlen vorhanden. Die Sehschärfe ist bei gleich hellem gelbem Licht größer als bei bläulichem; zudem sollen ultraviolette Strahlen die Augen stark reizen. Bei intensiver Beleuchtung ist dem Auge ein Vorwiegen der roten und gelben Strahlen jedenfalls angenehmer als das übermäßig blauviolette Licht, z. B. des elektrischen Bogenlichts oder der Quecksilberdampflampen.

3. Unter Glanz einer Lichtquelle versteht man die von der Flächeneinheit (1 qcm) ausgehende Helligkeit. Vergleicht man kleine Schnittbrenner, Kerzen und Gasglühlicht, so verhält sich deren Glanz etwa wie 4:6:30. Elektrisches Glühlicht zeigt noch 10—30fach höheren Glanz, noch weit mehr elektrisches Bogenlicht. — Stark glänzende Lichtquellen dürfen nicht direkt das Auge treffen; sie blenden und reizen das Auge, setzen die Wahrnehmbarkeit anderer Gegenstände herab, können Tränen der Augen und Schmerzempfindung hervorrufen. Glänzende Lichtquellen im Bereich des Auges müssen daher mit dämpfenden Hüllen aus Milchglas und dgl. umgeben werden, die freilich die Lichtstärke erheblich herabsetzen.

4. Wärmeproduktion. Zunächst kommt die Wärmeausstrahlung der Lichtquellen gegenüber der in der Nähe befindlichen Gesichtshaut der Bewohner in Betracht. Gerade beim künstlichen Licht sind viel reichlicher Wärmestrahlen vorhanden (80—90%) als beim Sonnenlicht (50%). Die Intensität der Wärmestrahlung darf natürlich nur bei gleicher Lichtstärke verglichen werden. Am günstigsten stellt sich unter den gewöhnlichen Beleuchtungsmitteln das elektrische Glühlicht (Metallfadenlampe); dann folgt in geringem Abstand das Gasglühlicht. Gewöhnliche Gasbrenner geben 5 mal, Kerzen 8 mal und Petroleumlampen 10 mal mehr strahlende Wärme als Gasglühlicht.

Abhilfe gegen die Wärmestrahlung ist nur bei den Lichtquellen erforderlich, die in dieser Beziehung sich ungünstig verhalten, namentlich bei Petroleumlampen. Hier sind die Flammen mit doppeltem Zylinder von Glas oder besser von Glas und Glimmer zu umgeben, so daß die zwischen beiden zirkulierende Luft zur Kühlung des äußeren Zylinders beiträgt.

Die Gesamtwärme, welche von den Lichtquellen geliefert wird, ist häufig so erheblich, daß die Entwärmung der Bewohner dadurch beeinträchtigt wird. In Betracht kommt dabei nicht nur die Temperatur, sondern auch die Wasserdampfmenge, die den Feuchtigkeitsgehalt der Luft und damit die Wasserverdunstung von der Haut beeinflußt. Auch hier ist ein Vergleich verschiedener Lichtquellen nur zulässig bei gleicher Lichtstärke. Nach Rubner ergaben sich folgende Werte:

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefern pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht	57	Kalorien	und	0	kg	Wasser
Elektrisches Glühlicht, Kohlenfadenlampe	270	„	„	0	„	„
Elektrisches Glühlicht, Metallfadenlampe	86	„	„	0	„	„
Gasglühlicht	830	„	„	0·16	„	„
Leuchtgas, Argandbrenner . . .	5500	„	„	1·08	„	„
Petroleum, großer Rundbrenner .	3080	„	„	0·37	„	„
Petroleum, kleiner „	4200	„	„	0·51	„	„
Stearinkerze	7880	„	„	0·9	„	„

Kerzen verhalten sich also am ungünstigsten. Freilich erreicht man mit diesen tatsächlich nie bedeutende Wärmeeffekte, weil man es stets an dem entsprechenden Lichteffekt fehlen läßt.

Gaslicht ist ungünstiger als elektrisches Licht; aber beim Gaslicht läßt sich die produzierte Wärme zweckmäßig zur Ventilation des Raumes ausnutzen, und es tritt dann keine stärkere Belästigung durch die Temperaturerhöhung ein.

5. Verunreinigung der Luft. Bei Gasbeleuchtungsanlagen kann schon ohne Benutzung derselben infolge von Undichtigkeiten der Leitung die Luft in gefährlicher Weise mit Kohlenoxydgas verunreinigt werden. Undichtigkeiten der Leitung sind stets vorhanden. Hauptsächlich findet die Ausströmung von Leuchtgas im Boden statt, wo durch das allmähliche Einwirken von Feuchtigkeit, Schwefelammonium (Jauche), mechanische Erschütterungen usw. leicht Defekte der Rohre entstehen. Vom Boden kann das ausgeströmte Gas eventuell in die Wohnung gelangen, allerdings nur dann, wenn Undichtigkeiten in den Fundamenten des Hauses vorliegen (vgl. S. 112). Durch starke Heizung wird das Eindringen des Gases in die Wohnung begünstigt; in mehreren Fällen von Leuchtgasvergiftungen bewohnten die Erkrankten gerade die am stärksten geheizten Zimmer. Der Geruch des Gases macht sich

in solchen Fällen nicht bemerkbar, weil die riechenden Stoffe vom Boden adsorbiert werden. — Auch innerhalb der Wohnung entweichen oft kleine Mengen Gas, die durch genaue Beobachtung der Gasuhr, in noch empfindlicherer Weise durch den Suckowschen Regulator, entdeckt werden können. Stärkere Ausströmungen werden leicht durch den Geruch erkannt; selbst wenn das Gas nur zu 2% der Luft beigemengt ist, ist der Geruch von jedem, auch wenig empfindlichen Menschen wahrzunehmen. — Mit Rücksicht auf diese Ausströmungsgefahr sind in den Wohnzimmern immer nur möglichst kurze, in Schlafzimmern gar keine Gasleitungen anzulegen. Unbenutzte Leitungen sollten in Wohnungen nicht geduldet werden.

Alle Beleuchtungsmaterialien mit Ausnahme des elektrischen Glühlichts verunreinigen ferner die Luft durch die Verbrennungsprodukte, welche bei ihrer Verwendung zur Beleuchtung entstehen. Vor allem werden Kohlensäure und Wasserdampf gebildet. Eine helle Petroleumlampe liefert die zirka zwölffache Menge Kohlensäure wie ein Mensch, dazu etwa die achtfache Menge von Wärme und Wasserdampf. Wie aus untenstehender Tabelle und der Tabelle S. 382 hervorgeht, verhält sich elektrisches Glühlicht und Gasglühlicht am günstigsten. Petroleum und Gas stehen sich ziemlich gleich. Kerzen sind auch bzw. der Kohlensäure am günstigsten.

Bei 100 Kerzen Helligkeit liefert Kohlensäure pro Stunde:

Elektrisches Bogenlicht	Spur
Elektrisches Glühlicht	0
Gasglühlicht	0·17 kg
Leuchtgas, Argandbrenner	1·13 „
Petroleum, großer Rundbrenner	0·87 „
Petroleum, kleiner „	1·19 „
Stearinkerze	2·44 „

Nicht selten kommen dazu noch Produkte der unvollständigen Verbrennung; kleine Megen von Kohlenoxydgas lassen sich fast stets in künstlich erleuchteten Räumen nachweisen. Eine starke Steigerung tritt bei schlechtem, rußendem Brennen der Flamme ein, wobei sich namentlich viel Kohlenoxydgas und Akrolein entwickelt. Bei Gasbeleuchtung entsteht weit mehr schweflige Säure und Schwefelsäure als bei den übrigen Beleuchtungsmitteln; bei Gasbeleuchtung, besonders aber bei Kerzenbeleuchtung treten ferner meßbare Mengen von salpetriger Säure auf, gegen die manche Menschen besonders empfindlich zu sein scheinen und welche Papier (Bücher) rascher vergilben lassen.

6. Explosions- und Feuersgefahr. Bei Kerzen, Ölen, elektrischem Licht ist keinerlei Explosionsgefahr vorhanden. Bei Petroleum

kann sie durch die Kontrolle des „Entflammungspunkts" vermieden werden, d. h. derjenigen Temperatur, bei welcher sich flammbare Gase entwickeln. Nach deutschem Gesetz soll dieser Punkt nicht unter 21° (in Österreich 30°) liegen, während die Anzündung und ein Verbrennen der Masse erst bei 43·3° eintreten soll. Diese Kontrolle geschieht mittels des Abelschen Petroleumprüfers. — Nur bei schlechter Lampenkonstruktion, z. B. bei metallenen Behältern, die sich auf über 30° erhitzen, oder z. B. dann, wenn eine Hängelampe von einer darunter angebrachten Tischlampe erhitzt wird, kann es jetzt noch eventuell zur Explosion kommen; ferner beim Auslöschen, wenn im Gefäß sehr wenig flüssiges Petroleum mehr vorhanden, aber viel Dampf angesammelt ist. Seit eine regelmäßige Petroleumprüfung eingeführt ist, geschehen Explosionen fast nur bei mißbräuchlicher Anwendung desselben, z. B. beim Eingießen in Feuer usw.

Durch Leuchtgas entsteht Explosionsgefahr, sobald infolge von Undichtigkeiten der Leitung, infolge falscher Stellung der Hähne oder verlöschender Flammen Gas ausgeströmt ist und das Gemenge von Luft und Gas mit einer Flamme in Berührung kommt. Im ganzen gewährt allerdings der charakteristische Geruch des Gases einigermaßen Schutz, da 0·2 % Beimengung bereits durch den Geruch sicher erkannt wird, aber erst ein Gehalt von 5 % Leuchtgas explosiv ist. Zu beachten ist daher, daß Zimmer, in welchen über Nacht unbemerkt Gas ausströmen konnte, am Morgen nicht mit Licht betreten werden. Bei Gasgeruch sind sofort die Fenster zu öffnen, um eine unschädliche Verdünnung herzustellen. Von Wichtigkeit ist, daß nicht mehrere Flammen in einem Zimmer über Nacht brennen bleiben, da alsdann die eine verlöschen, die andere aber zur Anzündung des explosiven Gasgemisches dienen könnte. — Außerdem soll sich ausgeströmtes Gas an staubförmigen Körpern (Mehlstaub) kondensieren und zu den sogenannten Staubexplosionen Anlaß geben können.

Übrigens lassen sich an Gasbrennern Sicherheitsvorrichtungen anbringen, die z. B. aus einem mit dem Hahn verbundenen langen und schweren Hebelarm bestehen, welcher bei brennender Flamme auf einer Unterlage ruht, dem aber beim Erlöschen der Flamme und beim Erkalten des Metalls die Unterlage entzogen wird, so daß der Arm herabfällt und den Hahn schließt (Brenner der Brutschränke).

7. Preis. Die Preisverhältnisse ergeben sich aus folgenden Tabellen; in der zweiten sind die Preise auf einheitlichen Konsum und einheitliche Leuchtkraft bezogen. Kerzenlicht stellt sich bei gleicher Lichtstärke mindestens 30mal so teuer wie Petroleum- oder Spiritusglühlicht.

Lichtquelle	Helligkeit in HK.	Stündlicher Verbrauch	Stündliche Kosten (Pf.) (1 Kilowattstunde 40 Pf., 1 cbm Gas 13 Pf., 1 Liter Petroleum 20 Pf.).
Leuchtgas, Schnittbrenner . .	30	400 Lit. Gas	5·2
„ Rundbrenner . . .	20	200 „ „	2·6
„ Glühlicht	80	120 „ „	1·56
Spiritusglühlicht	30	0·057 Lit. Spir.	2·0
Petroleum	30	0·08 Lit. Petr.	1·6
„ Glühlicht	40	0·05 „ „	1·0
Azetylen	60	56 Lit. Azet.	3·6
Elektrisches Glühlicht, Kohlenfadenlampe	16	48 Watt	1·92
Elektrisches Glühlicht, Metallfadenlampe	16	16 „	0·64
Elektrisches Bogenlicht	600	300 „	12·0
Nernstlicht	25	38 „	1·5
Lukaslicht	411	630 Lit. Gas	8·2

Für die Erzeugung von 100 Kerzen Helligkeit betragen die Kosten pro Stunde:

Elektr. Glühlicht		Gas, Lukaslicht	2·0 Pf.
Kohlenfadenlicht . . .	12·0 Pf.	Azetylengas	6·0 „
Metallfadenlicht . . .	4·0 „	„ Glühlicht . .	3·0 „
Elektr. Bogenlicht . . .	2·0 „	Spiritusglühlicht	6·7 „
„ Nernstlicht . . .	6·0 „	Petroleum	5·3 „
Gas, Auerlicht	2·0 „	Petroleumglühlicht . . .	2·5 „

Im ganzen erscheint vom hygienischen Standpunkt aus die elektrische Beleuchtung als die günstigste; und zwar für die Wohnung Glühlicht, das mit matten Gläsern ausreichend abgeblendet ist (nur ist wegen der Möglichkeit von Betriebsstörungen auf eine Reserve von Gas schwer zu verzichten); demnächst Gasglühlicht bzw. die anderen Arten von Glühlicht. — Über die sog. „indirekte Beleuchtung“ s. im Kapitel „Schulen“.

Literatur: Wagner-Fischer, Handbuch der chemischen Technologie, 14. Aufl. — Foerster, Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1884. — H. Cohn, Lehrb. der Hygiene des Auges. Wien 1892. — Derselbe, Über den Beleuchtungswert der Lampenglocken, Wiesbaden 1885. — Schmidt und Haensch (Optische Werkstätten Berlin S.), Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch von L. Webers Photometer. — Weber, Beschreibung eines Raumwinkelmessers, Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Oktober 1884. — Wingen, Das Schulhaus, 3. Jahrgang, Nr. 1. — Reichenbach, Gotschlich, Wolpert, Klinisches Jahrbuch 1902. —

Thorner, Hygienische Rundschau 1903. — Rubner, Lehrb. d. Hyg., 8. Aufl., 1907. — Weber, Schrift d. Naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein. Bd. 14. — Pleier, Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege Bd. 24. — Moritz, Klin. Jahrb. Bd. 14, 1905. — Franz, Z. f. Hyg. u. Inf. Bd. 68 und Bd. 78. — v. Esmarch, l. c. — Reichenbach, Bertelsmann, Kuhlmann, Beleuchtung in Weyls Handbuch, 2. Auflage, 1913.

VII. Entfernung der Abfallstoffe.

Während bei nomadisierenden Völkern und bei einer zerstreut wohnenden, Ackerbau treibenden Bevölkerung die Abfallstoffe leicht zu beseitigen sind und wenig oder gar nicht belästigen, treten in den Städten, in welchen größere Menschenmassen sich zusammendrängen und die Abfallstoffe sich stark anhäufen, vielfache Übelstände hervor. Schon von Alters her sehen wir daher in den großen Städten besondere Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe (Babylon, Rom). Je mehr und schneller in der Neuzeit die Städte anwachsen, um so allgemeiner wird das Bedürfnis nach solchen Maßregeln, und im Laufe der letzten Jahrzehnte ist die Frage der Städtereinigung vielfach in den Vordergrund der kommunal-hygienischen Interessen getreten.

Obgleich somit bezüglich der Notwendigkeit irgendwelcher besonderer Maßregeln völlige Einigkeit herrscht, gehen die Meinungen über die zweckmäßigste Art und Weise der Entfernung der Abfallstoffe weit auseinander. Diese Divergenz der Ansichten ist um so begreiflicher, als sehr verschiedene Interessen und Gesichtspunkte bei der betreffenden Frage konkurrieren: teils das ästhetische Bedürfnis und das angeborene bzw. anerzogene Ekelgefühl gegen die übelriechenden Abgänge; teils sanitäre Momente; teils die Kosten für die Fortschaffung, teils aber auch landwirtschaftliche und nationalökonomische Interessen. Die erstgenannten Gesichtspunkte erheischen eine möglichst rasche Entfernung der Abfallstoffe auf irgend einem Wege, während dagegen die Landwirte die Abfallstoffe vorzugsweise als wertvollen Dünger betrachten, der unter allen Umständen, und auch dann, wenn er nur periodisch Abnahme findet, unseren Feldern zum Zweck der Erzielung neuer Ernten erhalten werden muß.

Die Forderung der Landwirte darf indes für die Hygiene um so weniger maßgebend sein, als der Landwirtschaft in der Neuzeit bald diese, bald jene neuen reichen Quellen erschlossen werden, die in überraschender Weise einen Ersatz für die dem Boden entzogenen Nährstoffe bieten, z. B. der Guano, ferner die bei der Reinigung des Eisens als Nebenprodukt gewonnene Thomasschlacke u. a. m. Vielmehr wird

von den Hygienikern daran festgehalten werden müssen, die sanitären Gesichtspunkte in erste Linie zu stellen; demnächst ist dem ästhetischen Bedürfnis Rechnung zu tragen, drittens sind die Kosten zu berücksichtigen und es ist womöglich eine zu starke Belastung der Kommunen zu vermeiden; und schließlich wird allerdings zu erwägen sein, ob ohne Schädigung der vorgenannten Interessen der Landwirtschaft Konzessionen gemacht werden können.

Um zu einem Urteil in den Fragen der Entfernung der Abfallstoffe zu gelangen, müssen wir uns zunächst über die Beschaffenheit der Abfallstoffe, ferner über die Art und Weise, wie dieselben Schädigungen der Gesundheit veranlassen können, orientieren, und sodann werden die verschiedenen Methoden zur Entfernung der Abfallstoffe darauf zu prüfen sein, ob und inwieweit sie den hygienischen Anforderungen entsprechen.

A. Die Beschaffenheit der Abfallstoffe.

Zu den Abfallstoffen rechnet man a) die menschlichen Exkremente; b) die Exkremente der Haustiere; c) das Hauswasser, bestehend aus dem Abwasser der Küche, dem zur Reinigung des Hauses, der Wäsche und des Körpers verwendeten Wasser; d) Abwässer von Schlachthäusern, Fabriken und industriellen Etablissements; e) den Hauskehricht, d. h. die festen Abgänge aus Küche und Haushalt, den Stubenkehricht, die Asche usw.; f) das von Dächern, Straßen, Höfen sich sammelnde Regenwasser; g) den Straßenkehricht; h) die Tierkadaver.

Pro Mensch und Jahr sind ungefähr 46 kg Kot, 400 kg Harn, 110 kg feste Küchenabfälle und Kehricht, 36000 kg Küchen- und Waschwasser in Ansatz zu bringen. — Feste Bestandteile werden im Hauswasser im Mittel 100 g pro Kopf und Tag geliefert; in Harn und Fäzes außerdem 80 g.

Alle diese Abfallstoffe enthalten:

1. Mineralische Stoffe, Kochsalz, Kaliumphosphat, Erdsalze. Die Fäzes haben einen Gehalt von 3·5 % an Phosphaten, der Harn 0·5 %. — Manche gewerbliche Abwässer führen mineralische Gifte, wie Blei, Arsen (s. S. 134).

2. Organische, zum Teil stickstoffhaltige Substanzen. Speziell in den Fäzes finden sich 2·2 % Stickstoff, im Harn 1·4 % N. Große Mengen organischer Stoffe führen auch die Küchenabwässer, ferner die Abwässer aus Schlachthäusern, Gerbereien, Stärke- und Zuckerfabriken, Wollwäschereien usw. (s. Kap. IX). — Fett rechnet man im Mittel 170 g pro 1 cbm Abwasser.

3. Saprophytische Bakterien. Viele derselben finden in den organischen und anorganischen Stoffen der Abwässer ein ausgezeichnetes

Nährmittel, vermehren sich massenhaft und bewirken lebhafte Zersetzung der organischen Stoffe, d. h. Gärung- und Fäulnisvorgänge. Besonders disponiert zu intensiver Fäulnis sind Mischungen von Harn und Fäzes, die Küchenwässer und die an organischem Material reichen gewerblichen Abwässer. Art und Menge der dabei auftretenden Produkte wechselt je nach den vorherrschenden Bakterien und nach den für diese vorhandenen Lebens- und Ernährungsbedingungen. — Aus Mischungen von Harn und Fäzes pflegt schon bei relativ niederer Temperatur nach zwei Monaten die Hälfte des Stickstoffs teils als Ammoniumkarbonat, teils und vorwiegend in Form von gasförmigem Stickstoff verflüchtigt zu sein.

4. Pathogene Bakterien. Eiterkokken, die Erreger des malignen Ödems und des Tetanus, sind in den Abfallstoffen äußerst verbreitet; gelegentlich kommen auch Tuberkelbazillen, Pneumonie-, Diphtherie-, Typhus-, Cholerabazillen, Ruhrkeime u. a. m. vor. Selten, und dann wohl nur an schwimmenden Partikelchen fester Substanz, tritt eine nachträgliche Vermehrung dieser Bakterien ein. Schon die Art der Nährstoffe und die relativ niedrige Temperatur pflegt ihrer Entwickelung nicht günstig zu sein; vor allem aber wirken die ungeheuren Massen von stets vorhandenen Saprophyten teils durch Nährstoffentziehung, teils durch schädigende Stoffwechselprodukte hemmend auf die Entwickelung der Krankheitserreger. Resistentere Arten können jedoch Wochen und Monate in den Abfallstoffen konserviert werden. Ferner sind auch weniger resistente Arten imstande, sich länger zu halten oder gar zu vermehren, wenn sie in relativ großer Einsaat unter Abfallstoffe geraten.

Vielfach kommt in den Abwässern eine außerordentlich starke Verdünnung etwaiger Infektionsquellen zustande. Je hochgradiger diese Verdünnung ist und je rascher sie erfolgt, um so unschädlicher werden die betreffenden Abwässer sein.

In welcher Kategorie von Abfallstoffen sind nun vorzugsweise pathogene Bakterien enthalten?

Irrtümlicherweise hat man früher angenommen, daß die menschlichen Exkremente in dieser Beziehung weit gefährlicher seien, als die übrigen Abfallstoffe. — In den Fäzes finden sich eventuell Cholera-, Typhus-, Ruhrkeime und die Erreger anderer infektiöser Darmkrankheiten (Cholera nostras, Tuberkulose usw.); im Harn kommen Eiterkokken, Milzbrandbazillen, Typhusbazillen usw. vor. Die Hauswässer pflegen aber dieselben Bakterien zu enthalten, da gerade der Inhalt der von den Kranken benutzten Geschirre entweder ganz in die Ausgüsse für das Küchenwasser gelangt oder wenigstens teilweise bei der Reinigung der Geschirre. Daneben kommen in das Hauswasser beim Reinigen der Spucknäpfe, der Wäsche, der Krankenzimmer usw. noch Tuberkel-, Pneumonie-, Diphtheriebazillen, Eiterkokken, die Erreger

der Exantheme usw. — kurz, ziemlich alles, was es von Infektionserregern gibt. Die Hauswässer sind also als mindestens ebenso gefährlich wie die Fäkalien anzusehen.

Gelegentlich können auch die Abwässer aus Schlächtereien, sowie aus solchen Gewerbebetrieben, welche Lumpen, Felle, Haare oder tierische Abfälle verarbeiten, infektiöse Bakterien aufnehmen.

In den Stubenkehricht gelangen zwar Tuberkelbazillen, Staphylokokken, die Erreger der akuten Exantheme u. a. m. mit dem Staub der Krankenzimmer. Aber die meisten dieser Keime werden durch das Austrocknen so geschwächt, daß die vom Kehricht ausgehende Infektionsgefahr relativ gering ist.

Die Regenwässer und der Straßenkehricht werden selten zahlreiche Infektionserreger enthalten. Sie werden namentlich dann Berücksichtigung erheischen, wenn von engen Höfen und Straßen aufgehäufte Massen von Abfallstoffen aus einer der vorgenannten Kategorien abgekehrt oder abgeschwemmt werden.

B. Gesundheitsschädigungen durch die Abfallstoffe.

Die Gefahren der Abfallstoffe bestehen

1. darin, daß sie infolge der ihnen ablaufenden Fäulnisvorgänge gasförmige Verunreinigungen in die Luft liefern.

Vor allem kommt es leicht zur Verunreinigung der Wohnungsluft. 1 cbm Abtrittsjauche vermag in 24 Stunden etwa 18 cbm Gase zu liefern; darunter 10 cbm flüchtige Fettsäuren und Kohlenwasserstoffe, 5—6 cbm Kohlensäure; 2—3 cbm Ammoniak, 20 Liter Schwefelwasserstoff. Bei unzweckmäßigen Abort- und Kanalanlagen findet namentlich in der Heizperiode ein lebhaftes Einströmen von Luft aus den Jauchegruben ins Wohnhaus statt; direkte Bestimmungen ergaben in 24 Stunden eine Förderung von 200—1200 cbm Luft, die reichliche Mengen Jauchegase enthielt.

Im Freien wird die Luft durch offene Kanäle, Fäkaldepots, Flüsse oder Bodenflächen, welche zur Aufnahme der Abfallstoffe dienen, oft in hohem Grade verunreinigt.

Die Bedeutung dieser Luftverunreinigung ist S. 84 dargelegt. Eine toxische Wirkung der Jauchegase wird nur beim Grubenräumen, in nicht ventilierten Kanälen oder bei völlig vernachlässigten Abortanlagen beobachtet, wenn die Luft durch die Gase zu einem erheblichen Teil verdrängt ist. Für gewöhnlich ist die Konzentration der giftigen Jauchegase auch in der Wohnungsluft zu gering, um akute Vergiftungserscheinungen auszulösen.

Keinesfalls sind die gasförmigen Produkte der Abfallstoffe imstande, Infektionen hervorzurufen. Fälschlicherweise wird aller-

dings gerade in diesen Emanationen vielfach noch die eigentliche Gefahr der Abfallstoffe gesehen. Riechende Abort- oder Kanalgase werden von manchen Ärzten und Laien, namentlich in England, in völlig kritikloser Weise und unter Ignorierung der neueren Forschungsresultate als Ursache von Typhus, Diphtherie, Erysipel, Puerperalfieber usw. angeschuldigt. Die völlige Unhaltbarkeit derartiger Anschauungen ist bereits oben ausführlicher erörtert worden.

Dagegen rufen die von den Abfallstoffen herrührenden übelriechenden Gase in ausgesprochenster Weise die S. 84 geschilderten Erscheinungen, namentlich Ekelgefühl, hervor, und sind außerdem nicht selten das Zeichen einer mangelhaften Reinlichkeit und insofern Symptom einer gewissen Infektionsgefahr.

2. Die Abfallstoffe liefern eine große Menge organischer, fäulnisfähiger Stoffe, und eventuell mineralische Gifte in den Boden in das Grundwasser bzw. in die Flüsse.

Wird das Grundwasser oder Flußwasser als Trink- oder Brauchwasser benutzt, so können die hineingelangten organischen Abfallstoffe die Benutzbarkeit desselben hindern, weil es alsdann nicht mehr den S. 131 aufgestellten Anforderungen bezüglich der Appetitlichkeit, Klarheit, Geruchlosigkeit usw. entspricht.

Ferner kann ein Boden so stark mit Abfallstoffen imprägniert werden, daß er zu üblen Gerüchen Anlaß gibt und daß wiederum das in seiner Tiefe befindliche Grundwasser stark verunreinigt wird. — Im übrigen ist die Bedeutung der Verunreinigung des Wassers und Bodens durch organische Stoffe früher weit überschätzt. Es ist oben dargelegt worden, daß ein reichlicher Gehalt des Wassers und Bodens an organischer Substanz an und für sich für die Frequenz infektiöser Krankheiten belanglos ist.

3. Die Abfallstoffe vermitteln die Verbreitung von Infektionserregern. Die Ausbreitung kann namentlich erfolgen, wenn innerhalb der Wohnung bzw. in der Nähe derselben sich offene Lager von Abfallstoffen vorfinden (verschmutzte Höfe, offene Rinnsteine usw.). Die Übertragung kann dann in der verschiedensten Weise, durch Menschen (namentlich spielende Kinder), Insekten, Luftströmungen, Gerätschaften, Haustiere usw. geschehen. — Oder die Ausbreitung wird von der weiteren Umgebung der Wohnung aus vermittelt: von der Bodenoberfläche (Garten und Gemüseland) aus; durch Abwässer, die in gegrabene, benutzte Brunnen gelangen, namentlich bei Überschwemmungen; oder durch offene Straßenrinnsteine, oder durch Bäche oder Flüsse, welche einerseits Abfallstoffe aufnehmen, andererseits zum Trinken, Waschen, Spülen oder Baden dienen; selten durch verstäubten oder verschleppten Kehricht.

Bestehen Einrichtungen, um alle Abfallstoffe möglichst schnell aus der Wohnung und dem Bereich der Menschen fortzuschaffen, werden ferner die Infektionsquellen in den Abwässern stark verdünnt, und gelangen diese dann in tiefere Bodenschichten oder wenig benutzte Flüsse oder werden sie mit bakterientötenden bzw. bakterienabscheidenden Mitteln behandelt, so sinkt die Möglichkeit einer Infektion durch Abfallstoffe auf ein geringes Maß.

Für manche Krankheiten, namentlich für Typhus, Cholera, Ruhr usw., wird durch solche Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe ein großer Teil aller in Betracht kommender Infektionsquellen beseitigt und die Verbreitung wesentlich gehindert werden. Für viele andere Krankheiten, z. B. die akuten Exantheme, stellt die Verbreitung der Erreger durch die Abfallstoffe einen selten betretenen Weg dar, und hier werden daher Infektionen nicht in gleichem Maße reduziert werden, trotz bester Anlagen zur sogenannten Städtereinigung.

Auf Grund vorstehender Erörterungen wird ein zweckentsprechendes System zur Entfernung der Abfallstoffe folgendes leisten müssen:

1. In erster Linie ist es erforderlich, daß die Abfallstoffe so schnell und vollständig wie möglich aus den menschlichen Wohnungen und aus dem Bereich empfänglicher Menschen entfernt werden, bzw. daß ihnen durch Abtötung der Bakterien die Infektionsgefahr genommen und durch besondere Vorkehrungen die Verbreitung übler Gerüche unmöglich gemacht wird.

2. Nachdem dieser unbedingt wichtigsten hygienischen Forderung genügt ist, muß darauf geachtet werden, daß die Abfallstoffe außerhalb der Wohnstätten nicht unverändert in Flüsse oder auf Bodenflächen u. dgl. gelangen, von denen aus Kommunikationen mit zahlreicheren Menschen bestehen, sondern erst nach solcher Vorbehandlung, daß keine Infektionsgefahr und keine Geruchsbelästigung mehr durch sie verursacht wird. Außerdem ist beim Einlaß in Wasserläufe auch zu berücksichtigen, ob etwa die Fischzucht durch die Abwässer Schaden leidet.

3. Sollen unästhetische Eindrücke tunlichst vermieden werden.

4. Unter den Systemen, welche vorstehende Bedingungen erfüllen, ist das billigste das empfehlenswerteste.

5. Bei sonstiger Gleichwertigkeit ist einem Verfahren, welches eine landwirtschaftliche Verwertung der Abfallstoffe gestattet, der Vorzug zu geben.

C. Die einzelnen Systeme zur Entfernung der Abfallstoffe.

Man unterscheidet: 1. solche Systeme, welche mit lokalen Sammelstätten ohne unterirdische, kommunizierende Kanäle arbeiten und vorzugsweise die Fäkalien beseitigen, sogenannte Abfuhrsysteme; dahin gehört das Grubensystem, das Tonnensystem und die Abfuhr mit Präparation der Fäkalien. Sie waren früher stark verbreitet, auch in größeren Städten, werden aber mehr und mehr zurückgedrängt und finden sich eigentlich nur noch in ländlichen und kleineren städtischen Gemeinden.

2. Solche Einrichtungen, bei welchen die Fäkalien oder auch die sämtlichen Abwässer durch ein unterirdisches Kanalnetz gemeinsam für größere Komplexe von Häusern fortgeschafft werden, Kanalsysteme; zu letzteren gehört die Schwemmkanalisation und die sogenannten Separations- oder Trennungssysteme. — Kehricht und Tierkadaver werden bei allen Systemen gesondert behandelt.

1. Abfuhrsysteme.

Das Grubensystem.

Die Fäkalien werden in einer nahe am Hause gelegenen Grube gesammelt und von dort zeitweise abgefahren. — An den meisten Orten bestehen besondere Vorschriften für die Anlage und Konstruktion der Gruben.

Dieselben sollen nicht zu groß sein, höchstens 2—5 cbm Inhalt haben, ferner in einem Abstand von mindestens 15 m vom Brunnen angelegt werden und durch eine besondere Mauer und Lehmschicht von der Fundamentmauer des Hauses getrennt sein. Sind die Gruben durchlässig, so erfolgt leicht eine Übersättigung des Bodens mit Abfallstoffen, die zur Entwickelung fauliger Gerüche führt. Die Gruben sollen ferner wasser- und luftdicht gedeckt sein; am besten mit einer Eisenplatte, oder mit Bretterlage und darüber mit einer starken Lehmschicht. — Das Fallrohr soll aus einem innen sehr glatten, undurchlässigen Material, z. B. aus glasiertem Ton oder emailliertem Eisen bestehen. Kommen Abzweigungen vor, so sollen Seiten- und Hauptrohr höchstens einen Winkel von 25—28° bilden. — Der Querschnitt soll eiförmig, die Hinterwand des Sitztrichters vertikal und etwas zurückweichend, die Vorderseite stark geneigt und keinesfalls bauchig sein.

Wenn die Grube undicht gedeckt oder mit sogenanntem Dunstrohr versehen ist, pflegen sich regelmäßig starke Strömungen von Abortgasen in das Haus hinein herzustellen. Es muß daher versucht werden, die Gase durch einen Schlot über Dach zu leiten, der an den Küchenkamin angrenzt und dadurch auch im Sommer warm bleibt; oder aber durch besondere Feuerungen oder Gasflammen einen Motor herzustellen.

Das erstgenannte Verfahren ist von Pettenkofer empfohlen. Das Fallrohr wird, ohne den Querschnitt zu verengern, bis über das Dach hinaufgeführt und erhält dort einen Aspirationsaufsatz. So viel als möglich wird es während

seines ganzen Verlaufs an einen Küchenkamin angelegt, von welchem es durch eine eiserne Platte geschieden ist; oder es werden in der oberen Verlängerung des Rohres Gasflammen angebracht. Die Sitzöffnung soll für gewöhnlich bedeckt sein. Es stellt sich dann geradezu eine Art Vakuum her, so daß die Luft kräftig in den Sitz hinein- und zum Dache herausströmt, sobald der Deckel abgenommen wird.

Nach D'ARCET soll ein besonderes Ventilationsrohr von der Grube aus über Dach geführt und an einen Küchenschornstein angelehnt bzw. durch Feuerung oder Gas erwärmt werden. Die Sitze sollen beständig offen bleiben und ein fortwährender Luftstrom soll durch letztere hinab in die Grube und von da durch das Ventilationsrohr zum Dache hinaus unterhalten werden.

Von Zeit zu Zeit — in manchen Städten alle vier Wochen, in anderen einmal im Jahr — müssen die Gruben geräumt werden. Damit hierbei nicht hygienische Nachteile oder eine Belästigung durch Gerüche eintritt, sind Apparate in Aufnahme gekommen, mittels welcher der Grubeninhalt in einen luftleer gemachten Kessel aspiriert und in diesem abgefahren wird, während die Grubengase durch die Feuerung der Lokomobile geführt werden. Die Räumung soll, der besseren Kontrolle wegen, nur am Tage geschehen.

Das Urteil über den hygienischen Wert des Grubensystems richtet sich offenbar ganz nach der Art der Ausführung desselben.

Erfolgt die Konstruktion der Grube, die Ventilation des Fallrohrs und die Räumung nach den oben gegebenen Vorschriften und wird das Grundwasser nicht zur Wasserversorgung benutzt, so ist vom hygienischen Standpunkt kaum ein Einwand gegen das Grubensystem zu erheben.

Vor allem ist die durch dieses System gebotene Infektionsgefahr gering. Gelangen infektiöse Dejektionen in den Abort, so ist keine Gelegenheit zur Verbreitung der Infektionserreger gegeben, insbesondere auch nicht durch die Luft, weil der Inhalt der Grube und des Fallrohrs keine staubtrockene Beschaffenheit annimmt. Höchstens bei der Räumung könnten Krankheitserreger verschleppt werden; aber auch das ist bei geschultem Personal und dichten Abfuhrwagen leicht zu vermeiden. — Dabei ist das Grubensystem relativ billig, trägt den Forderungen der Landwirte Rechnung und entspricht nur unserem ästhetischen Bedürfnis nicht so gut wie einige andere Systeme.

Allerdings muß das Grubensystem vollständig verworfen werden, wenn die oben begründeten Vorschriften für die Konstruktionen und den Betrieb der Gruben nicht eingehalten werden. Das ist namentlich in kleinen Städten der Fall. Die Gruben findet man dort so durchlässig, daß sie den Boden in kolossalem Grade verunreinigen; sie sind ungenügend gedeckt und führen massenhaft Gerüche ins Haus; die Fallrohre haben schlechte Neigung, sind aus porösem Material. Die Räumung geschieht nachts durch Ausschöpfen unter furchtbarer Verpestung der Luft und in durchlässigen Wagen, so daß der Inhalt auf der umgebenden Bodenoberfläche sowie auf dem ganzen Transportwege verbreitet wird.

Der abgefahrene Grubeninhalt wird meist in der nächsten Umgegend direkt als Dünger verwendet. — Ein Transport auf weitere Strecken mit der Eisenbahn rentiert sich nur in großen, etwa 3 cbm fassenden Behältern, in welche die kleineren Behälter umgefüllt werden müssen. Bei größeren Städten kann häufig nicht die ganze Abfuhr sofort untergebracht werden, und es werden daher Depots, d. h. Sammelgruben von ca. 100 cbm Inhalt, außerhalb der Stadt angelegt, von wo der Dünger in kleineren Quantitäten durch Landwirte abgeholt wird. — Verarbeitung zu Poudrette ist oft versucht, aber bisher nie rentabel befunden.

Das Tonnensystem.

Statt der Aufsammlung der Fäkalien in Gruben hat man es für empfehlenswerter gehalten, in einem oberirdischen, gut zugänglichen Raume kleine, leicht transportable Behälter aufzustellen und diese häufig (an jedem dritten bis achten Tage) zu wechseln, d. h. den vollen Behälter nach einem Depot fortzuschaffen und dort zu entleeren, und statt dessen einen anderen einzustellen.

Die Tonnen stehen zu ebener Erde, in kleinen, gut gemauerten und mit wasserdichtem Fußboden (Zement, Asphalt) versehenen Kammern, die durch eine Tür von außen zugänglich sind; bei alten Gebäuden auch wohl in den alten Gruben, doch ist dann der Transport der Fässer schwierig.

Die Behälter, sogenannte „Heidelberger Tonnen", waren früher von Holz, innen verkohlt und geteert (Petroleumfässer); jetzt benutzt man gewöhnlich stehende Zylinder aus verzinntem Eisenblech. Der Inhalt beträgt für Privathäuser 105—110 Liter, selten bis 300 Liter. — Die Fallrohre sollen möglichst dicht in die Tonnen eingefügt sein; dazu dient ein doppelter gußeiserner Ring, zwischen welche das Ende des Fallrohrs paßt. — An den Seiten befinden sich Henkel, unter die sich bequem Tragen oder zweirädrige Karren unterschieben lassen.

Ventilation der Kübel erfolgt dadurch, daß das Fallrohr über Dach verlängert und dort mit Aspirationsaufsatz versehen wird (Fig. 92).

Außerdem ist bei den Heidelberger Tonnen ein Syphon angebracht, ein gebogenes Eisenrohr, das sich mit frischen Fäkalien füllt, aber den Aufstieg von Gasen aus der Tonne hindert. Damit der Syphon sich nicht verstopft, ist eine bewegliche Zunge vorgesehen, die von außen durch Kurbel bewegt werden kann. Ferner ist unter dem Syphon Platz für eine Lampe, um eventuell das Einfrieren hindern zu können, wozu übrigens auch Umwickeln der Rohre mit Schlackenwolle usw. ausreicht. — Jede Tonne hat einen Überlauf, der in einen vorgestellten Eimer führt (s. Fig. 93).

Die abgefahrenen Tonnen können in kleineren Städten und im Sommer gleich auf den Feldern entleert werden. In großen Städten müssen Fäkaldepots angelegt oder der Inhalt muß zu Poudrette verarbeitet werden. Zuweilen hat man, um nur die Massen los zu werden, den Kübelinhalt bzw. den Depotinhalt in Flüsse schütten müssen. Die Tonnen müssen desinfiziert werden, weil sonst durch das Auswechseln derselben Verschleppung von Krankheitskeimen erfolgen könnte.

Die Kosten betragen für Anschaffung von zwei Kübeln mit Syphon ca. 200 Mark; für jede Abfuhr 12—20 Pfennige. Für den Kübelinhalt werden

bis zu 20 Pfennige pro Liter gezahlt, jedoch nur, wenn keine Verdünnung mit Wasser stattgefunden hat und Bedarf vorhanden ist.

Das Tonnensystem wird vielfach als hygienisch dem Grubensystem überlegen hingestellt, weil den frischen Fäkalien nur ein kurzer Aufenthalt im Hause gestattet wird und von diesen keine Infektionsgefahr ausgehen soll; namentlich aber deshalb, weil beim Tonnensystem der Boden ganz frei von organischer Substanz gehalten und damit angeblich ungeeignet für die Ausbreitung von Epidemien gemacht wird. — Diese Anschauungen sind indes als in jeder Beziehung unrichtig er-

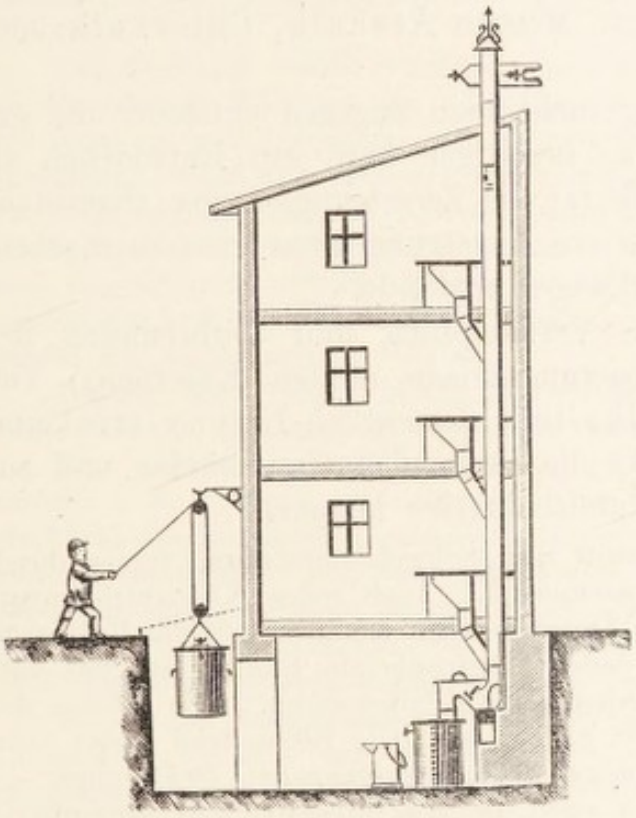


Fig. 92. Profil eines Hauses mit Tonnenabfuhr.

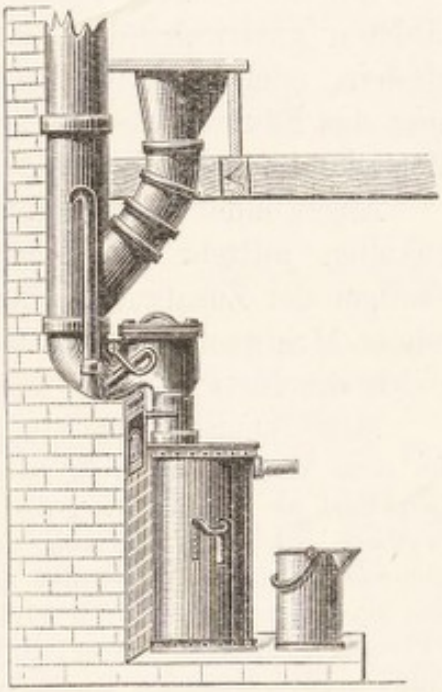


Fig. 93. Heidelberger Tonne, mit Fallrohr, Syphon und Überlaufeimer.

wiesen. Gerade die frischen Fäkalien sind besonders infektionsverdächtig und verlangen vorsichtigste Behandlung; und die Verunreinigung der tieferen Bodenschichten hat nach unseren heutigen Anschauungen keinen Einfluß auf die Entstehung und Ausbreitung von Epidemien.

Für ausgedehnteren Betrieb in größeren Städten ist daher das Tonnensystem ungeeignet und unmotiviert. Verwendbar ist es für kleine Städte mit leichtem Absatz der abgefahrenen Fäkalien; ferner für einzelne etwa schwer zu kanalisierende Teile einer größeren Stadt. Stets ist strenge Kontrolle durch zahlreiche Aufsichtsbeamte erforderlich. — Zu empfehlen ist es für einzelstehende Häuser, kleinere Häusergruppen

und für einzelne öffentliche Anstalten mit gutem Aufsichtspersonal, jedoch pflegt man jetzt Klärgruben und biologische Reinigung der gesamten Abwässer vorzuziehen.

Abfuhr mit Präparation der Fäkalien.

Häufig wird eine Desinfektion oder eine Desodorisierung des Gruben- und Tonneninhalts versucht. Beide Prozeduren sind nicht zu verwechseln. Mit der Desinfektion streben wir eine Tötung der Infektionskeime an; eine solche läßt sich in einfachster und billigster Weise erreichen durch bestimmte Mengen Ätzkalk, Chlorkalk oder Mineralsäuren (s. Kap. X).

Bei der Desodorisierung sucht man dagegen entweder die gebildeten übelriechenden Gase zu beseitigen bzw. am Entweichen zu hindern, oder im faulenden Substrat die Zersetzungserreger abzutöten; oder das Fäulnismaterial für weitere Zersetzung ungeeignet zu machen. Meist kommen kombinierte Wirkungen zustande.

Angewendet wird zuweilen Verdampfung und Verbrennung der Fäkalien mittels ständiger Feuerungsanlage (einige Kasernen); viel häufiger der Zusatz von Chemikalien, namentlich Eisenvitriol und rohem Manganchlorür, welche die riechenden Gase binden und zugleich die Entwickelung der Fäulnisbakterien hemmen.

Beide binden Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium, ferner durch die stets vorhandene freie Säure Ammoniak. Auch rohes Kaliumpermanganat ist als Desodorans geeignet. Dasselbe wirkt energisch auf die Bakterien, oxydiert Schwefelwasserstoff und andere übelriechende Stoffe, und das entstehende Manganoxyd bindet außerdem Schwefelammonium. Die Kosten der drei genannten Substanzen sind sehr gering; ein Kilo Eisenvitriol kostet etwa 5 Pfennige, Manganchlorür 20 Pfennige, Kaliumpermanganat 50 Pfennige. — Völlig mißverständlich ist es, wenn auch die Karbolsäure zur Desodorisierung empfohlen wird; sie ist nicht imstande, die riechenden Gase zu binden oder zu beseitigen und vermag eine Entwickelungshemmung der Bakterien erst bei so hoher Konzentration zu veranlassen, wie sie gegenüber den Abfallstoffen niemals zur Verwendung gelangt.

Die Chemikalien sind neuerdings mehr verdrängt durch poröse, feinpulverige Substanzen, welche durch Flächenattraktion die riechenden Gase binden, außerdem rasch Feuchtigkeit absorbieren und Oxydation veranlassen. Dahin gehören z. B. gepulverte Holzkohle, trockene Erde, Asche und als brauchbarstes Mittel Torfstreu.

Das sogenannte Erdklosett ist am längsten bekannt und ist namentlich in England und Indien viel angewendet. Lehmige und tonige Gartenerde wird in völlig trockenem Zustande mit den Fäkalien gemengt; für eine Defäkation von 120 g Fäzes und 300 g Harn sind $^3/_4$—1 kg Erde erforderlich. Das Wasser wird sofort aufgesogen, die Gase werden absorbiert und dann beginnt in dem porösen Boden Verwesung und Mineralisierung der organischen Stoffe unter

Beihilfe zahlreichster Bakterien. Nach beendeter Mineralisierung ist die Erde aufs neue brauchbar. Zum Aschenklosett wird Asche benutzt, die von den Kohlenrückständen abgesiebt ist, und der etwas gepulverte Kohle beigemengt wird. Die Wirkung ist ähnlich, aber die Mineralisierung nicht so vollständig wie bei den Erdklosetts. — Von Torfstreu ist weniger Masse zur vollständigen Desodorisierung nötig und sie ist leichter transportabel. Der sog. „Torfmull" vermag zirka das Achtfache seines Gewichts an Wasser aufzusaugen. Für 150 g Fäzes und 1200 ccm Harn, d. h. pro Mensch und Tag, sind 155 g Torfmull nötig; für eine Entleerung von 150 g Fäzes + 300 g Harn = 50 g, also 20mal weniger dem Gewicht nach als von Erde erforderlich ist. — Dabei kosten 100 Kilo nur 2—4 Mark. — Entweder wird die Torfstreu jedesmal eingeschüttet, oder es sind Klosetts mit automatischem Betriebe eingeführt (Bischleb & Kleukers, Poppes Klosett).

Der Torfmull verübt vermöge seiner sauren Reaktion auch eine gewisse bakterientötende Wirkung aus. Dieselbe ist aber selbst Cholerabazillen gegenüber langsam und unvollkommen; Typhusbazillen bleiben im Torfmull lange lebensfähig. Wohl aber läßt sich der Torfmull durch Zusatz von Schwefelsäure oder sauren Salzen (Kainit) in ein Desinfiziens verwandeln, das Cholera- und Typhusbazillen in kurzer Zeit abtötet; die desodorisierende Wirkung bleibt dabei ungeschwächt (Fränkel). — Zu widerraten ist ein Zusatz von Karbol; derselbe hat erst bei viel stärkerer Konzentration desinfizierende Wirkung und bewirkt nur unangenehmen Geruch.

Tonnen oder besser häufig gewechselte Eimer mit Torfstreu sind für kleinere Häuser und manche öffentliche Anstalten empfehlenswert.

Eine mechanische Absperrung gegen Gerüche hat man anzuwenden versucht z. B. dadurch, daß eine Art von Wasserverschluß (richtiger Jaucheverschluß) das Entweichen größerer Gasmengen aus dem Fallrohr hindert; die dichten Fäkalbehälter sind stets gefüllt und lassen beim neuen Zutritt von Fäkalien eine entsprechende Menge Inhalt austreten (Verfahren von Goldner, Mouras). Bei dem Paglianischen System kann außerdem nach Bedarf ein Teil des Grubeninhalts entleert werden und noch eine mit Torf gefüllte Grube passieren.

Bei Pissoiranlagen läßt sich durch einen Ölverschluß oder durch Saprol (s. Kap. IX), das sich auf die Oberfläche auflagert, die Geruchsentwickelung vermeiden. Wände und Boden werden mit Mineralölmischung abgerieben; unter den Becken befinden sich glockenförmige Syphons, in denen immer eine Mineralöl- oder Saprolschicht an der Oberfläche schwimmt.

Modifikationen der vorbeschriebenen Systeme sind aus dem Bestreben hervorgegangen, die Hauswässer einschl. eines gewissen Wasserverbrauchs zur Spülung und Reinhaltung der Klosetts mit zu beseitigen, trotzdem aber mit seltener Abfuhr oder ohne diese auszukommen. Man hat dies 1. durch Trennung von flüssigen und festen Teilen mittels Sieben u. dgl. zu erreichen gesucht; jedoch ohne Erfolg. 2. durch Zusatz gewisser Chemikalien und Einschaltung von Klärgruben.

Hauptsächlich wurden früher Ätzkalk oder Magnesia, oder sauer reagierende Eisensalze bzw. Aluminiumsulfat (Mangan-, Zinksalze) verwendet. Ihre Wirkung besteht darin, daß voluminöse Niederschläge in der Jauche entstehen, welche einen großen Teil der landwirtschaftlich verwertbaren Bestand-

teile enthalten. Im Harn findet sich saures Kalziumphosphat und Kalziumkarbonat; durch Zusatz von Ätzkalk entsteht unlöslicher basisch phosphorsaurer Kalk und Kalziumkarbonat; Magnesiumzusatz führt zur Bildung von Tripelphosphat. Treffen Eisen- oder Aluminiumsulfat mit alkalischen Substanzen (Ammoniumkarbonat) zusammen, so entstehen sehr voluminöse Fällungen von Eisenhydrat und Tonerdehydrat. Eisensulfat bindet außerdem Schwefelammonium. (Süverns Verfahren, A-B-C-Prozeß, Friedrichs Verfahren u. a. m.)

Diese Verfahren sind verdrängt durch die neuen einfacheren Kläranlagen, welche ohne Chemikalienzusatz arbeiten und bei denen auf ein „Ausfaulen" der Fäkalien in den dicht verschlossenen Behältern gerechnet wird (Verfahren von Schweder u. a.; vgl. S. 417). Zwei oder drei Gruben oder eiserne Behälter, die durch dichte, eventuell doppelte Deckel verschlossen sind, bleiben stets mit den (durch Wasser verdünnten) Fäkalmassen gefüllt. Im ersten Behälter bildet sich unten eine Schicht von schweren Sinkstoffen, oben eine dicke Schwimmschicht. An den zweiten, aus dem ersten durch Überlauf sich füllenden Behälter ist zweckmäßig Untergrundberieselung (s. S. 421) anzuschließen. Unter Umständen kann man auf eine solche Zerstörung der suspendierten und gelösten organischen Stoffe durch die anhaltende Fäulnis rechnen, daß der Ablauf aus dem letzten Behälter in Bäche, Rinnsteine usw. unbedenklich ist. Kontrolle ist dann aber immerhin erforderlich.

Die aufgezählten Abfuhrverfahren genügen den hygienischen und ästhetischen Anforderungen für eine größere städtische Bevölkerung besonders deshalb nicht, weil die Hauswässer — ausgenommen die zuletzt erwähnten Verfahren — unberücksichtigt bleiben und ganz (wie beim Tonnensystem) oder teilweise in oberflächlichen Rinnsalen abgeführt werden. Wie oben gezeigt wurde, sind die Hauswässer hygienisch entschieden bedenklich und verlangen entweder die gleiche Behandlung wie die Fäkalien oder eine unterirdische Abführung. Wird aber letztere gewählt, dann ist es irrationell, die Fäkalien abzutrennen, sondern die Trennung wird richtiger in anderer Weise vollzogen, nämlich so, daß Fäkalien und Abwässer einerseits, Meteorwasser andererseits die Teile bilden, welche in verschiedener Art abgeleitet werden (s. unter „Trennsysteme").

---

2. Schwemmkanalisation.

Fast die gesamten Abfallstoffe, alle Fäkalien, das Haus- und Küchenwasser und das Meteorwasser werden bei der Schwemmkanalisation in unterirdischen Kanälen gesammelt, und die entstehende dünnflüssige, eventuell durch Wasserzusatz noch weiter verdünnte Masse wird durch natürliches Gefälle rasch aus dem Bereich der Wohnungen fortgeführt.

Der Untergrund der Stadt wird von einem Netz von Kanälen aus dichten, innen glatten Wandungen durchzogen, welche sich mit natürlichem Gefäll nach einem großen Sammelkanal hinziehen. Die Anfänge des Netzes liegen in den Ausgußöffnungen in Küchen und Waschküchen, in den Klosetts usw.; ferner in den Abführungen für das Straßenwasser und in den Regenrohren. Von da konfluieren die kleinen Anfangskanäle in größere Straßenkanäle, die sich schließlich zu mehreren Hauptkanälen vereinigen.

Es muß durchaus darauf gerechnet werden, daß eine rasche Vorwärtsbewegung der Abfallstoffe stattfindet. Daher ist gutes Gefälle nötig und möglichst reichlicher Wassergehalt der Kanaljauche, so daß sie dünnflüssig ist. In Städten ohne Wasserleitung sind die Abwässer fast immer zu konzentriert und fließen zu langsam. Gewöhnlich werden daher Kanalisation und Wasserleitung nebeneinander projektiert und angelegt; sie bedingen sich gegenseitig. — Auch eine gewisse Verdünnung durch Meteorwasser ist nur erwünscht und muß bei regenarmer Zeit durch künstliche Wasserspülung ersetzt werden.

Zunächst sind eine Reihe von hygienisch wichtigen Vorarbeiten auszuführen, z. B. ein Nivellement der Bodenoberfläche und der einzelnen Bodenschichten; über die Grundwasserverhältnisse, die Bodentemperaturen, die Regenmengen, den Abfluß und die Verdunstung des Regens, dann über die Dichtigkeit der Bewohnung, den Verbrauch an Hauswasser, die wahrscheinliche Zunahme der Bevölkerung usw. müssen Erhebungen veranstaltet werden.

Die Disposition der ganzen Anlage wird verschieden behandelt. In früherer Zeit und in englischen Städten kannte man nur eine zentrale Disposition. An einer Stelle der Peripherie kommt dann der Sammelkanal heraus; die Anfänge des Systems liegen in den anderen Teilen der Peripherie und die Kanäle wachsen allmählich, je mehr sie bebaute Teile durchsetzen. — Daraus resultieren aber Nachteile; erstens sehr lange Kanäle, bei denen dann oft nicht das genügende Gefälle gegeben werden kann, wenn man nicht die Enden zu tief legen will. Nur bei kleineren Städten, oder solchen mit starker Neigung des Terrains fällt dies Bedenken fort. — Zweitens sind die Anfangskanäle schwer richtig zu bemessen. In der Peripherie findet gerade das Wachstum der Stadt, unberechenbar in welchem Umfange, statt. Dabei aber darf man auch wieder von Anfang an keine zu großen Kanäle projektieren, weil diese eine schlechte Fortbewegung des Inhalts veranlassen und kostspielig sind. Daher ist es bei zentraler Anordnung unausbleiblich, daß oft Umbauten und Erweiterungen zu eng gewordener Kanäle und ihrer Vorfluter erfolgen.

Besser ist Dezentralisation der Anlage. Entweder kann man verschiedene Radialsysteme einrichten (wie in Berlin). Die Anfänge der Kanäle liegen dann im Zentrum der Stadt, in der Peripherie dagegen sind große Stämme, die leicht einer Erweiterung der Stadt sich anpassen. Jedes Radialsystem kann bis zu Ende getrennt behandelt werden; oder es werden mehrere schließlich in einen Hauptstrang vereinigt. — Oder, wenn einzelne Teile der Stadt sehr verschiedene Höhenlage haben, werden diese Teile dementsprechend behandelt (Parallelsystem, z. B. in Stuttgart, München, Wien).

Material der Kanäle. Bei den engeren (unter 0·5 m Durchmesser) benutzt man hartgebrannte, innen glasierte Tonröhren; die Dichtung der verbindenden Muffen erfolgt mit geteerten Hanfstricken oder mit Ton. Die größeren Kanäle sind aus Backstein und Zement gemauert. Die Seitenteile kommen nur bei starken Regengüssen mit der Kanaljauche in Berührung, die Hauptsache ist daher das Sohlenstück. Dasselbe ist undurchlässig aus Steingut oder Beton hergestellt, oder man verwendet sogenannte Blocks, d. h. Mauerkörper aus Ziegel und Zement. Das Sohlstück ist gewöhnlich durchzogen von kleinen kantigen Kanälen (*a* in Fig. 94), die am Ende der Leitung offen enden und zur Drainage des Grundwassers dienen. Neben den Kanälen wird eine Kiesschüttung angebracht, welche gleichfalls drainierend wirkt; häufig legt man in die Kiesschicht noch besondere Drainröhren (*b*, Fig. 94).

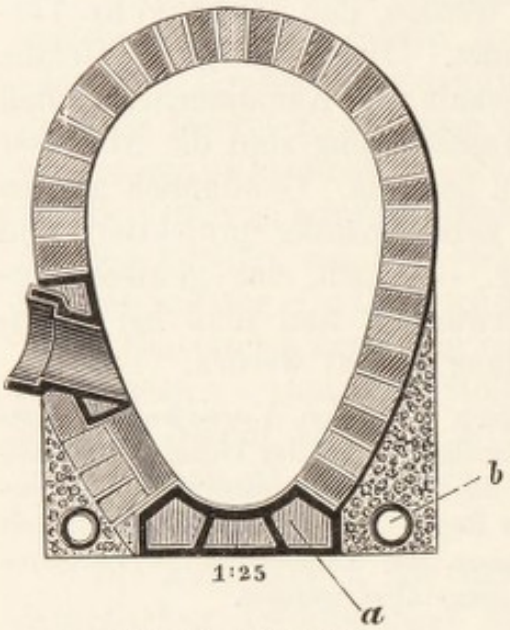


Fig. 94. Kanalprofil.
a Offene Kanäle des Sohlenstücks. *b* Drainröhren in der Kiesschüttung.

Völlig dicht sind die Kanäle selten. Etwas Einsickern von Grundwasser bzw. Durchsickern von Jauche kommt gewöhnlich vor. Aber nachweislich kommt es nicht zu stärkerer Bodenverunreinigung. — Die Tieflage der Kanäle schwankt im allgemeinen zwischen 1·5 und 6·5 m; in Städten, wo auch das Abwasser aus allen Kellerwohnungen aufgenommen werden soll, bis zu 10 m. Oft liegt der größere Teil im Grundwasser. Damit kommt dann vielfach eine dauernde Senkung des Grundwasserspiegels und eine geringere Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten zustande; bei starker Grundwasseransammlung ist aber kein solcher Effekt zu merken (Berlin).

Die Weite der Kanäle richtet sich nach den zu bewältigenden Wassermassen, deren Hauptanteil durch die Niederschläge geliefert wird. Soll aber jeder Regen, auch der stärkste Platzregen, vollständig Aufnahme in den Kanälen finden, so resultieren solche Dimensionen für die Kanäle, daß dieselben sehr teuer werden und außerdem für gewöhnlich eine schlechte Fortbewegung des relativ geringfügigen Inhalts leisten würden. — Richtiger ist es daher, wenn man die Kanäle nur auf Abführung der mittleren Regenmengen und des Hauswassers zuschneidet. Man berechnet zu dem Zweck die Bevölkerungsdichte pro Hektar und veranschlagt danach den Wasserkonsum, und also auch

die Menge des Abwassers. Dazu kommt dann noch das durchschnittlich abzuführende Regenwasser.

Was soll aber alsdann mit den größeren Regenmengen geschehen? Oft fällt das 20fache der durchschnittlichen Menge, von der allerdings nur etwa $^1/_3$ in die Kanäle gelangt, für die aber doch zweifellos die Kapazität der Kanäle nicht ausreicht. — Für diesen Fall treten sogenannte Notauslässe (Regenauslässe) in Funktion, d. h. breite, flache Kanäle, welche aus dem oberen Teil der Straßenkanäle mit gutem Gefäll direkt zum nächsten Wasserlauf führen, und die das Kanalwasser erst aufnehmen und ableiten, nachdem es bis zu jenem abnormen Niveau, in welchem die Anfänge der Notauslässe liegen, gestiegen ist. Man nimmt an, daß dies Arrangement keinen Bedenken unterliegt, weil unter solchen Verhältnissen der Kanalinhalt immer sehr verdünnt und zu gleicher Zeit die Wassermenge des Flusses groß ist; allerdings sind nicht selten die mitgeschleppten schwimmenden Bestandteile (Kotballen, Papier) störend.

Gewöhnlich beginnen die Kanäle mit 0·23 m Weite und steigen durch 5—6 verschiedene Abstufungen bis 1·7 m. Selten findet man größere Dimensionen (in London 3·5, in Paris sogar bis 5·6 m).

Das Profil der Kanäle ist bei den kleinsten rund, bei den größeren überhöht (eiförmig, Fig. 94). In großen runden Kanälen kommt es leicht zu einer trägen Fortbewegung und zu einer Durchsetzung des ganzen Rinnsals mit hemmendem Schlamm.

Das Gefälle soll bei Hausleitungen 1:50, bei kleinen Kanälen 1:200 bis 300, bei größeren 1 : 400—500, bei den größten 1 : 1500 betragen. — Die Geschwindigkeit des Stromes ist 0·75 km pro Sekunde oder 2·5 m pro Stunde. Dabei sollen auch alle festen Teile, die naturgemäß in die Kanäle gelangen, mit fortbewegt werden.

Stoßen die Kanäle auf einen Strom, so wird ein sogenannter Düker eingerichtet, eine Art Syphon aus eisernem Rohr, der im Flußbett liegt. In demselben kommt es zuweilen zu Stauungen, die aber durch kräftige Spülung zu beseitigen sind.

Eine Spülung der Straßenkanäle ist erforderlich, wenn die Dimensionen etwas groß gewählt werden mußten, wenn längere Zeit stärkere Niederschläge gefehlt haben und wenn stellenweise schlammreichere Abwässer aus Fabriken usw. in die Kanäle gelangen. Die Spülung geschieht z. B. dadurch, daß in einzelnen Kanälen eiserne Türen (sogenannte Spültüren) geschlossen und nach genügendem Anstau des Kanalwassers plötzlich wieder geöffnet werden; oder durch automatisch arbeitende Kippspüler oder Heberspüler; oder durch Einlaß von Wasser aus Flüssen, Teichen oder aus den Hydranten der Wasserleitung.

In die Kanäle führen von der Straße aus die Straßenwassereinläufe und die Einsteigschachte; von den Häusern aus die Fallrohre der Klosetts, die Rohre für die Hauswässer und die Regenrohre.

Die Einläufe für das Straßenwasser liegen meist in den Rinnen neben dem Trottoir, außerdem auf Höfen usw.; sie sind durch einen

Rost von Eisenstäben bedeckt. Da das Straßenwasser viel Sand und Schlamm mitführt, so wird unter dem Einlauf ein Sinkkasten oder Gullie angebracht. Ungefähr 1 m oberhalb des Bodens des Gullies befindet sich der Ablauf, der syphonartig nach oben gekrümmt ist, damit die Kanalluft nicht durch den Gullie auf die Straße entweichen und die Passanten belästigen kann. Von Zeit zu Zeit müssen die Gullies geräumt werden, da deren Ablauf sich verstopft, wenn der Schlamm zu hoch ansteigt.

Die Einsteig-(Revisions-)schachte (Mannlöcher) gehen vom Fahrweg vertikal nach abwärts, sind so weit, daß ein Mann hindurchkriechen kann, und an den Wänden mit Steigeisen versehen. Sie sind

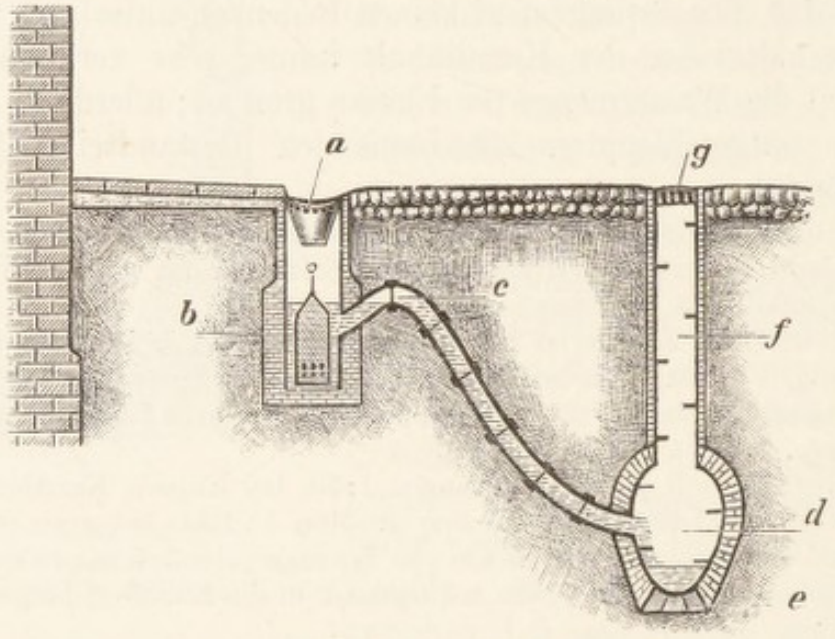


Fig. 95. Profil einer kanalisierten Straße.
a Einlauf für das Straßenwasser. *b* Gullie mit heraushebbarem Sinkkasten. *c* Überlauf in den Straßenkanal. *d* Straßenkanal. *e* Sohlenstück. *f* Einsteigschacht. *g* Durchlochter Deckel.

in 50—70 m Entfernung voneinander angebracht, hauptsächlich an den Straßenecken. Sie dienen 1. zur Revision und Reinigung. Auch die nicht besteigbaren Kanäle müssen sich von einem Mannloch bis zum anderen mit Lampen und eventuell mit Hilfe von Winkelspiegeln übersehen lassen. Von dort aus findet auch die Spülung mittels der Hydranten statt. 2. Zur Aufnahme und Beseitigung der Sinkstoffe. Der Boden der Einsteigschachte wird häufig tiefer gelegt als die Sohle der Kanäle; der unterste Teil des Schachts bildet dann ein kleines Bassin, in welchem Sinkstoffe sich ablagern. Von dort werden dieselben mittels Eimern herausgeschafft. 3. Zur Ventilation der Kanäle; die Deckel sind durchlöchert und gestatten der Kanalluft den Austritt ins Freie.

Die von den Häusern kommenden Kanäle münden in spitzem Winkel oder in flachem Kreisbogen in die Straßenkanäle; ihr Gefälle

beträgt 1:50 oder weniger; sie bestehen aus glasierten Steingutrohren oder aus innen und außen asphaltiertem Eisenrohr (letzteres beim Passieren der Grundmauern). Ihr Durchmesser beträgt ca. 15 cm.

Ein Teil dieser Rohre beginnt in den Wasserklosetts. Am Ende des Sitztrichters befinden sich entweder bewegliche Klappen oder Pfannen; unter den Klappen ist ein Sammelgefäß eingeschaltet und an dieses schließt sich ein Syphon (ein S förmig gebogenes Stück, s. Fig. 96) des Fallrohrs — mit mindestens 2·5 cm Wassersäule — an. Bei den neueren und besseren Einrichtungen ist das zu üblen Gerüchen Anlaß gebende Sammelgefäß fortgelassen, und die Sitztrichter gehen direkt in einen Syphon über (Syphonklosett). Oder die Sitztrichter haben beckenförmige Form und es ist die Einrichtung getroffen, daß immer ein Rest des Spül-

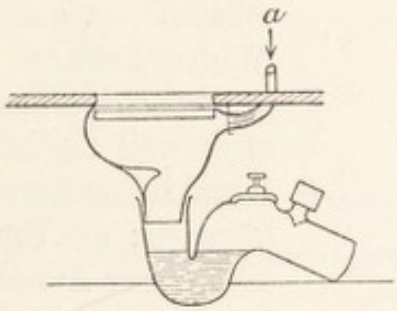


Fig. 96.

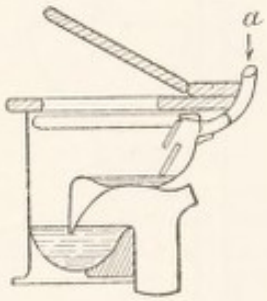


Fig. 97.

wassers im Becken stehen bleibt (Wash-out-Klosett, Fig. 97); die Anordnung des Wasserzuflusses muß dann so sein, daß namentlich der Beckenboden kräftig ausgewaschen wird. — Zu beanstanden sind die in Schulen hier und da eingeführten Trogklosetts, bei denen mehrere Klosetts in einen gemeinsamen, nur gelegentlich gespülten Trog führen. — Meist erfolgt die Spülung nicht direkt aus der Leitung, sondern unter Einschaltung eines Spülbehälters, der sich automatisch wieder füllt. Bei direkter Spülung kann, wenn schwacher Leitungsdruck vorhanden ist und aus weiteren Zweigen des gleichen Rohrsystems größere Wassermengen gleichzeitig ausgelassen werden, Flüssigkeit aus dem Klosett in das Leitungsrohr aspiriert werden. — Das Fallrohr hat 10—14 cm Durchmesser, besteht aus asphaltiertem Eisen und soll nach oben bis über das Dach hinaus verlängert sein.

Der Wasserzufluß zum Klosett kann auch automatisch geregelt werden (durch das Öffnen der Tür, das Niederdrücken des Sitzes usw.). Jedenfalls muß eine reichliche Wassermenge zum Spülen gewährt werden, mindestens 5 bis 10 Liter pro Tag und Kopf.

Die Ausgüsse in den Küchen tragen ein unabnehmbares Gitter, welches größeren Verstopfungen vorbeugen soll; dann folgt ein Syphon (oder Glockenverschluß), dann ein Fallrohr von 5—8 cm Durchmesser.

Letzteres wird nach oben über Dach geführt, nach unten gewöhnlich in den Hof geleitet und, da das Küchenwasser viel zum Reinigen benutzten Sand, ferner Fett, Fasern von Tüchern usw. mit sich führt, läßt man es dort gewöhnlich in einem Gullie bzw. Fettfang enden.

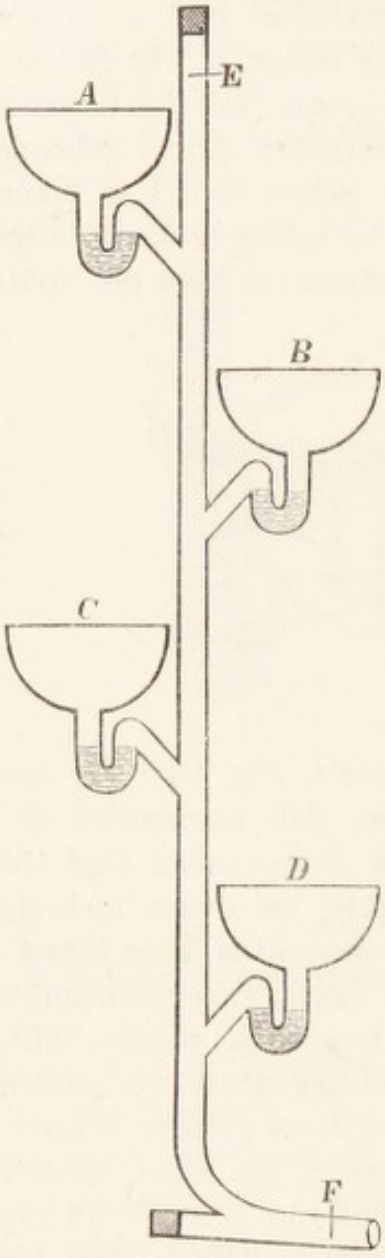


Fig. 98. Schema der Ausgüsse und Syphons eines Hauses.

Fig. 99. Verschiedene Füllung der Syphons. *A* normaler, gefüllter Syphon. *B* geschwächter Syphon. *C* leergezogener Syphon.

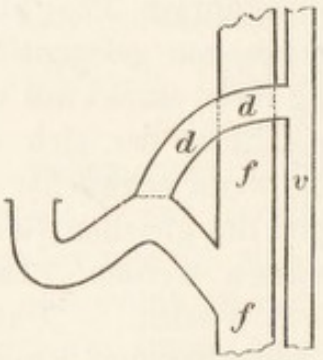


Fig. 100. Schutzvorrichtung an Syphons. *f* Fallrohr. *v* Ventilationsrohr. *d* Verbindungsrohr.

Die Regenrohre, welche das Meteorwasser von den Dächern sammeln, gehen am besten von der Hinter- und Vorderfront des Hauses in den oberen Teil der Straßenkanäle.

Die Kanalgase müssen von den Wohnräumen ferngehalten werden; nicht etwa weil sie infektiöse Krankheiten hervorrufen könnten; die Unrichtigkeit dieser Annahme ist bereits oben (S. 389) betont. Wohl aber kommt durch die Kanalgase eine Belästigung und eine Beeinträchtigung in der Aufnahme der Luft zustande; und dies genügt durchaus, um Vorkehrungen gegen ein Eindringen der Kanalgase ins Haus wünschenswert zu machen.

Eine Fernhaltung der Kanalgase vom Hause gelingt einmal durch Ventilation der Kanäle. Kommunikationen der Straßenkanäle mit der freien Luft bestehen a) durch die Einsteigschächte; b) durch die über Dach reichenden Klosett-Fallrohre; c) durch die Regenrohre. Namentlich die letzteren bieten zahlreiche Auswege für die Kanalluft, während die kleinen Öffnungen der Einsteigschächte weniger in Betracht kommen. — Zuweilen hat man noch besondere Ventilationstürme mit starken Kohlenfeuerungen zur Aspiration der Kanalluft herangezogen, aber im ganzen ohne entsprechenden Vorteil.

Zweitens ist der Eintritt von Kanalgasen ins Haus durch die nahe der Mündung der Fallrohre angebrachten, mit Wasser stets gefüllten Krümmungen der Rohre, die sogenannten Syphons, gehindert. Solche Wasserverschlüsse sind für die Kanalgase so gut wie undurchlässig, da die letzteren sich nur sehr wenig in Wasser lösen, die Abdunstungsfläche für die geringfügigen gelösten Mengen klein ist und das abschließende Wasser oft erneuert wird.

Allerdings kann bei schlechter Konstruktion des Syphons der Wasserverschluß gebrochen werden. Durch Eingießen größerer Wassermengen in den Syphon *A* (Fig. 98), die das Fallrohr vollständig füllen und beim Abstürzen hinter sich eine Art Vakuum erzeugen, kann entweder der Syphon *A* selbst leer gezogen werden; oder es wird eventuell ein anderer, an dasselbe Fallrohr angeschlossener Syphon *B* oder *C* entleert. Oft kommt es nur zu einer teilweisen Entleerung (*B* in Fig. 99); die abschließende Wassersäule ist dann aber zu niedrig, um einem mäßigen Überdruck von Gasen standzuhalten. Nicht selten bleibt sogar so wenig Wasser zurück, daß eine ungehinderte Kommunikation der Luft

Normaler Wasserstand. Wasserstand bei eintretender Saugwirkung. Wasserstand nach dem Aufhören der Saugwirkung.

Fig. 101. Nicht leersaugbarer Geruchsverschluß System Kesselring ($^1/_{10}$—$^1/_{20}$ nat. Gr.).

durch den Syphon besteht (*C* in Fig. 99). — Auch ein Überdruck im Rohr, der z. B. entsteht, wenn fälschlicherweise am unteren Ende des Rohrs nochmals ein hemmender Syphon angebracht ist, kann zur Entleerung eines Verschlusses führen.

Ein solches Entleeren von Syphons tritt jedoch nur ein, wenn das Fallrohr abnorm eng und geschlossen ist, und es kann mit Sicherheit dadurch vermieden werden, daß das Syphon- und Fallrohr weiter (über 10 cm), die Eingußöffnung aber enger gemacht wird; ferner dadurch, daß man das Fallrohr offen über Dach und unten offen im Kanal enden läßt. Sicheren Schutz gewährt auch ein offenes Rohr (*d* in Fig. 100), welches vom Scheitel des Syphons in ein über Dach verlängertes Ventilationsrohr geführt wird. — Oder man verwendet Syphons nach dem System Kesselring, die nicht leer gesogen werden können, wie aus Fig. 101 ohne weiteres hervorgeht.

3. Die Separationssysteme.

Neuerdings wird statt der summarischen Kanalisation eine Separation der einzelnen Abfallstoffe, eine getrennte Behandlung der Fäkalien, des Hauswassers und des Meteorwassers empfohlen. Die Abzweigung des Meteorwassers hat entschiedene Berechtigung. Die Dimensionen der Schwemmkanäle sind wesentlich auf die Regenwassermengen zugeschnitten; die Kanäle würden sehr viel kleiner und billiger angelegt werden können, wenn sie nicht eben die wechselnden Mengen Niederschläge aufzunehmen hätten.

Nun hat freilich das Meteorwasser bei den Schwemmkanälen eine äußerst wichtige Funktion: nämlich den Kanalinhalt gelegentlich stark zu verdünnen und einen raschen Fluß der Kanaljauche und ein Fortschwemmen schwererer Sinkstoffe zu veranlassen. — Aber diese Funktion leistet das Meteorwasser weder in idealer Weise, da es dieselbe in ganz unregelmäßigen Zwischenräumen ausübt, noch ist es dabei als unersetzlich anzusehen.

Ein Ersatz kann einmal dadurch erreicht werden, daß von einem Fluß oder Teich oder von der Wasserleitung aus eine regelmäßige, willkürlich regulierbare Spülung des nur für Fäkalien und Abwässer bestimmten Kanalsystems eingerichtet wird. Die Kanäle können dann schon einen wesentlich geringeren Querschnitt erhalten. — Oder aber die Fäkalien und Hauswässer werden in engen Kanälen mit maschineller Unterstützung fortbewegt, welche die Spülung überflüssig macht.

Dann ist auch die definitive Beseitigung des nur aus Fäkalien und Hauswasser bestehenden Kanalinhalts leichter. Für Berieselung ist die Masse allerdings zu konzentriert; der Einleitung des Kanalinhalts in die Flüsse stehen entschieden Bedenken entgegen. Dagegen kann die Verarbeitung zu Poudrette versucht werden, wenn es sich nur um Fäkalien handelt; werden die Hauswässer mit aufgenommen, so ist mechanische und chemische Klärung, Oxydationsverfahren und Desinfektion viel leichter durchführbar, weil die Masse der Abwässer ohne Aufnahme des Regenwassers viel geringer und ihre Zusammensetzung gleichmäßiger ist.

Das Regenwasser wird ober- oder unterirdisch in möglichst direkter Weise und ohne vorherige Sammlung in den nächsten Wasserlauf geführt. Das erscheint fast überall unbedenklich, sobald man das Wasser von verdächtigen Höfen u. dgl. den Kanälen zuführt; durch die Niederschläge gelangt zwar der ganze Straßenschmutz in den Fluß, aber das geschieht bei der Schwemmkanalisation periodisch (anläßlich jedes starken Regens durch Vermittelung der Notauslässe) auch, und zwar dann noch begleitet von wechselnden Anteilen Jauche.

Für die hygienische Beurteilung kommt viel darauf an, an welcher Stelle der Schnitt zur Trennung der Abfallstoffe gemacht wird. Wie schon bei Besprechung der Abfuhrsysteme hervorgehoben wurde, ist es hygienisch unrichtig, die Fäkalien gesondert zu behandeln und die Hauswässer mit dem Meteorwasser zusammen oberflächlich abzuführen. Einzig richtig ist es, Fäkalien, Hauswässer, Meteorwässer von verdächtigen Höfen und Straßenteilen und differente Industrieabwässer einerseits zusammenfassen und unterirdisch abzuleiten; andererseits das Meteorwasser von den Dächern und manchen

Straßen und freien Plätzen, sowie indifferente Industrieabwässer zu vereinigen und in einfachster Weise oberirdisch fortzuführen.

In großen Städten wird man gleichwohl ausgedehntes Trennsystem meist nicht zur Anwendung bringen können, weil hier Überflutungen der Straßen durch stärkere Niederschläge möglichst vermieden werden müssen. Dagegen ist für kleinere Städte, ferner für solche Teile einer größeren Stadt, in denen die Terrainverhältnisse für eine Entfernung des Meteorwassers günstig liegen, das Trennsystem entschieden zu empfehlen.

In Gebrauch sind z. B. folgende:

a) Warings System. In Memphis (Amerika), Oxford usw. eingeführt. Die Kanäle nehmen kein Regenwasser (oder höchstens einen Teil, z. B. das in den

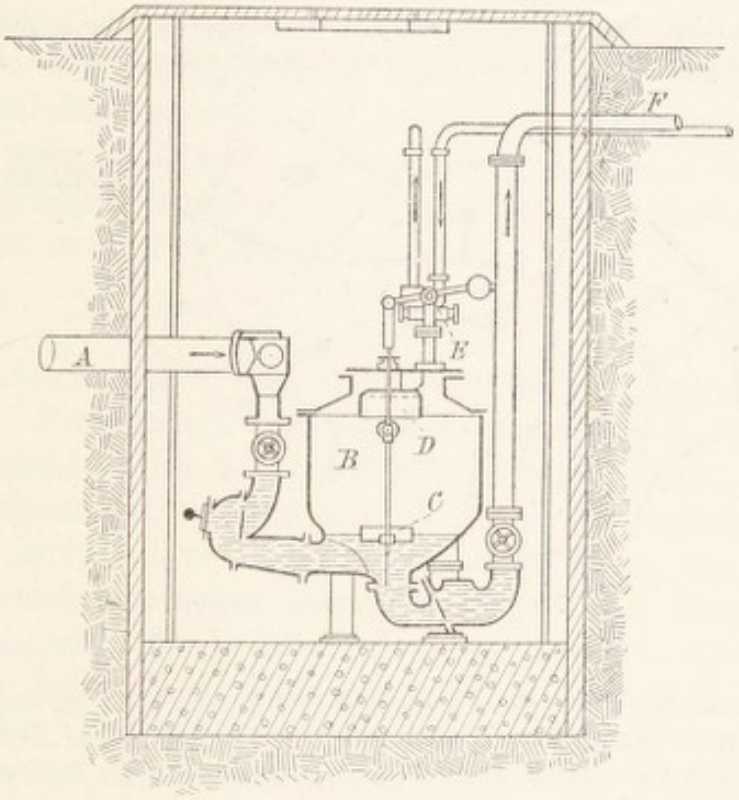


Fig. 102. Merten-Shones Druckluftsystem.

Höfen sich sammelnde) auf. Dafür sind am oberen Ende jedes Rohrstranges Spülbassins angebracht, von wo 1—2 mal täglich gespült wird. Die Hausanschlüsse haben keine Syphons. Bei der Konzentration des Kanalinhalts erscheint dies nicht ganz unbedenklich. Für die Revision der Kanäle muß gesorgt sein.

b) Shones Druckluft-(Ejektor-)System. Entweder Sammlung der Fäkalien in Kübeln, die an Sammelstellen entleert werden; der Inhalt wird in eisernen Rohren von 55 cm Weite mittels komprimierter Luft nach der Poudrettefabrik geschafft (Warington). — Oder besser so ausgeführt, daß enge Kanalrohre (18 bis 30 cm weit) mit gutem Gefälle aus je einem Bezirk der Stadt die dickflüssige, aus Fäkalien und Hauswasser bestehende Masse zu einem tiefliegenden Behälter, dem Ejektor (*B* in Fig. 102), leiten. Die im Ejektor sich ansammelnde Flüssig-

keitsmasse löst bei einer gewissen Füllung durch Hebung des Schwimmers *C* bis nach *D* automatisch den Zutritt von Druckluft aus, welche den Inhalt heraus- und in die Abflußleitung drückt.

Andere Trennsysteme sind von MERTEN, ROTHE, MAIRICH u. a. durchgeführt und mit besonderen Klärverfahren verbunden.

c) Das LIERNURsche pneumatische System. Ist in Stadtteilen von Prag, Hanau, Amsterdam, Leyden, Dordrecht usw. zur Ausführung gelangt, allerdings in sehr verschiedener Weise, da das System im Laufe der letzten Jahre mannigfache Modifikationen erfahren hat. Dementsprechend ist eine präzise Definition des LIERNURschen Systems zurzeit kaum zu geben.

Die Entfernung der gesamten Abfallstoffe soll durch eine Reihe von Kanalsystemen geschehen. Das Bodenwasser soll durch poröse Drainageröhren abgeleitet werden, das Meteorwasser durch oberflächliche Rinnsale, nur in stark bewohnten Stadtteilen soll es in den Hauswasserkanälen Aufnahme finden.

Das eigentlich Charakteristische des Systems ist ein außerhalb der vorgenannten Anlagen hergestelltes eisernes Rohrnetz, dessen Beginn in den

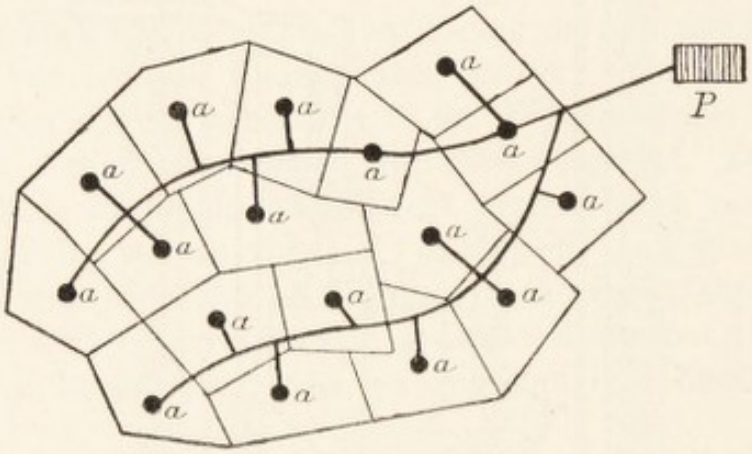


Fig. 103. LIERNURsches System.

einzelnen Aborten liegt, das unterirdisch die Stadt durchzieht, und durch welches alle Fäkalien nach einem Zentralbassin (*P* in Fig. 103) von Zeit zu Zeit angesogen werden, um demnächst als Dünger verkauft oder zu Poudrette verarbeitet zu werden. Wasser darf gewöhnlich höchstens 1 Liter pro Tag und Kopf zur Reinigung und zum Nachspülen verwandt werden.

An das Zentralbassin fährt täglich einmal eine lokomobile Luftpumpe; dann werden die Hähne der Straßenrohre geschlossen, das Reservoir dreiviertel luftleer gemacht, darauf die Hähne geöffnet und der Inhalt der Röhren aspiriert. Schließlich wird der Reservoirinhalt in einen fahrbaren Tender umgefüllt (aspiriert) und dieser fährt nach dem Depot, um die Fäkalien als Dünger abzugeben oder sie zu Poudrette zu verarbeiten.

Das LIERNURsche System ist zu verwerfen, wenn besondere Hauswasserkanäle nicht vorgesehen oder ohne ungenügende Reinigung in Oberflächenwässer eingeleitet sind (übler Geruch der Grachten holländischer Städte im Sommer!). Ist aber in dieser Beziehung gut vorgesorgt, dann ist wiederum die gesonderte Behandlung der Fäkalien nicht ausreichend motiviert und erscheint als unnütze Komplikation.

4. Beseitigung des Kanalinhalts.

Ein Kanalwasser aus Schwemmkanälen enthält bei mittlerer Konzentration:

	Milligramm in 1 Liter	
Gelöste Stoffe	bis 1000	ca. 1500.
Suspendierte Stoffe . .	500—1000	
Unter den gelösten Stoffen organische . .	300.	

Werden die Fäkalien abgefahren, so macht das für die Konzentration der Abwässer weniger aus, als man erwarten sollte, weil das reichliche Spülwasser der Klosetts fehlt. Nur die suspendierten Stoffe werden durch das Fehlen der Fäzes merklich verringert. — Fabrikabwässer aus Färbereien, Gerbereien, Papierfabriken usw. zeigen oft einen bis 10mal höheren Konzentrationsgrad als das Kanalwasser (s. S. 426).

Der Kanalinhalt ist somit für gewöhnlich viel zu dünn, um etwa transportiert und als Dünger benutzt zu werden, und von jeher hat man dementsprechend zunächst daran gedacht, denselben ohne weitere Verwertung los zu werden durch

a) Einlauf in die Flüsse.

Daraus entsteht häufig eine nicht unbedenkliche Verunreinigung der Flüsse. Man hat in dieser Beziehung zahlreiche schlechte Erfahrungen gemacht; in London war die Themse, in Paris die Seine derart durch Kanalwasser getrübt und gab zu solchen Gerüchen Anlaß, daß die Anwohner weit hinaus aufs äußerste belästigt wurden; die Fische starben ab, irgendwelche Benutzung des Wassers zum Waschen, Baden usw. war unmöglich. Gleiche Beobachtungen wurden in Frankfurt a. M. gemacht. Die kolossalsten Grade von Verunreinigungen sind in den Industriebezirken Englands vorgekommen. Übrigens waren hier — wie überhaupt bei der Flußverunreinigung — die Fabrikabwässer weitaus am stärksten beteiligt.

In erster Linie sind es die suspendierten, sog. Sinkstoffe, die das Wasser schon äußerlich verändern; sie führen in schlecht regulierten Flüssen zu Schlammablagerungen, in denen die Fäulnis immer weiter um sich greift, und die sich schließlich so ansammeln, daß eine häufige Entfernung durch Baggern nötig wird. — Außer den Sinkstoffen führen die schwimmenden Stoffe (Papier, Ballen von Fäzes usw.) zu Belästigungen, indem sie sich leicht an Schiffen oder am Strauchwerk der Ufer ansetzen, namentlich wenn letztere flach sind und der Fluß einen gewundenen Lauf hat.

Die sanitären Bedenken einer solchen Flußverunreinigung liegen teils in der fortgesetzten Entwickelung von Fäulnisgasen, die sich aus

den Schlammassen entwickeln; teils in den Giften (Arsenik, Blei), welche in den Abfallstoffen der Fabriken und Hütten enthalten sein können; teils und hauptsächlich in den Infektionserregern, Typhus-, Cholerabazillen usw., die zuzeiten mit den Abfallstoffen in das Flußwasser gelangen. Diese können zahlreiche Infektionen veranlassen, wenn das verunreinigte Flußwasser als Trink- oder Wirtschaftswasser, zum Baden oder zur Wäsche benutzt wird.

Die Verdünnung, in welcher sich die Infektionserreger im Flußwasser befinden und welche eigentlich die Infektionschancen außerordentlich herabmindern sollte, wird durch eine vielfache Benutzung durch Tausende von Menschen wieder teilweise ausgeglichen. Vielleicht sind Cholera- und Typhusbazillen unter geeigneten Bedingungen im Flußwasser sogar vermehrungsfähig. Am ausgeprägtesten ist die gefährliche Rolle verunreinigter Flüsse in außereuropäischen Ländern zu beobachten, z. B. beim Ganges, dessen stark beschmutztes und doch zu allen möglichen Zwecken benutztes Wasser zur Verbreitung der Epidemien zweifellos viel beiträgt. Aber auch in Europa sind bis in die neueste Zeit Cholera- und Typhusepidemien vorgekommen, welche auf den Genuß verunreinigten Flußwassers zurückzuführen waren.

Liegen allerdings längere Strecken hindurch keine Ortschaften am Flusse oder wird das Wasser des Flusses von den Anwohnern nur wenig benutzt, so ist geringe oder gar keine Gelegenheit zur Infektion gegeben, und in solchen Fällen hat sich auch ein gesundheitsschädlicher Einfluß der Flußverunreinigungen nicht nachweisen lassen.

Auch volkswirtschaftliche Bedenken, namentlich die Beeinträchtigung der Fischzucht, lassen ein schrankenloses Einleiten des Kanalinhalts in die Flüsse bedenklich erscheinen.

Es würde durchaus unrichtig sein, wollte man die Einleitung der Kanaljauche in die Flüsse prinzipiell für alle Fälle verbieten; die Entscheidung ist vielmehr abhängig zu machen: 1. von der Menge und Konzentration der gelieferten Kanaljauche, 2. von der Wassermenge des Flusses, 3. von dessen Stromgeschwindigkeit, 4. von der Ufergestaltung, dem Verlauf des Flusses und seiner Neigung, Überschwemmungen zu veranlassen und dabei die Unratstoffe auf dem Lande zu deponieren, 5. insbesondere von der Bewohnung der stromab gelegenen Ufer bzw. der Menge der Schiffer und von der Intensität der Benutzung des Flußwassers. Bezüglich des wichtigsten Punktes der Benutzung des Wassers, ist der richtige hygienische Standpunkt jedenfalls der, daß aus verschiedenen oben angeführten Gründen und namentlich deshalb, weil auch ohne Einleitung städtischer Abwässer die Flüsse verdächtige Zuflüsse in Menge durch Niederschläge erhalten (z. B. solche, welche gedüngte Äcker, Gräben usw. abspülen), die Benutzung von Flußwasser zur Wasserversorgung überhaupt möglichst beschränkt werden sollte. Von diesem Standpunkt aus ist eine stärkere Inanspruchnahme der Flüsse für die Beseitigung von Abfallstoffen entschieden zulässig, und eine solche ist auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkt aus wünschenswert. Nur übertriebenen, zu grobsinnlicher Belästigung führenden Verunreinigungen der

Flüsse braucht dann entgegengetreten zu werden. — Das Verhältnis zwischen der Menge der Jauche und der Wassermenge kann geradezu verschwindend klein werden; z. B. in Paris ist dasselbe 1 : 13, in Frankfurt 1 : 900, in Biebrich-Wiesbaden 1 : 8000. Zu beachten ist dabei allerdings, daß die Mischung der Jauche mit dem Flußwasser sehr langsam und zunächst immer nur mit einem Teil des letzteren erfolgt. Der Einfluß von Abwässern ist daher immer möglichst in der Strommitte zu bewirken.

Allmählich tritt im Verlauf des Flusses eine Selbstreinigung ein, die bereits S. 130 näher charakterisiert wurde. Dazu kommt die Aufnahme von reinem Grundwasser und reineren Nebenflüssen, so daß nach längeren Strecken das Flußwasser in seinem chemischen Verhalten und in bezug auf den Gehalt an saprophytischen Bakterien ungefähr wieder seine frühere Beschaffenheit zeigen kann. Ob zu dieser Zeit auch die Infektionserreger verschwunden sind, bzw. wie weit sie unter Umständen transportiert werden können, darüber ist nichts Sicheres bekannt; jedenfalls variiert dies Verhalten erheblich, und einige Erfahrungen sprechen für sehr weite Transportfähigkeit virulenter Keime.

Zur Feststellung, in welchem Grade ein Kanalwasser verunreinigend wirkt, wird im Einzelfall gewöhnlich eine Untersuchung des Wassers des Vorfluters (des aufnehmenden Wasserlaufs) und des auf der Sohle abgelagerten Schlammes unerläßlich sein. Die Wasseruntersuchung soll sich erstrecken auf die übliche chemische Analyse, einschließlich des gelösten Sauerstoffs, dessen Menge für die Fischereiinteressen von besonderer Bedeutung ist; außerdem auf Feststellung der Keimzahl und des Kolititers, sowie auf die mikroskopische Untersuchung der Fauna und Flora des Wassers, des Schlammes und des Uferbesatzes (vgl. S. 428).

In manchen Fällen verträgt der Fluß (z. B. der Rhein) ohne weiteres die Abwässer der anliegenden Städte nach ganz oberflächlicher Klärung; meist wird es den hygienischen und volkswirtschaftlichen Grundsätzen besser entsprechen, wenn eine erheblichere Reinigung des Kanalwassers vor dem Einfluß in die Flußläufe stattfindet.

Diese kann entweder nur die suspendierten Stoffe und die Schwimmstoffe betreffen; oder es sind auch die gelösten fäulnisfähigen Stoffe so weit zu beseitigen, daß nach dem Einlassen in den Fluß keine stärkere Geruchsentwickelung, Verfärbung oder Trübung (Verpilzung) mehr zu erwarten ist.

b) Beseitigung lediglich der Sink- und Schwimmstoffe

kann am einfachsten geschehen durch mechanische Klärung, die als vorbereitende Maßregel bei fast allen Reinigungsmethoden erforderlich ist. Je nach dem beabsichtigten Effekt werden dabei sehr verschiedene Abstufungen eingehalten. Unter Umständen kann sie aber auch allein zur Reinigung ausreichen. — Man verwendet Rechen; oder Sedimentieranlagen, wie Sand- oder Schlammfänge, Klärbecken, Klärbrunnen, Klärtürme oder chemische Fällungsmittel bzw. das Faulverfahren. —

α) Rechen und Siebe. Bewirken entweder nur grobe Reinigung (Stoffe von mehr als 1 cm Durchmesser) bei Abwässern, die nachher

weiterer Behandlung unterliegen, oder möglichst weitgehende Feinreinigung mit Beseitigung aller Schmutzteile, die größer als 2—3 mm sind. — In Gebrauch sind Stabrechen, Netzwerke, Drahtharfen, Siebbleche; entweder sind feste Absiebflächen vorhanden, die mit der Hand oder besser maschinell abgestrichen werden; oder sie sind periodisch oder kontinuierlich bewegt.

Von Schneppendahl, Riensch u. a. sind Rechen (Fig. 104) angegeben, deren Zwischenräume verschieden breit sind (3—10 mm) und mit denen je nach Bedarf die gröbsten, mittleren oder feineren Schlammteile kontinuierlich ab-

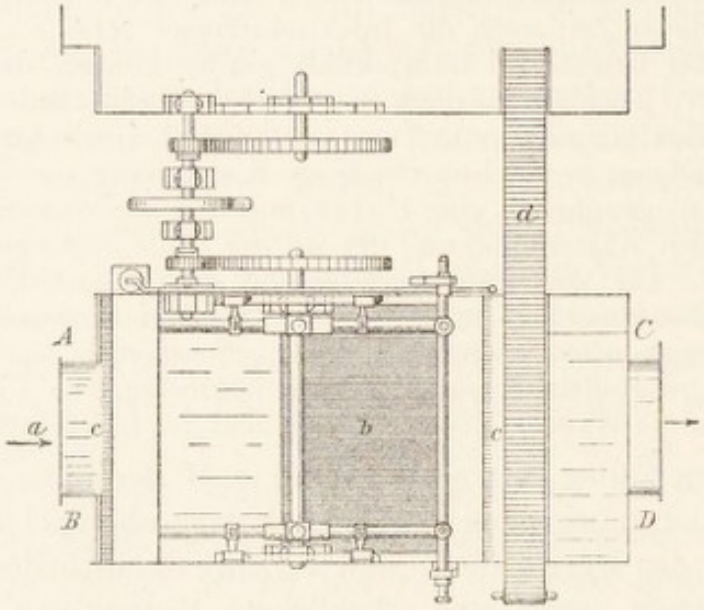


Fig. 104. Rienschs selbsttätige Rechen.

gefangen werden können (*b*); durch Bürsten und Kämme wird automatisch der Schlamm von den Rechen auf ein sog. Transportband (*d*) und durch dieses auf Wagen verladen. — Die neueren Rienschschen Separatoren entfernen sogar bis 50—60 % der suspendierten Substanzen, wirken also ähnlich wie Kläranlagen.

β) Sedimentieranlagen. Bei allen Reinigungsverfahren sind durch Sandfänge Sandbeimengungen und die gröbsten organischen Partikel vor der weiteren Behandlung (z. B. vor dem Eintritt in die Pumpstation) durch entsprechende Verlangsamung der Strömung und Einbau einer Vertiefung abzuscheiden. Die Wassergeschwindigkeit ist auf 50—200 mm pro Sekunde herabzusetzen. Für die Entfernung des Sandes sind Eimer bzw. maschinell betriebene Bagger im Sandfang angebracht. Vorher bzw. zugleich werden durch Rechen oder Gitter die gröberen schwimmenden Stoffe abgefangen.

Sehr wirksam ist das Einleiten der Abwässer in Klärbecken, in denen durch Erweiterung des Querschnitts stärkere Verlangsamung der Strömung und ein vollständigeres Ausfallen der suspendierten Teile zustande kommt; die Geschwindigkeit soll hier bis auf etwa 6—10 mm

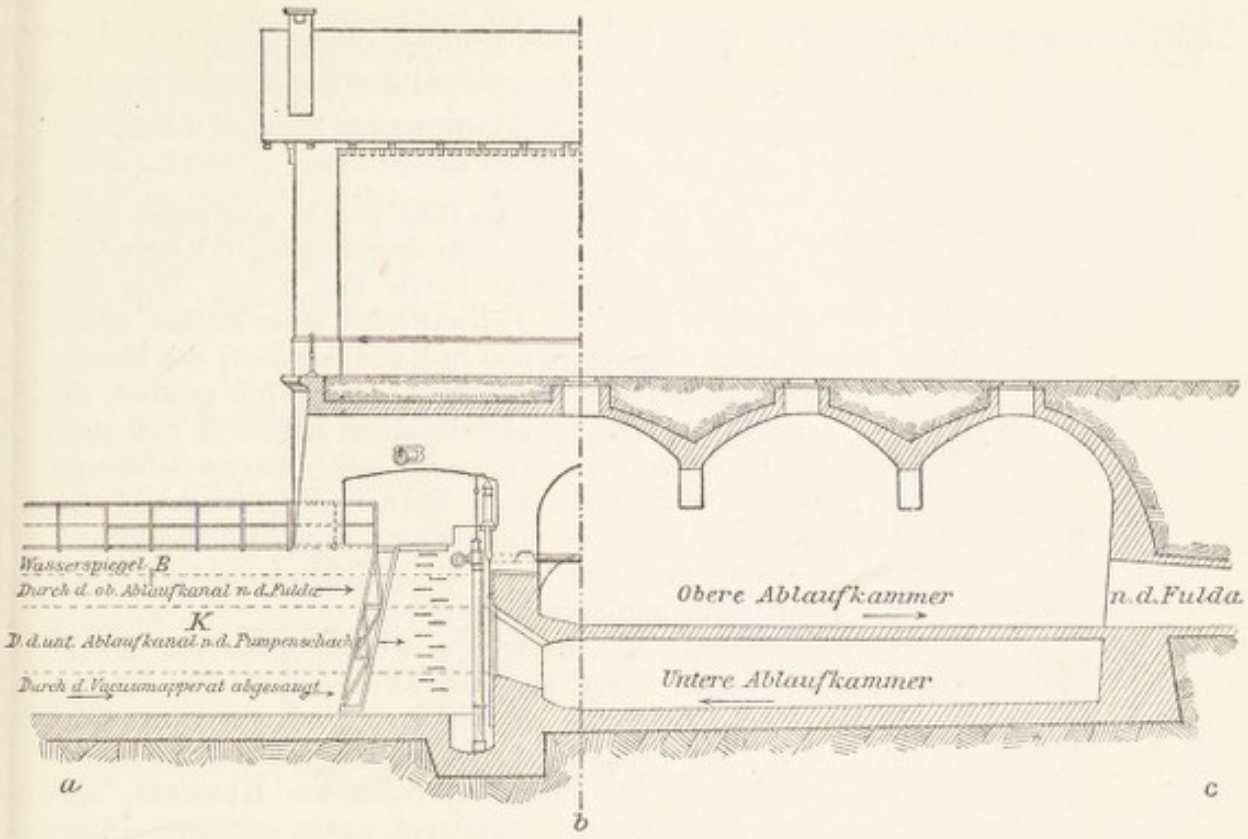


Fig. 105 a.

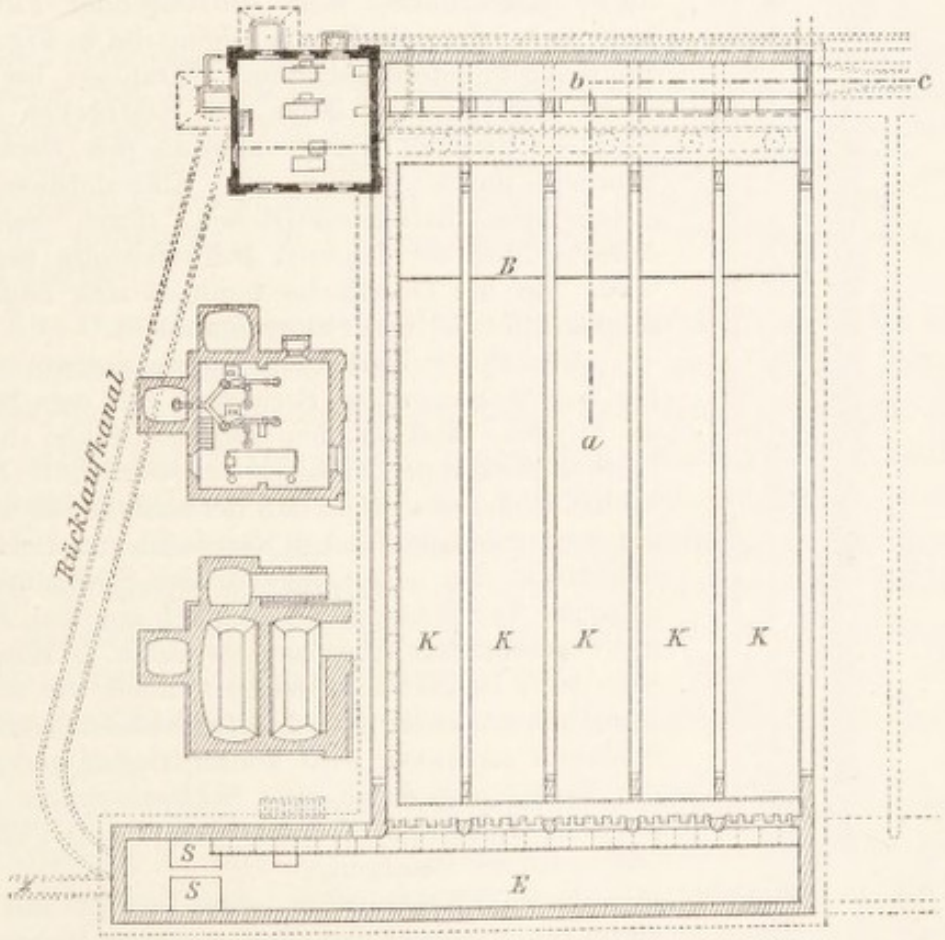


Fig. 105 b. Kasseler Kläranlage.

pro Sekunde absinken. Die Resultate sind günstig; 60—80% der überhaupt absetzbaren suspendierten Stoffe werden abgeschieden. Schlammenge zirka 3 Liter pro 1 cbm.

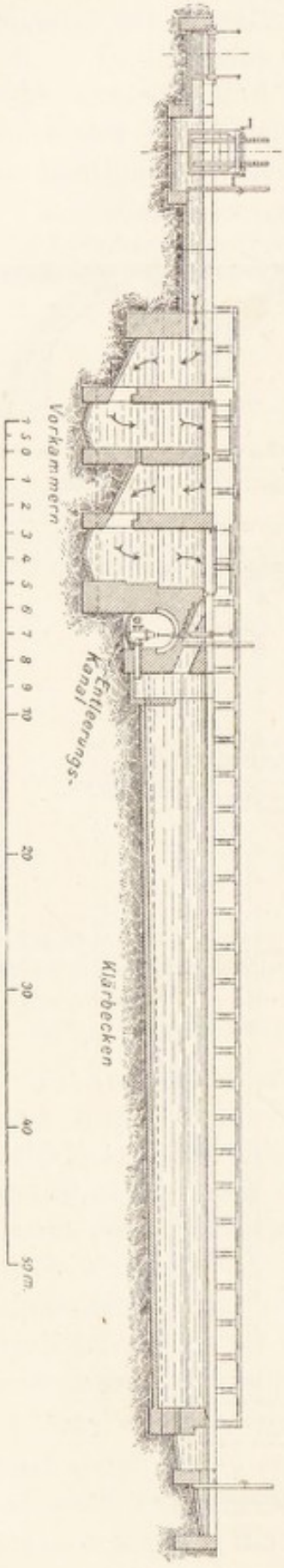


Fig. 106. Profil der Wiesbadener Klärbecken.

In Kassel (s. Fig. 105a und b) sind unter Fortlassung aller Abfangeinrichtungen mehrere Klärbecken von 40 m Länge, 4 m Breite und 3·5 m Tiefe eingerichtet; nach der Füllung wird jedes Becken einige Stunden abgesperrt und in Ruhe belassen; der oberste Teil des Wassers wird dann in den Fluß geleitet, die nächste Schicht kommt in einen Rücklauf und muß nochmals ein Becken passieren; die unterste Schlammmasse wird durch eine Rechenvorrichtung auf der schrägen Sohle des Beckens an der Vorderwand aufgehäuft und von da mittels Vakuumapparats nach dem Schlammlager geführt.

Statt der Becken verwendet man oft Klärbrunnen, bei denen das Abwasser in den unteren Teil des Brunnens geführt wird. Das Abwasser steigt dann aufwärts, die Schmutzstoffe sinken ab (Konstruktionen von Mairich, Scheven, Kremer). Zu- und Ableitung soll möglichst stetig erfolgen. Auch nach Zusatz von Chemikalien (s. S. 415) werden solche Klärbrunnen mit „aufsteigender Filtration" gern verwendet; als Beispiel diene die in Fig. 106 im Profil abgebildete Wiesbadener Kläranlage, bei welcher zuerst Klärbrunnen, dann ein Klärbecken passiert wird. — Vielfach schafft man in den Becken und Brunnen durch Einbau von Klärschirmen, Holzgittern usw. Attraktionsflächen, durch welche die Ausscheidung der feineren Schwebestoffe begünstigt wird. An der Oberfläche sammelt sich häufig eine stärkere (fetthaltige) Schwimmschicht.

Um die Schlammasse zu verringern und das geklärte Wasser außer Berührung mit dem Schlamm zu bringen, sind in den Travis-Becken und den Imhoff-Becken der Emscher-Genossenschaft (Fig. 107) Vorkehrungen getroffen, daß der ausfallende Schlamm auf stark schrägen Flächen abrutscht und durch offene Schlitze in den unten angeordneten Schlammbrunnen gelangt. Der Schlamm ist dadurch vor dem Kontakt mit ungereinigtem Abwasser geschützt. In ihm spielen sich dann Reduktionsprozesse ähnlich wie im Faulraum ab (s. unten), und infolgedessen verliert der Schlamm an Masse, wird konzentrierter und ist nach der Entfernung durch eine Schlammpumpe weniger offensiv. Geklärtes Abwasser bedarf guten Vorfluters oder weiterer Reinigung.

Gute Effekte sind ferner erzielt mit Klärtürmen, in welchen das Abwasser durch Heberwirkung aufwärts bewegt wird. Ein 7—8 m hoher eiserner

Zylinder (Rothescher Turm), oben geschlossen, unten offen, taucht in ein Bassin mit dem zu reinigenden Wasser (Fig. 108). Dieser Zylinder repräsentiert den einen Heberschenkel, der andere besteht in einem oben am Zylinder abzweigenden Rohre, das in ein etwas tiefer liegendes Bassin führt und dort unter Wasser endet. Oben auf dem Zylinder ist ein Verlängerungsrohr (G—H) angebracht, von welchem ein Rohr zu einer Luftpumpe geht. Durch die letztere wird die Luft im Zylinder beim Inbetriebsetzen so lange verdünnt, bis das Wasser über der Mündung des Ablaufrohres steht. Damit beginnt dann die Heberwirkung, welche anhält, solange die Luftverdünnung dauert und solange das Niveau im Abflußbassin tiefer

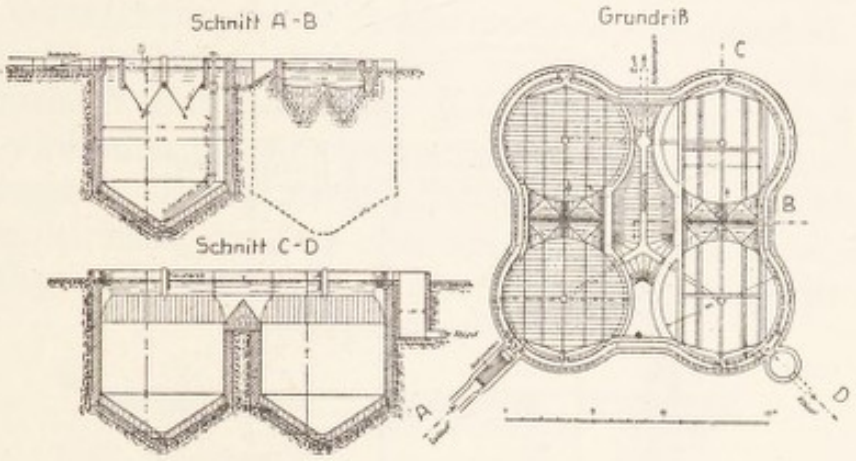


Fig. 107. Kläranlage für 20000 Einwohner, bestehend aus vier Emscherbrunnen (System Imhoff); unter jedem Absitzbecken sind zwei Schlammbrunnen angeordnet.

steht als im Zuflußbassin (h). — Um das Kanalwasser gleichmäßig in dem Zylinder zu verteilen, läßt man es einen Stromverteiler aus jalousieartig angeordneten Holzstäbchen passieren. Der niedersinkende Schlamm fällt auf diesen Jalousientrichter, das aufsteigende Wasser muß durch denselben hindurchtreten. Bei dieser Begegnung kommt eine sehr gründliche Reinigung zustande. — Auch Türme, die vollständig über Gelände angelegt und transportabel sind, werden gebaut (Merten).

γ) Zusatz von Chemikalien. Man benutzt die auch für kleinere Abwässeranlagen gebräuchlichen, S. 398 bereits aufgeführten Präparate, besonders Ätzkalk, Tonerde- und Eisensalze oder Kombinationen. Experimentell haben sich Alaun+Kalk, Eisenalaun+Kalk und Ferrisulfat besonders gut bewährt. Ätzkalk hat verschiedene Nachteile; gegen geringen Überschuß sind die Fische sehr empfindlich; ferner macht er NH_3 frei, begünstigt die Fäulnis und setzt den Dungwert des Schlammes herab. Eisensalze sind vorzuziehen, nur geben sie bei H_2S-Gehalt der geklärten Abwässer Schwarzfärbung, sogar im Vorfluter. — Die Zumischung der Chemikalien zum Abwasser erfolgt gewöhnlich in Gerinnen, oft automatisch.

Die entstehenden starken Niederschläge reißen die Schwebestoffe sehr vollständig nieder, 75—85% werden ausgeschieden. Die gelösten Stoffe werden nur bei Verwendung von Fe-Salzen etwas in Mitleidenschaft gezogen (Eiweißstoffe, Phosphate). Der resultierende Schlamm

ist aber bedeutend an Masse, 10—30 Liter pro Kubikmeter, und sehr dünnflüssig; seine weitere Verarbeitung (Trocknung, Vermischen mit Hausmüll, Straßenkehricht u. dgl.) stößt auf die Dauer auf Schwierig-

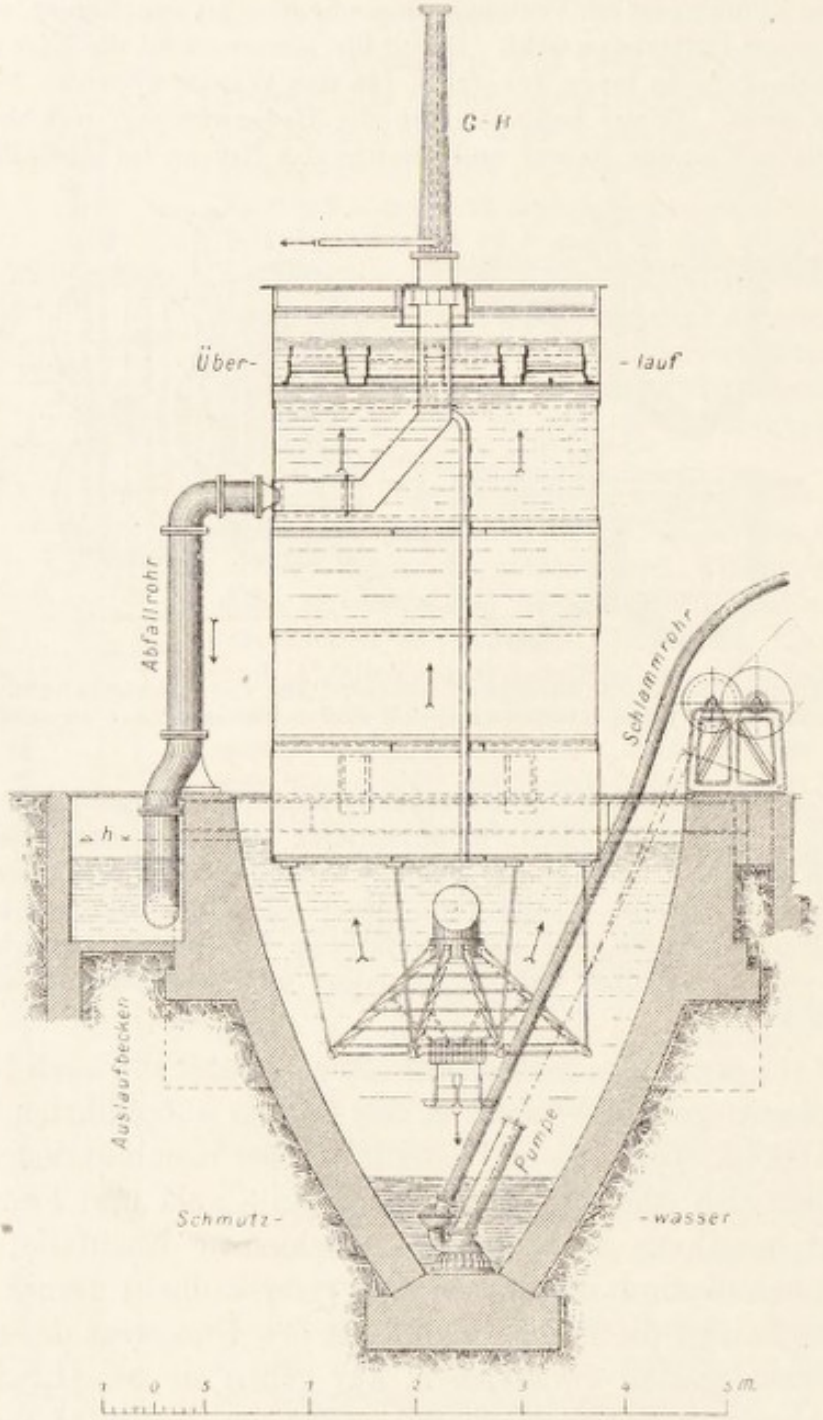


Fig. 108. Klärvorrichtung nach RÖCKNER-ROTHE.

keiten, so daß das Verfahren für städtische Abwässer eigentlich nicht mehr angewendet wird. Für gewerbliche Abwässer ist dagegen der Chemikalienzusatz oft unentbehrlich.

Nur in Leipzig hat sich der Zusatz von Eisensulfat zum städtischen Abwasser (so viel, daß pro 1 cbm 50 g $Fe_2(OH)_6$ entstehen) dadurch bewährt, daß

man den Schlamm zum Aufbau eines „Schlammberges" benutzt, von dem der geruchlose und nur Fadenpilzen zur Wucherung dienende Schlamm langsam herabfließt und dabei austrocknet.

δ) Faulkammern. Um den Schlamm, der bei allen Sedimentierverfahren große Schwierigkeiten bereitet, in seiner Menge zu reduzieren und in seiner Qualität zu bessern, hat man zum Faulverfahren gegriffen (Al. Müller, Cameron, Schweder). Man läßt das Abwasser in eine Art Brunnen, in dem der Schlamm sich unten ablagert, während an der Oberfläche eine Schwimmdecke sich ausbildet. Der von der Luft abgeschlossene Schlamm verfällt der anaëroben Fäulnis; der organische N wird zu NH_3 und N, S-Verbindungen zu H_2S reduziert; Zellulose wird unter CH_4-Entwickelung und Bildung von flüchtigen Fettsäuren vergoren. Durch die anhaftenden Gase werden Schlammfladen nach oben getrieben, die nach dem Gasverlust wieder absinken. Infolge dieser Zerlegung von suspendierten organischen Stoffen tritt eine Kon-

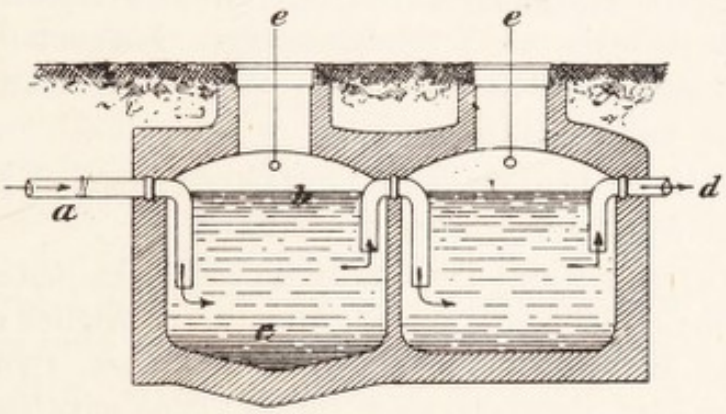


Fig. 109. Faulkammer, schematisch.
a Zulauf. *b* Schwimmdecke. *c* Schlammschicht. *d* Ablauf (event. zum Filter). *e* Entlüftung.

zentrierung ein; während frischer Schlamm zirka 95% Wasser enthält, findet man im gefaulten nur 80% und weniger. Ein fauliger Geruch haftet ihm nur an durch das an ihm haftende Wasser; etwas getrocknet verhält er sich wie modrig riechende Gartenerde. — Die Schwimmdecke besteht aus aufgetriebenem Schlamm, Fett, Haaren usw.; sie reagiert meist sauer durch die bei der Zellulosegärung entstandenen organischen Säuren. Daher etablieren sich in ihr hauptsächlich Schimmelpilze. Manchmal wird die Schwimmdecke ganz trocken und sehr hart; an der Oberfläche ist sie oft von Massen von Fliegen bedeckt. — Das Abwasser soll 1 bis 2 Tage im Faulraum verbleiben; danach sind die Abmessungen zu wählen; zweckmäßig ist die Kammer zweiteilig anzulegen. Die Ableitung des Wassers erfolgt aus der mittleren Wasserschicht, die Zuleitung etwas tiefer. Das Abwasser verliert 60—70% der ungelösten Stoffe, die Oxydierbarkeit nimmt um 30—50% ab; bei genügender Verdünnung mit Oberflächenwasser pflegt es nicht mehr faulfähig

zu sein, jedoch sind nachträglich eingeschaltete Oxydationsfilter zweckmäßig. Die Schlammentleerung erfolgt in langen Perioden, event. nur im Winter. Zu beachten ist, daß eine Überdeckung der Becken zur Vermeidung von Geruch und Fliegen erwünscht, daß dann aber wegen der (zum Teil explosibelen!) Gase Vorsicht erforderlich ist.

c) Beseitigung auch der gelösten organischen Stoffe.

Die Befreiung des Abwassers von Sinkstoffen kann bei entsprechenden Vorflutverhältnissen genügen, um jede Belästigung durch das geklärte Abwasser auszuschließen. Bei ungünstigem Vorfluter sind aber die gelösten organischen Stoffe oft noch ausreichend, um Fäulnis und üble Gerüche oder Verpilzungen zu veranlassen. Die vorstehend aufgezählten Verfahren der Klärung haben auf diese löslichen Stoffe wenig oder gar nicht Rücksicht genommen. Ihre Beseitigung kann nur gelingen durch ein sogenanntes biologisches Verfahren, d. h. einen Kontakt mit porösem, zu Flächenwirkungen geeignetem Material, bei dessen Einarbeitung und Regenerierung Organismen eine wichtige Rolle spielen. — Zu unterscheiden sind:

α) Natürliche biologische Verfahren, nämlich Bodenfiltration, Berieselung und das Eduardsfelder Verfahren.

1. Bodenfiltration. Der Boden ist nach den Seite 105 gegebenen Ausführungen zur Reinigung der Kanaljauche vorzüglich geeignet. Feinporiger Boden hält alle suspendierten Teile, Gase, fermentartige und eiweißartige gelöste Stoffe energisch zurück; dann entwickelt sich, sobald seine Poren stets oder zeitweise mit Wasser und Luft gefüllt sind, ein reges Bakterienleben und dadurch eine vollständige Mineralisierung des Stickstoffs und Kohlenstoffs.

Eine gute Reinigung der Kanalwässer erfolgt mittels intermittierender Filtration. 1 cbm geeigneter Boden (Sand- und Kiesboden von 2—3 mm Korngröße mit mindestens 10% Beimengung von $^1/_4$—$^1/_2$ mm großen Körnern) vermag etwa 40 Liter Kanalwasser in Stauteichen zu reinigen; also sind bei einer 2 m tiefen Schicht des Bodens für 100000 Menschen nur etwa 20 ha Boden in Arbeit zu nehmen. Die Filtration hat bei vorsichtiger Behandlung und nach Vorausschickung einer mechanischen Reinigung guten Effekt. Schließlich wird die obere Bodenschicht zu schwer durchlässig; diese verschlammt und muß von Zeit zu Zeit künstlich gelockert werden. Außerdem bleibt der Boden allmählich anhaltend feucht, es fehlt an lufthaltigen Poren, und die Nitrate häufen sich an; diese Umstände beeinträchtigen aber die fernere Mineralisierung und derart übersättigter Boden liefert große Mengen stinkender Gase. Es muß dann anderes Bodenterrain für die Filtration bereit sein.

2. Berieselung. Die Nachteile der Bodenfiltration werden vermieden, wenn man auf dem zur Reinigung benutzten Boden Pflanzungen anlegt. Die Pflanzen konsumieren die Nitrate, sie lockern mit ihren Wurzeln die oberen Bodenschichten und bringen außerordentlich viel Wasser zur Verdunstung. Dadurch machen sie ein Feld immer wieder geeignet zur Aufnahme und Reinigung neuer Jauche. Zugleich kann in dieser Weise leicht eine landwirtschaftliche Verwertung des Stickstoffs und der Phosphorsäure der Jauche stattfinden.

In England sind Rieselfelder schon seit langer Zeit verbreitet; man findet sie dort in etwa 200 Städten. In Deutschland sind sie in größerem Maßstabe in Danzig, Breslau, Berlin, Freiburg i. Br. ausgeführt, für mehrere Städte sind sie projektiert.

Entweder besteht die Berieselung nur in einer Art Bewässerung, wobei die Jauche oberflächlich über das Land wegläuft (Oberflächenrieselung); besser aber ist es, die Jauche in den Boden eindringen zu lassen und sie erst in gewisser Tiefe wieder abzuführen (Überstauung). In letzterem Falle ist eine Drainage des Bodens unerläßlich. Die Drainröhren sammeln das durchgeflossene Wasser in Gräben und diese führen es schließlich einem Wasserlauf zu. Unterläßt man die Drainage, so steigt das Grundwasser bald mächtig an und das Terrain versumpft. — Lehm- und humushaltiger Boden ist am geeignetsten. Bei zu starkem Lehmgehalt entstehen leicht Sprünge und Risse, die zu unvollkommener Reinigung führen. — Die suspendierten Stoffe und die Bakterien werden vollständig zurückgehalten. Die gelösten organischen Stoffe werden um 60—80%, die anorganischen um 20—60% vermindert. Ammoniak und Phosphorsäure bleiben beinahe ganz, Schwefelsäure wenig, Chlor fast gar nicht im Boden zurück. — Natürlich kann auch bei der Berieselung Übersättigung des Bodens eintreten; es muß daher ein geordneter Betrieb eingehalten werden, zu welchem viel disponibles Land gehört. Erfahrungsgemäß hat man für je 4—500 Menschen mindestens 1 ha zu rechnen. — Die Felder werden des Preises und der immerhin möglichen Ausdünstung wegen fern von der Stadt gewählt, jedoch nicht zu fern, weil sonst die Druckrohre zu lang und die Kosten für die Beförderung der Jauche zu hoch werden.

In einzelnen Häusern und ländlichen Siedelungen, wo die Fäkalien z. B. durch Eimer mit Torfstreu (s. S. 397) beseitigt werden, können die Hauswässer zu einfacher Berieselung von Garten- und Rasenflächen Verwendung finden; pro Person ist etwa 125 qm Gartenfläche, bei schwerem Boden mehr, erforderlich.

In Städten kommt die in üblicher Weise von gröberen Sink- und schwimmenden Stoffen befreite Kanaljauche in die Pumpstation und wird von dort mittels starker Dampfmaschinen in ein eisernes Druckrohr gehoben bis zu einem Auslaß, von wo die Jauche mit natürlichem Gefälle auf die Rieselfelder gelangen kann.

In Breslau übernimmt von der Ausmündung des Druckrohres an ein offener oder gedeckter Kanal die Weiterleitung der Jauche. Der Kanal liegt auf einem Damm, der die Rieselfelder um einige Meter überragt. Alle 400 m sind in dem Kanal Stauschützen angebracht, welche mittels einer Schraubenvorrichtung auf- und niedergezogen werden können. Von diesem Hauptzufuhrkanal aus gehen dann seitlich Kanäle ab auf die einzelnen Felder, und auch diese Abzweigungen können durch Stauschützen verschlossen werden.

Die Felder sind sorgfältig aptiert, sie sind gewöhnlich 80—90 m breit und 200—500 m lang, also Flächen von $1^1/_2$—4 ha. Sie zeigen eine doppelte Neigung, einmal der Länge nach mit einem Gefälle von 1 : 1000, zweitens von der in ihrer Mitte verlaufenden Längsachse nach den Seitenrändern zu mit einem Gefälle von 1 : 500. In der Längsachse liegt ein Graben, der wiederum von 50 zu 50 m mit Stauwehren versehen ist. Soll nun ein bestimmtes Feld berieselt werden, so werden zunächst im Hauptzufuhrgraben die Schützen bis zu dieser Stelle gezogen, hinter der Stelle geschlossen; die bis dahin vorhandenen seitlichen Abfuhrkanäle werden ebenfalls geschlossen, so daß die ganze Wassermasse sich nur in den einen Seitenkanal ergießt, der nach dem betreffenden Felde führt. In dem Graben dieses Feldes wird dann zunächst die erste Schütze geschlossen; der Graben füllt sich bald, läuft an den Seiten über und infolge der geschilderten Neigung des Terrains werden die beiden Seiten des vorderen Abschnitts des Feldes gleichmäßig überflutet. Dann wird die erste Schütze gezogen und die folgende niedergelassen: das Wasser dringt nun um so viel weiter im Graben vor und überflutet den nächsten Teil des Feldes, und so fort, bis das ganze Feld berieselt ist. Am Ende findet sich gewöhnlich ein sogenanntes Auslaßfeld, das tiefer liegt als die Sohle des Grabens und schließlich den Inhalt des Grabens aufnimmt.

Alle Felder sind durch Drainröhren drainiert, die in Abständen von 12 bis 25 m und am oberen Ende 1·3 m unter dem Niveau liegen. Sie münden in die Verzweigungen eines Entwässerungsgrabens, der schließlich das gesamte gereinigte Kanalwasser aufnimmt und dem Flusse mit natürlichem Gefälle zuführt.

Im Winter kann die Berieselung fortgesetzt werden, wenn das Kanalwasser in einem geschlossenen Kanal befördert wird, wo es hinreichend hohe Temperatur behält; andernfalls müssen große Staubassins angelegt werden, deren Boden nach der Entleerung bepflanzt wird.

Der Betrieb der Rieselfelder ist gewöhnlich in Händen eines Pächters. Gebaut werden teils Gras und Weiden, die im Frühjahr und Sommer berieselt werden müssen und ein dünnes Kanalwasser verlangen, ferner Gemüse, Rüben, Tabak, auch Raps und Getreide, deren Felder im Herbst und Winter mit konzentrierter Jauche berieselt werden.

Die Rieselfelder haben bisher überall, wo sie einigermaßen rationell betrieben wurden, gute Resultate ergeben. Nur da, wo die Drainage unterlassen oder mangelhaft angelegt war, stellte sich Versumpfung ein. Wo die Drainage vorschriftsmäßig ausgeführt und keine übermäßige Berieselung vorgenommen wurde, sind die Belästigungen unerheblich und der Geruch beschränkt sich auf den nächsten Umkreis der Rieselfelder.

Besondere Aufmerksamkeit hat man der Frage der Verbreitung von Infektionskrankheiten durch die Rieselfelder zugewendet.

Da in der Kanaljauche eine gewisse Anzahl von Infektionskeimen stets enthalten ist und da keine baldige Vernichtung derselben im Boden

erfolgt, so müßte man eigentlich erwarten, daß die Rieselfeldarbeiter, die doch in vielfache Berührung mit der frisch imprägnierten Erde kommen, Infektionen sehr ausgesetzt sind. Aber offenbar ist die Kanaljauche auch schon ehe sie auf die Rieselfelder kommt, nicht so gefährlich, als vielfach angenommen wird. Die Kanalarbeiter beschmutzen sich täglich mit Resten der Jauche oder der Sinkstoffe; die Arbeiter am Sandfang sind fortgesetzt den Berührungen mit Sinkstoffen exponiert; und doch wird auch unter dieser Kategorie von Arbeitern durchaus kein häufigeres Auftreten von Infektionskrankheiten beobachtet. Diese relative Unschädlichkeit des Kanalinhalts ist einmal auf die starke Durchmischung und Verdünnung des Inhalts zurückzuführen. Die einzelnen, konzentrierten Infektionsquellen sind in dem Chaos von harmlosen Bakterien und anderen körperlichen Elementen verteilt. Zweitens beruht die Ungefährlichkeit darauf, daß Berührungen der Schleimhäute nur in geringem Umfang und mit minimalen Bruchteilen des Kanalinhalts stattfinden. Daß trotzdem hier und da Infektionen vorkommen, ist natürlich nicht ausgeschlossen. Aber dieselben repräsentieren Kuriosa, die sich nicht gegen die hygienische Zulässigkeit der ganzen Anlage ins Feld führen lassen. Etwas anderes ist es, wenn ganze Bevölkerungen z. B. von einem mit der Kanaljauche hochgradig verunreinigten Wasser vielseitigen Gebrauch machen, wenn Arbeiter das Drainwasser trinken wollten usw. Dadurch würde eine so ausgiebige Berührung mit der Kanaljauche hergestellt werden, daß mit großer Wahrscheinlichkeit auch Infektionserreger aufgenommen werden könnten.

Eduardsfelder Verfahren. In Eduardsfelde bei Posen hat man einige Jahre hindurch den Grubeninhalt (nur Fäkalien) durch Besprengen von Ackerflächen nutzbar zu machen gesucht. Eine Druckluftleitung befördert die Massen von der Sammelgrube auf die Felder; an ihrem Ende befindet sich eine oberirdische tragbare Verteilungsleitung und ein langer Schlauch mit Mundstück. Das Besprengen wurde auch nach dem Aufgehen der Saat fortgesetzt (Kopfdüngung). — Das Verfahren ist unappetitlich, und Bedenken bezüglich der Verbreitung von Krankheitserregern lassen sich nicht unterdrücken, namentlich wenn städtische Kanalwässer versprengt werden. Ob durch letztere ebenso wie durch die in Eduardsfelde verwendeten Fäkalien landwirtschaftliche Erfolge erzielt werden können, ist fraglich. Ein Ersatz städtischer Rieselfelder durch das „Eduardsfelder System" läßt sich daher zurzeit kaum erhoffen; als Ergänzung von Rieselfeldern kann es hier und da in Betracht kommen.

3. Untergrundberieselung. Für einzelne Häuser bei lockerem Boden gut geeignet (vgl. S. 398). Das Abwasser (ohne Regenwasser) kommt nach dem Passieren von Gitter und Sandfang in einen zweikammerigen Faulraum, auf 10tägige Aufenthaltsdauer berechnet; von da in 50 mm weite Versickerungsstränge, die 0·3—0·5 m tief unter der Oberfläche in grobes Schottermaterial eingelegt sind; 1·5—2 m Abstand,

1 : 500 Gefälle. Pro Kopf ist 15—20 m Leitung und 20—30 qm Rieselfläche zu rechnen.

β) Künstliche biologische Verfahren. Wie oben betont wurde, ist der Effekt der Bodenfiltration und Berieselung sehr abhängig von der richtigen mechanischen Struktur des Bodens. Es liegt nahe, künstlich ein Material herzustellen, das den an eine biologische Reinigung zu stellenden Anforderungen in möglichst idealer Weise entspricht und dadurch die Leistungsfähigkeit der Kläranlage gegenüber den natürlichen Bedingungen außerordentlich zu steigern.

Nicht eigentlich zu den biologischen Verfahren, wohl aber zu denen, welche auch die gelösten Stoffe beseitigen, gehört Degeners Kohlebrei-Verfahren, das zur Absorption der fäulnisfähigen gelösten Stoffe Humussubstanzen benutzt,

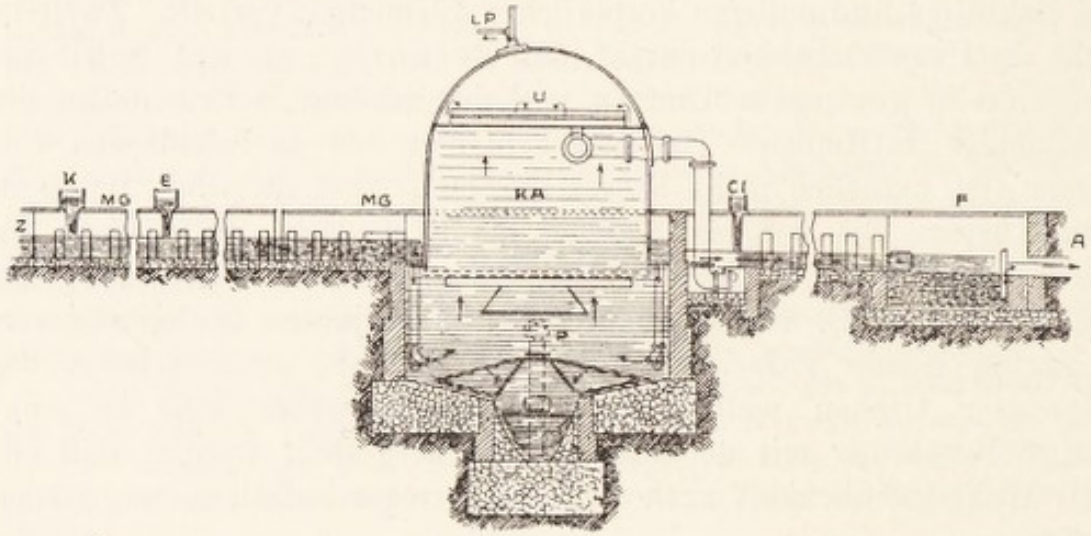


Fig. 110. Kohlebreianlage, schematisch.
Z Zufluß. *K* Kohlebreizusatz. *MG* Mischgerinne. *E* Zusatz von Fe-Salz. *LP* Zur Luftpumpe. *KA* Klärturm. *U* Überlauf. *Cl* Chlorkalkzusatz. *F* Filter. *A* Ablauf.

am besten in Form von feinpulveriger Braunkohle (weniger gut in Form von altem Torf). Die Kohle (Abfallkohle) wird gemahlen und als dünner Brei zugesetzt, $1^1/_2$—3 kg pro Kubikmeter. Danach werden Eisenoxydsalze zugesetzt (2—300 g pro Kubikmeter), welche mit den Humusstoffen unlösliche grobflockige Niederschläge geben, die alle feinen Schwebeteile der Jauche umhüllen. Darauf erfolgt die Scheidung des Niederschlags von der klaren Flüssigkeit außerordentlich vollständig im Rotheschen Turm (s. oben), wo das Abwasser nicht mehr als 1 mm pro Sekunde Durchflußgeschwindigkeit haben soll. Der Schlamm (20—30 Liter pro Kubikmeter) trocknet leicht und liefert keinen Gestank; er wird als Brennmaterial oder zur Herstellung von Gas verwendet. Die Reinigung ist sehr vollständig; von den suspendierten Stoffen werden 93%, von den gelösten organischen 65% beseitigt, die Oxydierbarkeit nimmt um 70—80% ab.

Man errichtet Oxydationskörper aus grobporigem Material; Koks in 7 mm großen Stücken, oder zerkleinerte Schlacken in Stücken von 3—7 mm; oder zerschlagene Ziegel werden zum Aufbau benutzt. Je größer die Oberfläche der Materialstücke, um so besser die Wirkung;

der Feinkörnigkeit sind jedoch durch die quantitativen Leistungen Grenzen gezogen. Der Oxydationskörper soll auf das Abwasser wirken a) durch Abfiltrieren von Schwebeteilchen, die ein Benetzungshäutchen (den „organischen Filz") auf den rauhen Oberflächen bilden. b) Durch Adsorption, die von der stark vergrößerten Oberfläche der Bröckchen ausgeht; zum Teil auch durch chemische Bindung. c) Durch gleichzeitige Adsorption von Sauerstoff, mit dessen Bindung kräftige Oxydation einsetzt. d) Durch Enzyme verschiedener Art. e) Durch Mikroorganismen, die auf Kosten der Abwässerstoffe wuchern; f) durch höhere Tiere, Würmer, Insekten, die sich am Verzehren der Stoffe oder der kleineren Lebewesen beteiligen.

Man unterscheidet zwei Arten von Verfahren:

Entweder erfolgt die Beschickung der Filter intermittierend (Stauverfahren). Das eingestaute Abwasser bleibt 1—2 Stunden im „Füllkörper"; dann wird das Abwasser abgelassen und die Poren des

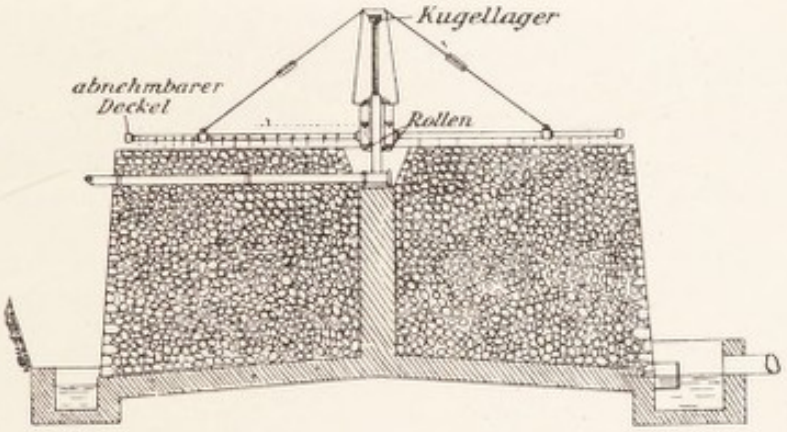


Fig. 111. Offener Tropfkörper mit Drehsprenger ($^1/_{100}$ nat. Größe).

Filters werden dabei mit Luft vollgesogen. Nach einigen Stunden kann wiederholte Beschickung erfolgen; doch leidet die Aufnahmefähigkeit des Filters durch zu rasche Folge.

Man baut entweder einstufige Filter mit 3—7 mm Korngröße, oder zweistufige und in diesen den Primärkörper mit 10—30 mm großem Korn und den Sekundärkörper mit 3—7 mm. Die Höhe soll nicht über 1 m betragen. — Wichtig ist eine gewisse Einarbeitung jedes Filters, die auf der Anhäufung organischer Stoffe von hohem Absorptionsvermögen beruht. Im Anfang ist der qualitative Reinigungseffekt immer gering; er bessert sich stetig, bis das Filter schließlich quantitativ im Stich läßt. Die Filterporen zeigen sich gegen Ende mit einem feinen Schlamm erfüllt, von dem das Filter durch Reinigung befreit werden muß, wenn der Porengehalt auf weniger als 25% gesunken ist.

Die an den absorbierten fäulnisfähigen Stoffen vor sich gehenden Verwesungsprozesse lassen sich nachweisen; es bilden sich Nitrifikationsprodukte, die bei längerem Verweilen im Kontaktkörper auch wieder zu salpetriger Säure und Stickstoff reduziert werden können.

Oder das Aufbringen des Abwassers geschieht kontinuierlich, indem man letzteres langsam durch das freistehende Filter hindurchsickern (tropfen) läßt, so daß stets gleichzeitige Einwirkung des Kontaktmaterials und des Luftsauerstoffs erfolgt (Sprinkler- oder Tropfverfahren, Tropfkörper). Gröberes Filtermaterial; das gleiche Volum reinigt dreimal so viel Abwasser als beim Stauverfahren; Raumersparnis; geringere Baukosten. Die Verteilung des Abwassers geschieht durch ein gelochtes Rohr (Sprenger, Sprinkler, meist automatisch beweglich, wie die bekannten Rasensprengapparate), oder durch Kipptröge, die sich automatisch in kurzen Perioden entleeren, dann durch Furchen, Horden u. dgl.; oder durch Überlaufrinnen; oder im obersten Teil befindet sich eine feinere Deckschicht in Form einer flachen Schale. Aufbau

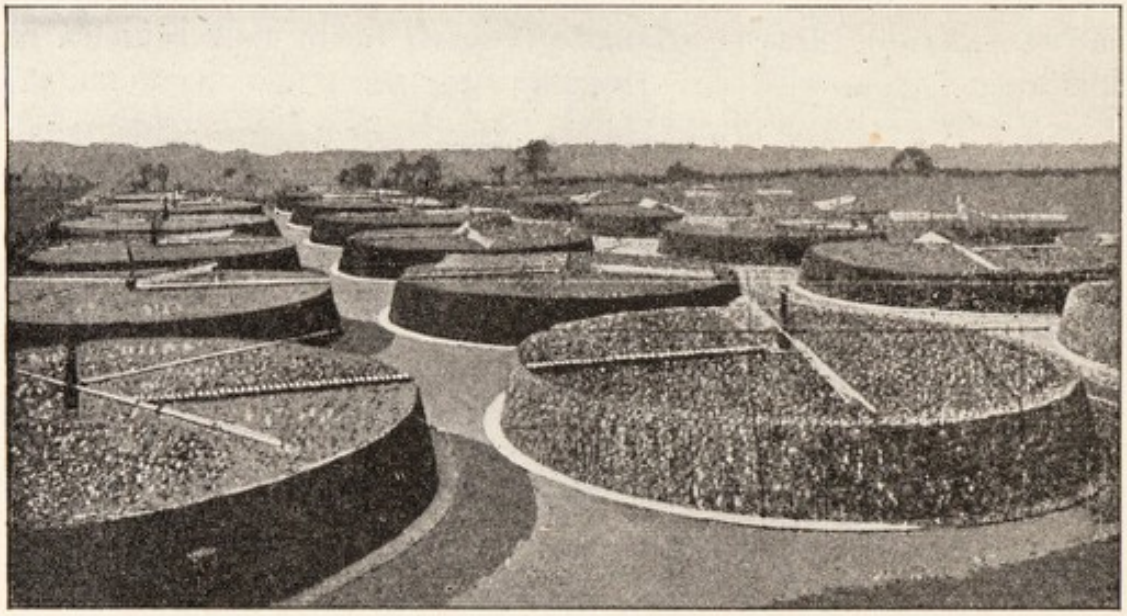


Fig. 112. Ansicht der Wilmersdorfer Tropfkörper (in Stahnsdorf bei Berlin).

z. B. zu unterst 40—100 cm kindskopfgroße Stücke, dann 10 cm gänseeigroße, dann 10 cm solche von 10—30 mm Korn usw. Am Ende ein Absitzbecken, um die geruchlosen, braunen Schlammteilchen des gereinigten Wassers abzufangen. Auch hier sind Schlammfänge und andere Einrichtungen zur mechanischen, eventuell auch chemischen Vorklärung anzubringen. Die Reinigung im Oxydationsfilter geht um so besser von statten, eine je gleichmäßigere und homogenere Flüssigkeit die aufgebrachten Abwässer darstellen. Erfolgt die Vorreinigung durch Schlammfänge, Gitter u. dgl., so sind die Oxydationskörper ein und mehrere Male im Jahre zu reinigen, erfolgt sie durch Klärbecken oder Faulräume, so geht der Betrieb mehrere Jahre fort. Ist ein Faulraum vorgeschaltet, so ist übrigens die Geruchsentwickelung stärker und die Reinigung im Filter etwas unvollkommener. — Wie bedeutend die Raumersparnis

durch die künstlichen biologischen Verfahren ist, erhellt daraus, daß 1 ha Rieselfeld das Abwasser von 500 Menschen reinigt, 1 ha Staufilter dagegen das von 50000, 1 ha Tropffilter sogar das von 200 000 Menschen herrührende Abwasser (ohne Vorreinigung usw.).

Als Beispiel einer modernen Tropfkörperanlage möge die Abwässerreinigung für Wilmersdorf (mit Anschluß von Zehlendorf, Teltow usw.) dienen (Fig. 112), die zunächst für 200000 Menschen, bzw. 20000 cbm Abwasser pro Tag (etwa 75% nach dem Trennsystem, 25% nach dem Mischsystem kanalisiert) bestimmt ist. Im ganzen sind 67 ha Terrain verfügbar, davon sind jetzt 12 ha bedeckt. Die Tropfkörper haben 2·5 m Höhe, 20 m Durchmesser, 750 cbm Inhalt; ein Körper reicht für 3700 Menschen, also für je 1 cbm Abwasser 2 cbm Tropfkörper; sie sind aufgebaut aus Schmelzkoks von Faust- bis Kopfgröße. Oben befindet sich ein rotierender Sprinkler mit 10 mm weiten Löchern. — Zur Vorreinigung dienen 6 Schlammbecken (für je 1 cbm Abwasser 0·5 cbm); zur Nachreinigung wieder 6 Becken (für 1 cbm Abwasser 0·25 cbm) und dann noch 28000 qm Sandfilter, die in diesem Falle zugefügt sind, weil der Rezipient nur ein Feldgraben ist, der schließlich in den Teltowkanal mündet. Für den Schlamm sind 13 Schlammablagerungsbecken vorgesehen. — Belästigung durch Geruch ist gering, stärker durch Psychodafliegen, die im Sommer bis 150 m von der Anlage störend werden.

Eine vollständige Beseitigung der Bakterien und Krankheitserreger erfolgt durch keines der letztbeschriebenen Systeme hinreichend vollständig. Ist eine solche erforderlich, so muß dauernd oder zeitweise eine gesonderte Desinfektion der Abwässer erfolgen, und zwar ist diese stets bei den bereits geklärten Abwässern zu applizieren (vgl. Fig. 110), da in diesen die Krankheitserreger mit viel geringeren Mengen von Desinfizientien abgetötet werden, als in der ungeklärten Jauche. Die Desinfektion soll nicht einer Sterilisierung gleichkommen und alle Spuren von Saprophyten vernichten; sondern es genügt, wenn nach der Desinfektion Repräsentanten der Koligruppe nicht mehr lebensfähig sind. In vielen Fällen wird es außerdem genügen, wenn nur zeitweise, zu Epidemiezeiten und bei Abwässern bestimmter Gebäude, z. B. der Krankenhäuser, eine Desinfektion der Abwässer verlangt wird. — Als bestes und billigstes Desinfiziens ist Chlorkalk ermittelt; 0·1 Promille bei 15 Minuten langer Einwirkung reicht für gut geklärte Jauche aus; nur muß mit Rücksicht auf die Fische, die gegen Chlor sehr empfindlich sind, unter Umständen eine Neutralisierung mit Eisenvitriol auf die Desinfektion folgen. Der Preis für beide Chemikalien beträgt pro 1 cbm etwa 2·3 Pf.

Über die Kosten der verschiedenen Systeme zur Entfernung läßt sich sehr schwer eine Vergleichung aufstellen. Anlagekosten, Betriebskosten, inkl. der Kosten der Schlammbeseitigung, der Platzbedarf für die Reinigungsanlagen, die Regelung der Vorflut kommen dabei in Betracht. Oft liefert die Rechnung für die ersten Betriebsjahre günstige Ergebnisse und erst später ergeben sich Schwierigkeiten, deren Beseitigung viel Unkosten verursacht. Städte an großen

Wasserläufen und guten Vorflutverhältnissen sind von vornherein günstiger daran; müssen in anderen Städten auch die gelösten Stoffe beseitigt werden, so erwachsen daraus neue Kosten. Nach KRUSE darf man in Ansatz bringen pro Kopf der Bevölkerung und Jahr für:

Berieselung	1·3 bis 2·5 Mk.		
Oxydationsverfahren	0·8 „ 2·50 „	(ohne Faulraum)	
Chemische Klärung.	0·5 „ 1·8 „	(ohne Schlammbeseitigung)	
Mechanische Klärung	0·3 „ 0·45 „	(„ „ „)	
Schlammbeseitigung	0·1 „ 0·7 „		
Desinfektion	0·1 „ 0·8 „		

5. Beseitigung gewerblicher Abwässer.

Gewerbliche Abwässer verunreinigen häufig die Flußläufe und gelegentlich auch das Grundwasser. Sie enthalten teils mineralische Gifte, teils große Mengen organischer fäulnisfähiger Stoffe, teils Kontagien.

Mineralische Gifte finden sich z. B. in den Abwässern von Zinkblende- und Schwefelkiesgruben (Zinksulfat, Schwefelsäure), von Drahtziehereien (Schwefelsäure, Eisensulfat, Kalk), von Sodafabriken (Kalk, Arsen, Schwefelwasserstoff, Kalziumsulfid, Natriumsulfid), der Kaliindustrie (namentlich Chlormagnesium), von Chlorkalkfabriken (Salzsäure, Arsen), von Schnellbleichen (Chlorkalk), von Färbereien (Kupfer-, Blei-, Antimon-, Arsenverbindungen), von Gerbereien (Kalk-, Arsenverbindungen).

Große Mengen organischer, fäulnisfähiger Stoffe liefern in ihren Abwässern die Stärkefabriken (1—4 g organische Stoffe in 1 Liter), Leimsiedereien (ca. 2 g o. St. in 1 Liter), Bierbrauereien (1 g o. St. in 1 Liter), Zuckerfabriken (2—3 g feste Bestandteile, 0·3 g o. St. in 1 Liter), Papierfabriken (1—4 g o. St.), Sulfit-Zellulosefabriken (außerordentlich große Mengen o. St., außerdem Kaliumsulfit), Wollwäschereien (bis 30 g o. St.), Tuchfabriken und Färbereien (oft intensive Färbung des aufnehmenden Wassers), Gerbereien, Schlachthäuser.

Kontagien können enthalten sein in den Abwässern der Zubereitungsanstalten für Tierhaare, der Schlächtereien und Gerbereien.

Schwere Gesundheitsschädigung der Anwohner kann von mineralischen Giften ausgehen. Arsenhaltige Abwässer bzw. feste Abfälle der Anilinfarbenfabriken und der Gerbereien (falls hier Arsenverbindungen zum Enthaaren benutzt werden), haben mehrfach zu chronischer Arsenvergiftung der Umwohner mit zum Teil tödlichem Ausgang geführt. Die Verbreitung kann dabei nicht nur durch Bäche und Flüsse erfolgen, sondern bei grobporiger Beschaffenheit der wasserführenden Bodenschichten auch durch Grundwasserbrunnen, vgl. S. 134.

Am sinnfälligsten ist die Verunreinigung der Bäche und Flüsse durch schlammbildende, färbende und fäulnisfähige Stoffe. Wie bereits oben betont wurde, kommen die extremsten Grade von Flußverunreinigung nicht sowohl durch städtische Abwässer, als vielmehr durch Industrieabwässer zustande. Verpestender Geruch geht von solchen Flüssen auf weite Entfernungen aus und belästigt die in der Nähe an-

gesiedelten Menschen; der Lauf des Wassers wird durch die Schlammablagerung und die Verpilzung der Oberfläche immer mehr gehemmt; jede Benutzung des Wassers ist durch seine Trübung, seine Farbe und seinen Gestank unmöglich geworden; die Fischzucht wird geschädigt oder muß völlig aufhören.

Eine Reinigung der Industrieabwässer vor dem Einlauf in die Flüsse ist daher fast stets erforderlich. Die schwierige Frage ist nur, bis zu welchem Grade eine solche Reinigung verlangt werden soll. Die Industrie kann der Flüsse als natürlicher Rezipienten ihrer Abwässer nicht entbehren, und vollständige Reinigung der letzteren ist gewöhnlich nur mit einem Kostenaufwand zu leisten, den die Industrie nicht tragen kann.

Nach der geltenden Rechtsprechung kann auch der Unterlieger nicht ein völliges Reinhalten des Flußlaufs seitens der Oberlieger verlangen. Es wird vielmehr nur der Grundsatz festgehalten, daß die in einen Fluß geleiteten Abwässer „nicht über das Gemeinübliche hinaus" verunreinigt sein dürfen. Summieren sich im Lauf eines Flusses zahlreiche vorschriftsmäßig gereinigte Fabrikabwässer, so kann doch die Verunreinigung des Flußwassers so hochgradig werden, daß dieses für mancherlei Zwecke nicht mehr verwendbar ist; ein Einspruch des Unterliegers ist dann aber nicht begründet.

Wann sind nun Abwässer einer Fabrik noch als rite gereinigt anzusehen, wann als über das Gemeinübliche verunreinigt?

Unbedingt sollen alle suspendierten, verschlammenden Teile der Abwässer beseitigt sein, so daß die Abwässer an der Einlaufstelle klar und durchsichtig erscheinen. Dies ist durch die oben beschriebenen mechanischen und chemischen Klärmethoden relativ leicht zu erreichen. Hintereinander angebrachte Klärteiche und Klärgruben mit Zusätzen von Tonerde- oder Eisensalzen pflegen das Erforderliche zu leisten (Verfahren von Liesenbers, Hulva u. a.) und haben gegenüber den industriellen Abwässern leichteren Erfolg wie gegenüber den sehr variabeln städtischen Abwässern.

In vielen Fällen genügt aber die Klärung der Abwässer allein nicht. Gelangen sie in kleine und langsam fließende Wasserläufe, so zeigt sich in diesen oft dennoch stinkende Fäulnis und eine solche Verpilzung des Wassers, daß dadurch eine Hemmung des Abflusses und Ablagerung von faulenden festen Massen entstehen kann.

Um auch die löslichen Bestandteile der Abwässer so weit zu vermindern, daß keine sinnfällige Fäulnis und keine Verpilzung des Wasserlaufs mehr eintreten kann, müssen die oben aufgeführten Mittel: Berieselung, Bodenfiltration, Oxydationsverfahren zur Anwendung kommen.

In vielen Betrieben ist damit in der Tat ausreichende Wirkung erzielt. Der Bodeneinfluß versagt aber zuweilen, z. B. bei den Zuckerfabriken, so daß kompliziertere Verfahren nötig werden.

6. Untersuchung der Abwässer.

Um den Effekt einer Reinigungsanlage und die Einwirkung eines Abwassers auf den Vorfluter zu beurteilen, sind zu verschiedenen Zeiten Proben des ungeklärten und des geklärten Abwassers, sowie Proben aus dem Rezipienten vor und nach Einlauf des geklärten Wassers zu entnehmen. Mit den Probenahmen ist eine sorgfältige Prüfung auf sinnfällige Änderungen zu verbinden. Mit den Proben ist anzustellen:

a) eine Vorprüfung. Die Durchsichtigkeit ist anzugeben in der Schichthöhe in Zentimetern, durch die Snellen 1 noch gelesen werden kann. — Der Geruch wird sofort, aber auch nach achttägigem Verweilen bei 26° oder zweitägigem bei 37° festgestellt.

b) Chemische Untersuchung.

α) Bestimmung der Oxydierbarkeit mit Kaliumpermanganat (wie beim Trinkwasser). Ein Abwasser ist der stinkenden Fäulnis nicht mehr fähig, wenn die Oxydierbarkeit um 60—65% abgenommen hat.

β) Methylenblauprobe. Aus einer alkoholischen konzentrierten Lösung von Methylenblau-B. (Kahlbaum) wird eine 0·05%ige wäßrige Lösung hergestellt. Davon gibt man 0·3 ccm auf den Boden eines 50 ccm-Fläschchens, das man mit dem unfiltrierten Abwasser ohne Luftblasen ganz füllt und verschlossen bei 28—37° hält. Ist nach 6 Stunden die Farbe erhalten, so ist die Reinigung genügend, andernfalls Entfärbung durch H_2S oder Bakterien.

γ) Bleipapier, in die geschlossene Flasche eingehängt, soll nach 2 bis 7 Tagen bei 37° noch keine Bräunung zeigen.

δ) Carosche Reaktion auf H_2S und gebundenen S, sofort und nach 2 Tagen bei 37°, ergibt Blaufärbung durch Bildung von Methylenblau (Carosches Reagens = Mischung von 1 g Paraamido-dimethylanilin + 300 HCl vom spez. Gew. 1·19 + 100 ccm 1%ige Fe_2Cl_6-Lösung. In brauner Flasche aufbewahren!)

c) Mikroskopische Untersuchung des mittels Planktonnetz entnommenen Wassers. Das Auftreten bestimmter pflanzlicher und tierischer Lebewesen bietet dem geübten Beobachter (aber auch nur diesem!) wertvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung des Verunreinigungsgrades eines Oberflächenwassers (Kolkwitz). Im allgemeinen läßt sich sagen, daß in unreinem Wasser Würmer, Insektenlarven, reichlich Protozoen, und zwar die S. 143 besprochenen Poly- und Mesosaprobier, ferner Blaualgen, gewisse Wasserpilze und zahlreiche Bakterien vorkommen; in reinem Wasser Schnecken, Muscheln, Flohkrebse, Diatomeen, grüne Algen, von Protozoen einige Oligosaprobier, Bakterien.

Besonders wichtig sind gewisse Wasserpilze, weil sie an den Verpilzungen der Wasserläufe beteiligt sind. — In reinem Wasser (auch Trinkwasser, Leitungsröhren) kommen vor Leptothrix, Crenothrix; in Wasser und in gestandenem (nicht frischem) Abwasser Cladothrix; in mäßig verunreinigtem Abwasser Leptomitus lacteus; bei stärkerer Verunreinigung Beggiatoa alba und Sphaerotilus natans.

1. Leptothrix. 1—2 μ dicke Fäden mit zarten Scheiden. Häufig ist eine auf Wasserpflanzen parasitierende Art; eine andere mit Ockereinlagerung in die Scheiden (Fig. 113).

Fig. 113. Leptothrix nach MEZ. 750 : 1.

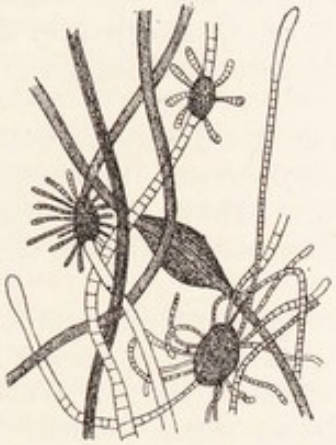


Fig. 114. Kleine Rasen von Crenothrix polyspora nach F. COHN. 350:1.

Fig. 115. Cladothrix dichotoma. 500:1.

Fig. 117. Beggiatoa alba nach WINOGRADSKY. 600:1. 1. Mit Schwefelkörnern, 2. Faden, der seinen Schwefelinhalt verbraucht hat, mit deutlichen Scheidewänden.

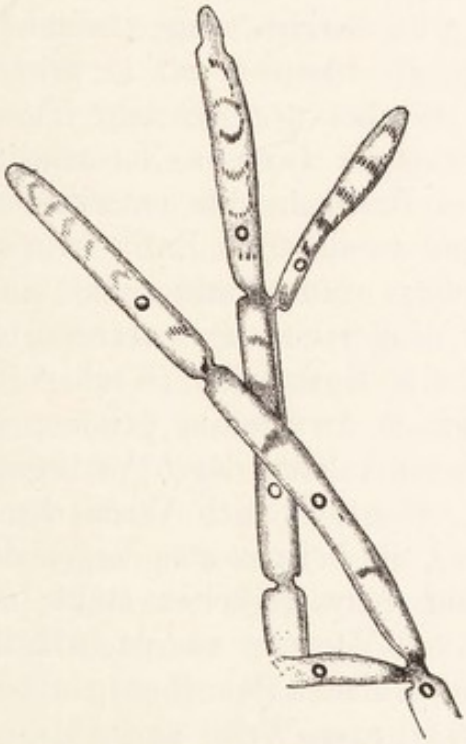


Fig. 116. Leptomitus lacteus nach MEZ. 150:1.

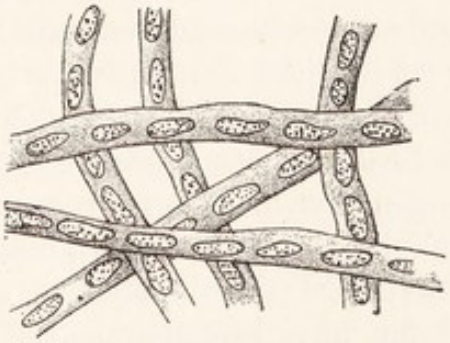


Fig. 118. Sphaerotilus natans nach MEZ. 1000:1.

2. Crenothrix. Fäden 2—7 μ dick, an festem Substrat haftend. Der Inhalt der Fäden teilt sich innerhalb der umgebenden Scheide in kurze Querstücke, und diese zerfallen in kleinere runde Segmente; aus solchen kugligen Elementen können neue Fäden hervorwachsen. — Häufig in Brunnen und Wasserleitungsröhren, wenn das Wasser eisen- oder manganhaltig ist. (Fig. 114. Vgl. S. 133.)

3. Cladothrix. Fäden bis 2 μ dick, charakterisiert durch falsche Astbildung; zwei in ihrem Verband gelockerte Fadenteile wachsen jeder für sich weiter. (Fig. 115.)

4. Leptomitus lacteus; ein zu den Oomycetes gehöriger Pilz. Dem vorigen makroskopisch ähnlich. Weiße bis rötliche und schwarzgraue Rasen oder Häute. Entwickelt sich ausschließlich im Winter. Fäden viel dicker wie bei Sphaerotilus, bis 45 μ, mit Einschnürungen und scheibenförmigen, stark lichtbrechenden Cellulinkörnern. (Fig. 116.)

5. Beggiatoa alba (s. Fig. 117). Feiner, kurzfaseriger, weißlichgrauer Belag, der vorzugsweise den schlammigen Boden überzieht; in wenig bewegtem Wasser, Klärteichen; erzeugt Schwefelwasserstoff. Meist gleichzeitig intensive stinkende Fäulnis, Trübung des Wassers durch schwarzen Schlamm, der Schwefeleisen enthält.

6. Sphaerotilus natans (Fig. 118). Weißgelbliche oder graue schleimige Massen, in starkfließendem Wasser am reichlichsten. Bedarf starker Sauerstoffzufuhr, wuchert vorzugsweise im Winter; im Sommer nur an Wehren, Mühlrädern usw. Die Pilzrasen entwickeln einen widerlich süßen Geruch. Verhältnismäßig zarte, 2—3 μ dicke lange Fäden aus kurzen, in farblose Scheiden eingeschlossenen Zellen bestehend.

7. Der Kehricht und die Tierkadaver.

Der trockene Kehricht (Hauskehricht oder Hausmüll und Straßenkehricht) wird selbst in Städten, welche im übrigen ausgezeichnete Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe besitzen, oft in primitiver und rücksichtsloser Weise beseitigt. Da aber der Kehricht immerhin noch infektiöse Mikroorganismen beherbergen kann, so ist eine nicht zu sorglose Behandlung namentlich des Hauskehrichts entschieden indiziert; es ist auf gedeckte Behälter und vorsichtiges Entleeren (event. unter Anfeuchtung) zu achten. Neuerdings sind verschiedene „Kastenwagensysteme“ und Verfahren, die auf dem Sammeln in transportabeln Säcken und Kästen, mit Trennung in 3 Kategorien (Küchenabfälle, Scherben, Asche und Kehricht) beruhen, in Anwendung gekommen. — Die schließliche Zerstörung erfolgt am radikalsten durch Verbrennung, die in England vielfach eingeführt ist, eventuell nach Vermischen mit dem Schlamm der Kläranlagen (s. oben), die bei uns aber wegen der zu geringen Menge verbrennbarer Teile auf Schwierigkeiten stößt; event. Zumischung von Kohle (Hamburg). Auch Versuche zur nachträglichen Sortierung, Düngerherstellung usw. sind gemacht (München); in Leipzig sind die unverbrennbaren Teile in praktischer Weise zur Anlage von „Scherbenbergen“ verwendet.

Tierkadaver und nicht verwendbare Teile von Schlachttieren werden nach der Abdeckerei geschafft.

Das Material der Abdeckereien bilden: 1. Die ganzen Kadaver der an Milzbrand, Rotz, Wut, Rinderpest, Rinderseuche, Rauschbrand, Pyämie usw. (vgl. S. 247) gestorbenen Tiere. Diese dürfen nach veterinärpolizeilicher Vorschrift nicht abgehäutet sein. 2. Die von Haut und Klauen befreiten Kadaver von Tieren, die an ausgebreiteter Tuberkulose erkrankt waren, oder in denen Finnen und Trichinen gefunden sind. 3. Kranke Organe von sonst noch verwertbaren Schlachttieren, z. B. Lebern mit Echinokokken, perlsüchtige Lungen, Karzinome, Actinomycesgeschwülste usw. 4. Alles konfiszierte faule und verdorbene Fleisch verschiedenster Herkunft. 5. Schlachtabfälle von gesunden und kranken Tieren, — zusammen jedenfalls eine Masse äußerst gefährlichen Materials. Sehr leicht können Infektionsstoffe wieder zum Menschen gelangen dadurch, daß Teile der Kadaver nachträglich verwertet werden. Namentlich sucht der Abdecker die Häute und Haare zu verkaufen, und es sind hierdurch schon viele Gerber, Wollarbeiter, ferner Roßhaararbeiter, Tapezierer, Bürstenfabrikanten usw. an Milzbrand und Rotz erkrankt. — Ferner kann eine Verbreitung von Keimen durch die Utensilien und Gerätschaften des Abdeckers, und bei ungenügender Verwahrung der Kadaver durch Insekten (Fliegen und Bremsen) stattfinden. — Die Abdeckereien belästigen außerdem die Anwohner oft auf sehr große Entfernungen hin durch üblen Geruch, der namentlich dann auftritt, wenn größere Mengen von Knochen und Häuten langsam an der Luft getrocknet werden.

Da, wo kein öffentliches Schlachthaus und kein Schlachtzwang besteht, gibt es viele heimliche, sogenannte Winkelabdeckereien, die unter dem Namen der Pferdeschlächterei oder Wurstschlächterei gefallenes Vieh aller Art schlachten und verarbeiten. Zuweilen verbergen sich solche Abdeckereien auch unter der Firma einer Leimsiederei, Dünger- oder Seifenfabrik.

Eine Regelung des Abdeckereiwesens und eine völlige und rasche Vernichtung oder sichere Beseitigung der nach der Abdeckerei geschafften Kadaver muß unbedingt verlangt werden. Dies kann geschehen 1. durch tiefes Vergraben an gesicherten Plätzen in mindestens 3 m Tiefe unter reichlichem Zusatz von Ätzkalk namentlich zu den etwa beschmutzten oberflächlichen Bodenschichten; 2. durch Verbrennen in besonders konstruierten Öfen (z. B. Koris Verbrennungsofen). Bei beiden Verfahren findet aber keinerlei Verwertung der Kadaver statt; diese ist bis zu einem gewissen Grade möglich, wenn 3. das Material einer trockenen Destillation mit Auffangen der Produkte unterworfen wird; und noch vollkommener, wenn 4. die Kadaver in besonderen Apparaten mit heißem Wasserdampf behandelt werden. Dies geschieht in sogenannten Digestoren, großen Papinschen Töpfen, in welchen die Kadaver ca. 10 Stunden lang Dampf von mehreren Atmosphären Spannung ausgesetzt werden. Nach beendetem Kochen werden Fett und Leimwasser abgelassen; der Rückstand wurde früher herausgenommen, an der Luft getrocknet und schließlich zu Dungpulver verarbeitet. Da hierbei starke Gerüche auftraten, wird in den neueren Konstruktionen (Kafill-Desinfektor von Rietschel & Henneberg, Hartmannscher Apparat und Podewils'

Apparat) der Rückstand gleich im Digestor in trockenes Pulver verwandelt, indem der Dampf schließlich in einen den inneren Zylinder umgebenden Mantelraum eingelassen wird und den Zylinder von außen erhitzt, während innen Luft zutritt. Die Apparate finden am besten in gehörig separierten Teilen des Schlachthofs ihre Aufstellung; der weitaus größte Teil des zu vernichtenden Materials kann dann an Ort und Stelle bleiben.

Ist ein Transport der Kadaver nötig, so müssen die Karren völlig dicht sein und jedes Durchsickern von Blut usw. muß vermieden werden. Zu empfehlen ist ein Einhüllen der Kadaver in Tücher, welche mit Karbolsäure oder Sublimatlösung angefeuchtet sind.

Literatur. König, Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Auflage, 1899. — Weyl, Brix, Zahn u. a., Die Städtereinigung in Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., 1914. — Dunbar u. Roechling, Verh. d. Ver. f. öff. Ges., 1898. — Gärtner u. Herzberg, ibid. 1897. — Lübbert, Zusammenfassende Artikel im „Ges. Ingenieur" 1909 ff. — Schmidtmann, Viertelj. f. ger. Med. u. öff. San., Supplementhefte 1898 u. 1900. — Dunbar, Zirn, Proskauer u. a. in Viertelj. f. ger. Med. u. öff. San., letzte Jahrgänge. — Dunbar, Leitfaden für die Abwässerreinigungsfrage, 1907. — Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin. Berlin 1903 u. folgende Jahre. — Thumm, in Handb. der Hygiene von Rubner, v. Gruber u. Ficker, 1911. — Für Untersuchung: Kolkwitz, ebenda. — Farnsteiner, Buttenberg u. Korn, Leitfaden für die chemische Untersuchung von Abwasser 1902. — Thumm, Abwasserbeseitigung bei Einzel- u. Gruppensiedelungen; u. Sperber, Erfahrungen über Müllverbrennung, beides in: „Bericht über die 38. Vers. (1913) des Deutsch. Ver. f. öff. Ges.pflege".

VIII. Leichenbestattung.

Die Leichenbestattung erfolgt bei den heutigen Kulturvölkern fast ausschließlich durch Begraben.

In der beerdigten Leiche tritt zunächst Fäulnis durch Fäulnisbakterien (hauptsächlich Anaëroben) ein, die namentlich vom Darm her einwandern. Demnächst beteiligen sich tierische Organismen, Larven verschiedener Fliegenarten, und zwar namentlich eine kleine 2—3 mm lange Fliegenlarve, deren leere gelbbraune Puppenhüllen sich oft zu Milliarden in den Särgen finden. Dieselben tragen sehr energisch zur vollständigen Zerstörung und Oxydation der organischen Stoffe bei; durch die lebende tierische Zelle kommt es zu einer der Verwesung gleichen Zerstörung organischer Substanz. — Die tierischen Organismen bedürfen einer gewissen Feuchtigkeit, reichlichen Luftzutritts und einer relativ hohen Temperatur; wo diese fehlen, beteiligen sie sich nicht an der Verwesung.

Die stinkende Fäulnis dauert etwa 3 Monate, selten länger; durch die Kleidung wird sie zuweilen beträchtlich verzögert, nicht dagegen

durch den Sarg, der im Gegenteil die Meteorwasser abhält, die dichte Umlagerung der Leiche mit feuchten Bodenschichten hindert und statt dessen einen gewissen der weiteren Zersetzung förderlichen Luftraum garantiert.

Im Wasser und ebenso in einem nassen, Grundwasser führenden Boden tritt zunächst raschere Fäulnis ein, bei welcher fast ausschließlich Anaëroben in Aktion treten. Eine zweiwöchentliche Wasserleiche ist in der Zersetzung etwa so weit vorgeschritten, wie eine achtwöchentlich begrabene Leiche. Später kommt es aber unter solchen Verhältnissen zu einem Stillstand der Zersetzung und oft zur Leichenwachsbildung.

In einem mäßig trockenen, grobporigen Boden von nicht zu hoher Schicht findet die reichlichste Beteiligung der tierischen Organismen und damit möglichst schnelle und vollständige Verwesung der Leiche statt. In Kies- und Sandboden sind Kinderleichen etwa nach 4 Jahren, die Leichen Erwachsener nach 7 Jahren, im Lehmboden nach 5 bzw. 9 Jahren bis auf Knochen und amorphe Humussubstanzen zerstört.

Unter Umständen nimmt die Zersetzung der Leichen im Boden einen abnormen Verlauf; besonders dann, wenn durch irgendwelche Einflüsse die Beteiligung der erwähnten tierischen Organismen ausgeschlossen ist. Es kommt so entweder zur Mumifikation. Die Leichen sind dann in eine trockene, schwammige, strukturlose Masse verwandelt, die leicht zu Staub zerfällt. Oft sind die Formen scheinbar vorzüglich erhalten.

Mumifikation tritt ein nach Phosphor-, namentlich aber nach Arsenik- und Sublimatvergiftung; ferner infolge gewisser lokaler Verhältnisse des Friedhofs, nämlich großer Trockenheit, starker Durchlüftung oder zu niederer Temperatur des Bodens, so daß sich die tierischen Organismen gar nicht und die Fäulnisorganismen nur bis zu einem gewissen Grade an der Verwesung beteiligen. Man findet die Mumifikation z. B. im Wüstensand, ferner im Kirchhof des St. Bernhard-Hospizes und in tiefen Klostergrüften, dort infolge der Trockenheit, hier infolge der Kälte.

Oder es kommt zur Adipocire-(Leichenwachs-)Bildung. Die Leichenteile werden, nachdem eine kurze Zeit Fäulnis bestanden und die meisten Eingeweide zerstört hat, ganz oder teilweise in eine grauweiße, homogene, leicht zerbröckelnde Masse verwandelt, die auf der Schnittfläche Fettglanz zeigt, sich fettig anfühlt, in der Hitze schmilzt und fast geruchlos ist. Oft ist dieselbe so fest, daß sie beim Anstoßen tönt. Die äußere Körperform ist oft wunderbar erhalten, in Haut, Muskeln und Knochen lassen sich mikroskopisch noch Reste der Textur erkennen. Ferner ahmt die Fettsubstanz oft geradezu die Form der betreffenden Texturelemente nach. Chemisch scheinen teils Cholesterin, teils Ammoniak- und Kalkseifen der höheren Fettsäuren, teils freie Fettsäuren vorzuliegen.

Woher das Leichenwachs stammt, ist noch nicht völlig klargestellt; einige Forscher behaupten, es erleide das Fett der Leiche eine eigentümliche Umwandlung, während die Eiweißsubstanzen verschwinden. Andere folgern namentlich aus den mikroskopischen Untersuchungen, daß wirklich eine Fett- und Seifenbildung aus Eiweiß bei der Leichenwachsbildung beteiligt ist.

Auch die Adipocirebildung scheint nur dann einzutreten, wenn die normalerweise wirksamen Organismen, besonders die tierischen, in ihrer Funktion gehemmt sind, und zwar namentlich, wenn dies infolge von Luftmangel geschieht. Daher findet man die Leichenwachsbildung bei Wasserleichen, in nassem Tonboden, in Zementgruben, in hermetisch schließenden Särgen, ferner in alten, stark benutzten und offenbar undurchlässig gewordenen Begräbnisplätzen.

Übt ein Kirchhof, in welchem die Verwesung der Leichen in der geschilderten Weise vor sich geht, irgendwelchen gesundheitnachteiligen Einfluß auf die Anwohner aus? Früher hatte man in dieser Beziehung übertrieben schlimme Vorstellungen. Eine Reihe von Krankheiten sollte von den Kirchhöfen aus übertragen werden und die Leichengase sollten eine starke Belästigung und Gesundheitsgefahr für die Anwohner bedingen. Dementsprechend sind früher sehr rigorose Vorschriften über den Abstand der Wohnungen von Kirchhöfen erlassen worden; noch heute wird in Frankreich ein Abstand von 100 m gefordert.

Es handelt sich indes bei der Leichenzersetzung um eine einfache Fäulnis und Verwesung organischer Substanz, und zwar ist der Umfang dieses Prozesses bei geregeltem Kirchhofsbetrieb ein relativ geringer und die Zersetzung verläuft so allmählich, daß unmöglich Schädigungen oder Belästigungen daraus resultieren können. Irgendwelche spezifische giftige Leichengase werden nicht gebildet. Ein übler Geruch macht sich nur in Massengrüften geltend, wie sie in London, Paris, Neapel früher vorkamen, in welche in kurzen Zwischenräumen große Mengen von Leichen eingelagert wurden. Sobald jedoch die Bestattung in einigermaßen geordneter Weise vorgenommen wird, können riechende Zersetzungsgase nicht bemerkbar werden, zumal die Hauptmasse derselben durch den Boden absorbiert wird. Diese Absorption ist eine so vollständige, daß selbst beim Ausgraben der Leichen fast niemals ein Geruch wahrzunehmen ist.

Infektionen kommen von den begrabenen Leichen aus nicht leicht zustande. Die meisten Infektionserreger bleiben, wie experimentell nachgewiesen ist, in der Leiche nicht lange lebensfähig, sondern gehen unter dem Einfluß der wuchernden Saprophyten binnen wenigen Tagen oder Wochen zugrunde. Einige Infektionserreger können sich freilich länger am Leben halten; so können virulente Tuberkelbazillen noch nach Monaten, vielleicht sogar nach Jahren, in begrabenen Leichen nachgewiesen werden; auch Typhusbazillen sind ziemlich resistent. Für alle diese Erreger ist aber, wie oben (S. 124) ausgeführt wurde, ein Herausgelangen aus der Tiefe des Grabes an die Bodenoberfläche nicht möglich, es sei denn in seltensten Fällen durch Vermittlung von Tieren wie Ratten, Maulwürfen u. dgl. — Damit stimmt überein, daß in der Tat keinerlei

gut beglaubigte statistische Belege für eine höhere Morbidität oder für eine gesteigerte Frequenz infektiöser Erkrankungen unter den nahe an Kirchhöfen wohnenden Menschen vorliegen.

Zuweilen kann durch die Verwesungsprodukte eine Verunreinigung des Grundwassers erfolgen. Bei zahlreichen Untersuchungen zeigten indes die Kirchhofsbrunnen weniger Verunreinigungen als die sonstigen städtischen Brunnen. Außerdem ist eine Verschleppung von Infektionserregern auf längere Strecken bei dichtem Boden ganz ausgeschlossen, bei lockerem Geröllboden sehr erschwert. Immerhin wird man ein Grundwasser zum Wasserbezug vermeiden, welches in einer gewissen nahen Berührung mit Begräbnisplätzen steht. Auch ist zu beachten, daß Sandadern in einem Lehmboden geradezu drainierend wirken und die Verwesungsprodukte, die in einem solchen Boden gebildet sind, in relativ großer Menge den in der Richtung des Gefälles gelegenen Brunnen zuführen können.

Es lassen sich somit alle Gesundheitsschädigungen und Belästigungen durch Begräbnisplätze leicht vermeiden, wenn letztere nach folgenden Vorschriften angelegt und betrieben werden:

Das Terrain soll möglichst frei liegen, plateauartig sein. Sandboden, der eventuell mit etwas Lehm gemengt ist, bietet die günstigsten Bedingungen. Das Grundwasser soll wenigstens 3 m mittleren Abstand von der Bodenoberfläche haben und der maximale Grundwasserstand muß genau bekannt sein. Wohnhäuser sollen mindestens 10 m Abstand von den Begräbnisplätzen haben, Brunnen mindestens 50 m, wenn das Gefälle des Grundwassers nach dem Brunnen hin gerichtet ist.

Als richtige Größe der Gräber wählt man eine Länge von 260 cm, eine Breite von 100 cm; 60 cm entfallen auf die Zwischenwandungen, im ganzen also 4 qm für das Grab eines Erwachsenen bzw. 2 Kindergräber. — Die Tiefe des Grabes sei 180 cm; an manchen Orten hat man 120 cm als vollkommen ausreichend gefunden. Die Särge sollen nicht zu dicht sein, eventuell durchbohrte Wände haben. Es ist wohl vorgeschlagen, Kochsalz und Weinsäure in den Sarg zu füllen, um die Bakterien und die Fäulnis möglichst zu hemmen und die Schimmelpilze zu begünstigen; letztere sind aber für die Verwesung viel zu einflußlos, und es ist daher dies Verfahren zu widerraten.

Als Begräbnisturnus ist für die Erwachsenen eine Frist von 10 Jahren, für Kindergräber eine Frist von 5 Jahren einzuhalten; übrigens ist der Turnus zweckmäßig im Einzelfalle je nach den lokalen Verhältnissen zu bestimmen. Eine Bebauung alter Kirchhöfe darf in Preußen erst 40 Jahre nach dem Schluß der Bestattung erfolgen; eine kürzere Frist, von etwa 20 Jahren, würde meist ausreichend sein.

Auf dem Kirchhof ist eine Leichenhalle anzulegen. In den Wohnungen der Armen ist eine Aufbewahrung der Leichen bis zum Begräbnis schlechterdings unmöglich, wenigstens nicht ohne große Belästigung der Umwohner, außerdem auch nicht ohne Gefahr, da eine Reinigung und Desinfektion der Wohnung nicht eher zu erfolgen pflegt, als bis die Leiche fortgeschafft ist. Kontagiöse Leichen sind in Tücher, die mit Karbollösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind, einzuschlagen (vgl. Kap. IX). Um den Geruch, der sich bei rascher Zersetzung entwickelt, zu hindern, wird der Sarg zweckmäßig mit Holzkohle oder Holzkohlenkleie gefüllt.

Die Leichenhalle, zu deren Benutzung der Arzt nach Möglichkeit zureden soll, falls sie nicht obligatorisch ist, muß ein gefälliges Gebäude mit würdiger

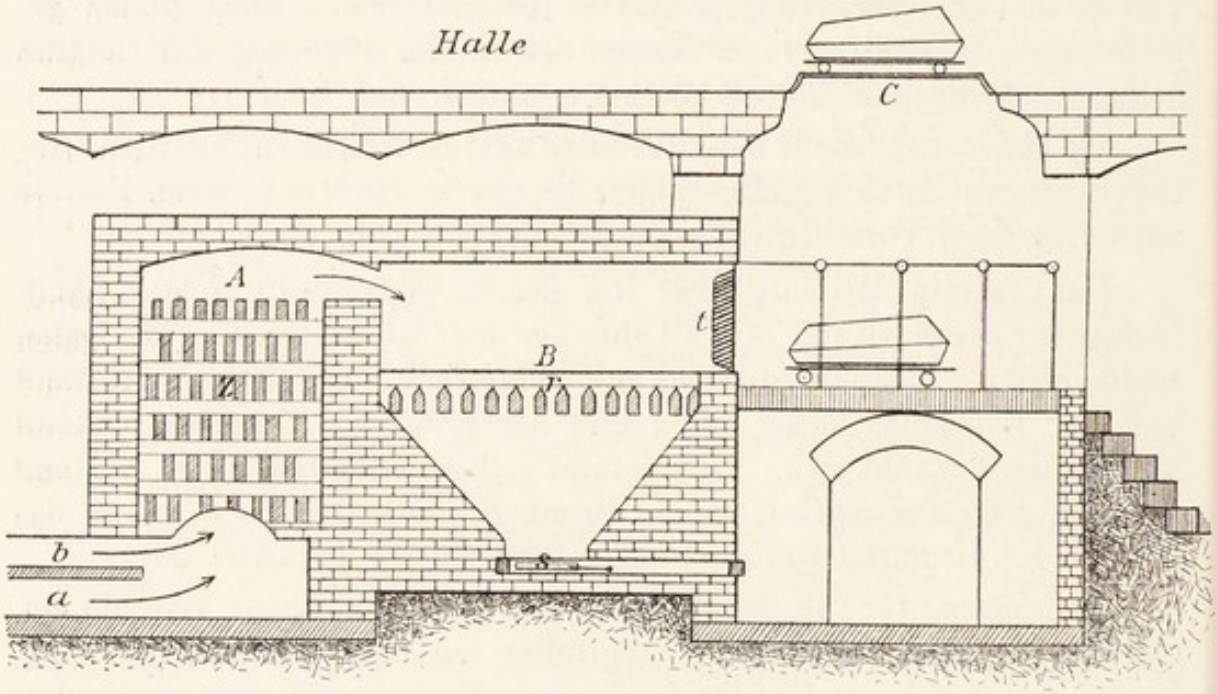


Fig. 119. Schematische Darstellung eines Leichenverbrennungsofens.
a Kanal für das Generatorgas. *b* Kanal für Luft. *A* Vorwärmkammer. *Z* Ziegelmaterial. *B* Verbrennungskammer. *t* Tür. *r* Tonrost. *s* Gefäß für die Achse. *C* Versenkung.

dekorativer Ausstattung darstellen. Dort lassen sich auch elektrische Klingeln mit den Leichen in Berührung bringen, deren Kontakte bei der geringsten Bewegung ausgelöst werden und welche somit gegen das (im großen Publikum hartnäckig, obwohl grundlos, gefürchtete) Lebendig-Begrabenwerden Schutz gewähren.

Ferner ist sehr empfehlenswert eine Bepflanzung des Kirchhofes; wo möglich sollen parkartige Anlagen geschaffen werden. Die Kirchhöfe können dadurch beliebte Spaziergänge werden und befriedigen gleichzeitig das Bedürfnis nach in der Stadt gelegenen öffentlichen Gärten. Jedenfalls sollten alle, nicht mehr benutzte Friedhöfe in dieser Weise Verwendung finden.

Neuerdings ist in den meisten Staaten, auch in Preußen, neben der Beerdigung die Leichenverbrennung gestattet. — Für diese haben wir das Beispiel der meisten alten Völker, namentlich der Inder, die seit Jahrtausenden ihre

Leichen verbrennen. Allerdings wurde früher immer eine sehr unvollständige Verbrennung erzielt, die für unsere jetzigen Verhältnisse unannehmbar sein würde. Dem Verbrennungsraum müssen reichlichste Mengen auf 800 bis 1000° vorgewärmter Luft zugeführt werden, die rasch austrocknend wirkt und die entstehenden Verbrennungsgase zu den Endprodukten oxydiert. Dies erreicht man durch die Siemenssche Regenerativfeuerung (Fig. 119). Es werden zunächst in der Vorwärmungsperiode Heizgase entwickelt (bei Stein- und Braunkohle Kohlenwasserstoffe, H u. CO; bei Coks CO und durch Leiten von Wasserdampf über die glühenden Koks noch H und CO); diese werden gemengt mit zugeführter heißer Luft, welche in den Wandungen des Ofens in Kanälen oder in Bündeln von eisernen Röhren zum Verbrennungsraum aufsteigt, während die Heizgase von oben nach unten in den Schornstein ziehen; beide zusammen, Heizgase und heiße Luft, erhitzen die steinernen Wände des Ofens. Zu Anfang der eigentlichen Leichenverbrennung werden noch etwas Heizgase zugelassen, die in der heißen Luft rasch verbrennen; später wird die Heizgasentwicklung ganz eingestellt. Die Vorwärmung dauert in den neueren Öfen von Schneider, Klingenstierna, Beck u. a. etwa 4, die Leichenverbrennung 2 Stunden. Kohlenverbrauch (einschl. Vorwärmung) 4—8 Zentner. Die Asche der verbrannten Leichen soll in Urnen in eigenen Hallen aufgestellt werden.

Die Gründe für Einführung der fakultativen Leichenverbrennung liegen entsprechend den vorstehend gegebenen Ausführungen nicht etwa auf sanitärem Gebiet; vielmehr ist von Einfluß gewesen einmal die genauere Erkenntnis der Zersetzungsvorgänge der begrabenen Leichen, die wohl imstande ist, eine Abneigung gegen diese Art der Bestattung zu erzeugen; vor allem aber die Schwierigkeit, in der Nähe großer Städte ohne übertriebenen Kostenaufwand das nötige Areal für Begräbnisplätze zu finden. — Von juristischer Seite wurde gegen die Verbrennung wohl eingewendet, daß eine spätere Untersuchung der Leichen auf Gifte usw. alsdann unmöglich sei, und daß dadurch den Verbrechen Vorschub geleistet werden würde. Diesem Einwand ist jedoch dadurch begegnet worden, daß die Erlaubnis zur Verbrennung von einer besonders sorgfältigen Leichenschau und einem Fehlen aller Verdachtsmomente abhängig gemacht ist.

Literatur: Hofmann und Siegel, Die hygienischen Anforderungen an Friedhöfe, Verhandl. des Deutsch. Ver. f. öff. Ges. 1881, Viertelj. f. öff. Ges., Bd. 14, Heft 1. — Petri, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 7. — Schönefeld u. Grandhomme, Viertelj. f. ger. Med. 1891. Suppl. — Kratter, Leichenwesen, Weyls Handb. d. Hygiene, 2. Aufl., 1912.

Achtes Kapitel.

Hygienische Fürsorge für Kinder und Kranke.

Unter gewissen Lebensverhältnissen sind besonders intensive hygienische Maßnahmen angezeigt, weil leicht vulnerabele Körper in Betracht kommen, deren Erhaltung und Kräftigung nur durch eine viel sorgfältigere Berücksichtigung der äußeren Lebensbedingungen gelingt, als beim anpassungsfähigen gesunden Erwachsenen; oder weil größere Gruppen von Menschen gemeinsam der Fürsorge anderer anvertraut werden, ohne daß eine Befriedigung der Lebensbedürfnisse nach eigenem Ermessen stattfinden kann. Hierher gehören die Menschen im kindlichen Alter, die Kranken, die Armen, die Gefangenen, das Militär usw. Nur die beiden ersten Kategorien können hier besprochen werden; betreffs der übrigen sei auf die betr. Kapitel in den Handbüchern der Hygiene, betreffs des Militärs auf das „Lehrb. der Militärhygiene" von Bischoff, Hoffmann u. Schwiening, I—III, Berlin 1910, verwiesen.

A. Das kindliche Alter.

Gesondert zu besprechen ist das Säuglingsalter, das schulpflichtige Alter und die schulentlassene Jugend.

1. Die Säuglingsfürsorge.

Die enorme Bedeutung der Säuglingshygiene ergibt sich aus der gewaltigen Sterblichkeit der Kinder im 1. Lebensjahr (s. S. 3). Allerdings nimmt die Säuglingssterblichkeit in Preußen in den letzten 25 Jahren in den Städten, seit 10 Jahren auch auf dem Lande, ab; aber immerhin beträgt die Zahl der in Preußen (41 Mill. Einwohner, darunter etwa 1 Million im 1. Lebensjahr) gestorbenen Säuglinge zwischen 180 000 und 220 000 oder 17 bis 21 auf 100 Lebende der gleichen Altersklasse (im Jahre 1911 mit heißem Sommer sogar 21,2%). Diese Abnahme der Sterblichkeit ist nicht etwa in der Hauptsache durch hygienische Maßnahmen bedingt, von denen dauernd die gleiche günstige Wirkung erwartet werden dürfte. Zum wesentlichsten Teile ist sie vielmehr zurückzuführen auf den gleichzeitigen Rückgang der Geburtsziffer, auf welchen bereits S. 17 hingewiesen wurde, und welcher namentlich in den Städten in den

letzten Jahrzehnten sehr bedeutend ist. In allen Ländern und zu allen Zeiten hat man nämlich die Erfahrung gemacht, daß Geburtsziffer und Säuglingssterblichkeit einen gewissen Parallelismus zeigen. Werden viel Kinder geboren, so ist die Pflege der letztgeborenen weniger sorgfältig, die Unterhaltsmittel reichen nicht aus, die Frauen sind nicht mehr imstande oder nicht gewillt, die letztgeborenen Kinder an der Brust zu nähren; bei geringer Kinderzahl fallen diese Momente mehr oder weniger fort und ein größerer Bruchteil der Geborenen bleibt am Leben. — Neben dem Einfluß der Geburtsziffer sind allerdings in verschiedenen Gegenden Abweichungen der Säuglingssterblichkeit zu konstatieren, die auf Lebensgewohnheiten und Sitten bzw. auf hygienische Maßnahmen zurückzuführen sind.

In anderen Ländern finden wir teils noch höhere Zahlen der Säuglingssterblichkeit als in Preußen, teils erheblich niedrigere; auch hier zeigt sich, daß überall, wo die Geburtenziffer entsprechend gesunken ist, in den letzten Jahrzehnten eine Abnahme der Sterblichkeit eingetreten ist, wie aus der folgenden Tabelle und einem Vergleich mit der S. 17 gegebenen Tabelle über den Rückgang der Geburtenziffer hervorgeht:

	1881—1885	1901—1005
Rußland	267	263
Österreich	252	215
Preußen	207	190
Italien	195	167
Frankreich	167	139
Dänemark	134	119
England und Wales	139	138
Schottland	118	120
Irland	94	98
Schweden	116	91
Norwegen	99	81

Auffällig ist an diesen Zahlen besonders die durchweg viel niedrigere Säuglingssterblichkeit in den nördlichen Ländern. Um zu erkennen, worauf diese Differenzen beruhen, wird man vor allem ermitteln müssen, durch welche Krankheiten die Kindersterblichkeit vornehmlich bedingt wird. Es ist zweckmäßig, hierfür nicht Zusammenstellungen aus größeren Gebieten heranzuziehen, weil die Registrierung der Todesursachen namentlich auf dem Lande zu unsicher ist. Für die Stadt Berlin und das Jahr 1905 ergibt sich folgende Beteiligung der verschiedenen Krankheitsursachen:

Es starben 1905 in Berlin 9968 Kinder im 1. Lebensjahr; davon
4161 an Magendarmkrankheiten,
1754 „ Lebensschwäche,
907 „ Lungenentzündung,
254 „ Abzehrung,
222 „ Keuchhusten,
179 „ Herzkrankheiten,
149 „ Masern,
137 „ Syphilis,
der Rest an selteneren Todesursachen. — Die (gewöhnlich unter der nicht zweckmäßigen Bezeichnung „Cholera infantum“ zusammengefaßten) Magendarmerkrankungen überragen also die übrigen Todesursachen bei weitem; diese verteilen sich aber keineswegs gleichmäßig auf das ganze Jahr, sondern sie häufen sich in den Sommermonaten; und die Häufung ist nicht etwa gleichartig in jedem Jahr, sondern sie kann das eine Mal kaum hervortreten (1907), während sie in anderen Jahren (1904, 1905) sehr erheblich ist:

An Magendarmkrankheiten starben in Berlin Säuglinge:

	1904	1905	1907
im Januar	128	136	127
„ Februar	119	122	99
„ März	117	144	106
„ April	156	120	121
„ Mai	163	141	200
„ Juni	249	262	186
„ Juli	496	730	228
„ August	1249	1501	399
„ September	533	521	362
„ Oktober	233	223	334
„ November	126	134	174
„ Dezember	137	127	125

Prüft man, in welcher Weise die Jahre mit hoher und niedriger Sterblichkeit sich sonst unterscheiden, so findet man übereinstimmend, daß es lediglich die heißen Sommer sind, welche die Steigerung der Zahlen bewirken, und daß die Höhe der Säuglingssterblichkeit an Magendarmerkrankungen durchaus den Temperaturverhältnissen des Sommers entspricht. — Fig. 120 zeigt Beispiele, wie sich die Sterblichkeitskurve dem Verlauf der Sommerhitze genau anpaßt, und wie eine abnorme Steigerung überhaupt erst zutage tritt, wenn das Wochenmittel der

Temperatur sich über 17·5° erhebt. — Am deutlichsten tritt diese Abhängigkeit hervor, wenn nicht die Wochenmittel für Sterblichkeit und Temperatur zusammengestellt werden, sondern die Tagesmittel, und nicht die Temperatur im Freien, sondern die Temperatur der Wohnungen, für welche die Insolation eine so wichtige Rolle spielt (vgl. S. 324). — In Deutschland kostet jeder heiße Sommer im Vergleich zu einem kühlen Sommer mehr als 10 000 Säuglingen das Leben; für Berlin kann der Mehrbetrag der Sterbefälle bis zu 2000 ansteigen. In Ländern, wo sich das Monatsmittel des heißesten Monats nicht über 17·5° erhebt, kommt diese starke Steigerung von Säuglingstodesfällen vollkommen in Wegfall.

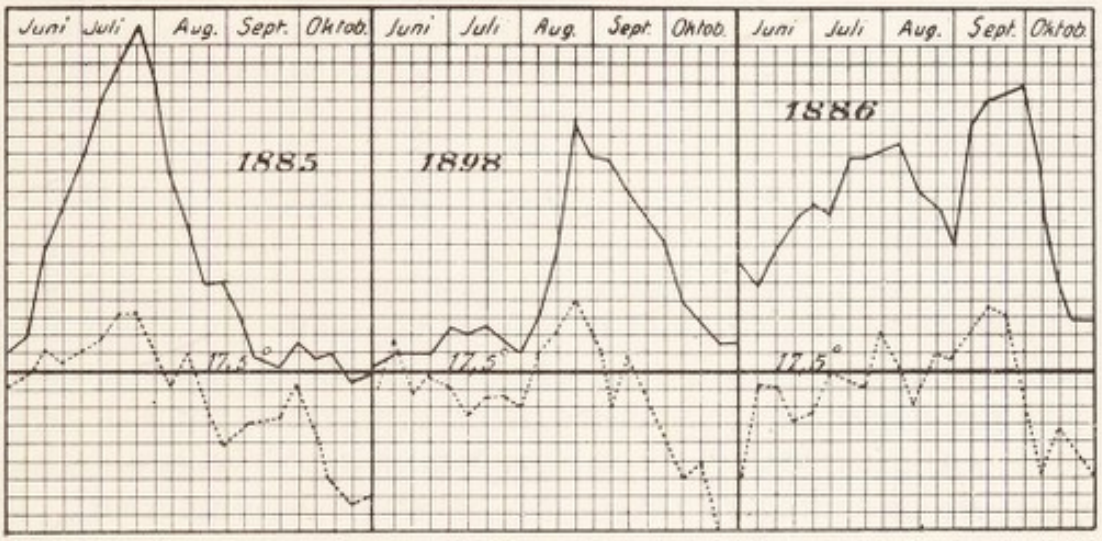


Fig. 120.

——— Säuglingssterblichkeit
– – – – Lufttemperatur, Wochenmittel } in Berlin.

Ist somit der Hitzeeinfluß auf einen Teil der Todesfälle an Cholera infantum zweifellos erwiesen, so ist weiterhin noch zu ermitteln, in welcher Weise dieser Einfluß zustande kommt. Eine weitere Aufklärung gibt die Statistik dadurch, daß sie 1. nachgewiesen hat, daß nur die künstlich genährten Kinder die Opfer der Hitzewirkung werden. Nur bei den mit Tiermilch und Surrogaten ernährten Säuglingen zeigt sich jene übermäßige Sterblichkeit in den heißen Monaten, wie aus umstehender Tabelle hervorgeht.

Betont sei, daß nach der Volkszählung damals 33·2% aller in Berlin vorhandenen Säuglinge an der Brust, 66·8% (also rund $^2/_3$) künstlich genährt wurden. Die Gefährdung der Flaschenkinder durch tödliche Darmerkrankungen läßt sich als elfmal so groß wie die der Brustkinder berechnen. — Das gleiche erhellt z. B. für die Jahre 1898 und 1899 aus

In Berlin starben Säuglinge:

Monat	1900		1901	
	Mit Muttermilch ernährt	Mit Tiermilch ernährt	Mit Muttermilch ernährt	Mit Tiermilch ernährt
Januar	79	405	81	491
Februar	65	376	65	360
März	67	400	78	453
April	71	436	62	447
Mai	78	509	67	526
Juni	67	457	54	559
Juli	87	801	86	913
August	87	1286	76	1445
September . . .	58	783	57	614
Oktober	71	375	64	401
November . . .	74	393	67	350
Dezember . . .	76	410	84	422
Summe	880	6631	841	6982

Fig. 122, welche die Sterblichkeit der Säuglinge in Paris in der 25. bis 45. Jahreswoche darstellt, und in welcher die schwarzen Felder Brustkinder, die gestrichelten Felder künstlich genährte Kinder bedeuten.

2. Bei Berücksichtigung der sozialen Verhältnisse hat sich herausgestellt, daß ausschließlich die wenigst bemittelten Bevölkerungsklassen an der Hochsommersterblichkeit der Säuglinge beteiligt sind. Dies geht u. a. aus einem Vergleich der westlichen (wohlhabenden) und der östlichen Vororte Berlins hervor; erstere hatten 1903—1905 15·8, letztere 24·2 Säuglingssterbefälle (in Prozent der Lebendgeborenen), und im Juli-August ist die Differenz noch erheblich größer. In Breslau gehörten in Klasse I (höchste Mietsstufe) gar keine, in Klasse II 5, in Klasse III 72 und in Klasse IV (nur 0—300 Mark Miete) 923 Kinder, während bei einer den in jeder Klasse vorhandenen Kindern entsprechenden Verteilung auf Klasse I 64, Klasse II 120, auf Klasse III 129 Kinder hätten entfallen müssen.

Es liegt nahe, diese statistisch festgelegten Tatsachen dadurch zu erklären, daß die künstliche Nahrung der Kinder in den Wohnungen der ärmeren Bevölkerung einer schädlichen, durch die Hitze sehr begünstigten Bakterienwucherung unterliegt, die sich in den Wohnungen der Wohlhabenderen durch entsprechende Behandlung der Nahrung, sorgsames Kochen, Kühlhalten usw. hintanhalten läßt. Von Kinderärzten ist aber neuerdings betont, daß auch infantiler Hitzschlag durch direkte Einwirkung der Hitze bei Säuglingen gar kein seltenes Vorkommnis ist; bei künstlich genährten Säuglingen soll er erheblich

häufiger beobachtet werden, weil bei diesen leichter Überernährung erfolgt, indem der vermehrte Durst der Kinder immer durch Zufuhr der an Kalorien reichen Milch gestillt wird; und bei der ärmeren Bevölkerung soll Hitzschlag häufiger eintreten, weil deren Wohnungen schon durch die inneren Wärmequellen heißer sind und weil auf Lüftung und zweckentsprechende Kleidung weniger geachtet wird. — Vermutlich sind beide Momente, zersetzte Nahrung und Wärmestauung, beteiligt; letztere scheint namentlich die Disposition zu Darmerkrankungen zu liefern, die aber erst wirklich ausbrechen, wenn ungeeignete oder bakterienreiche Nahrung genossen wird.

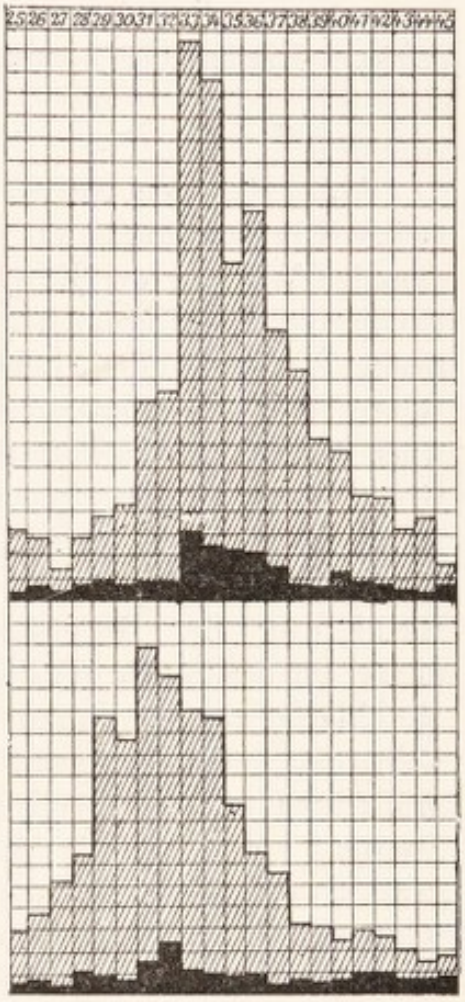


Fig. 121.
Säuglingssterblichkeit an Brechdurchfall in Paris 1898 u. 1899; schwarz = die an der Brust genährten Säuglinge.

Die Bekämpfung dieser nur unter bestimmten Witterungsverhältnissen bei einer gewissen Gruppe von Kindern entstehenden hohen Sterblichkeit muß auf Grund der Erkenntnis der Ursachen als relativ aussichtsvoll angesehen werden. Soweit direkte Hitzewirkung in Frage kommt, ist in erster Linie durch Maßnahmen beim Bau der Wohnungen Abhilfe zu schaffen (kleine Wohnhäuser für wenige Familien, S. 290); und in den kritischen Zeiten sind die gefährdeten Kinder — künstlich genährte, bereits mit Verdauungsstörungen behaftete, in heißen Wohnungen lebende — für die Dauer der Hitzeperiode vorübergehend in kühleren Räumen unterzubringen (in den Schulferien Erdgeschosse der Schulen; Baracken, Zelte in Gärten, Laubenkolonien usw.). Auch durch rationelle Kleidung des Kindes, sowie durch Einschränkung der Nahrung, Stillung des Durstes mit abgekochtem Wasser usw. ist der Wärmestauung entgegenzuwirken. — Daneben muß eine günstige Beeinflussung der Ernährung angestrebt werden, vor allem durch Ausdehnung der Ernährung an der Mutterbrust. Wo sich die künstliche Ernährung nicht beseitigen läßt, ist die sorgfältige Zubereitung der Milch im Hause nach den S. 223 gegebenen Vorschriften zu veranlassen, oder die Benützung einer Milchküche (S. 225), eventuell auch für kurze Zeit der Ersatz der Kuhmilch

durch Mehlpräparate. Kühlhaltung der künstlichen Nahrung ist durch billige oder unentgeltliche Eislieferung in heißen Perioden und Abgabe von Kühlkisten zu fördern. Nicht zu vernachlässigen ist schließlich die frühzeitige ärztliche Behandlung aller Magendarmstörungen des Säuglings, da nur die schon vorher kranken Kinder dem direkten oder indirekten Einfluß der Sommerhitze rasch erliegen.

Außer bei den akuten Magendarmstörungen tritt noch bei einer Reihe von anderen oft tödlichen Säuglingserkrankungen die günstige Wirkung der Ernährung mit Muttermilch gegenüber der Ernährung mit Tiermilch deutlich zutage; letztere fordert z. B. zahlreiche Todesfälle durch Lebensschwäche, Tuberkulose und durch die im Winter und Frühjahr gipfelnde Neigung der Säuglinge zu Krämpfen. Auch für die spätere Entwicklung des Kindes wird zweifellos der beste Grund gelegt durch eine mindestens 6—8 Monate anhaltende Brustnahrung. Es ist daher von größter Bedeutung, daß die Ernährung an der Brust nach Möglichkeit gefördert wird. Dies kann geschehen durch Belehrung der Beteiligten über die großen hygienischen Vorteile dieser Art der Ernährung. Kurse für Schwangere, Verteilung geeigneter Merkblätter auf dem Standesamt bei der Meldung der Geburt, besondere Belehrung der Hebammen, die durch Begünstigung von allerlei Nährpräparaten oft unheilvollen Einfluß ausüben, sind zu versuchen. — Zweitens können Stillprämien nach einer gewissen Zeit des Stillens gezahlt werden. Sie sind namentlich empfohlen in der Form der in Frankreich eingebürgerten „mutualités maternelles“ oder der in einzelnen deutschen Städten errichteten „Mutterschaftskassen“, bei denen die schwangere Frau als Mitglied eintritt und einen monatlichen Beitrag zahlt, für den sie das Anrecht auf eine nach je 6 Wochen fällige Stillprämie erwirbt. Ferner haben Beratungsstellen, die eventuell auch weibliche Delegierte in die Wohnung der Wöchnerin schicken, in einigen Städten Erfolge zu verzeichnen. Vielfach sind auch in größeren Fabrikbetrieben Stillstuben eingerichtet, und der erforderliche Aufenthalt in diesen hat keinen Lohnausfall zur Folge; ebenso wird in den Krippen (siehe unten) für Fortsetzung des Stillens tunlichst gesorgt. — Nicht minder ist die Förderung der Stillfähigkeit der Frauen eine wichtige Aufgabe; sie muß schon in der Jugend durch geeignete Körperpflege und Ernährung vorbereitet werden. Sodann ist die Frau gegen Ende der Schwangerschaft und im Wochenbett zu schonen und entsprechend zu pflegen. Nach der Reichs-Gewerbeordnung dürfen Frauen 14 Tage vor und 6 Wochen nach der Niederkunft nicht in den Gewerbebetrieben arbeiten. Nach der Reichs-Versicherungsordnung erhält ferner jede

versicherungspflichtige Frau, wenn sie mindestens 6 Monate Versicherungsbeitrag gezahlt hat, das Krankengeld als Wöchnerinnenunterstützung für 8 Wochen; es kann sogar eine Ausdehnung auf 12 Wochen gewährt werden.

Ist künstliche Nahrung nicht zu umgehen, so muß auch hier eine gewisse hygienische Fürsorge einsetzen. Dahin gehört namentlich die S. 215 geschilderte Überwachung der Milchwirtschaften; ferner Belehrung weitester Kreise über einfache und rationelle Verfahren zur Behandlung der Milch im Hause. — Die S. 225 beschriebenen Milchküchen (in Frankreich unter der Bezeichnung „gouttes de lait" sehr verbreitet) haben von sozialhygienischen Gesichtspunkten aus manchen Widerspruch erfahren, weil sie zum Unterlassen des Stillens anregen können, und weil sie wohl auch ohne wirklichen Notstand in Anspruch genommen werden. Solchen Mißbräuchen wird aber begegnet, wenn die Milchküchen an Säuglingsfürsorgestellen (consultations des nourissons) oder Säuglingsheime angegliedert werden, die in erster Linie Stillpropaganda treiben. In den Heimen werden häufig die Mütter mit aufgenommen und bis zu 3 Monaten mit verpflegt gegen Übernahme leichter Hausarbeit und eventuell Ammenleistungen. — Auch die sog. Krippen nehmen die Kinder arbeitender Frauen während der Arbeitszeit gegen billiges Entgeld in Pflege; sie sind zum Teil an größere industrielle Etablissements angegliedert. Sie gefährden unter Umständen ebenfalls die Brusternährung und sind daher empfehlenswert nur unter einer Leitung, die zielbewußt das Selbststillen zu fördern sucht.

Besondere Maßregeln erheischen noch die unehelich geborenen Säuglinge. In Berlin wurden 1909 47 709 Kinder geboren, darunter 9527 oder 20% unehelich (in München 29%). Ein erheblicher Prozentsatz scheidet jedoch aus dieser Rubrik der unehelichen Kinder aus, weil die Eltern nach — nicht selten anläßlich — der Geburt heiraten und das Kind legitimieren. Die eigentlichen unehelichen Kinder sind ganz besonders gefährdet; 40% sterben im 1. Lebensjahre. Sie werden auf Kosten der Mutter oder im Unvermögensfalle der Mutter auf Kosten der Gemeinde meist gegen geringste Entschädigung bei Ziehmüttern untergebracht, und die vorgeschriebene Konzessionspflicht sowie die Überwachung der Haltekinder durch die Ortspolizei kann Mißständen nur in ungenügender Weise vorbeugen. — In ausgezeichneter Weise greifen hier die oben erwähnten Säuglingsheime helfend ein, welche auch uneheliche Mütter mit ihren Kindern aufnehmen; ferner städtische Asyle, welche entweder dort die Säuglinge verpflegen oder sie in geeigneten Familien unterbringen. — In mehreren Städten (Leipzig) ist die Ziehkinderfrage zweckmäßig gelöst nach dem Taubeschen System;

dieses sieht einmal für die unehelichen Kinder an Stelle des Einzelvormunds eine Generalvormundschaft des Armenamts vor, und zweitens eine hygienische Überwachung der Ziehmütter durch einen besonderen Arzt und besoldete Aufsichtsdamen.

Literatur: Tugendreich, Die Mutter- und Säuglingsfürsorge, Stuttgart 1910. — Tugendreich, Birk, Rolffs, Handb. d. Hygiene 2. Aufl. 1914. — Säuglingsfürsorge in Groß-Berlin, 3. Internat. Kongreß f. Säuglingsschutz, Berlin 1911. — Neumann, Öff. Säuglings- u. Kinderfürsorge, Kongreßbericht, Berlin 1907. — Taube, Das Fürsorgewesen f. Säuglinge, Kongreßbericht, Berlin 1907. — Sommersterblichkeit der Säuglinge: Praussnitz u. a., Arch. f. Hyg., Bd. 56. — Willim, Z. f. Hyg. u. Inf., Bd. 62. — Liefmann u. Lindemann, Der Einfluß der Hitze usw., Braunschweig 1911. — Kathe, Sommerklima u. Wohnung, Klinisches Jahrb., Bd. 25. — Flügge, Deutsche Revue 1911. — Rietschel, Zeitschr. f. Kinderheilk., Berlin 1911. — Derselbe, Sonder-Katalog der Intern. Hyg.-Ausst. Dresden 1911.

2. Kleinkinderfürsorge.

Als „Kleinkinder" bezeichnet man Kinder im Alter von $1^1/_2$ bis 6 Jahren. Die Sterblichkeit nimmt in diesem Lebensalter bedeutend ab; gegenüber 20% im Säuglingsalter sinkt sie im 2. Lebensjahr auf 4, im 6. etwa auf 0·7%. In das 2. Lebensjahr ragen noch tödliche Verdauungskrankheiten stark hinein; sie werden aber übertroffen von tödlichen Erkrankungen der Atemorgane. Diese Todesursachen hören im 4. und 5. Lebensjahr fast auf; dagegen liefern Masern, Scharlach, Keuchhusten und Diphtherie von da ab höhere Sterblichkeitsziffern, weil der gesteigerte Verkehr der Kinder untereinander und der Besuch der Kindergärten in diesem Alter eine stärkere Ausbreitung der ansteckenden Krankheiten begünstigt. — Sehr bedeutungsvoll sind in diesem Alter eine Reihe von chronischen Erkrankungen, die nicht akut zum Tode führen, aber in späteren Jahren sich steigern und schwere Schädigungen veranlassen können. Dahin gehören Drüsentuberkulose, exsudative Diathese, namentlich aber Rachitis.

Letztere Krankheit besteht im wesentlichen in einer Entwicklungshemmung, die vorwiegend das Knochensystem betrifft und hier Verunstaltungen — Wirbelsäulenverkrümmung, Deformationen des Beckens, X-bein- und Plattfußbildung, mangelhafte Gebißentwicklung usw. — hervorruft; außerdem beobachtet man bei rachitischen Kindern chronische Katarrhe, Unterernährung, Schlaffheit der Muskulatur, schlechte Blutbildung, Reizbarkeit, Herabsetzung des Bewegungsdranges. Sehr häufig zieht die Rachitis in späterer Zeit Verkrüppelung und Beeinträchtigung der Erwerbsfähigkeit und der Diensttauglichkeit nach sich. Sie tritt im 2. und 3. Lebensjahr besonders stark in Erscheinung; ferner in der Pubertät. In den Volksschulen werden 10 bis 30% der Kinder rachitisch gefunden.

Um diesen Gesundheitsschädigungen zu begegnen, ist auch im Kleinkindesalter die Ernährung sorgfältig zu überwachen, vor allem

aber reichliche Körperbewegung und viel Aufenthalt im Freien anzustreben. Kleinkinder-Fürsorgestellen sind einzurichten, die Sprechstunden abhalten und Gesundheitsbogen für die zur Beobachtung gelangenden Kinder anlegen. Besonders vorgebildete Fürsorgeschwestern müssen die Kontrolle solcher Kinder erforderlichenfalls in den Familien fortsetzen. Für die zahlreichen Kleinkinder, die infolge der Erwerbstätigkeit der Mutter ungenügend versorgt sind, müssen Kinderbewahranstalten eingerichtet werden, deren hygienisch zweckmäßigste Form die Kindergärten sind. Hier soll der Betätigungsdrang des Kindes zwar ausgenutzt werden, um im Spiel etwas zu lernen; es soll aber vermieden werden, die Kinder lange sitzen zu lassen oder geistig anzustrengen, vielmehr sollen Bewegungsspiele (Marschier-, Geh-, Kreis-, Laufspiele) und Spielen auf dem Spielplatz hauptsächlich die Zeit ausfüllen, die das Kind im Kindergarten zubringt. Von Beschäftigungsspielen kommen die Fröbelspiele am meisten in Betracht (Stäbchenlegen, Aufbauen mit Klötzen, Papierfalten, Flecht- und Aufnäharbeiten usw.), welche die Handfertigkeit und das Auge bilden; ferner Erklären von Bildern, Märchenerzählungen, Lernen von Liedern. Überwachung der Kindergärten durch einen Arzt ist zu wünschen, schon wegen der tunlichsten Einschränkung der Infektionsgefahr. — Eine besondere Abart bilden die Schulkindergärten, in welchen die wegen Schwächlichkeit beim Eintritt in die Schule zurückgestellten Kinder durch viel Aufenthalt im Freien, gute Ernährung und geeignete Spiele physisch und geistig gebessert werden sollen. — Auch öffentliche Kleinkinderspielplätze von 300—400 qm Größe, mit Sandbassin und Schutzdach (event. Pantschwiese) sind in großer Zahl in die Bebauungspläne aufzunehmen.

Literatur: Kruse und Selter, Die Gesundheitspflege des Kindes, Stuttgart 1914, — Tugendreich, l. c.

---

3. Die schulpflichtigen Kinder.

Da der Staat von den Eltern verlangt, daß sie ihre Kinder der Schule anvertrauen, darf man erwarten, daß die Kinder in der Schule von keinen besonderen Gesundheitsstörungen bedroht werden. Es ist daher zu fordern, daß die Schulhäuser so gebaut sind, daß sie jedem Kinde genügend Licht, normale Temperatur und normale Luftbeschaffenheit gewähren; daß ferner das Mobiliar und die Utensilien der Schulzimmer ohne Beeinträchtigung der Gesundheit benutzbar sind; daß der Betrieb der Schule die körperliche und geistige Entwickelung der Schüler nicht schädigt; und daß in der Schule keine Verbreitung von kontagiösen Krankheiten stattfindet.

Nicht immer entsprechen die Schulen diesen Forderungen; vielmehr sind bei Schülern folgende Gesundheitsstörungen beobachtet, die durch den Schulbesuch hervorgerufen oder doch wesentlich unterstützt werden:

1. Die habituelle Skoliose. Im ganzen ist diese nicht so häufig, als man früher angenommen hat; auch entwickelt sich die Krankheit nur bei einer gewissen individuellen Disposition, und wird namentlich bei Mädchen durch Handarbeiten außerhalb der Schule wesentlich unterstützt. Ein gewisser Einfluß der Schule ist aber oft unverkennbar. Fast stets handelt es sich um eine solche Verbiegung der Wirbelsäule, daß deren Konvexität nach rechts gerichtet ist, und diese entspricht gerade der bei schlechten Subsellien zustande kommenden Körperhaltung. Bei einem weiten Abstand des Sitzes vom Tisch, bei zu großer Höhe des Sitzes und unrichtiger vertikaler Entfernung der Tischplatte vom Sitz ist ein Schreiben in gerader Haltung des Körpers völlig unmöglich, zumal wenn eine rechtsschiefe Schrift gelehrt wird und die Beleuchtung mangelhaft ist. Der Oberkörper muß sich dann vielmehr nach vorn und links neigen, die rechte Schulter wird gehoben, die linke gesenkt und vorgeschoben; die Muskeln müssen angestrengt werden, um den Körper in dieser Lage zu halten, und durch Aufstützen der Brust oder des linken Armes auf die Tischplatte sucht das Kind sehr bald die ermüdenden Muskeln zu entlasten. Dabei kommt dann eine solche Verschiebung der Einzelschwerpunkte der oberen Körperteile zustande, daß eine entsprechende Verbiegung der Wirbelsäule die Folge ist.

2. Die Myopie. Nachweislich treten die Kinder mit hyperopischen oder emmetropischen Augen in die Schule ein. Es ist statistisch festgestellt, daß die Myopie mit der Dauer des Schulbesuches zunimmt, in den Gymnasien am häufigsten und hochgradigsten wird, in den Dorfschulen viel seltener und geringfügiger auftritt (H. Cohn). Zu hochgradiger Myopie kann sich später geradezu eine Abnahme des Sehvermögens gesellen.

Zur Entstehung der Myopie der Schulkinder disponiert vielleicht zu einem geringen Teil Rassendisposition und der Knochenbau des Gesichtsschädels (niedere Augenhöhlen), zu einem weit größeren Teil erbliche Anlage. Zur Ausbildung kommt die Myopie aber hauptsächlich durch mangelhafte Beleuchtung und die oben geschilderte schlechte Körperhaltung beim Lesen und Schreiben. Der Kopf des infolge unzweckmäßiger Subsellien vorn übergebeugten Oberkörpers muß sich bei ungenügender Beleuchtung tief senken und das Auge der Tischplatte stark nähern; das Auge muß daher fortdauernd forziert für die Nähe akkommodieren, die Sehachsen konvergieren übermäßig, die Blut-

zirkulation im Bulbus wird gestört, und diese Momente scheinen dahin zusammenzuwirken, daß Dehnungszustände in der Nähe des hinteren Pols entstehen und eine Verlängerung der sagittalen Bulbusachse eintritt.

Zweifellos können auch schlechte Beleuchtung und unzweckmäßiges Sitzen im Hause, ferner feine Handarbeiten usw. die Ausbildung der Myopie unterstützen. Es kommt aber darauf an, daß die Schule keinesfalls an einer solchen Gesundheitsstörung direkt oder durch übermäßige Hausaufgaben indirekt ursächlich beteiligt ist, und daß vorsichtige Eltern, die für ihr Kind aufs gewissenhafteste sorgen, nicht durch die Schule Gefahren für dasselbe fürchten müssen.

3. Stauung des Blutabflusses aus Kopf und Hals, infolgedessen häufiges Nasenbluten und vielleicht auch der zuweilen beobachtete Schulkropf werden als eine weitere Konsequenz der oben geschilderten Schreibhaltung aufgefaßt.

4. Erkältungskrankheiten entstehen namentlich durch schlechte Heizeinrichtungen, stark strahlende Heizkörper, überhitzte oder ungenügend erwärmte Schulzimmer, durch unzweckmäßige Lüftungseinrichtungen, namentlich Fensterlüftung während des Unterrichts (s. unten); oft auch durch Sitzen in durchnäßten Kleidern und nassem Schuhzeug.

5. Ernährungsstörungen und nervöse Überreizung kommen bei Schulkindern zur Beobachtung, wenn dieselben zu einem zu ausgedehnten Sitzen und zu einer im Verhältnis zu ihren Anlagen übermäßigen geistigen Anstrengung gezwungen sind. Es läßt dann oft der Appetit nach, die Ernährung wird unzureichend, und im kindlichen Alter treten daraufhin außerordentlich schnell anämische Erscheinungen und abnorme Reizbarkeit hervor.

6. Kontagiöse Krankheiten treten unter den für das Schulalter im ganzen sehr niedrigen Sterbeziffern relativ stark in den Vordergrund; namentlich die akuten Exantheme und Diphtherie werden häufig in der ersten Periode des Schulbesuchs akquiriert und liefern eine größere Anzahl von Todesfällen. Das ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die Kinder oft noch mehrere Tage die Schule besuchen, nachdem sie bereits an einer kontagiösen Krankheit erkrankt sind, daß sie ferner häufig noch mit Krankheitserregern auf den Schleimhäuten und mit gar nicht oder ungenügend desinfizierten Kleidern in die Schule zurückkommen, nachdem sie eine kontagiöse Krankheit überstanden haben. Die Ansteckung erfolgt bei den Kindern um so eher, als unter ihnen fortwährende Berührungen stattfinden und gemeinsamer Genuß von Lebensmitteln, gemeinsame Trinkbecher usw. sehr verbreitet sind. Außerdem lösen sich bei den lebhaften Bewegungen der Kinder leicht die eingeschleppten Keime von den Kleidern ab und verbreiten

sich in der Luft, die stets große Mengen solchen Kleiderstaubes zu enthalten pflegt.

Alle die genannten Schädigungen führen selten akut zum Tode, sondern wirken chronisch, sind aber deshalb nicht weniger verhängnisvoll. Die Zahl der Todesfälle beträgt für die preußische großstädtische Bevölkerung für das Alter von 5—10 Jahren nur 3·55, für das Alter von 15—20 Jahren 2·33 auf 1000 Lebende. Auch die Todesfälle an Tuberkulose treten im Schulalter ganz zurück; sie halten sich in Preußen für Kinder von 5—15 Jahren unter 5 auf 10000 Lebende der betreffenden Altersklasse. Wohl aber können tuberkulöse Erkrankungen fortbestehen und neu erworben werden, die erst später zum tödlichen Ende führen.

Angesichts der zahlreichen, von der Schule begünstigten Gesundheitsstörungen werden mit Recht hygienische Maßregeln zum Schutze der Schulkinder verlangt. Diese betreffen teils die baulichen Einrichtungen des Schulhauses, teils das Mobiliar und die Utensilien, teils den Betrieb der Schule.

A. Bauliche Einrichtungen.

Das Terrain für den Schulbau ist möglichst reichlich zu bemessen; unbedingt ist ein Spielplatz in Aussicht zu nehmen, der mindestens 3 qm pro Kind Fläche bietet. Ein größerer Platz für Jugendspiele ist außerdem vorzusehen, sei es unmittelbar am Gebäude, sei es in einiger Entfernung. — Das Schulgebäude soll wo möglich nicht in zu großen Dimensionen angelegt werden, am besten nur aus zwei Stockwerken bestehen. Hygienisch am günstigsten ist das Pavillonsystem, bei dem Einzelgebäude von je 2—4 Klassen um den gemeinschaftlichen Spielplatz gruppiert werden (z. B. in Drontheim). Hygienisch nicht empfehlenswert sind die Hallenschulen, bei denen eine in der Mitte gelegene gedeckte Halle den Schulhof ersetzt. Das Fehlen der freien Luftbewegung hindert hier die Erholung der ermüdeten Kinder; statt dessen kommt es leicht zu lästigem Zug, und die Gebäudefronten sind zum Teil ungünstig orientiert. — In den meisten Fällen ist man an größere Zentralbauten nach dem Korridorsystem gebunden; es ist aber dahin zu streben, daß der Korridor an der einen Längsseite des Gebäudes angelegt wird, an der anderen Seite die Klassenräume; ein Korridor zwischen zwei Reihen Zimmern ist in bezug auf Licht- und Luftzufuhr erheblich ungünstiger, wird aber der Billigkeit wegen häufig projektiert und ausgeführt. — Mit bezug auf die Himmelsrichtung ist eine Lage der Fenster nach Osten zu vermeiden wegen des zur Zeit der Schulstunden weit ins Zimmer einfallenden Sonnenlichts, das die ver-

schiedenen Plätze sehr ungleich mit Licht und Wärme versorgt und teilweise blendend wirkt. Die Richtung gegen Süden ist weniger ungünstig, weil die Sonnenstrahlen namentlich im Sommer nicht so tief ins Zimmer einfallen. Die Lage nach Westen oder Nordwesten ist zweckmäßig, wenn am späteren Nachmittag kein Unterricht gehalten wird; andernfalls ist die Lage gegen Norden vorzuziehen, vorausgesetzt freilich, daß die Lage des Gebäudes nach dieser Seite eine völlig freie ist.

Die einzelnen Schulzimmer sollen im allgemeinen nicht mehr als 9—10 m lang sein, weil bei größerer Länge das Sehen der Tafel und die Überwachung der Schüler auf Schwierigkeiten stößt. Die Tiefe der Zimmer wird gewöhnlich auf höchstens 7 m normiert und richtet sich im übrigen nach den gebotenen Lichtverhältnissen (vgl. S. 369). Die Höhe soll 4—4½ m betragen; bei geringer Höhe ist der Einfallswinkel des Lichts ungünstig, bei zu großer Höhe wird über zu starke Resonanz geklagt. Der maximale Kubikraum eines normalen Schulzimmers berechnet sich demnach auf 250—300 cbm. — Es ergibt sich aus dieser Maximalziffer zugleich die höchste Zahl von Schülern, welche ohne Nachteile in einem Schulzimmer überhaupt untergebracht werden können. Nach den im Kapitel „Ventilation" gegebenen Berechnungen muß man für jüngere Schüler 4—5, für ältere 6—7 cbm Luftraum oder 1 qm, bzw. 1·5 qm Bodenfläche verlangen. Demnach sollte ein Normalzimmer von maximalen Dimensionen nicht mehr als 50 Kinder im Durchschnitt aufnehmen.

Die Wände des Zimmers sind mit hellgrauer Öl- oder Leimfarbe zu streichen; wo möglich soll wenigstens ihr unteres Drittel abwaschbar sein. — Der Fußboden soll massiv, mit Belag von Filzlinoleum, hergestellt sein, oder aus hartem Holz, das mehrfach mit siedendem Leinöl getränkt ist, möglichst gut gefugt und mit einem staubbindenden wasserunlöslichen Mineralöl, wie „Dustless", „Staubfrei", „Sternolit", imprägniert sein; ungestrichener Fußboden muß wenigstens so beschaffen sein, daß er sich leicht mit feuchten Lappen oder feuchten Sägespänen reinigen und staubfrei machen läßt.

Lichtöffnungen. Keinesfalls darf seitliches Licht von der rechten Seite der Schüler her einfallen, da sonst der Schatten der schreibenden Hand auf das Papier fällt und eine zu starke Annäherung des Auges nötig ist, um noch den Kontrast zwischen den Buchstaben und dem relativ dunklen Papier wahrzunehmen. — Ebensowenig soll das Licht von hinten her einfallen; es wirft dann der Kopf einen Schatten auf das Papier, und außerdem wird der Lehrer durch eine solche Beleuchtung geblendet und an der Überwachung der Schüler gehindert. Nur bei sehr hohen Fenstern und kurzen Klassenräumen ist Beleuchtung von hinten zulässig, weil diese dann mehr den Charakter

des Oberlichts bekommt. — Beleuchtung von vorn ist ebenfalls unstatthaft, weil die Schüler geblendet und z. B. an dem Lesen der Tafel gehindert werden. — Auch bilaterales Licht ist unrichtig, sobald nicht die rechtsseitigen Fenster sehr stark zurücktreten; denn es kommt dabei immer zu einem deutlichen Schatten der Hand auf dem Papier, und zwar bei den am weitesten rechts sitzenden Schülern am stärksten.

Die einzig richtige Art der Beleuchtung ist entweder der Lichteinfall von links oder Oberlicht. Bei letzterem findet allein eine völlig gleichmäßige Verteilung des Lichts statt, es bestehen keine besseren und schlechteren Plätze, und auch die Tiefe des Zimmers ist so gut wie unbeschränkt. Jedoch ist die Einführung des Oberlichts nur in wenigen Räumen möglich, und somit sind wir gewöhnlich auf den Lichteinfall von der linken Seite her angewiesen.

Ob die nötige Lichtmenge für jeden Platz geliefert wird, darüber sind vor dem Bau des Hauses Berechnungen nach der S. 369 beschriebenen Methode anzustellen. Nach Fertigstellung des Gebäudes ist die Lichtmenge für die zweifelhaften Plätze nach dem S. 369 u. folg. geschilderten Verfahren zu kontrollieren.

Die Fenster sollen mindestens 20% der Bodenfläche des Zimmers ausmachen; selbstverständlich sollen sie nahe zusammengedrängt und nicht durch stärkere Pfeiler getrennt werden. Nach oben müssen sie möglichst hoch hinaufreichen; nach unten dagegen nicht zu weit hinabreichen, damit die horizontalen Strahlen, die nur blendend wirken, abgehalten werden; die Brüstung soll im allgemeinen 1·20 m hoch sein. Die das Fenster begrenzenden Pfeiler und Mauern sind nach innen abzuschrägen. — Gegen direktes Sonnenlicht gewähren Jalousien und Marquisen einen wenig zweckmäßigen Schutz, weil sie bei wechselnder Bewölkung fortwährend reguliert werden müssen. Am besten sind hellgraue Vorhänge, die in einem gewissen Abstand vor dem Fenster herabhängen und seitlich verschiebbar sind; dieselben können die durch einen Teil des Fensters einfallenden Sonnenstrahlen abblenden, während der andere Teil des Fensters frei bleibt und diffuses Tageslicht liefert.

In ungenügend belichteten Schulräumen hat man versucht, durch Hennigsche Tageslichtreflektoren mehr Licht zu gewinnen. Dieselben bestehen aus einer drehbaren Glasplatte von der Breite des Fensters, die außen vor dem oberen Fensterteil in solchem Winkel angebracht sind, daß das auf die spiegelnd gemachte obere Fläche fallende Himmelslicht in das Zimmer reflektiert wird. Es kann dadurch wohl die allgemeine Helligkeit im Zimmer erhöht werden, dagegen gelingt es nicht, den Arbeitsplätzen mehr nutzbares Licht zuzuführen. Hierzu können event. geeignete Prismen (Luxferprismen) benutzt werden, die aber sehr sauber zu halten sind. Doch ist eine ausreichende Hilfe auf diesem Wege überhaupt kaum zu beschaffen.

Bezüglich der künstlichen Beleuchtung s. die S. 379 begründeten Anforderungen. — Bei der künstlichen Beleuchtung von Schulsälen (Hörsälen) mit einer Mehrzahl von Lichtquellen hat man es bisher als einen Übelstand empfunden, daß eine Lampe den Lichtbereich der anderen durch Werfen von Schatten (Hand, Kopf, Vormann usw.) stört, und daß ein Teil der Schüler ge-

zwungen wird, durch einige der Flammen hindurch oder an ihnen vorbei nach dem Vortragenden zu sehen. Man hat daher in neuerer Zeit versucht, die künstliche Beleuchtung der natürlichen mit Tageslicht dadurch ähnlicher zu machen, daß man mittels unter den Lampen angebrachter Reflektoren deren Licht in diffuses verwandelt, indem man es zwingt, zunächst an die hellgeweißte Decke des Raums (oder gegen einen größeren Reflektor) und von da in die unteren Partien des Raums auszustrahlen (indirekte Beleuchtung bezw. halbindirekte). Bei Einrichtungen dieser Art geht wohl ein Teil des Lichts verloren, dafür ist aber die Beleuchtung sehr gleichmäßig und angenehm.

Heizung. Bezüglich der Heizung ist zu verlangen, daß die Temperatur während der ganzen Schulzeit und auf allen Plätzen des Schulzimmers nur zwischen 17 und 20°, bei Zentralheizung zwischen 16 und 19° schwankt. Diese Forderung findet man jedoch sehr selten erfüllt; fast stets beobachtet man bei der Untersuchung von Schulen, daß die Kinder unter Abnormitäten der Heizung sehr stark zu leiden haben. Meist findet Überheizung statt (namentlich bei Zentralheizungen), oft treten erhebliche Schwankungen der Temperatur hinzu. Der Überheizung pflegen die Lehrer durch Öffnen der Fenster während des Unterrichts zu begegnen. Wie bereits S. 358 ausgeführt wurde, werden dadurch leicht Erkältungskrankheiten hervorgerufen. Die einströmende kalte Luft senkt sich rasch nach unten und trifft als kalter Luftstrom hauptsächlich Füße und Beine der ruhig sitzenden Schüler, während der Lehrer durch Ortswechsel und Bewegung sich der schädlichen Einwirkung der kalten Luft entziehen kann. In dieser Weise eine Überwärmung zu bekämpfen, ist daher durchaus unstatthaft. Vielmehr ist darauf zu halten, daß durch eine verständige Handhabung der Heizung von vornherein jede Überwärmung vermieden wird. Vor dem Beginn der Schule soll die Temperatur nicht über 16° betragen; die von den Kindern selbst produzierte Wärme bewirkt dann einen raschen Anstieg bis 18° und mehr. Während der Unterrichtsstunden sollen die Heizkörper in den Übergangsjahreszeiten und bei mäßiger Winterkälte keine oder nur sehr geringe weitere Wärme liefern; erst bei stärkerer Kälte dürfen sie fortlaufend beansprucht werden. Sehr zweckmäßig für Schulen sind automatische Regulatoren (vgl. S. 346).

Durch die Art der Heizanlage können die geschilderten Mißstände niemals ganz ausgeschlossen werden; in der Hauptsache kommt es bei jedem Heizsystem auf die richtige Handhabung an. Allerdings ist die Erzielung normaler Temperaturverhältnisse bei Ofenheizung besonders schwierig. Sind die Öfen noch während des Unterrichts warm, so resultiert eine sehr ungleiche Verteilung der Wärme auf die einzelnen Plätze; Schutz durch Ofenschirme bessert die Verhältnisse etwas, aber nicht genügend. Kachelöfen sind abends zu heizen, so daß während des Unterrichts das Schulzimmer nur von den durchgewärmten Wänden aus geheizt wird. Die massigen Öfen, die in den Schulen verwendet werden, sind aber stets zu wenig regulierfähig und folgen den plötzlichen Schwankungen der Außentemperatur zu schlecht. Mantel-Regulier-

Füllöfen sind besser anpassungsfähig, erfordern aber fortgesetzte aufmerksame Regulierung. Gasöfen gewähren die feinste Abstufung und völlige Staubfreiheit, sind aber teuer im Betriebe.

Von Zentralheizungen kommt die Luftheizung nur dann in Betracht, wenn alle oben (S. 341) als notwendig bezeichneten Vorsichtsmaßregeln, insbesondere Mischkanäle für jedes Zimmer, bei der Anlage berücksichtigt sind. Gerade unter unvollkommenen Luftheizungsanlagen haben Lehrer und Schüler besonders stark zu leiden. Für den Betrieb einwandfreier Luftheizungsanlagen ist ein Heizer, der während der Heizzeit sich nur um die Heizungen zu kümmern hat, unerläßlich. — Niederdruckdampf- und Warmwasserheizung sind für Schulen am zweckmäßigsten. Vielfach kombiniert man die Niederdruckdampfheizung mit einer Luftheizungsanlage, damit auch während des Unterrichts Zufuhr frischer vorgewärmter Luft und Abfuhr der verbrauchten Luft erfolgen kann. Nur wenn die Luftheizung mit allen Kautelen umgeben ist, wird der beabsichtigte Zweck erreicht.

In allen Fällen sind die Heizer mit genauer Instruktion zu versehen; und da diese namentlich bei Zentralheizungen lediglich die Sorge zu haben pflegen, daß die Zentralheizung ihnen ausgeht, oder daß ihnen wegen zu geringer Heizung Vorwürfe gemacht werden könnten, ist in der Instruktion das Vermeiden des Überheizens in erster Linie zu betonen. — Wo möglich sind Fernthermometer (vgl. S. 342) einzuführen; andernfalls ist jede Klasse mit richtig aufgehängten leicht ablesbaren Thermometern (Skala nur von 0 bis 30°!) auszustatten; nur nach Angabe dieser Thermometer soll die Regulierung der Heizung erfolgen. Keinesfalls steht diese den Lehrern zu. Hat ein Lehrer abnormes Temperaturempfinden, so daß ihm Zimmerwärme von 17 bis 19° zu warm oder zu kalt erscheint, so muß er durch seine Kleidung sich anzupassen suchen. — Die Schulärzte (s. unten) sollten durch möglichst häufige gelegentliche Temperaturablesungen die Heizung der Schulen kontrollieren.

Ventilation. Eine fortlaufende Lüftung der Schulräume ist im Sommer vor allem deshalb notwendig, weil sie die Entwärmung und die Wasserdampfabgabe der Kinder erleichtert, Wärmestauung verhütet und dadurch die Kinder frisch und leistungsfähig erhält. — Außerdem gelangen während des ganzen Jahres bei starker Füllung der Schulklassen riechende gasförmige Verunreinigungen in die Luft, so daß beim Betreten des Zimmers Belästigung und Ekelgefühl entstehen kann. — Soviel als möglich ist daher die Produktion von riechenden Verunreinigungen der Luft zu hindern; es ist dafür zu sorgen, daß die Mäntel der Kinder außerhalb des Schulzimmers bleiben, insbesondere bei nassem Wetter; ferner sind die Schulbäder (s. S. 285) in möglichster Verbreitung einzuführen, am besten in Form der Brausebäder, die 3—4 Minuten dauern und bei denen durch selbsttätige Regulierung die Temperatur des Wassers allmählich von 35° auf 22° heruntergeht. — Im übrigen sind Überdrucklüftungen (wenn möglich mit Ventilatoren) im Winter an die Heizvorrichtungen anzuschließen. Für den Sommer sind herabklappbare obere Fensterscheiben, jedoch nur solche mit seitlichen Schutzblechen zu benutzen. Für die Korridore, Aborte, Schul-

küchen usw. kommen Aspirationskamine, in welchen für gewöhnlich durch den Wind, an windstillen Tagen aber durch Lockfeuer (Gasflammen) bzw. mechanisch betriebene Ventilatoren der nötige Auftrieb erzeugt wird, in Betracht. Am besten wird die produzierte Wärme und Luftverunreinigung beseitigt durch gründliche Zuglüftung des von den Schülern verlassenen Schulzimmers durch Öffnen von Fenster und Tür in jeder Pause zwischen zwei Unterrichtsstunden, je nach Außentemperatur und Wind 2—5 Minuten lang. Wo diese Vorschrift aufmerksam befolgt wird, ist eine Ventilation während der Stunden kaum mehr erforderlich.

Über Abortanlagen s. S. 403.

B. Mobiliar und Utensilien.

Subsellien. Schulbänke, welche Lesen und Schreiben bei gerader Haltung des Oberkörpers gestatten, müssen:

1. richtige Distanz haben, d. h. richtige horizontale Entfernung des vorderen Bankrandes vom inneren Tischrand. Ist diese Distanz positiv, wie bei den alten Schulbänken, so ist ein Vorbeugen des Oberkörpers unausbleiblich. Die Distanz soll vielmehr gleich Null, oder schwach negativ, z. B. —2·5 cm, sein. Nulldistanz findet man bei der von Fahrner konstruierten Schulbank, Minusdistanz bei den Konstruktionen von Buchner, Cohn, Kuntze, Kaiser usw.

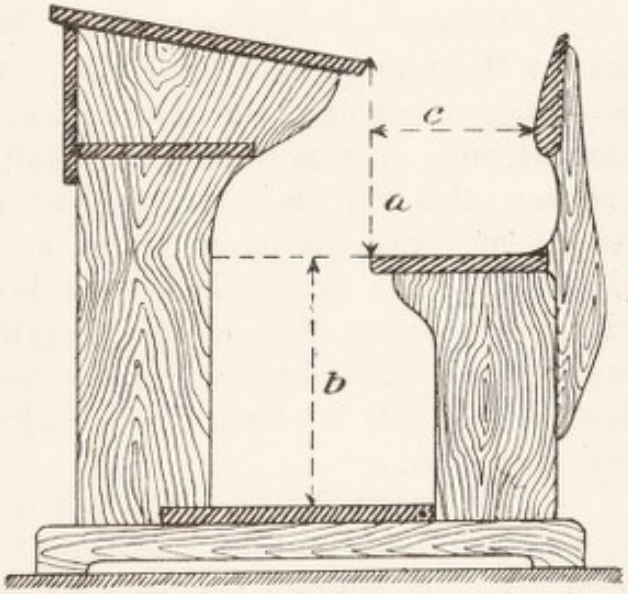


Fig. 122. Schulbank mit Nulldistanz (das Lot von dem inneren Tischrand trifft den vorderen Bankrand). *a* Differenz. *b* Sitzhöhe. *c* Lehnenabstand.

Die Minusdistanz bringt den Nachteil mit sich, daß die Schüler nur schwer in die Bank hinein- und aus derselben herauskommen und daß sie auf ihrem Platz nicht aufstehen können. Um dies zu ermöglichen, macht man die Bänke nur zweisitzig, so daß die Kinder, wenn sie aufgerufen werden, neben die Bank treten können. — Oder man macht die Distanz veränderlich, indem

entweder die Tischplatte zurückklappbar hergestellt, und zwar der Länge nach geteilt wird, so daß das untere Drittel aufgeklappt und event. auch als Lesepult verwendet werden kann (Fahrner, Cohn); die Scharniere werden jedoch leicht verdorben;

oder die Tischplatte ist verschiebbar; wird sie eingeschoben, so ist eine Plusdistanz von 10 cm vorhanden, so daß ein Aufstehen bequem möglich wird. Im ausgezogenen Zustand dagegen resultiert eine Minusdistanz bis 5 cm (Kuntze, Olmützer, Wiener Bank, s. Figg. 123 und 125).

Oder die Sitze werden beweglich eingerichtet, entweder aufklappbar oder drehbar, oder Pendelsitze nach dem Muster der Kaiserschen bzw. verschieblich nach Art der Hippaufschen Bank (bei letzterer bildet eine Leiste nahe dem Boden den Drehpunkt für eine Vor- und Rückwärtsbewegung des Sitzbrettes); beim Aufstehen wird der Sitz nach hinten bewegt, beim Niedersitzen vorgedrückt (s. Fig. 124). — Alle diese beweglichen Konstruktionen verursachen leicht Geräusche und können zu mißbräuchlicher Benutzung anregen.

2. Für die Schreibhaltung ist außerdem der Lehnenabstand (*c* in Fig. 122) maßgebend, der etwa $^1/_5$ der Körpergröße des Schülers betragen soll. Meist wird heute, wo Plusdistanzen überhaupt nicht mehr konstruiert werden, an Stelle der Forderung der Minus- oder Nulldistanz nur der Lehnenabstand berücksichtigt. — Auch verstellbarer Lehnenabstand läßt sich einrichten (s. Fig. 126).

3. Richtige Differenz, d. h. richtiger vertikaler Abstand des inneren Tischrandes von der Bank (*a* in Fig. 122). Der zum Schreiben im Ellbogen gebeugte und etwas nach vorn geschobene Vorderarm soll ohne Hebung oder Senkung der Schulter auf die Tischplatte zu liegen kommen; also muß die Differenz gleich sein der bei frei herabhängendem Arm gemessenen Entfernung von der Bank bis zum Ellbogen plus einem Maß, das dessen Höherlage beim Vorschieben zum Schreiben entspricht; dieses Maß beträgt ungefähr 2 cm. Im ganzen rechnet man für die Differenz bei Knaben etwa 16%, bei Mädchen 17% der Körperlänge (bei letzteren etwas mehr wegen der dickeren Unterlage von Kleidung).

4. Richtige Höhe des Sitzes (*b* in Fig. 122). Ist der Sitz zu hoch, so setzt sich das Kind auf die vordere Kante der Bank und lehnt sich nach vorn, um mit den Füßen den Boden zu erreichen. Es soll jedoch bei gerader Haltung des Oberkörpers der Fuß mit ganzer Sohle auf dem Boden oder dem Fußbrett ruhen; daher muß die Sitzhöhe der Länge des Unterschenkels vom Hacken bis zur Kniebeuge entsprechen. Diese beträgt etwa $^2/_7$ der Körperlänge, aber mit einer kleinen Progression fortschreitend. Das Sitzbrett wird entweder geschweift oder erhält besser eine schwache Neigung nach hinten, so daß es dort einen Zentimeter tiefer steht als vorn.

Für die 3 von der Körpergröße abhängigen Bankmaße gelten folgende Zahlen (in cm):

Körpergröße	unter 116 cm	116 bis 124 cm	124 bis 132 cm	132 bis 141 cm	141 bis 150 cm	150 bis 160 cm	160 bis 170 cm	über 170 cm
Sitzhöhe	30·2	32·3	34·7	37·1	39·8	42·6	45·6	48·6
Differenz	19·5	20·6	21·9	23·2	24·6	26·0	27·6	29·2
Lehnenabstand . .	22·0	23·5	25·0	26·6	28·3	30·0	31·8	33·6

5. Richtige Lehne. Die beste Stütze des Oberkörpers wird erreicht durch eine geschweifte, im Kreuz vorspringende und oben zurückweichende Rückenlehne. Bei einer geraden Rückenlehne schwebt gerade der untere Teil der Brustwirbelsäule und die Lendenwirbelsäule frei zwischen Stütze und Bank. Neuerdings werden auch Schulbänke konstruiert (Schenk, Lorenz u. a.) mit stark zurückweichender Rückenlehne und lehnsesselartigem Sitz, so daß der ganze Oberkörper in allen Teilen gestützt wird. Das Pult muß dann stark geneigt sein.

6. Die Tischplatte soll einen horizontalen Teil enthalten, der die Tintenfässer aufnimmt und 10 cm breit gerechnet wird. Der vordere Teil soll geneigt (und zwar 1 : 5 bis 1 : 4) und 35—40 cm breit sein. Für den Platz eines Kindes sind nicht unter 50 cm, bei größeren Kindern nicht unter 60 cm Banklänge zu rechnen.

Da Differenz, Sitzhöhe und Lehnenabstand der Subsellien nach der Größe der Kinder bemessen werden muß, da aber in derselben Klasse gewöhnlich Kinder von sehr verschiedener Körpergröße sitzen, so ist vom hygienischen Standpunkt aus unbedingt zu fordern, daß die Kinder einigermaßen nach ihrer Körpergröße gesetzt werden und daß sie den Platz auf der für sie passenden Bank ein für allemal behalten. Das Setzen nach dem Ausfall der Zensuren oder gar das Zertieren ist mit diesen Forderungen der Hygiene nicht in Einklang zu bringen.

7. Das Fußbrett soll eine schnellere Trocknung von feuchtem Schuhzeug ermöglichen und die Wärmeentziehung durch die direkte Berührung der Füße mit dem Fußboden verhindern. Es muß mit Rillen oder Schlitzen versehen sein, um das Verstauben des eingeschleppten Schmutzes zu verhüten. Auch darf es die Reinigung des Fußbodens nicht erschweren und muß eventuell aufklappbar sein.

Außer den hygienisch-pädagogischen Gesichtspunkten, die für die vorstehend aufgeführten Normen maßgebend waren, kommen noch andere Interessen bei der Konstruktion und Auswahl der Subsellien in Betracht: insbesondere die Reinhaltung des Fußbodens; ferner der Raumbedarf, die Zugänglichkeit, die Haltbarkeit und die Kosten. In dieser Beziehung unterscheidet man namentlich

1. Schwellen-Schulbänke, bei denen Sitz und Pult auf zwei links und rechts angeordneten Schwellen montiert sind (Fig. 123). Sie werden auf dem Fußboden nicht befestigt und müssen zwecks Reinigung des letzteren zur Seite gerückt werden.

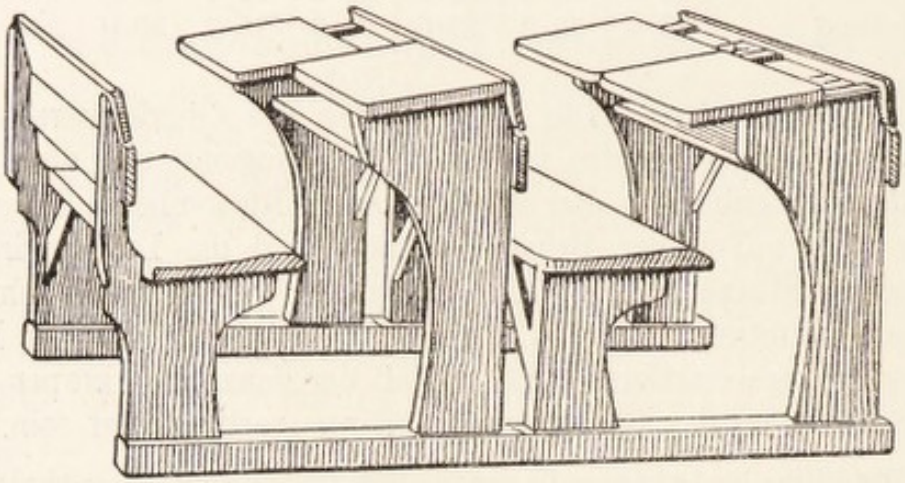


Fig. 123. Schwellenbank mit Schiebepulten. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

2. Umlegbare Bänke (Rettig-Bank, Fig. 124) mit gelenkiger Anordnung am Fußboden, so daß die ganze Bank leicht seitlich umgelegt werden kann. Durch die sog. freiliegende Wechselschiene,

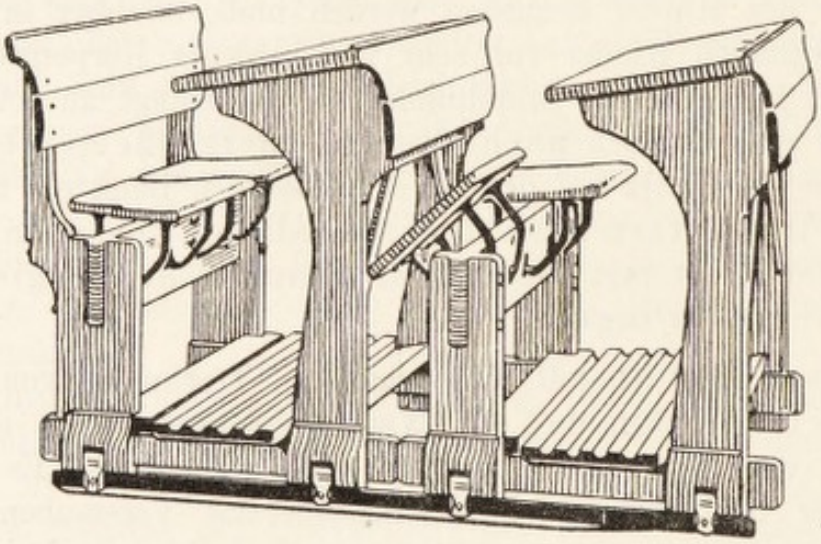


Fig. 124. Umlegbare Rettig-Bank mit Pendelsitzen. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

welche ohne Befestigung auf den Fußboden gelegt wird, ist eine Auswechslung verschiedener Subsellien möglich. Die Reinigung des Fußbodens kann bei umgelegten Bänken sehr vollständig erfolgen.

3. Schwellenlose, auf Füßen stehende Mittelholmbänke (Fig. 125, 126). Tisch und Bank sind hier nicht durch seitliche Schwellen, sondern in Sitzhöhe durch einen hölzernen Holm oder eine eiserne Ver-

steifung zu einem festen Ganzen verbunden. Ermöglichen ebenfalls leichte Reinigung und sind auswechselbar.

Schulutensilien. Als Wandtafeln sollen weiße Tafeln mit schwarzer Schrift benutzt werden; oder wenigstens mattschwarze, event.

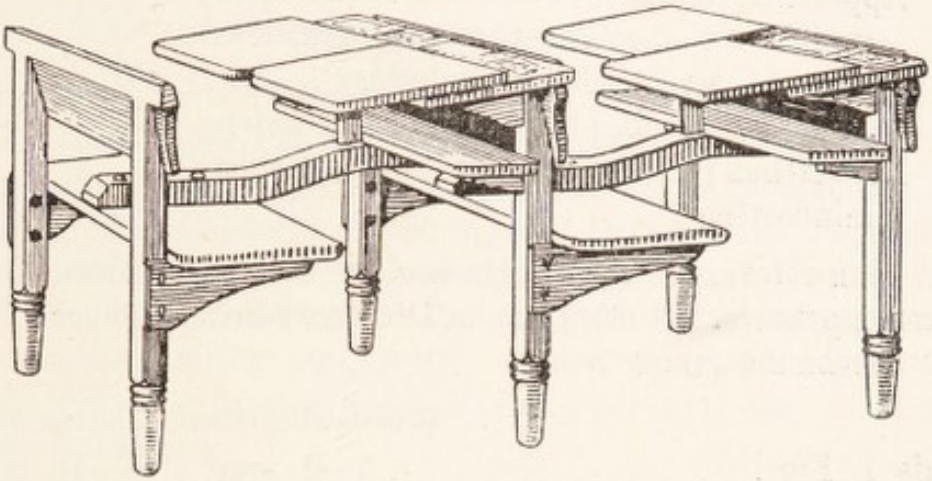


Fig. 125. Mittelholmbank mit Schiebepulten. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

mit Schieferüberzug versehene Tafeln, auf welchen mit weicher weißer Kreide geschrieben wird. Bei einem Schulzimmer von 9 m Länge sollen die an der Tafel geschriebenen Buchstaben eine Grundstrichhöhe von mindestens 66 mm und eine Grundstrichdicke von 12 mm haben. —

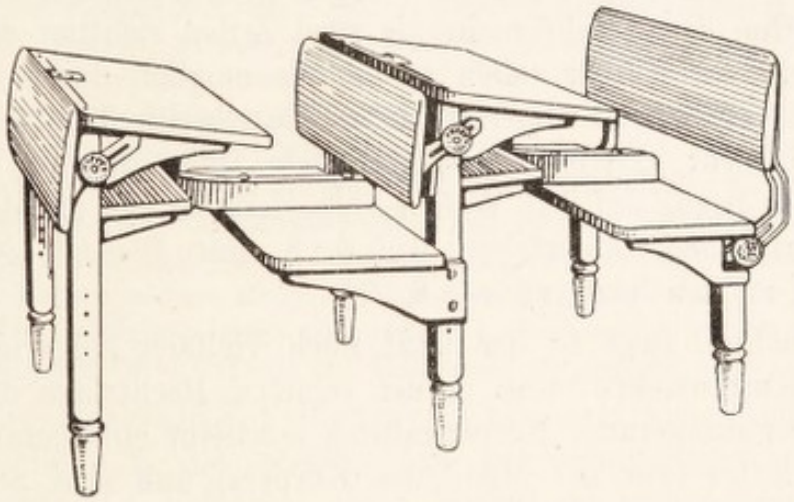


Fig. 126. Mittelholmbank mit verstellbaren Lehnen. (Nach P. Joh. Müller, Charlottenburg.)

Schulbücher sollen ein rein weißes oder höchstens schwach gelbliches, von Holzstoff möglichst freies Papier haben von mindestens 0·075 mm Dicke. Für den Buchdruck gelten nach den zuerst von H. Cohn, später namentlich von A. Weber und neuerdings von Graupner festgesetzten Normen, die auf dem 2. Internationalen Kongreß für Schulhygiene in London 1907 und auf der 10. Jahresversammlung des Deutschen Vereins

für Schulgesundheitspflege in Dessau 1909 gutgeheißen wurden, für Erwachsene folgende Grenzwerte:

Grundstrichhöhe (kleines n) mindestens . .	1·5 mm
Grundstrichdicke mindestens	0·25 „
Approche (Abstand zwischen 2 Buchstaben) größer als der Zwischenraum zwischen seinen Grundstrichen, mindestens	0·5 „
Zahl der Buchstaben in 10 cm-Zeile höchstens	60
Durchschuß (Höhenabstand zweier Zeilen) mindestens	2·5 „

Für Schulbücher sind insbesondere von Graupner folgende Forderungen präzisiert, denen z. B. im Dresdener Schullesebuch „Muttersprache" Rechnung getragen ist:

	Grundstrichhöhe:	Durchschuß:
Stufe 1, Fibel	3—9 mm	5—18 mm
„ 2	2·1—2·4 „	3·5—4·5 „
„ 3 und 4	1·8 „	3·0 „
„ 5 (Oberstufe)	1·75 „	2·5 „

Nach H. Cohn prüft man, ob ein Schulbuch den hygienischen Anforderungen bezüglich des Druckes entspricht, am einfachsten dadurch, daß man ein Stück Papier mit einer 1 qcm großen Öffnung auf die Zeile legt; es dürfen dann nicht mehr als zwei Zeilen sichtbar sein. — Die Schiefertafeln der Kinder sollen sobald als möglich durch Papier und Tinte ersetzt werden, da allgemein brauchbare weiße Tafeln und dunkle Stifte noch nicht existieren. Tintenbuchstaben gleicher Größe verhalten sich in bezug auf ihre Wahrnehmbarkeit zu den auf der Schiefertafel geschriebenen Buchstaben wie 4 : 3, mit Bleistift geschriebene Buchstaben zu den letzteren wie 8 : 7.

Ein Nachteil liegt in der jetzt noch vielfach gelehrten rechtsschiefen Kurrentschrift und in der schiefen Rechtslage des Schreibheftes. Bei ganz gerader Körperhaltung erscheint eine gerade mediane Lage des Heftes (vor der Mitte des Körpers) und eine Schrägschrift von links oben nach rechts unten, oder wenigstens eine gerade Rechtslage des Heftes und eine fast senkrechte Schrift = Steilschrift als die natürlichste. Rechtsschiefe Schrift ist bei medianer Lage des Heftes nur mit ermüdender Beugung des Handgelenks möglich, bei gerader Rechtslage des Heftes und noch mehr bei schiefer Rechtslage nur unter Verdrehung des Kopfes und des Oberkörpers oder der Augen derart, daß die Verbindungslinie der Drehpunkte beider Augen schließlich parallel zur Zeilenrichtung verläuft.

Ferner ist ein möglichst ausgedehnter Gebrauch der deutlicher wahrnehmbaren lateinischen Lettern wünschenswert.

Neuere Behauptungen über den Gehalt der Schultinte an pathogenen Bakterien beruhen durchaus auf Irrtümern. Die gebräuchlichen Tinten enthalten keine oder nur unverdächtige Keime.

C. Betrieb der Schulen.

Für die äußere Instandhaltung der Schule muß ein genügendes und sachverständiges Personal vorhanden sein. In sehr vielen Schulen ist dieser Forderung nicht genügt. Ein einziger Schuldiener soll oft in einem großen Gebäude die Reinigung, Heizung und Ventilation besorgen, Pförtnerdienste verrichten und für Botengänge usw. zur Disposition sein. Die schönsten Bauten und die kostspieligsten Heizanlagen werden durch eine solche falsche Sparsamkeit unbrauchbar gemacht und aller hygienischen Vorteile beraubt, die sie andernfalls gewähren könnten.

Von Bedeutung ist ein ausreichendes Personal auch für die Reinigung der Schulzimmer, Korridore und Treppen. Diese ist nicht nur vom ästhetischen Standpunkte aus wünschenswert, sondern entschieden aus hygienischen Rücksichten, da der Staub der Schulzimmer häufig Kontagien enthält und stets infektionsverdächtig ist. Es muß daher versucht werden, diesen Staub zu entfernen und stärkere Ansammlungen davon zu vermeiden. Durch trockenes Auskehren wird nur ein sehr kleiner Teil des Staubes wirklich beseitigt, der weitaus größere Rest nur aufgewirbelt; solche Art der Reinigung ist daher zu verwerfen. Besser ist es, die Räume mit den S. 451 genannten Fußbodenölen zu versehen, die den Staub fixieren, so daß er zu größeren Massen geballt durch trockenes Abkehren beseitigt werden kann; oder mit abwaschbarem Fußboden, der täglich unter gelinder Anfeuchtung (mit feuchten Sägespänen) gereinigt und wöchentlich einem gründlichen Abwaschen unterzogen wird. Letzteres muß sich auch auf das Mobiliar und den unteren Teil der Seitenwände erstrecken. — Den besten Effekt hat die Vakuumsabsaugung gezeigt. — Jedenfalls ist dafür zu sorgen, daß die Kinder mit gut gereinigtem Schuhzeug die Schulzimmer betreten. Abtreter und Matten können nicht groß und häufig genug sein. Die Subsellien müssen vor der Reinigung leicht entfernt oder so gekantet werden können, daß auch der Fußboden unter ihnen der Reinigung zugänglich wird.

Auch der Betrieb des Unterrichts bietet viele Angriffspunkte für die Hygiene, z. B. die zulässige Zahl von Schulstunden, das richtige Maß der häuslichen Aufgaben usw. Betont sei insbesondere die Notwendigkeit von Zwischenpausen nach jeder Schulstunde, die schon deshalb zu fordern sind, damit in den Pausen eine gründliche Durchlüftung der Schulzimmer erfolgen kann. — Als Korrektiv für das anhaltende und ruhige Sitzen, oft in schlechter Körperhaltung, sind vor allem körperliche Übungen ins Auge zu fassen (s. unten). Zu beachten ist, daß die körperlichen Übungen nicht etwa eine Erholung des Zentralnervensystems bewirken, sondern eher stärkere Ermüdung, und daß

daher die Einschaltung von Turnstunden zwischen die Unterrichtsstunden durchaus nicht einer geistigen Erholung gleich zu rechnen ist.

Für die Erkenntnis der Notwendigkeit von Reformen ist eine Prüfung der progressiven geistigen Ermüdung bzw. Übermüdung wichtig, welche die Schüler während der Schulstunden erfahren. Diese Prüfung kann geschehen: 1. durch das Ästhesiometer (Griesbach). Dasselbe ermittelt, in welchem Abstand zwei Zirkelspitzen auf bestimmten Hautstellen eben noch als getrennt empfunden werden. Bei geistiger Ermüdung wächst dieser Abstand um das zwei bis vierfache und mehr. Die Methode leidet jedoch an zahlreichen Fehlerquellen. 2. Durch Mossos Ergograph (von du Bois verbessert); ein Gewicht, das an einer über eine Rolle gehenden Schnur hängt, wird in gleichmäßigem Tempo durch Krümmung des Mittelfingers, um den die Schnur gelegt ist, gehoben, bis die Hebung nicht mehr gelingt. Nach geistiger Anstrengung ist das Gehirn nicht mehr imstande, so energisch und anhaltend Willensimpulse zu erteilen; die Zahl der Hübe verringert sich daher. Nur nach längerer Trainierung ergeben sich brauchbare Ausschläge. 3. Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde einfache Rechenexempel; es wird beobachtet, wieviel Exempel in 5 Minuten gerechnet werden und mit wieviel Fehlern. — Bei dieser Messung wird jedoch mit festen Assoziationen operiert, die noch geläufig sein können trotz erheblicher geistiger Ermüdung. 4. Prüfung der Kombinationsfähigkeit durch sog. Ergänzungsaufgaben (Ebbinghaus). Die Schüler erhalten am Ende jeder Schulstunde ein Blatt, auf welchem ein Abschnitt aus einer für das Verständnis des Kindes passenden Erzählung oder Beschreibung abgedruckt ist, jedoch so, daß ganze Worte und zahlreiche Silben nicht ausgedruckt, sondern nur durch wagerechte Striche (für jede Silbe ein Strich) angedeutet sind. Die Schüler müssen innerhalb 5 Minuten so viel als möglich von diesen Lücken und so richtig als möglich ergänzen.

Die gesunde Mehrzahl der Schulkinder läßt nach den bisherigen noch unzureichenden Beobachtungen eine wesentliche Verringerung der geistigen Leistungsfähigkeit mit der Dauer des Unterrichts nicht erkennen. Wahrscheinlich betrifft die Übermüdung nur schwächliche und nervöse Kinder, so daß durch eine mehr individualisierende Behandlung dieser eine Beseitigung der Schäden und Klagen erreicht werden könnte. Die Einrichtung von Hilfsschulen oder Hilfsklassen für minderwertige Kinder, wie sie in einzelnen Städten bereits getroffen ist, erscheint daher sehr empfehlenswert. Am meisten wird der verschiedenen Begabung der Schüler gerecht das in Mannheim von Sickinger durchgeführte System. Dieses enthält 8 Hauptklassen für die normalen Schüler; daneben Förderklassen mit 5—7 Stufen für die unregelmäßig fortschreitenden, ferner Hilfsklassen mit 4 Stufen und 1 Vorstufe für die krankhaft schwachen Kinder. Außerdem sind aber auch für besonders befähigte Schüler Vorbereitungs- und fremdsprachliche Klassen vorgesehen, die neben den Hauptklassen hergehen und in deren obersten Stufen nach dem Lehrplan der preußischen Mittelschulen unterrichtet wird. — In Charlottenburg ist man auf W. Bechers und Lennhoffs Empfehlung mit der Einrichtung von Waldschulen vorgegangen, wo Kinder aufgenommen werden, die nicht eigentlich krank sind, aber körperlich zu schwach, um dem normalen Unterricht zu folgen. Die Kinder bleiben von früh bis Abend in der Waldschule und erhalten dort alle Mahlzeiten. Während und außerhalb des Unterrichts halten sie sich möglichst andauernd im Freien auf. Die Anregung durch die bewegte Luft scheint neben der guten Ernährung und der reichlichen Körperbewegung auf derartige Kinder ganz

besonders günstig zu wirken, so daß nach 4—9 Monaten 25% der Kinder geheilt, 60% gebessert sind.

Um die Ausbreitung ansteckender Krankheiten in der Schule zu hindern, bestimmt das Reichsseuchengesetz vom 30. Juni 1900 und das Preußische Seuchengesetz vom 28. August 1905, daß Kinder aus Behausungen, in denen eine Erkrankung an Cholera, Lepra, Fleckfieber, Pest, Pocken, Diphtherie, Scharlach, Ruhr, Typhus, Rückfallfieber vorgekommen ist, vom Schulbesuch ferngehalten werden müssen, solange eine Weiterverbreitung der Krankheit durch die Schulkinder zu befürchten ist.

Bei Erkrankungen an Genickstarre empfehlen die „Ausführungsbestimmungen" zum Seuchengesetz die gleiche Maßregel. — Bei Erkrankungen an Trachom sind nach den Ausführungsbestimmungen die Schulkinder nur dann und so lange vom Schulbesuch fernzuhalten, als sie an eitriger Absonderung leiden; solange dies nicht der Fall ist, sind sie gesondert zu setzen. — Für Masern und Keuchhusten sieht das Gesetz keine Beschränkungen vor; solche sind aber mit gutem Grunde fast überall von der Schulaufsichtsbehörde festgesetzt. Diese pflegt in folgender Richtung ergänzende Bestimmungen zu erlassen: 1. Kinder und Lehrer, bei welchen sich Verdachtsmomente für den bevorstehenden Ausbruch einer kontagiösen Krankheit einstellen (Kopfschmerz, Schwindel, Frösteln, Fieber, Halsschmerzen usw.), sollen den Besuch der Schule unterlassen. 2. Sofort nach Ausbruch einer ansteckenden Krankheit ist der Polizeibehörde Anzeige zu erstatten. Die erkrankten Kinder und Lehrer sind bei Scharlach 6 Wochen, bei Masern und Diphtherie 4 Wochen, bei Keuchhusten solange krampfartige Hustenanfälle bestehen, vom Schulbesuch auszuschließen, 3. sind auch diejenigen Angehörigen der Erkrankten, welche mit ihnen zusammenwohnen und leicht Infektionskeime verschleppen könnten, für dieselbe Zeitdauer auszuschließen; 4. ist zu verlangen, daß die Genesenen bzw. deren Angehörige die Schule nicht eher wieder betreten, als bis nachweislich eine vorschriftsmäßige Desinfektion der Wohnung und Kleidung durch geschulte Desinfekteure stattgefunden hat; 5. bei stärkerer Ausbreitung kontagiöser Krankheiten unter den Kindern einer Klasse ist durch Verfügung der Schulaufsichtsbehörde und nach Anhörung des beamteten Arztes die Klasse bzw. die ganze Schule für einige Zeit zu schließen und demnächst zu desinfizieren. — Bezüglich der phthisischen Lehrer und Kinder s. Kap. X.

Gegen eine Verschärfung der Maßregeln spricht die dadurch hervorgerufene bedeutende Störung des Schulbetriebes, ferner die Erwägung, daß die Schule doch immer nur einen Bruchteil der Infektionen, und vielleicht sogar einen relativ unbedeutenden vermittelt. Fehlt es doch nicht an Beobachtungen, die darauf hinweisen, daß gerade der Schluß einer Klasse zuweilen befördernd auf die Verbreitung einer kontagiösen Krankheit wirkt, weil die Kinder alsdann mehr Zeit und Gelegenheit haben, sich bei den Besuchen in den Wohnungen zu infizieren. Auch erfolgt bei den meisten der genannten Krankheiten die Ansteckung am leichtesten im ersten kaum merkbaren Beginn bzw. längere Zeit nach Ablauf der Krankheit. — Trotzdem wird zweifellos daran festzuhalten sein, daß die Schule ihrerseits so viel als irgend möglich der Verbreitung von Kontagien unter den Schülern entgegenwirken muß. Finden auch viele Kinder infolge eines gewissen Mangels an Vorsicht und Beaufsichtigung außerhalb der Schule Gelegenheit zur Infektion, so sind strenge Maßregeln doch schon um

deswillen aufrecht zu erhalten, weil diejenigen Eltern, welche außerhalb der Schule ihre Kinder gewissenhaft behüten, einen entschiedenen Anspruch darauf haben, daß ihre Kinder in der Schule nicht von einer leicht vermeidbaren Infektionsgefahr bedroht werden.

In größeren Städten sucht die soziale Fürsorge noch weiter gehende Aufgaben mit der Schule zu verbinden. Vor allem wird die Ernährung unterernährter Schüler dadurch unterstützt, daß — wo möglich als städtische Einrichtung — eine Schulspeisung stattfindet, entweder nur in Form eines warmen Frühstücks ($^1/_4$ Liter Milch und eine Semmel), oder auch zweites Frühstück, Mittagsspeisung und Vesper für die bedürftigen Kinder aus Kindervolksküchen bzw. aus besonderen mit der Schule verbundenen Schulküchen. Für das erste und zweite Frühstück sind nach Rubner 317 Cal. oder 13 g Eiweiß, 12 g Fett, 37 g Kohlehydrate zu rechnen; für Mittag und Vesper = 816 Cal. oder 36 g Eiweiß, 28 g Fett, 104 g Kohlehydrate. — Die Speisung läßt sich besonders leicht durchführen in den Kinderhorten, die immer weitere Verbreitung gewinnen. Sie sind für Kinder bestimmt, die zu Hause ohne genügende Aufsicht sind; die Kinder versammeln sich in einem Raum der Schule, wo sie ihre Schulaufgaben erledigen können und eventuell mit Lektüre oder Spielen beschäftigt werden.

Von großer Bedeutung sind ferner für körperlich zurückgebliebene Kinder die Ferienkolonien, welche die Schulkinder für 3—4 Wochen unter Aufsicht eines Lehrers oder einer Lehrerin an die See, ins Gebirge oder in Wald führen. Unter Umständen kann die Aufnahme in ein Sanatorium erfolgen. Für die in der Stadt zurückbleibenden Kinder müssen Tagesaufenthalt im Freien, gemeinsame Ausflüge mit den Lehrern, und Ferienspiele auf Schulhöfen usw. Ersatz bieten.

Der Schularzt.

Zur Durchführung der gesamten hygienischen und sozialen Fürsorge für die schulpflichtigen Kinder ist die Anstellung von Schulärzten unerläßlich. Ursprünglich sollte diesen die Überwachung der hygienischen Einrichtungen der Schule und der prophylaktischen Maßnahmen bei Infektionskrankheiten zufallen. Neuerdings ist aber den Schulärzten vor allem eine Kontrolle des Gesundheitszustandes der Schüler und die Durchführung der oben aufgezählten Fürsorgemaßnahmen übertragen, die für die individuelle Hygiene der Schulkinder und für die frühzeitige Bekämpfung von Gesundheitsschäden und Gebrechen von größter Bedeutung sind. Die Aufgaben der Schulärzte lassen sich ungefähr folgendermaßen präzisieren:

1. Die Untersuchung der neu eingeschulten Kinder auf Größe, Gewicht, Ernährungszustand, Reinlichkeit (Ungeziefer), Fehler der Sinnesorgane, des Nervensystems usw.

Über jedes Kind ist ein dieses während seiner ganzen Schulzeit begleitender „Gesundheitsschein" („Personalbogen") auszufüllen.

Auch die geistige Reife ist zu prüfen; nicht schulreife Kinder sind möglichst besonderen Schulkindergärten zu überweisen.

Ferner ist festzustellen, ob die Kinder besonderer Berücksichtigung beim Unterricht (Ausschluß von Turnen, Gesang, usw.; Anweisung besonderer Plätze wegen Gesichts- oder Gehörfehlern u. a. m.) bedürfen.

2. Jährliche Nachuntersuchungen der älteren Kinder.

3. Ein- bis zweimal in jedem Halbjahr Besuch der Klassen; öftere Untersuchung und Überwachung der nicht normalen Kinder (Überwachungsschüler und Schulinvaliden).

4. Auswahl und Begutachtung der Kinder für den Besuch der Hilfsschulen, für Waldschule, Ferienkolonien, Schülerwanderungen, Schulspeisung usw.

5. Hygienische Überwachung des Schulhauses und der technischen Betriebseinrichtungen.

6. Mitwirkung bei der Berufswahl der vor der Entlassung stehenden Kinder. — Genaueres siehe in den Dienstanweisungen usw., die auch in Selters Handbuch abgedruckt sind.

Die Schulärzte werden zweckmäßig unterstützt durch Schulschwestern, die u. a. die Aufgabe haben, sich mit den Eltern von Schulkindern, die ärztlicher Behandlung bedürfen, in Verbindung zu halten und die Erlaubnis zur Behandlung zu erwirken.

Von Bedeutung sind ferner Schulzahnkliniken, in welchen den Kindern der Gemeindeschulen kostenlos oder gegen sehr geringes Entgelt zahnärztliche Behandlung gewährt wird. Gerade in der Schulzeit liegt am häufigsten der Beginn schwerer Schädigungen des Gebisses, und gerade in dieser Zeit kann für die Erhaltung gesunder Zähne am besten gesorgt werden. — Kinder mit beginnender Skoliose sind dem orthopädischen Turnunterricht, Augen- und Ohrenleidende spezialärztlicher Behandlung zuzuführen.

Die Schulärzte sind meist im Nebenamt angestellt. Vorzuziehen sind im Hauptamt angestellte Ärzte, die entweder durch Übernahme mehrerer Schulen, oder durch gleichzeitige Tätigkeit im Fürsorgedienst volle Beschäftigung finden. In größeren Städten werden die Schulärzte zweckmäßig einem Stadtarzt unterstellt, der die gesamten kommunalen gesundheitlichen Einrichtungen, wie Seuchenbekämpfung, Impfgeschäft, Fürsorgedienst usw. zu überwachen hat und der zugleich Mitglied des Magistrats, der Schul- und Armendeputation sein muß. — Eine vorbildliche Regelung der Schularztfrage ist in Württemberg dadurch getroffen, daß den Amtsärzten die schulärztliche Tätigkeit überwiesen ist.

Die schulärztliche Untersuchung der Schulkinder hat noch eine besondere Bedeutung dadurch, daß sie uns bis zu einem gewissen Grade in Stand setzt, über die körperliche Tüchtigkeit unserer Jugend ein Urteil zu gewinnen, die Zahl und Art der Minderwertigen kennen zu lernen, unsere Wehrfähigkeit

zu prüfen und festzustellen, inwieweit und wo bessernde Maßnahmen einsetzen müssen. Allerdings entbehrt in Deutschland noch die größere Hälfte der Schulkinder der schulärztlichen Kontrolle, und speziell in den höheren Schulen sind Schulärzte bisher nur ausnahmsweise tätig; auch ist die Art der Untersuchung und Beurteilung nicht einheitlich und vielfach nicht einwandfrei, weil bis jetzt keinerlei Spezialkenntnisse vom Schularzt verlangt werden. Es ist daher die Frage aufgeworfen, ob nicht eine Untersuchung der zu den Impfterminen gestellten Kinder zu einer vollständigeren und besseren Einsicht in die körperliche Konstitution unserer Jugend führen würde. Da aber die Durchführung dieses Gedankens noch großen Schwierigkeiten begegnet, müssen wir uns einstweilen mit den Ergebnissen der schulärztlichen Untersuchungen und mit einzelnen besonderen Erhebungen begnügen, die z. B. von Kotelmann, Axel Key, Ascher u. a. angestellt und aus Vierordts Tabellen, Selters Handbuch und Aschers unten zitierter Schrift zu entnehmen sind.

In Berlin hat Rietz bei 1740 Gymnasiasten und 1496 Volksschülern folgende Zahlen für Körperlänge und -gewicht ermittelt. (W.Gr. = Wachstumsgröße):

Alter	Höhere Schulen				Volksschulen			
	Körperlänge		Körpergewicht (mit Kleidern)		Körperlänge		Körpergewicht (mit Kleidern)	
	cm	W.-Gr.	kg	W.-Gr.	cm	W.-Gr.	kg	W.-Gr.
8—9	127·3	3·9	26·2	1·6	121·4	5·1	23·3	2·4
9—10	131·2	4·5	27·8	2·8	126·8	4·4	25·7	1·9
10—11	135·7	3·8	30·6	2·5	130·9	4·4	27·6	2·4
11—12	139·5	5·9	33·1	4·0	135·3	4·4	30·0	2·9
12—13	145·4	5·2	37·1	4·5	139·7	5·0	32·9	3·6
13—14	150·6	5·4	41·6	4·5	144·7	1·9	36·5	1·0
14—15	156·0	6·4	46·0	5·6	146·6		37·5	
15—16	162·4	2·6	51·7	4·6				

Derselbe Autor stellte ferner folgende Beziehungen zwischen Körperlänge und Brustumfang fest:

Alter	Auf 100 cm Körperlänge kommen Brustumfang		Beträgt die Differenz zwischen Aus- und Einatmung	
	Gymnasien	Volksschulen	Gymnasien cm	Volksschulen cm
9	45·7	46·2	5·2	4·7
10	45·6	45·5	4·9	5·6
11	45·7	45·2	5·0	5·6
12	45·4	45·1	5·2	5·9
13	45·1	45·2	5·6	5·8
14	45·1	45·0	5·9	(6·1)
15	45·4		6·2	
16	46·0		6·3	
17	46·0		6·5	
18	46·7		6·2	

Weiteren Einblick gestattet die Feststellung des „Umfangs", worunter die Summe der Umfänge von Oberarm, Unterarm, Oberschenkel, Unterschenkel, Hals, Brust und Bauch (bei 14 jährigen im Mittel 472, bei 19 jährigen 556 cm) verstanden wird. — Ferner das sog. „Zentimetergewicht", d. h. das Gewicht dividiert durch die Länge, das z. B. bei 7 jährigen circa 180 g beträgt, bei 10jährigen 203 g, bei 14jährigen 260, bei 20jährigen 380 g, also sehr bedeutende Differenzen aufweist. — Für gewöhnlich genügt aber die Bestimmung der Länge und des Gewichts, und ihre Resultate pflegen mit den Ergebnissen der Inspektion durch geübte Beobachter gut übereinzustimmen.

Literatur: Selter, Handbuch der Deutschen Schulhygiene 1914. — Burgerstein u. Netolitzky, Handb. d. Schulhygiene, Leipzig 1912. — Selter, Der Stand der Schulhygiene, Ausstellungsbericht Dresden 1911. — Nachtrag dazu von Graupner (Literatur), 1911. — Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege, Hamburg, Jahrg. 1—25. — Gesunde Jugend, Zeitschrift, Bd. 1—12, Leipzig. — Einrichtung und Betrieb: v. Esmarch, Erläuterungen zur Subsellien-Modellsammlung, Berlin, Müller 1910. — J. Müller, Unters. über Subsellien, Berlin. — v. Dimitrovich, Schulhygienische Schriften, Berlin, J. Müller. — Beiträge zur Kinderforschung, 70 Hefte, Langensalza, von 1898 ab. — Schriften über Zahnhygiene, zusammengest. v. deutschen Zentralkomitee f. Zahnpflege in den Schulen, mehrere Bände. — Vierordt, Anatomische usw. Daten und Tabellen. 3. Aufl. 1906. — Ascher, Planmäßige Gesundheitsfürsorge, Berlin 1913.

4. Die schulentlassene Jugend.

Die schulentlassene Jugend umfaßt das Alter vom 14. (in Bayern vom 13.) bis zum 18. Lebensjahr (nach der Auffassung mancher bis zum 20. Jahr). Die Zahl dieser „Jugendlichen" beträgt in Deutschland über $4^1/_2$ Millionen. Unter den männlichen Jugendlichen befinden sich 80% erwerbstätige; unter den weiblichen 45%.

Vom 14. bis 18. Lebensjahr ist der menschliche Körper noch in lebhafter Fortentwickelung; die Jahreszunahme des Brustumfanges bei den Knaben beträgt im Mittel 3 cm, die Körpergewichtszunahme 4·7 kg pro Jahr. Die Bedürfnisse des Organismus werden daher in dieser Periode mit besonderer Sorgfalt befriedigt, Schädigungen in entsprechender Weise ferngehalten werden müssen. — Daß dies bisher in Deutschland nicht in befriedigendem Maße geschehen ist, geht aus mancherlei statistischen Erhebungen hervor. In den gesundheitsgefährlichen Berufen ist für die Jugendlichen eine höhere Erkrankungshäufigkeit gegenüber den etwas älteren Arbeitern nachzuweisen; ferner ist eine ungünstigere Mortalität z. B. gegenüber der englischen Jugend festgestellt; schließlich abnehmende Militärtauglichkeit der berufstätigen männlichen Jugend. Für die weiblichen Jugendlichen hat sich namentlich eine Zunahme bzw. ein Gleichbleiben der Tuberkulosesterblichkeit und eine ungünstige Beeinflussung der Geburts- und Stillfähigkeit ergeben.

Die Schädigung der Jugendlichen kommt zustande teils durch die Art der Arbeit (Staubgewerbe, giftige Materialien, exzessive Tempera-

turen, Überanstrengung, übermäßige Arbeitsdauer, ungünstige Arbeitsräume namentlich bei Heimarbeit[1]), teils durch die Lebensverhältnisse, namentlich ungenügende Wohnungen und Schlafstellen, Alkoholmißbrauch. Sehr häufig sind die Jugendlichen unbedacht vorgegangen bei der Wahl des Berufs; andere sind für ihren Beruf mangelhaft vorgebildet; bei den weiblichen Jugendlichen fehlt insbesondere die wirtschaftliche Ausbildung; auch eine geistige Fortbildung existiert nicht, und die Schulkenntnisse verschwinden erfahrungsgemäß sehr rasch.

Unter den Abhilfemaßregeln ist zunächst die Unterstützung bei der Berufswahl ins Auge zu fassen. Hierbei ist vor allem die körperliche Konstitution in Rechnung zu ziehen, und deshalb gehört eine solche Beratung, wie S. 465 betont wurde, zu den Aufgaben des Schularztes, der allerdings, falls nicht noch andere Berater ihm zur Seite stehen, auch über die wirtschaftliche Lage und die Aussichten der wichtigsten Berufsarten möglichst orientiert sein muß, und der schon im Anfang des letzten Schulhalbjahrs mit seiner Umfrage bei den demnächst zur Entlassung kommenden Schülern und mit seinen Ratschlägen beginnen sollte. — Weiterhin können Jugendfürsorgevereine den Nachweis geeigneter Lehr- und Arbeitsstellen übernehmen. Durch Lehrwerkstätten (Fabriklehrwerkstätten) ist die spezialistische Fortbildung zu unterstützen; besonders auch durch die immer mehr verbreiteten Fachschulen, deren Entwickelung von den Innungen und Handelskammern zu fördern ist. Für die nicht einem bestimmten Beruf angehörigen jugendlichen Arbeiter sind statt der Fachschulen Fortbildungsschulen (möglichst mit ärztlichem Überwachungsdienst, s. unten) einzurichten, in denen die allgemein bildenden Fächer gelehrt werden, und deren Besuch durch Ortsstatut obligatorisch gemacht werden kann. Die Arbeitgeber müssen den Lehrlingen die Zeit zu diesem Schulbesuch gewähren und dürfen denselben nicht in die Erholungszeit einrechnen.

Von besonderer Bedeutung für die gesamte Volksernährung sind, worauf schon S. 201 hingewiesen worden, Koch- und Haushaltungsschulen, bzw. hauswirtschaftliche Fortbildungskurse für Frauen und Mädchen. In den letzten Jahren ist auch nach dieser Richtung eine rege Fürsorge entwickelt. In zahlreichen Städten, vereinzelt auch in ländlichen Gemeinden, ist hauswirtschaftliche Unterweisung schon in den Rahmen der Volksschule als obligatorischer Unterricht aufgenommen; dieser umfaßt praktische Ausbildung im Kochen in den der Schule angegliederten und als Volksküchen benutzten Kochschulen, ferner in Behandlung der Wäsche, Flicken, Nähen, Reinmachen usw. — Wirk-

[1] Vgl. in Kapitel IX.

samer sind die in Städten für schulentlassene Mädchen begründeten Fortbildungsschulen, die sich namentlich mit den Aufgaben der Haushaltsführung und mit den Aufgaben der Frau als Mutter und Erzieherin beschäftigen, als Einrichtungen der Kommune oder durch Vereine und Stiftungen ins Leben gerufen. Auf dem Lande sind seitens der Landwirtschaftskammern, der Kreise oder durch Vereine landwirtschaftliche Haushaltungsschulen oder auch Wanderhaushaltungsschulen geschaffen. Ferner bestehen für Schulentlassene zahlreiche Handarbeits-, Näh- und Flickschulen; und geeignete Lehrerinnen für alle derartige Fortbildungsschulen werden in Preußen in drei staatlichen Gewerbeschulen vorgebildet.

Eine Beaufsichtigung der jugendlichen Arbeiter sieht die Reichsgewerbeordnung insofern vor, als für gewisse Betriebe die Verwendung Jugendlicher verboten ist. Ferner ist die Zahl der Arbeitsstunden fixiert, und der Arbeitgeber muß der Ortspolizeibehörde von der Einstellung Jugendlicher und der Art ihrer Verwendung Kenntnis geben. Das Handelsgesetzbuch enthält entsprechende Vorschriften für die jugendlichen Personen im Handelsgewerbe. Die Ortspolizeibehörde und die Fabrikinspektoren sind verpflichtet, die Durchführung dieser gesetzlichen Bestimmungen zu kontrollieren.

Eine Besserung der Wohnungsverhältnisse wird namentlich durch Heime für jugendliche Arbeiter und Arbeiterinnen angestrebt, die von Industriellen im Interesse ihres Betriebes ebensowohl wie in dem der Arbeiter bereits vielfach eingerichtet sind. Auch durch Vereinstätigkeit sind zahlreiche Lehrlings- und Mädchenheime in größeren Städten begründet. — Leseräume und Bibliotheken sorgen für die geistige Fortbildung; Turnen, Spiele im Freien, Wandern und Ausflüge, Unterweisung in Gartenarbeit und allgemein nützlichen Handarbeiten, gesellige Veranstaltungen werden teils von den Arbeitgebern, teils von Jugendvereinen ins Leben gerufen und gefördert.

Die aufgezählten Maßnahmen zum Schutze der Jugendlichen bedürfen aber — darin sind alle einig, welche sich intensiver mit den vorliegenden Problemen beschäftigt haben — einer viel ausgedehnteren und intensiveren Anwendung, als es bis jetzt geschieht, wenn wirklich die Jugendlichen vor Gesundheitsschädigungen bewahrt werden und zu körperlich und geistig tüchtigen Menschen heranwachsen sollen.

Kaup faßt die dringendsten Forderungen, die zur Ertüchtigung der Jugendlichen beiderlei Geschlechts aufgestellt werden müssen, folgendermaßen zusammen:

A. Für die männliche Jugend von 14—18 Jahren.

1. Fernhaltung von gesundheitsgefährlichen Betrieben.

2. Die Arbeitsdauer und der Zeitaufwand für Fortbildungs- und Fachschulen soll 10 Stunden nicht überschreiten.

3. Nachtarbeit ist zu untersagen.

4. Für Fortbildungs- und Fachschulen und für einen Spielhalbtag sind mindestens 3 Halbtage (zu höchstens 4 Stunden) in Aussicht zu nehmen.

B. Für die weiblichen Jugendlichen von 14—18 Jahren.

Einführung von Halbtagschichten für Arbeit, Erziehung und körperliche Ertüchtigung.

C. Für beiderlei Jugendliche von 14—18 Jahren.

1. Regelmäßiger ärztlicher Überwachungsdienst für alle Fortbildungs- und Fachschüler; dabei Berücksichtigung auch der allgemeinen Lebensverhältnisse (Wohnung, Ernährung) unter Zuhilfenahme von Jugendhelfern.

2. Ein Halbtag in der Woche ist zur körperlichen Ertüchtigung durch Turnen, Spiel oder Wandern freizuhalten.

3. Für mindestens 14 Tage im Jahr Aufenthalt der Jugendlichen in Landerholungsheimen oder Camps (Zeltlagern) bei leichter Garten- und Feldarbeit, abwechselnd mit Wanderungen, Spiel und Sport.

4. Schaffung einfacher Ledigen- oder Mädchenheime und besonderer alkoholfreier Speisestellen seitens der Kommunen oder privater Organisationen.

Ein Erlaß des preußischen Kultusministers vom 18. Januar 1911 betont, daß auch die Königliche Staatsregierung die Jugendpflege als eine der wichtigsten Aufgaben der Gegenwart betrachtet, an deren Lösung alle Vaterlandsfreunde in allen Ständen und Berufsklassen mitzuarbeiten berufen sind. Alle staatlichen Behörden sollen daher, soweit sie dazu geeignete Räumlichkeiten, Mittel und Kräfte besitzen, diese nach Möglichkeit für die Förderung der Sache dienstbar machen. Es wird empfohlen, als örtliche Organe Stadt- bzw. Ortsausschüsse für Jugendpflege zu bilden, ferner Bestrebungen verschiedener solcher Vereinigungen in einem Bezirksausschuß für Jugendpflege zusammenzufassen. Als eine der wichtigsten Aufgaben der Ausschüsse wird bezeichnet, daß die erforderlichen Mittel beschafft und in allen Kreisen der Bevölkerung werktätige Teilnahme geweckt wird. Staatliche Einrichtungen mit Besuchszwang für die schulentlassene Jugend sind nicht beabsichtigt. Aber besondere Fonds zwecks Förderung der Jugendpflege sind bereitgestellt und können als Beihilfen für geeignete Bestrebungen, jedoch nur im Interesse männlicher Jugendlicher, Verwendung finden.

Als Mittel der Jugendpflege werden in den dem Erlaß beigegebenen Grundsätzen und Ratschlägen z. B. empfohlen: Bereitstellung von Räumen zur Einrichtung von Jugendheimen mit Schreib-, Lese-, Spiel- und anderen Erholungsgelegenheiten; Jugendbüchereien; Musik-, Lese- und Vortragsabende; Besichtigung von Museen, Denkmälern usw.; Bereitstellung von Spielplätzen, Gelegenheiten zum Baden und Schwimmen; Verbreitung gesunder Leibesübungen aller Art je nach Jahreszeit, Ort und Gelegenheit.

Literatur: Schriften der Zentralstelle für Volkswohlfahrt, Neue Folge, Heft 2, Berlin 1908. — Suck, in Weyls Handbuch der Hygiene, 4. Supplementband, Jena 1904. — Kaup, Schriften der Gesellschaft für soz. Reform, Heft 36, Jena 1911. — Derselbe, Zeitschrift der Zentralstelle für Volkswohlfahrt „Concordia", 1910, Nr. 7—9. — Derselbe, Zeitschrift für Mediz. Beamte, 1911, Nr. 23. — Erlaß des Ministers der geistl. usw. Angel. Berlin, Cotta, 1911.

Leibesübungen für die Jugend.

In den vorstehenden Abschnitten ist wiederholt darauf hingewiesen, daß Leibesübungen das beste Korrektiv darstellen, durch welches die heranwachsende Jugend vor den durch das städtische Leben und den langen Aufenthalt in der Schule ausgelösten gesundheitlichen Schäden bewahrt werden kann. Auf die Art dieser Leibesübungen und deren zweckmäßige Auswahl für die verschiedenen Lebensalter ist noch mit einigen Worten einzugehen.

Zunächst sei betont, daß die Leibesübungen weitaus am besten ins Freie verlegt werden, weil nur hier die rasche Beseitigung der produzierten Wärme und eine einwandfreie Deckung des stark gesteigerten Bedarfs an Atemluft erfolgt. Sind geschlossene Räume nicht zu umgehen, so sollen diese so groß und luftig wie möglich sein. Stärkerer Staubgehalt der Luft ist unbedingt zu vermeiden.

Die Leibesübungen sollen ferner nicht in Sport ausarten, bei dem es wesentlich darauf ankommt, Höchstleistungen mit einzelnen Muskelgruppen zu erzielen. Die heranwachsende Jugend kann dadurch nur geschädigt werden; vielmehr soll eine harmonische Entwickelung des Körpers zu Kraft und Gewandtheit das Ziel der Übungen sein.

Man unterschiedet zwei Gruppen von Leibesübungen:

a) Einzelübungen; die Leistung wird nach der einzelnen Übung bewertet. Dahin gehören 1. schwere Kraftübungen (Schwerathletik) wie Stemmen, Heben, Werfen schwerer Gewichte und Ringen. Für die Jugend ungeeignet, weil nicht die gesamte Muskulatur, sondern nur ein kleinerer Teil geübt und zum Wachstum angeregt wird; ferner weil dabei „Pressung", starker Exspirationsdruck, der zu Emphysem Anlaß gibt, ausgeübt wird. 2. Leichte Kraft- bzw. Geschicklichkeitsübungen: Freiübungen ohne Gewichte oder mit Stab, Holzkeulen usw.; oder Geräteübungen; oder die volkstümlichen Übungen Springen, Wurfübungen (mit Ger, Diskus, Schleuderball usw.). Ein Hauptwert dieser Übungen liegt in der Ausbildung der koordinierenden Nerventätigkeit. b) Dauer- und Schnelligkeitsübungen, die sich aus einer Folge gleicher Bewegungen zusammensetzen. Bei den Dauerübungen (Gehen, Bergsteigen) ist die Quantität der gesamten geleisteten Arbeit meist bedeutend und die Übung wirkt auf Atmung, Kreislauf und Stoffwechsel stark ein; bei den Schnelligkeitsübungen (Laufen, Radfahren usw.) werden Herz und Lunge stark beansprucht, und das Ende der Übung wird durch Herzermüdung und Atemnot, nicht durch Muskelermüdung, herbeigeführt. Die Zunahme der Lungen- und Herzarbeit führt aber auch zu kräftiger Wachstumsanregung und Steigerung der Leistungsfähigkeit. Der Atemumfang wächst bei Laufen, Schwimmen, Rudern auf das 7 fache, zuweilen bis auf das 12 fache des Ruhewertes. Der Puls steigt von 65 nach einem Lauf von 25″ über 200 m Strecke auf 180. Diese Anstrengung des Herzens wird von der Jugend relativ gut ertragen, weil das Herz klein und die Arterien weit sind; kurze Zeit nach der Anstrengung tritt wieder Beruhigung ein. Bei Dauerübungen kann die Gesamt-Muskelleistung so groß werden, daß Gewichtsverlust eintritt. — Daneben kommen noch Schlagfertigkeitsübungen (Spiele, Fechten,

Ringen) in Betracht, bei denen es vor allem darauf ankommt, plötzlichen Bewegungsanforderungen gerecht zu werden.

Für 6—8 jährige Kinder, bei denen oft schon schlechte Körperhaltung, seitliche Rückgratsverbiegung, Blutarmut usw. durch den Sitzzwang ausgelöst wird, eignen sich namentlich Gehübungen, Freispringen, Hüpfen, Laufen; ferner Neck- und Laufspiele (Haschen usw.).

Vom 8.—11. Jahre tritt das Geräteturnen hinzu; ferner Partei- und Kampfspiele, Ballspiele. Außerordentlich günstig wirken größere Wanderfahrten; sie führen bei maßvoller Leitung fast durchweg zu einer Zunahme des Gewichts und einer Besserung der Blutbeschaffenheit. Auch das Schwimmen, bei dem der Brustkorb in ausgesprochener Einatmungsstellung sich befindet und das Atemvolum stark vergrößert wird, ist als gute Übung zu bezeichnen; im Winter das Schlittschuhlaufen (aber im Freien!).

Vom 11. Jahre ab kommen in Betracht ernstere Kampf- und Parteispiele (Barlaufen, Stoßball, Schleuderball usw.; Fußball nicht vor dem 15. Jahre!); die Wanderungen sind auszudehnen, was durch die Vereinigungen des „Wandervogels" und der „Pfadfinder" in der Neuzeit ungemein gefördert wird. Ferner wirkt langsames Dauerrudern namentlich auf die Atemtätigkeit günstig, während Wettrudern leicht zu bedenklicher Atemnot führt. — Radfahren bewirkt besonders gesteigerte Herzarbeit; die Pulsbeschleunigung kehrt nach längeren Fahrten sehr langsam zurück, und dauernde Schädigungen des Herzmuskels werden nicht selten akquiriert. Diese Übung ist für die Jugend daher am wenigsten geeignet.

Literatur: F. A. Schmidt, in Selters Handb. d. Schulhygiene und in Kruse und Selter, Gesundheitspflege des Kindes, 1914. — Derselbe, Die schwedische Schulgymnastik, 3. Aufl. 1912. — Schäfer, Geländespiele, 3. Aufl. 1912.

B. Fürsorge für Kranke.

Die Zahl der in Anstalten behandelten Kranken — nur diese fallen in den Rahmen der nachstehenden Ausführungen — ist in Deutschland seit dem Inkrafttreten der Kranken- und Unfallversicherung außerordentlich gestiegen. 1911 zählte man in Preußen fast 11000 Krankenkassen mit etwa 8 Millionen Mitgliedern, und diese lieferten etwa 3 Millionen Erkrankungen mit 65 Millionen Krankheitstagen. Für die Aufnahme dieser Kranken stehen 2352 allgemeine Krankenanstalten mit 166300 Betten zur Verfügung; auf je 10000 Einwohner entfallen 41 Betten und 350 Verpflegte. Außerdem bestehen noch etwa 800 Krankenanstalten für besondere Zwecke, Lungenheilstätten, Irrenanstalten, Trinkerheilstätten usw.

Es ergibt sich aus diesen Ziffern ohne weiteres die große Bedeutung bestimmter hygienischer Grundsätze für Bau, Einrichtung und Betrieb der Krankenhäuser.

Bei der Wahl des Platzes ist zu berücksichtigen, daß innerhalb größerer Städte der Straßenlärm, die rußige, durch riechende Gase oft

verunreinigte Luft und die hohe Temperatur im Sommer das Befinden der Kranken beeinträchtigen. Hier ist daher die Verlegung der größeren Krankenhäuser an die Peripherie wünschenswert; der daraus resultierende weitere Transport für einen Teil der Kranken darf nach allen Erfahrungen bei guten Kommunikationsmitteln und guten Vorkehrungen für den Krankentransport in Kauf genommen werden. — Vom ökonomischen Standpunkte sind große Betriebe vorzuziehen. Daneben haben aber kleinere Anlagen, die speziellen Zwecken dienen, und über besonders geeignete Terrains im Innern der Stadt verfügen, volle Berechtigung.

Für Neuanlagen ist reichliches Gartenterrain um die Bauten ins Auge zu fassen; pro Bett ist mindestens 100 qm Baugrund und 10 qm Garten zu rechnen. Bei der Bebauung des Terrains müssen folgende Gebäude bzw. Räume vorgesehen werden: 1. die Verwaltungsbureaus (hier meist auch die Aufnahme der Kranken), möglichst im Zentrum der Straßenfront; die Wohnungen der Verwaltungsbeamten hier oder besser in besonderen Häusern an der Peripherie. 2. Räume für den Wirtschaftsbetrieb, Küche, Waschküche, Eiskeller. Diese sind ebenfalls peripher anzulegen, so daß leichte Verbindung nach außen besteht. 3. Gleichfalls an die Peripherie gehört das Leichenhaus und das pathologische Institut; ferner die Pförtnerwohnung. 4. Räumlich von den anderen Bauten möglichst abzutrennen sind die Räume für ansteckende Kranke und die Desinfektionsanstalt. 5. Die eigentlichen Krankensäle und Krankenzimmer, sowie Wohnungen für Ärzte und Wartepersonal.

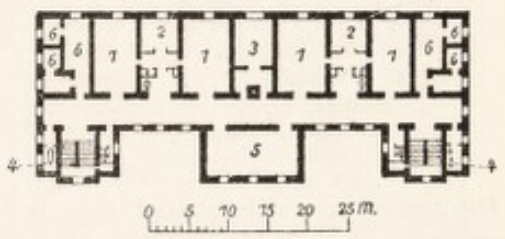


Fig. 127. Krankenhaus. Korridorsystem. *1* Krankenzimmer. *2* Wärterzimmer, davor Teeküchen. *3* Operationszimmer. *4* Badezimmer. *5* Kapelle. *6* Einzelzimmer.

Bezüglich der Grundform des Gebäudes unterscheidet man: 1. das Korridorsystem (Fig. 127). Bei diesem liegen die Krankenzimmer unmittelbar nebeneinander und an einem gemeinsamen Korridor, und das Gebäude hat mehrere Stockwerke. Dasselbe wird entweder in Linienform gebaut, oder in H-Form oder in Hufeisenform, zuweilen auch wohl als geschlossenes Viereck oder in Kreuzform. 2. Das Pavillonsystem; ist namentlich in Aufnahme gekommen seit dem Bau des Hospitals Lariboisière in Paris im Jahre 1858. Das Krankenhaus wird bei diesem System in mehrere Gebäude zerlegt, und zwar sind diese entweder Baracken, d. h. Pavillons von nur einem Stockwerk, die einen oder zwei Krankensäle enthalten, außerdem Bad, Abort, Teeküche und Wärterraum; oder Pavillons mit zwei Stockwerken, im

übrigen eingeteilt wie die Baracken; oder sogenannte Blocks, Gebäude mit mehreren Stockwerken, in deren jedem mehrere durch Korridore verbundene Krankenzimmer liegen. — Den Pavillons gibt man mindestens einen derartigen Abstand voneinander, daß derselbe der doppelten Höhe der Gebäude gleich ist. Entweder liegen die einzelnen Pavillons ganz frei (Fig. 129), oder es führen lange, gedeckte Gänge an ihrer Giebelseite entlang und sind mit den einzelnen Pavillons durch kurze Seitenkorridore verbunden (Fig. 128).

Das Pavillonsystem verdankt seine Bevorzugung vor allem der Anschauung, daß dieses System die Ansteckungsgefahr völlig aufhebe. Hierzu soll es namentlich befähigt sein, wenn gar keine Korridore die Baracken verbinden.

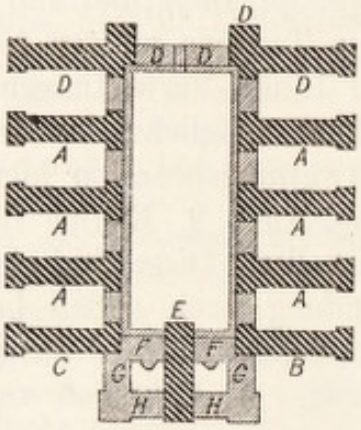


Fig. 128. Hospital Lariboisière.
A Krankenpavillon (3 stöckig). *B* Wärterinnen. *C* Wäsche. *D* Verwaltung. *E* Kapelle. *F* Bäder. *G* Operationszimmer. *H* Depots.

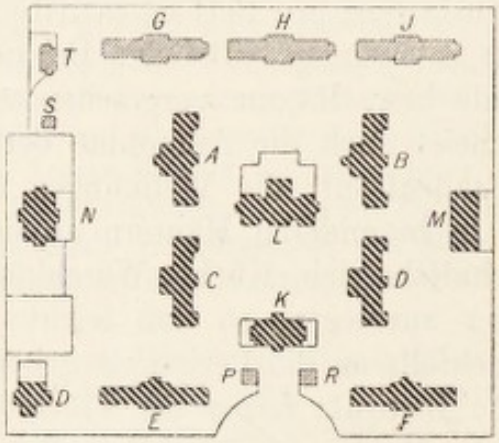


Fig. 129. Berliner Garnisonlazarett.
A—*F* 2stöckige Krankenpavillons. *G*—*J* 1stöckige Isolierpavillons. *K* Verwaltung. *L* Ökonomie. *M* Magazin. *N* Beamte. *O* Ärzte. *P* Wache. *R* Remise. *S* Eishaus. *T* Leichenhaus.

Die genauere Erkenntnis der Infektionsvorgänge führt jedoch zu der Überzeugung, daß die räumliche Entfernung und die Trennung der Krankenräume voneinander für den Schutz gegen Übertragung der Infektionserreger allein nicht ausreicht, sondern daß es außerdem immer auf eine zweckmäßige Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen und auf eine Hinderung der Verschleppung durch Ärzte, Wärter (Bazillenträger!), Utensilien usw. ankommt. Die praktische Erfahrung hat gezeigt, daß bei einer richtigen Desinfektion und zweckentsprechenden Prophylaxis ein Korridorhospital oft bessere Erfolge aufweist, wie ein schlecht geleitetes Barackenlazarett. Mehrfach ist es vorgekommen, daß in einem Hospital fortwährend Infektionen stattfanden und daß dasselbe deshalb für völlig unbrauchbar erklärt wurde. Man glaubte dann, der Grund hierfür liege nur darin, daß das Hospital auf schlechtem Boden stehe oder unrichtig gebaut sei; sobald aber ein Wchsel des dirigierenden Arztes eintrat, geeignete prophylaktische Maßregeln eingeführt und das Wartepersonal richtig geschult wurde, zeigte dasselbe Hospital die günstigsten Resultate. — Zweifellos wird aber eine bedeutende Erleichterung des Schutzes gegen Übertragungen durch eine stärkere räumliche Trennung der Kranken, wie sie das Pavillonsystem bewirkt, gewährt, und zwar durch völlig offene Bauweise noch besser, als bei verbindenden und manchen Verkehr verdeckenden Korridoren. Außer-

dem ist es bei der Pavillonbauweise weit eher möglich, jedem einzelnen Kranken zweckmäßiges Licht und ausgiebig Luft zuzuführen. — Nachteile des Pavillonsystems liegen in den höheren Betriebskosten, in der größeren Schwierigkeit der Beaufsichtigung, der Heizung, der Desinfektion, namentlich aber des Speisetransports, der leicht bewirkt, daß die Speisen an Schmackhaftigkeit

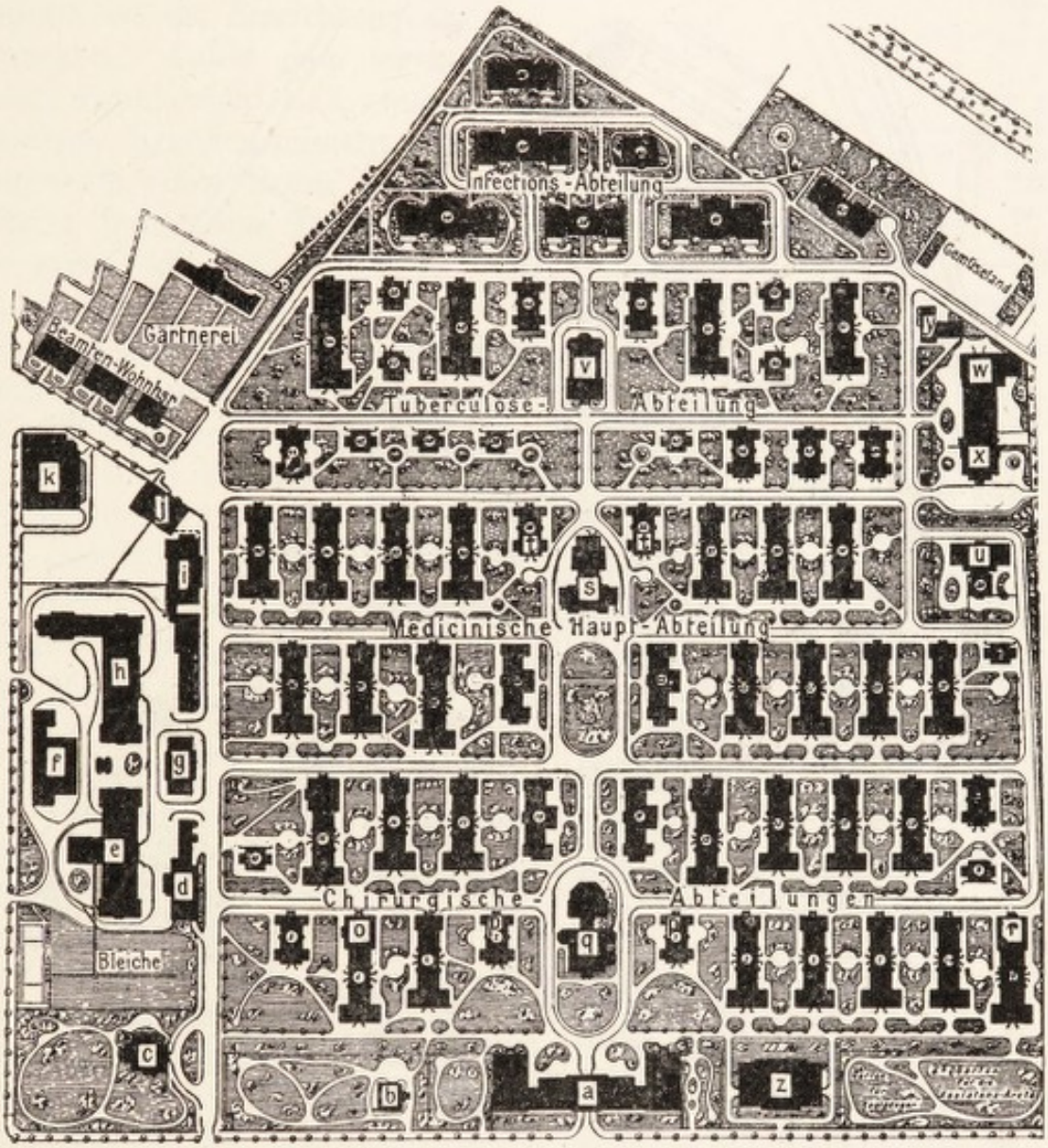


Fig. 130. Eppendorfer Krankenanstalten in Hamburg.

a Verwaltungsgebäude. *q* Operationshaus. *s* Badehaus. *v* klinischer Hörsaal und Röntgeninstitut. *z* Heilgymnastischer Pavillon. *c* Direktorwohnhaus. *e*, *h*, *g* Wirtschaftsgebäude. *k* Kesselhaus. *i* Schwesternhaus. *w* Pathologisches Institut. *u* Delirantenhaus.

Einbuße erleiden. Auch können die Krankenräume in Baracken leichter als in einem größeren Bau etwas Unbehagliches, Kaltes haben.

Jedenfalls erscheint es nicht gerechtfertigt, unter allen Umständen das Pavillonsystem durchzuführen. Bei großen Anlagen wird man mit Recht daran festhalten; das ist bei den neuesten und anerkannt besten Krankenhäusern geschehen, wie Hamburg-Eppendorfer (Fig. 130)

und beim Rudolf Virchow-Krankenhaus (Fig. 131). — Bei anderen großen Anlagen behält man eine Auflösung in zahlreiche Einzelbauten bei, konstruiert diese selbst aber größer und mit mehreren Geschossen (so beim neuen Krankenhaus in München mit lauter dreigeschossigen Gebäuden; ferner beim Umbau der Charité in Berlin, Fig. 132). —

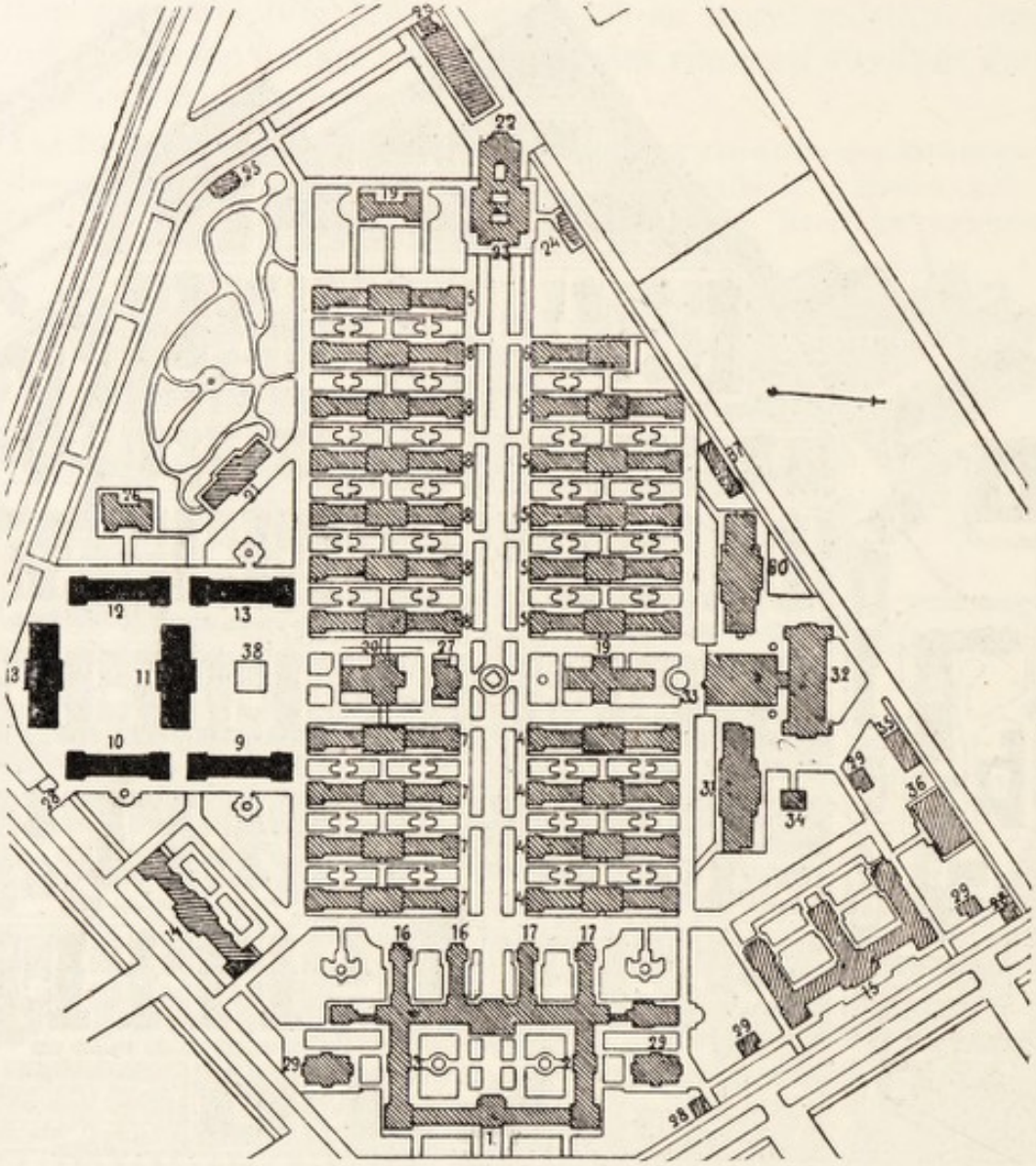


Fig. 131. Rudolf Virchow-Krankenhaus in Berlin.

1 Verwaltungsgebäude
4—7 allgemeine Krankenpavillons
9—13 Infektionsabteilung
19 Badehaus
27 Apotheke
20 Operationshaus
38 Röntgenhaus
22 Pathologisches Institut
30—34 Witschaftsabteilung

Dagegen läßt sich für kleinere Krankenhäuser, insbesondere, wenn mannigfaltige Krankheiten in Betracht kommen, recht wohl ein Korridorsystem oder eine Kombination von Pavillon- und Korridorsystem in der Weise durchführen, daß die Enden der Flügel nach Art der Pavillons ausgebaut oder besondere freistehende Isolierbaracken errichtet

werden (Fig. 133, Offenbacher Krankenhaus). Die Korridore müssen möglichst breit und hell sein.

Die Raumverteilung und Raumbemessung fällt bei Korridorbauten je nach der Größe und speziellen Bestimmung des Gebäudes sehr verschieden aus. — Einigermaßen uniform ist die Einrichtung der Baracken. Außer dem eigentlichen Krankensaal und einigen kleineren Krankenzimmern enthalten sie einen Raum für den Wärter, ferner eine Teeküche, die event. als Spülzimmer und Aufwaschraum dient und in der sich ein Wärmeschrank, Gaskocher usw. befindet; endlich ein Klosett und neben diesem womöglich einen Vorraum, in dem alle Stechbecken usw. aufbewahrt und desinfiziert werden können. — Außerdem hat sich in vielen Krankenhäusern die Anlage eines sogenannten Tageraums an jedem größeren Krankensaal resp. in jedem Pavillon bewährt, der für den Aufenthalt der leichter Erkrankten und der Rekonvaleszenten während des Tages dient. Dieser ist entweder nur am Kopf, oder auch an der Seite der Baracke ausgebildet, und kann z. B. mit einer Glaswand, welche Schiebe- und Klappfenster trägt, gegen außen abgeschlossen werden; Marquisen müssen zum Schutz gegen Sonnenstrahlen angebracht sein. Auch das Mittelstück der Baracke wird neuerdings gern stärker ausgebildet zwecks Aufnahme von Wirtschafts-, Spülzimmer usw. (siehe Fig. 135), oder auch für kleinere Tageräume (Virchow-Krankenhaus). In diesem Fall muß aber für gute Lichtzufuhr zum Korridor des Mittelstücks gesorgt werden.

Fig. 132.

Die Himmelsrichtung der Fenster des Krankensaals geht am besten nach Süden oder bei völlig freiem Horizont nach Norden, bzw. nach Südost—Nordwest. Bei Pavillons, welche Fenster an beiden Längsseiten haben, ist diese Anordnung allein zulässig, da bei einer reinen

Ost-West-Lage die Kranken durch die den ganzen Tag über tief ins Zimmer eindringende Sonne außerordentlich belästigt werden würden.

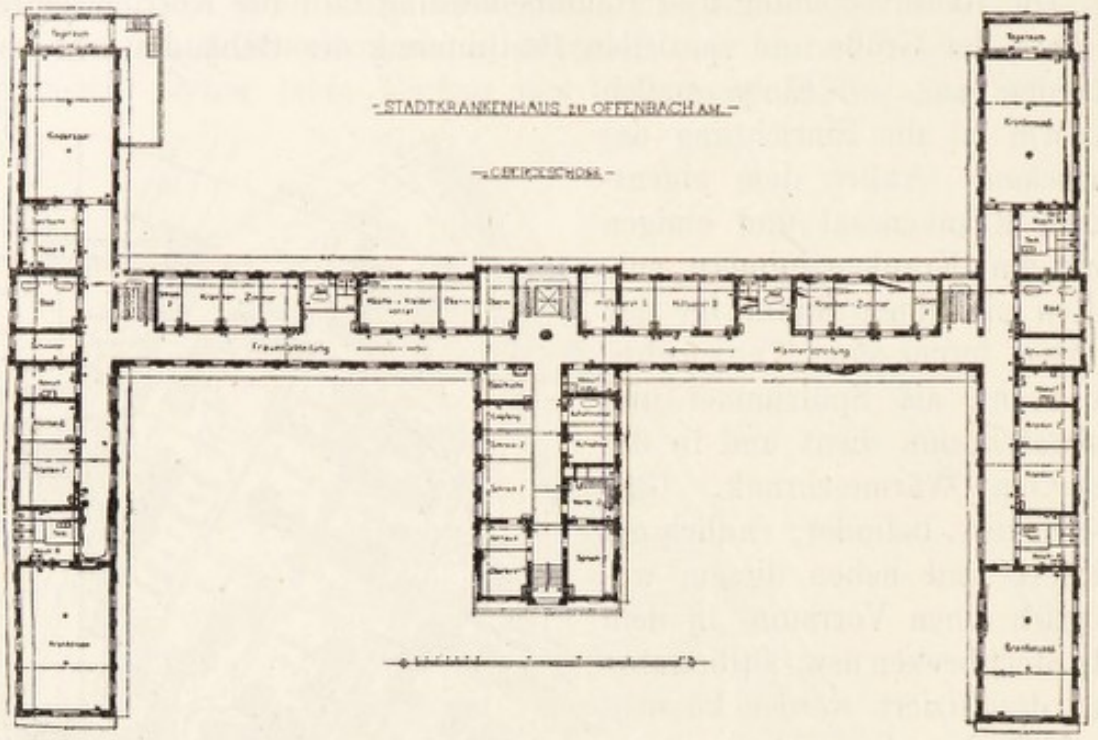


Fig. 133. Städtisches Krankenhaus in Offenbach a. M.
Korridoranlage mit endständigen, dreiseitig belichteten Sälen. — Korridor fast durchgängig einseitig bebaut. — Klosettvorräume und Klosetts nicht genügend lüftbar. — Teeküche ohne Licht, klein. — Kleiner Tageraum. — 3 Treppenanlagen, 1 Aufzug.

Die Fenster sollen mindestens $^1/_7$ der Bodenfläche, in einbettigen Zimmern mindestens 2 qm betragen; im übrigen gilt bezüglich ihrer Anordnung, der Vorhänge usw. das bei den Schulen Gesagte.

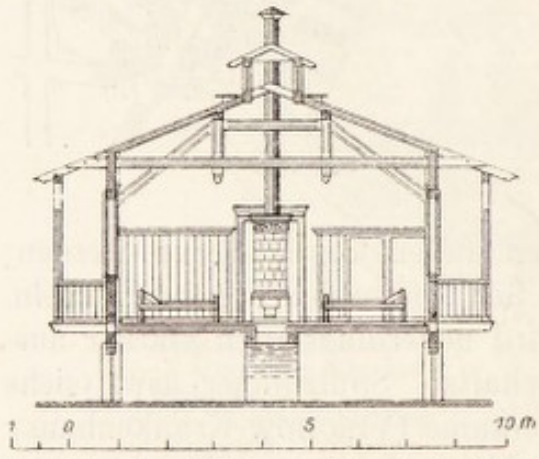


Fig. 134a. Charité-Baracke, Querdurchschnitt.

Der Luftkubus berechnet sich nach dem Erfahrungssatz, daß der Kranke zweckmäßig stündlich etwa 80 cbm Luft zugeführt erhält, daß aber durch Lüftung für gewöhnlich höchstens eine zweimalige Lufterneuerung pro Stunde zustande kommt. Für jedes Bett ist daher in mehrbettigen Zimmern mindestens ein Luftraum von 30 cbm bei 7·5 qm Bodenfläche zu rechnen, in einbettigen Zimmern 40 cbm bei 10 qm Bodenfläche.

Bezüglich der Größe der Krankensäle ist man neuerdings mit Recht stark zurückgegangen. In Baracken und Korridorbauten hatte

man früher 30 und mehr Betten. Es ist unhygienisch und inhuman, so viele Kranke in verschiedenen Leidensstadien zusammenzulegen. Die neuen Hamburger Säle haben nur 16, die Münchener 12 Betten. Auch Boxen und Bettschirme kommen jetzt mehr zur Verwendung.

Als Baumaterial für Seitenwände, Dach und Fußboden der Baracken empfiehlt sich leichtes künstliches Steinmaterial in doppelten Lagen,

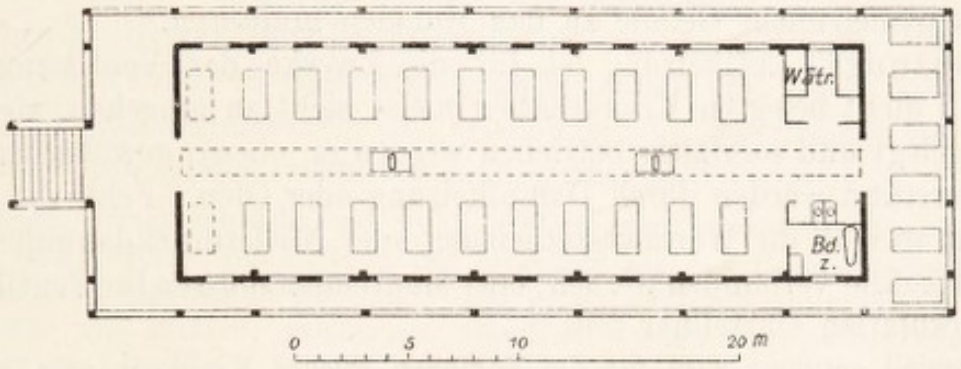


Fig. 134 b. Charité-Baracke, Grundriß.

zwischen welchen eine Luftschicht, bzw. feinporiges Füllmaterial gelassen wird (z. B. Gipsdielen, Korksteine, Faserplatten usw.). — Im übrigen sollen die Flächen der Wände, Decken und Fußböden luft- und wasserdicht sein. Poröses Material bietet leicht eine Ablagerungsstätte für Staub und Kontagien, und ist verhältnismäßig schwer voll-

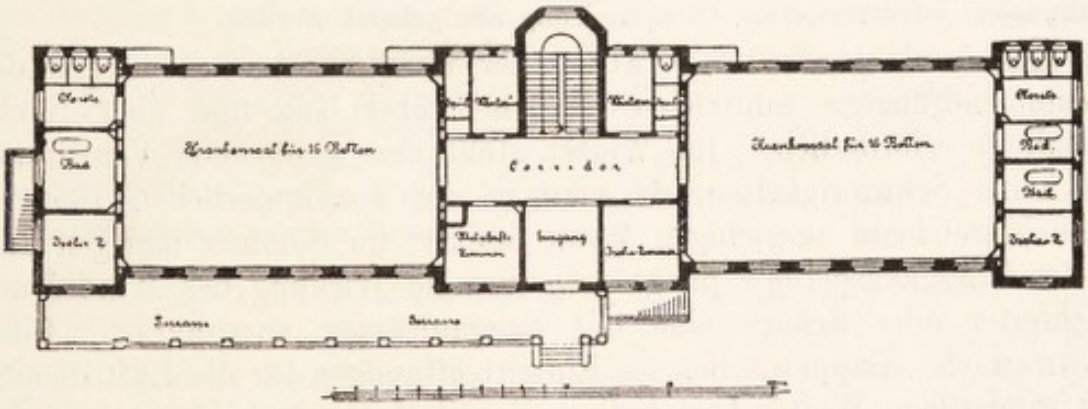


Fig. 135. Hamburger Pavillon nach LENHARTZ-RUPPEL in Hamburg.

ständig zu reinigen und zu desinfizieren. Die Decken sollen daher einen Gipsverputz mit Wasserglaszusatz erhalten. Derselbe Verputz oder aber ein Ölfarbenanstrich (Zonca-, Peffarben, die auch desinfizierend wirken) soll an den Wänden angebracht werden, so daß die sämtlichen Begrenzungen des Zimmers leicht mit Wasser oder desinfizierenden Lösungen abgewaschen werden können. Für den Fußboden ist entweder hartes, mit Leinöl getränktes Holz, besser aber Asphalt oder Mettlacher Fliesen,

bzw. Terrazzo (mittelgroße Marmorstücke mit Zementmörtel verbunden) zu verwenden; auf dichten Wandanschluß des Fußbodens ist zu achten. Wegen der besseren Wärmeleitung der letztgenannten Steinmaterialien ist ihre Verwendung an die gleichzeitige Einführung von Fußbodenheizung gebunden, oder die Fußböden müssen mit Filzlinoleum bedeckt werden. Die Reinigung des Zimmers läßt sich noch dadurch erleichtern, daß längs der Wände ausgerundete Scheuerleisten hinlaufen, die mit genügendem Gefälle zu den Kanälen hinführen.

Heizung. Luftheizung ist für die Zwecke der Ventilation bei dauernd dicht belegten Krankensälen meist nicht zu umgehen; sie muß gut angelegt und sorgfältig betrieben werden (s. oben); gewöhnlich muß sie unterstützt werden durch Dampfheizung oder Öfen. Fehlt die Luftheizung, so muß die Warmwasserheizung oder Niederdruckdampfheizung mit Luftzufuhr verbunden werden; oder Mantelöfen müssen für Ventilation und Zirkulation einstellbar sein.

Speziell gerühmt wird für die Baracken solcher Krankenhäuser, welche nicht auf billige Einrichtungen angewiesen sind, als Zusatzheizung eine Fußbodenheizung. Dieselbe setzt feuersichere dichte Steinfußböden voraus, welche die schon erwähnten Vorzüge haben, daß sie sich sehr leicht reinigen und desinfizieren lassen und deren einziger Nachteil, der einer zu energischen Wärmeleitung, eben durch die Beheizung in Fortfall kommt. Die Anordnung einer Fußbodenheizung ist so, daß unter dem Fußboden sich 75 cm hohe bekriechbare Gänge hinziehen, deren Boden und Decken mit Zement gedichtet sind und deren Decke außerdem durch eine Eisenkonstruktion gestützt ist. In den Kanälen liegen frei auf Eisenschienen die Heizrohre, die entweder von einer Heißwasser- oder von einer Dampfheizung aus geheizt werden.

Eine fortlaufende Ventilation der Krankenhäuser ist wegen des Zusammendrängens zahlreicher Menschen über Tag und über Nacht unbedingt erforderlich. Im Winter stößt eine genügende Ventilation auf keine Schwierigkeiten, da man in der kontinuierlichen Heizung einen hinreichend ausgiebigen Motor besitzt; im Sommer dagegen und in der Übergangsperiode pflegt man nur die Wirkung des Windes auf Dachreiter oder Schornsteine mit Saugaufsätzen auszunutzen; Sheringhamsche Klappen sollen als Eintrittsöffnungen für die Luft dienen. Bei windstillem Wetter leistet diese Ventilation entschieden zu wenig; Ventilatoren müssen als Reserve dienen. Die Kippfenster, unter denen Betten stehen, sind unbedingt mit ausreichenden Schutzvorrichtungen zu versehen, um das Herabfallen der kühlen Außenluft zu verhüten. — Zu beachten ist, daß alle Räume mit starker Geruchsentwickelung (Räume für Karzinomkranke, poliklinische Wartezimmer, Aborte usw.) unbedingt nicht durch Pulsion, sondern durch Aspiration gelüftet werden (s. S. 354), damit nicht die Gerüche ins ganze Haus verbreitet werden. Auch offenstehende Abortfenster pflegen gewöhnlich Einströmung von Außenluft und Fortführung der Zimmerluft in die

anstoßenden Räume zu bewirken, wenn nicht ein ständig mit der Außenluft verbundener Vorraum vorhanden ist. Für die (zeitlich zu beschränkende) Aspiration sind kräftige Motoren (am besten elektrischer Betrieb) zu wählen. — Daß die Ventilation nicht etwa imstande ist, desinfizierend zu wirken, und daher für Räume, in denen ansteckende Kranke untergebracht sind, keineswegs besonders verstärkt zu werden braucht, ist bereits S. 364 ausführlicher dargelegt.

Das Mobiliar der Krankenzimmer soll so beschaffen sein, daß es möglichst wenig zu Staubablagerungen Anlaß gibt, leicht zu reinigen und leicht zu desinfizieren ist. Gebeizte oder gestrichene Holzmöbel gestatten eine solche Desinfektion in genügender Weise.

Noch weiter gehende und wohl nicht absolut notwendige Vorsichtsmaßregeln sind bei der Beschaffung des Mobiliars für das Hamburg-Eppendorfer Krankenhaus angewendet worden. — Die Betten sind dort aus eisernem Gestell, und zwar aus dickem, gebogenem Gasrohr, welches mit heller Ölfarbe gestrichen ist. In dieses Gestell werden als Rahmen vier einzeln herausnehmbare, geölte und lackierte Tannenholzbretter eingelegt, die in der Mitte nur 12 cm hoch sind; ferner wird eine Sprungfedermatratze verwendet von nur 1—2 cm Höhe, die ein Netz aus horizontal gelagerten Spiralfedern darstellt. Durch diese Konstruktion ist der tiefe Bettkasten, der sonst schwer zu reinigen ist, vermieden. Außerdem ist ein großer Abstand unter dem Bett bis zum Fußboden erzielt, so daß auch dort die Reinigung sehr leicht vorgenommen werden kann. Auf dem Sprungfederrahmen liegt eine Wollmatratze; als Bedeckung werden nur weiße wollene Decken gewährt. Die gesamten Betten lassen sich leicht im Dampfofen desinfizieren. Die Wollmatratzen bedürfen einer häufigeren Aufarbeitung, für welche aber in einem Krankenhaus reichliches Personal zur Verfügung zu sein pflegt. — Zu jedem Bett gehört noch ein Tisch und ein Stuhl; bei ersterem sind die Beine aus Gasrohr, die Platte aus Rohglas. Die Stühle haben ebenfalls ein Gestell aus Gasrohr und einen geschweiften Holzsitz und Lehne, die mit Ölfarbenanstrich versehen sind. Nirgends finden sich enge Fugen, so daß jede Stelle der Möbel auf das leichteste abgewaschen werden kann.

Im Betrieb des Krankenhauses ist vor allem auf penibelste Reinlichkeit zu achten. Staubbildung ist zu vermeiden; Fußböden und Möbel sind stets feucht, niemals trocken zu reinigen; alle Infektionsquellen, wie Eiter, Fäzes u. dgl., sind sofort zu zerstören; beschmutzte Leib- oder Bettwäsche von Infektionskranken ist in gesonderten Behältern unter Befeuchtung mit Karbolwasser oder Sublimatlösung aufzubewahren (vgl. Kap. X). — In jedem Krankenhaus muß sich eine Desinfektionsanstalt und ein geschulter Desinfektor befinden. Letzterem ist ausschließlich die Abholung infizierter Wäsche, die Desinfektion der Krankensäle, der Wolldecken usw. nach den unten gegebenen Vorschriften zu übertragen.

Isolierspitäler. Jedes größere Krankenhaus muß über eine oder einige Baracken verfügen zur Aufnahme von Kranken, die besondere

Infektionsgefahr bieten (Pocken-, Flecktyphus-, Cholerakranke usw.). Derartige Baracken müssen von den übrigen Gebäuden des Krankenhauses mindestens 30 m Abstand haben; pro Bett rechnet man 200 qm Areal und 13 qm Fußbodenfläche des Krankenzimmers. Im übrigen sind die oben betonten, zur Sicherung gegen Infektionsgefahr dienenden Einrichtungen (abwaschbare Fußböden, Wände, Möbel usw.) bei den Isolierspitälern mit besonderer Sorgfalt in Anwendung zu bringen. — Das Wartepersonal ist unbedingt mit den Kranken zu isolieren; dementsprechend ist Wärterzimmer, Teeküche usw. in der Isolierbaracke vorzusehen.

Wünschenswert ist ferner die Anbringung eines Vorraums, in welchem die Speisen und sonstigen Bedarfsgegenstände für den Kranken abgesetzt werden, und von wo gebrauchte Gegenstände, in Behältern mit desinfizierenden Lösungen oder in mit Sublimatlösung befeuchtete Tücher eingehüllt, abgeholt werden. Der Wärter betritt den Vorraum zum Holen oder Bringen von Sachen erst, nachdem er sich durch Abwaschen mit Sublimatlösung soviel als möglich desinfiziert hat. Im Vorraum wird auch ein langer abwaschbarer Kittel für den Arzt aufbewahrt, den derselbe vor dem Betreten des Krankenzimmers anlegt; vor dem Verlassen des letzteren wird der Kittel mit Sublimat abgewaschen und demnächst im Vorraum wieder abgelegt.

Zur Improvisierung eines Isolierspitals, bzw. zur Ergänzung einer zeitweise ungenügenden Anlage sind die neuerdings konstruierten zusammenlegbaren und transportablen Baracken sehr geeignet. Dieselben bestehen entweder aus einem leichten Holzgerüst, welches von außen und innen mit gefirnistem und feuersicher imprägniertem Leinen überzogen ist; der Zwischenraum zwischen äußerem und innerem Überzug ist mit Filz, Korkmasse, Kieselgur u. dgl. ausgelegt (Dökers Baracke); oder die Wände stellen Rahmen dar, die innen mit Leinwand, außen mit Dachpappe überspannt sind und dazwischen eine Luftschicht enthalten, die Rahmen werden in ein eisernes Gerüst eingesetzt (zur Nieden); oder die Wandungen sind außen von Wellblech hergestellt (Grove). Solche Baracken lassen sich in wenigen Kisten verpacken und sind binnen 6—12 Stunden gebrauchsfertig aufzustellen. — Die Temperaturverhältnisse in den Baracken sind meist nicht günstig. Bei den Dökerschen Baracken ist durch Anbringung eines doppelten, durch Luftschicht getrennten Daches Schutz gegen zu intensive Insolation erzielt.

Literatur: Ruppel u. Diesener, Krankenhäuser, in Weyls Handb. der Hygiene, 2. Aufl. 1913. — Grober, Das deutsche Krankenhaus, Jena 1911. — Lenhartz u. Ruppel, Ref. a. d. Deutsch. Ver. f. öff. Ges. in Bremen, 1907 (Deutsch. Viertelj. f. öff. Ges. Bd. 40, Heft 1). — Deneke, Die Neubauten des Allg. Krankenhauses St. Georg, Jena 1906. — Vorschriften für Anlage, Bau und Einrichtung von Krankenanstalten, Erlaß des Preuß. Ministers d. Innern usw. vom 8. Juli 1911.

Neuntes Kapitel.

Beruf und Beschäftigung (Gewerbehygiene).

Die tägliche ärztliche Erfahrung lehrt, daß die Entstehung zahlreicher Krankheiten auf die Beschäftigungsweise der Erkrankten zurückzuführen ist. Vielfach hat die Beschäftigung ausschließlich und trotz der im übrigen günstigen hygienischen Verhältnisse die Krankheit hervorgerufen; oft tragen in höherem Grade Mängel der Wohnung, Nahrung, Hautpflege usw. die Schuld.

Auch statistisch läßt sich ein Einfluß der Beschäftigung auf die gesamte Mortalität und auf die Frequenz einzelner Krankheiten erweisen; jedoch haften derartigen Feststellungen leicht erhebliche Fehler an. In den letzten Jahren werden brauchbare Zahlen für den Einfluß des Berufs auf die Mortalität und namentlich auch auf die Morbidität gewonnen durch die Verarbeitung des großen statistischen Materials der Krankenkassen. Insbesondere bietet z. B. die Bearbeitung des gewaltigen Materials der Leipziger Ortskrankenkasse (150000 Mitglieder) für den Zeitraum von 1887—1905 durch das Kaiserl. Statistische Amt (4 Bände, Berlin 1910) sehr bemerkenswerte Ergebnisse. Aus diesen sei hier nur umstehende Tabelle zum Abdruck gebracht.

Selbst wenn übrigens nach korrekterer Methode gerechnet wird, so sind die Schlußfolgerungen auf die Wirkung des Berufs doch mit großer Vorsicht zu ziehen. So ist zu berücksichtigen, daß viele einen bestimmten Beruf wählen, weil derselbe ihrer bereits vorher ausgebildeten schwächlichen oder kräftigen Konstitution entspricht. Außerdem kommen die Erwerbsverhältnisse, welche der betreffende Beruf gerade bietet, wesentlich in Betracht. Ist in einem Distrikt das Angebot für eine bestimmte Beschäftigung sehr groß und der Lohn entsprechend niedrig, so liefert die Statistik schlechtere Zahlen als unter anderen günstigeren Verhältnissen.

Die hygienische Bedeutung der Berufstätigkeit tritt in der Neuzeit um so stärker hervor, je mehr die Bevölkerungsziffer wächst, je mehr die Menschen sich in den Städten zusammendrängen und je energischer daher der einzelne seine Kräfte anspannen muß, um sich eine Existenz zu schaffen. Dieser gesteigerte Einfluß der Beschäftigung auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der jetzigen Generation macht sich fast bei allen Berufsarten geltend, und auch die geistig Arbeitenden werden davon betroffen. Das Interesse größerer Kreise wendet sich indessen in unseren Jahrzehnten lediglich den in Gewerbebetrieben beschäftigten körperlich Arbeitenden zu, die den weitaus größeren Teil der städtischen Bevölkerung ausmachen, die den stärksten Schädigungen ausgesetzt sind und am dringendsten der Hilfe bedürfen. Dementsprechend soll auch im folgenden die Hygiene der gewerblichen Arbeiter und Betriebe berücksichtigt werden.

Auf 1000 ein Jahr beobachtete männliche Personen im Alter von 35—54 Jahren entfielen:

	Krankheitsfälle überhaupt	Krankheitstage								Todesfälle			Betriebsunfälle
		überhaupt	Atmungsorgane	Tuberkulose	Nervenkrankheiten	Kreislauforgane	Verdauungsorgane	Krankheiten der Haut	Krankh. der Bewegungsorgane	Alle Todesursachen	Atmungsorgane	Tuberkulose	
Baugewerbe	542	12965	2237	646	695	348	1214	907	2105	11·16	2·13	2·37	61·3
Beherbergung	349	9829	1467	1207	465	422	975	818	1772	17·1	2·55	5·87	13·0
Häuteindustrie	380	8886	2468	723	458	264	1181	613	919	13·3	2·0	3·8	17·7
Gärtnerei, Land- und Forstwirtschaft	535	12330	2381	938	625	405	1054	**1124**	1706	16·04	**5·3**	4·1	44·3
Glas und Porzellan, Töpferei	461	11615	2287	1262	1193	425	993	510	1332	9·26	2·06	4·12	29·9
Holzindustrie	416	10332	1875	843	751	357	1161	650	1250	11·75	2·42	3·73	41·7
Lederindustrie	388	11365	1820	1529	850	509	1211	1020	1411	12·65	1·47	4·4	21·8
Metallverarbeitung	512	12219	1968	853	891	410	1195	769	1784	10·9	2·4	3·0	66·8
Nahrungs- und Genußmittel	447	10456	1555	657	518	336	969	865	1845	12·6	2·1	2·6	49·0
Papierindustrie	409	11776	2097	1179	915	**543**	1469	504	1528	11·6	2·0	4·4	33·2
Polygraphisches Gewerbe	333	11654	1773	1194	**1267**	425	1075	495	1474	11·1	1·3	4·0	8·5
Steinbearbeitung	603	**19363**	**4448**	**4824**	625	528	1061	632	2329	**25·0**	**6·0**	**16·4**	49·1
Textilindustrie	422	9607	1715	702	521	363	1234	640	1330	10·2	1·7	3·8	39·0
Verkehrsgewerbe	488	11219	1770	801	477	231	757	749	1451	14·6	3·5	3·15	**90·2**
Zement und Kalk	**685**	14807	2456	294	558	536	**1522**	1091	**2680**	11·7	3·2	1·2	68·2
Büro- und Ladenpersonal	232	6705	1103	644	1266	388	652	226	705	11·5	2·3	3·0	3·0
Maschinisten, Heizer	337	7816	1140	521	410	258	770	420	1423	10·2	2·0	3·0	51·6
Hilfsgewerbe des Handels	301	7522	1434	913	494	302	767	383	978	12·4	2·7	3·6	22·0

Ätiologie und Prophylaxis der Arbeiterkrankheiten.

I. Gesundheitsschädigungen durch die allgemeinen hygienischen Verhältnisse.

Unter Arbeiterkrankheiten im weiteren Sinne begreift man auch diejenigen Gesundheitsstörungen, welche nicht unmittelbar von der Beschäftigung abhängen, sondern auf einer Verschlechterung der allgemeinen Lebensbedingungen, der Ernährung, Wohnung, Hautpflege usw. beruhen. Da sich die Einnahmen des Arbeiters stets um die Grenze des eben zum Lebensunterhalt Ausreichenden zu bewegen pflegen, wird ein Defizit in bezug auf das eine oder andere der hygienischen Postulate außerordentlich häufig sein.

Es ist bereits S. 201 darauf hingewiesen, wie schwierig es zunächst ist, für den üblichen Lohnsatz eine den Bedarf des Körpers wirklich deckende Nahrung zu beschaffen. Es gelingt dies kaum mit bewußter Auswahl der nahrhaftesten und preiswürdigsten Nahrungsmittel, geschweige denn ohne Kenntnis des Nährwertes der Speisen und nur geleitet von dem trügerischen Maßstab des Aussehens, Volumens und Geschmacks der Nahrung. Ein großer Teil der Arbeiter und ihrer Familien zeigt dementsprechend die deutlichsten Symptome unzureichender Ernährung. Als eine unausbleibliche Folge hiervon darf der Alkoholismus angesehen werden, da die Empfindung der Energielosigkeit naturgemäß zu einem Reizmittel treibt, das wenigstens vorübergehend das Gefühl der Kraft und Leistungsfähigkeit hervorzaubert.

Nicht minder leiden zahlreiche Arbeiter unter ungenügenden Wohnungen. Die Mehrzahl lebt eng zusammengedrängt in Mietskasernen, die nichts von dem bieten, was im Kapitel „Wohnung“ bezüglich des Luftkubus, der Heizung, der Ventilation, der Belichtung usw. als erforderlich bezeichnet wurde, und deren Schmutz und Verkommenheit sich bald auch auf die wenigen Familien auszudehnen pflegt, welche ursprünglich noch das Bestreben hatten, sich ein behagliches Heim zu schaffen. — Auch die Kosten für reinliche Kleidung und Hautpflege sind schwer mit einiger Regelmäßigkeit in das Budget eines Arbeiters einzustellen.

Die Unsauberkeit in Kleidung und Wohnung wirkt wiederum mächtig unterstützend auf die Ausbreitung der Infektionsstoffe. Tuberkulose, die akuten Exantheme, Diphtherie finden hier reichlichste Gelegenheit zu immer neuen Übertragungen. Cholera-, Genickstarre-Epidemien nehmen häufig in den Wohnstätten der Arbeiter ihren Anfang und schwellen dort so bedeutend an, daß an eine schnelle Ausrottung nicht mehr zu denken ist.

Besonders gefährdet sind die Kinder der Arbeiter dadurch, daß sie sowohl im Säuglings- wie im späteren Alter ohne genügende Pflege und Aufsicht bleiben, weil die Eltern außer dem Hause dem Verdienst nachgehen müssen. Ferner werden die Kinder oft schon in frühem Alter zu anstrengender Arbeit in oder außer dem Hause gezwungen und dadurch in ihrer körperlichen und geistigen Entwickelung gehemmt.

Außerordentlich drückend wird die Lage der Arbeiter, wenn Krankheiten den täglichen Verdienst hindern und wenn durch dauernde Gesundheitsstörungen oder Alter Erwerbsunfähigkeit eintritt. Da die Möglichkeit einer eigenen Fürsorge für solche Eventualität bei der Mehrzahl der Arbeiter ausgeschlossen ist, droht hier die Entstehung eines Proletariats, das vollständig auf die Unterstützung anderer angewiesen ist.

Maßregeln zur Beseitigung dieser ganzen Kategorie von Schädigungen der Arbeiter lassen sich selbstverständlich nicht mit einem Schlage und mit vollständig befriedigendem Effekt durchführen. Tragen doch auch sicher sehr viele Arbeiter durch schrankenloses Befriedigen ihrer Wünsche, frühzeitige Ehe, Mangel an Ordnung und Sparsamkeit, unrichtige Einteilung der Ausgaben usw. zu ihrer schlechten wirtschaftlichen Lage bei. Aber unbekümmert hierum hat die Hygiene die Pflicht, für Schutz- und Abhilfemaßregeln, die wenigstens die schlimmsten Schäden treffen und deren Ausführung auf keine übergroßen Schwierigkeiten stößt, mit voller Energie einzutreten.

Die Ernährung des Arbeiters ist nach den S. 200 entwickelten Grundsätzen zu bessern. Belehrung über den Nährwert, die Preiswürdigkeit und zweckmäßige Zubereitung der Lebensmittel (Haushaltungs- und Kochschulen), über die schädlichen Folgen des Alkoholmißbrauchs, ferner Volksküchen und Konsumvereine müssen hier helfend eintreten. — Eine Besserung der Wohnungsverhältnisse ist durch regste Unterstützung aller der S. 305ff. geschilderten Bestrebungen anzubahnen; reichliche Wasserversorgung der Wohnungen, Volks- und Schulbäder müssen die Reinlichkeit fördern; die Bekämpfung ausgebrochener Infektionskrankheiten hat nach den im folgenden Kapitel entwickelten Grundsätzen zu erfolgen. — Über die Fürsorgeeinrichtungen für Kinder siehe im vorigen Kapitel.

Um den schlimmen Folgen der vorübergehenden oder dauernden Erwerbsunfähigkeit vorzubeugen, sind in den Krankenkassen sowie in der Unfall-, Alters- und Invaliditätsversicherung in den letzten Jahren in Deutschland staatliche Einrichtungen getroffen, welche bereits vielem Unglück vorgebeugt haben und bei weiterem Ausbau noch vollkommener der Not der kranken und alternden Arbeiter begegnen werden.

Die wichtigsten einschlägigen Gesetze betreffen 1. die Krankenversicherung, 2. die Unfall-, 3. die Invaliditäts- und Altersversicherung. 1911 sind alle drei in die „Reichsversicherungsordnung" zusammengefaßt, deren Bestimmungen zum Teil erst 1913 in Kraft getreten sind. — 1. Gesetz über Krankenversicherung (16. VI. 1883, ergänzt 19. V. 1903). In Industrie und Gewerbe gegen Lohn (bis zu 2000 M.) beschäftigte Arbeiter, ferner Gehilfen, Betriebsbeamte, Werkmeister usw. bis zu 2500 M. Jahresverdienst sind verpflichtet, einer Krankenkasse beizutreten; $^2/_3$ der Beiträge leistet der Arbeiter, $^1/_3$ der Arbeitgeber. Auch freiwillige Versicherung ist bei einem Jahreseinkommen von weniger als 2500 M. zulässig. Die Krankenkassen gewähren: a) bis zu 26 Wochen freie Krankenpflege einschließlich Arznei usw.; ferner vom 4. Tage ab ein Krankengeld in Höhe des halben Grundlohnes (durchschnittlichen Tageslohnes). b) Für Wöchnerinnen ein Wochengeld in Höhe des Krankengelds für 8 Wochen (6 nach der Niederkunft). c) Beim Tode ein Sterbegeld im Betrage des 20 fachen Grundlohnes; letzteres kann verdoppelt werden.

2. Gesetz über Unfallversicherung (6. VII. 1884). Die Unternehmer der Betriebe von gleicher Gefährlichkeit sind zu „Berufsgenossenschaften" vereinigt; sie erlassen Vorschriften zur Verhütung von Unglücksfällen und sammeln die Fonds zur Entschädigung der verunglückten Arbeiter. Letztere erhalten Kurkosten und außerdem eine Rente, die bei völliger Arbeitsunfähigkeit $^2/_3$ des Verdienstes beträgt; ferner bei Heilanstaltspflege eine „Angehörigen"rente; im Todesfall ein Sterbegeld gleich $^1/_{15}$ des Jahresverdienstes, mindestens 50 M.; und der Witwe $^1/_5$ und jedem Kinde $^1/_5$ (im ganzen aber nicht mehr als $^3/_5$) des Jahresverdienstes als Rente. Oberste Verwaltungsbehörde ist das Reichs-Versicherungsamt in Berlin.

3. Gesetz über Invaliden- und Hinterbliebenenversicherung (Erste Bestimmungen 22. VI. 1889). Versicherungspflichtig sind alle der Krankenversicherung unterliegenden Arbeiter, Dienstboten, Gehilfen usw. Je nach dem Einkommen sind wöchentlich 14—36 Pfennige zu zahlen, zur Hälfte vom Arbeitgeber, zur Hälfte vom Arbeiter. Das Reich zahlt zu jeder Rente 50 Mark Zuschuß. Anspruch auf Rente haben Personen über 70 Jahre und solche, die nicht mehr als $^1/_3$ gegen früher verdienen können. Nach dem Tode des gegen Invalidität Versicherten erhält die Witwe eine Witwenrente (je nach der Höhe der Beiträge verschieden; das Reich zahlt 50 Mark Zuschuß), Kinder unter 15 Jahren eine Waisenrente, bei Vollendung des 15. Jahres eine einmalige Waisenaussteuer (in Höhe des 8 fachen Monatsbetrages der Waisenrente).

II. Gesundheitsschädigungen durch die Beschäftigungsweise der Arbeiter.

Der unmittelbar gesundheitsschädliche Einfluß der Beschäftigung kommt zustande: 1. durch ungenügende Rücksichtnahme auf Alter und Körperbeschaffenheit der Arbeiter, namentlich in bezug auf die Arbeitsdauer; 2. durch hygienisch ungenügende Beschaffenheit der Arbeitsräume; 3. durch einseitige Muskelanstrengung und die Körperhaltung bei der Arbeit; 4. durch starke Lichtreize, Geräusche usw., welche die Sinnesorgane schädigen; 5. durch gesteigerten Luftdruck; 6. durch exzessive Temperaturen; 7. durch eingeatmeten Staub; 8. durch giftige Gase; 9. durch giftiges Arbeitsmaterial; 10. durch Kontagien; 11. durch Unfälle.

1. Alter und Körperbeschaffenheit; Arbeitszeit.

Für jugendliche und weibliche Arbeiter, deren besondere Schonungsbedürftigkeit bereits S. 467 betont wurde, schreibt die Reichsgewerbeordnung von 1900 („Arbeiterschutzgesetz") und das Kinderschutzgesetz von 1903 eine Reihe wichtiger Bestimmungen vor. Kinder unter 13 Jahren dürfen in Fabriken überhaupt nicht beschäftigt werden; Kinder über 13 Jahre nur dann, wenn sie nicht mehr zum Volksschulbesuch verpflichtet sind. Auch die Beschäftigung eigener und fremder Kinder in den meisten Werkstättenbetrieben, bei öffentlichen Schaustellungen, im Betriebe von Gast- und Schankwirtschaften ist verboten oder stark eingeschränkt.

Die Beschäftigung von Kindern unter 14 Jahren darf die Dauer von sechs Stunden nicht überschreiten. Arbeiter zwischen 14—16 Jahren dürfen in Fabriken nicht länger als zehn Stunden beschäftigt werden. Die Arbeitsstunden für jugendliche Arbeiter dürfen nicht vor $5^1/_2$ Uhr morgens beginnen und nicht über $8^1/_2$ Uhr abends dauern. Zwischen den Arbeitsstunden müssen regelmäßige Pausen gewährt werden (mittags mindestens eine Stunde, vormittags und nachmittags $^1/_2$ Stunde). In den Pausen darf den jugendlichen Arbeitern eine Beschäftigung und womöglich sogar der Aufenthalt in den Arbeitsräumen nicht gestattet werden. — Arbeiterinnen dürfen in der Fabrik nicht in der Nachtzeit von $8^1/_2$ Uhr abends bis $5^1/_2$ Uhr morgens beschäftigt werden. Die Beschäftigung von Arbeiterinnen über 16 Jahren darf die Dauer von elf Stunden täglich, an den Vorabenden der Sonn- und Festtage von zehn Stunden nicht überschreiten. Ferner sind Arbeiterinnen über 16 Jahre, welche ein Hauswesen zu besorgen haben, auf ihren Antrag $^1/_2$ Stunde vor der mindestens einstündigen Mittagspause zu entlassen. Wöchnerinnen dürfen während vier Wochen nach ihrer Niederkunft überhaupt nicht und während der folgenden zwei Wochen nur beschäftigt werden, wenn das Zeugnis eines approbierten Arztes dies für zulässig erklärt.

Für Erwachsene ist außerdem gesetzlich die Beschränkung vorgesehen, daß für jeden Sonn- und Festtag die zu gewährende Ruhe mindestens 24 Stunden betragen soll; für zwei aufeinander folgende Festtage 36, für das Weihnachts-, Oster- und Pfingstfest 44 Stunden.

2. Die Arbeitsräume.

Die Vorschriften der Gewerbeordnung bestimmen, daß die Arbeitsräume in bezug auf Flächeninhalt, Lage, Heizung, Beleuchtung, Ventilation und Beseitigung des beim Betrieb entstehenden Staubes, der Gase und Abfälle den allgemeinen Regeln der Gesundheitspflege entsprechen.

Die Höhe der Arbeitsräume soll wenigstens 3·5 m, bei einer erheblichen Zahl von 4 Arbeitern 4 m, bei größeren Sälen 5 m betragen. Jedem Arbeiter sollen wenigstens 10 cbm Luftraum und 20 cbm stündliche Luftzufuhr gewährt werden; entwickeln sich im Arbeitsraum reichliche Mengen Atmungs- oder Beleuchtungsprodukte (z. B. in Bergwerken durch die rußenden Lampen), so ist für kräftigere Ventilation zu sorgen. Übelriechende Gase sind tunlichst am Entstehungsort abzusaugen. — Die Aborte sollen in gehöriger Zahl, für die Geschlechter getrennt, mit zugfreiem Zugang und so angelegt werden, daß keine Ausdünstungen in den Arbeitsraum gelangen. Ist ein Kleiderwechsel der Arbeiter erforderlich, so müssen auch hierfür geeignete, für die Geschlechter getrennte Räume hergestellt sein. Dortselbst sollen ausreichende Waschvorrichtungen Platz finden. Bei größerer Entfernung der Fabrik von den Wohnungen der Arbeiter sind geräumige und heizbare Speiseräume einzurichten, in welchen Vorkehrungen zum Erwärmen der mitgebrachten Speisen angebracht sein müssen. Für gesundes Trinkwasser ist zu sorgen. Die Triebmaschinen, Transmissionen, Falltüren und Treppenöffnungen haben eine solche Einfriedigung zu erhalten, daß eine Verletzung der Passanten ausgeschlossen ist. — Die zuständigen Polizeibehörden sind befugt, im Wege der Verfügung für einzelne Anlagen die Ausführung derjenigen Maßnahmen anzuordnen, welche zur Durchführung der in den Bestimmungen enthaltenen Grundsätze erforderlich erscheinen.

3. Die Muskelarbeit und die Körperhaltung

kann sehr mannigfaltige Gesundheitsstörungen hervorrufen.

Durch den Druck auf das Handwerkszeug entstehen in der Hand oft Schwielen, Blasen und chronische Entzündungen. Man beobachtet dieselben besonders bei Tischlern, Graveuren, Metalldrehern, Gerbern. An anderen Körperstellen können akzidentelle Schleimbeutel entstehen, so ein Schleimbeutel am Ellenbogengelenk bei Lederappreteuren, ein solcher am vorderen Darmbeinstachel bei Webern durch den Druck des Brustbaumes, ferner an den äußeren Malleolen und am Köpfchen der Fibula bei Schneidern. — Schuster zeigen am Sternum oft eine umschriebene Vertiefung, welche durch den Druck des Leistens gegen den Brustkasten zustande kommt.

Bei fortgesetzter Anstrengung derselben Muskelgruppen beobachtet man, am häufigsten wiederum an der Hand, Sehnenscheiden- und Gelenkentzündungen, Kontrakturen und Krämpfe der betreffenden Muskeln. Setzer, Tischler, Gerber, Juweliere, Blumenmacherinnen, welche sämtlich dauernd minutiöse Handarbeiten mit gewissem Kraftaufwand zu verrichten haben, leiden oft an diesen Affektionen. Die als „Schreibkrampf" bezeichnete professionelle Koordinationsneurose findet man außer bei Schreibern bei Graveuren, Setzern, Juwelieren, Näherinnen, Klavierspielern usw. — Andere besonders angestrengte Muskelgruppen hypertrophieren; nicht selten entstehen Rückgratsverkrümmungen, wenn die Arbeit eine prononziert einseitige ist und eine forcierte Biegung oder Drehung des Oberkörpers veranlaßt, z. B. bei Kesselschmieden, Schneidern, Schustern usw.

Anhaltendes Aufrechtstehen führt zu Varicen, Ödemen und Geschwüren an den unteren Extremitäten, zu O- und X-Beinen, Plattfüßen usw. Setzer, Schlachter, Bäcker, Kellner, Gerber sind z. B. dieser Affektion ausgesetzt.

Weit häufiger kommen Zirkulationsstörungen infolge von sitzender und gebückter Stellung vor. Schneider, Näherinnen, Stickerinnen, Schuster leiden fast immer an gastrischen Beschwerden, Ernährungsstörungen, resp. an Krankheiten der Beckenorgane.

Ferner kann wiederholte intensive Muskelanstrengung, wie sie bei Lastträgern, Schmieden, Schlossern, Bäckern erforderlich ist, das Allgemeinbefinden stören, indem sie zu Emphysem und organischen Herzfehlern disponiert; in selteneren Fällen führt sie auch zu Muskelzerreißungen und Hernien.

Selbstverständlich bedingt endlich jede Überanstrengung, sei es, daß die Arbeit für die individuelle Muskelkraft zu anstrengend ist, sei es, daß eine an sich leichte Arbeit zu lange ausgedehnt und nicht von den gehörigen Ruhepausen unterbrochen wird, eine Schwächung der Gesundheit.

Gegen die genannten Schädigungen kann zum Teil nur die Aufmerksamkeit und Vorsicht des einzelnen Schutz gewähren. Insbesondere muß der Arbeiter die Dauer der Arbeit und den Grad der Anstrengung seiner individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen suchen. Einige Nachteile sind durch Änderung der Werkzeuge zu beseitigen; viele treten in der Neuzeit zurück dadurch, daß die Arbeit mit Hilfe von Maschinen statt mittels der Muskeln geleistet wird. So ist z. B. die Verwendung einfacher Motoren für Nähmaschinen, die Herstellung von Leisten durch Maschinen u. a. m. tunlichst zu fördern.

4. Schädigung der Sinnesorgane.

Vorzugsweise ist das Auge gefährdet. Entweder führt das fortgesetzte Fixieren kleiner Gegenstände, eventuell bei ungenügender Beleuchtung, zu Myopie und deren schwereren Folgezuständen (Schreiber, Juweliere, Graveure, Blumenmacherinnen, Setzer); oder Arbeiten bei sehr mattem Licht bewirkt z. B. bei den Kohlenhauern der Steinkohlenbergwerke oft krampfhafte Zuckungen der Augenmuskeln (Nystagmus); oder blendendes Licht, grelle Wechsel zwischen Hell und Dunkel und strahlende Hitze bewirken Überreizung des Auges (Heizer, Schmiede, Schmelzofenarbeiter, Glasarbeiter); oder mechanische Insulte, reizende Gase oder Staub führen Verletzungen des Auges resp. Konjunktivitis und Blepharitis herbei (Fremdkörper bei Arbeiten an Metalldrehbänken und Holzbearbeitungsmaschinen; Steinsplitter bei Steinschlägern; Funken

und Spritzer in Eisengießereien; verspritzende Säure und Dämpfe bei der Verarbeitung von Braunkohlenteer, Chlor, Salzsäure; Baumwollen- und Hanfstaub).

Zum Schutz gegen die letztgenannten Schädigungen werden Schutzbrillen verwendet, und zwar sind die betreffenden Fabrikunternehmer gesetzlich verpflichtet, ihren Arbeitern Schutzbrillen zu liefern. Sollen dieselben nur gegen gröbere Fremdkörper (Steinsplitter) schützen, so genügen Drahtbrillen. Andernfalls benutzt man Gläser aus weißem (bei grellem Licht rauchgrauem), starkem Glas in vorspringender Fassung, die auf eine dicht anschließende Lederbinde aufgenäht sind. Gläser aus Glimmer sollen gegen strahlende Hitze besseren Schutz gewähren; das Material ist jedoch zu ungleichmäßig und erschwert das deutliche Sehen.

Übrigens werden alle Schutzbrillen von den Arbeitern ungern getragen, weil die Gläser leicht durch Beschlagen und Staub trübe werden und das Sehvermögen immer etwas beschränken. Die Stroofsche Brille, bei welcher zwischen Glas und Fassung Schlitze und in der Fassung selbst noch Öffnungen angebracht sind, soll von Kondenswasser frei bleiben. Neuere Konstruktionen sind von Wendschuch (Dresden), Weiss (Zelluloidbrille mit Luftzuführung) u. a. hergestellt. — Die Schutzmaßregeln gegen die übrigen Schädigungen des Auges müssen wesentlich dem einzelnen überlassen bleiben; bei Myopie und beginnender Sehschwäche ist die sorgfältige Beachtung der ersten Symptome und baldige Änderung der Beschäftigung vor allem indiziert.

Seltener wird das Gehörorgan durch das anhaltende betäubende Geräusch der Eisenindustrie, namentlich in Hammerwerken und Schmieden affiziert. — Über Gehörstörungen bei Arbeiten in komprimierter Luft s. S. 26.

5. Gesteigerter Luftdruck.

Arbeiten in komprimierter Luft haben die Taucher in der Taucherglocke zu leisten, in welcher durch kontinuierliche Zuleitung komprimierter Luft das Wasser verdrängt wird. In größtem Umfang werden Arbeiten unter ähnlichen Verhältnissen ausgeführt bei der Fundierung von Brückenpfeilern, beim Schleusenbau, auch beim Tunnel- und Brunnenbau. Aus den wasserführenden Bodenschichten wird das Wasser dadurch verdrängt, daß ein unten offener Hohlzylinder (Caisson) in den Boden eingesenkt und daß nun durch verdichtete Luft das Wasser zurückgedrängt und der Raum im Hohlzylinder so lange wasserfrei erhalten wird, wie die Arbeiten dauern. Je nach der zu überwindenden Wassersäule ist der anzuwendende Druck verschieden und beträgt nicht selten bis zwei Atmosphären und mehr. — Bei den in diesen Caissons beschäftigten Arbeitern treten die S. 26 geschilderten durch die Drucksteigerung bedingten Symptome sehr ausgeprägt hervor; jedoch sind

dieselben meist nicht bedenklich und wenig belästigend. Ferner steigt die Temperatur erheblich, bis 30, ja 40°, und die CO_2 sammelt sich stark an, so daß unter Umständen Absorption durch Kalk erfolgen muß. Der Einstieg in die Caissons muß langsam erfolgen, auf 4 Minuten soll höchstens ein Anstieg um 1 Atm. entfallen. Nur jugendliche, magere Personen sind zu der Arbeit zuzulassen. — Mit ganz besonderer Vorsicht muß der Übergang aus der komprimierten Luft in solche von gewöhnlichem Druck erfolgen; bei dieser „Dekompression" soll der Abfall um 1 Atm. sich im Mittel in 15—20 Min. vollziehen, bzw. in der ersten Hälfte innerhalb 8, in der zweiten Hälfte innerhalb 30 Minuten. Geschieht dies nicht, so kommt es zur Entladung von gasförmigem Stickstoff, der in der komprimierten Luft in größerer Menge von Blut und Gewebsflüssigkeiten aufgenommen wurde. Da Fette und Lipoide 6 mal so viel N absorbieren wie Blut, so betrifft die lokale Gasentwickelung beim Entschleusen besonders die Gewebsspalten des Fettgewebes, ferner das Rückenmark (daher Menière-sche Erscheinungen und Lähmungen); auch in den Gelenkflüssigkeiten treten Gasblasen auf, und Luftembolien im kleinen Kreislauf bewirken plötzliche Todesfälle. — Die staffelförmige Dekompression wird dadurch erreicht, daß am oberen Ende des Caissons eine Luftschleuse angebracht ist, die den plötzlichen Ein- und Austritt verhindert.

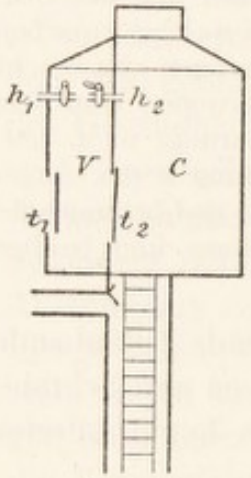


Fig. 136. Caisson-Schleuse.

Die Arbeiter gelangen beim Einfahren zunächst in die Vorkammer V (Fig. 136). Die von da in den Caisson führende Tür t_2 läßt sich aber vorläufig nicht öffnen, weil die Tür durch die innen befindliche komprimierte Luft fest angedrückt wird. Erst nachdem die Arbeiter durch den Hahn h_2 Druckluft allmählich in die Vorkammer eingelassen haben, so daß schließlich der Druck in dieser der gleiche wie im Caisson ist, läßt sich die Tür t_2 öffnen und die Arbeiter können absteigen. Gleichzeitig wird nun aber die von der Vorkammer nach außen führende Tür t_1 fest von innen angepreßt. Kommen unter diesen Umständen die ausfahrenden Arbeiter in die unter Überdruck stehende Vorkammer, so können sie die Außentür nicht öffnen. Sie müssen erst durch den Hahn h_1 die verdichtete Luft der Vorkammer allmählich ausströmen lassen, und erst wenn dadurch der Druck dem der Außenluft ungefähr gleich geworden ist, ist es ihnen möglich, den Raum zu verlassen.

6. Exzessive Temperaturen.

Hohe Temperaturen kommen bei zahlreichen Gewerbebetrieben vor; oft in Form der strahlenden Wärme (z. B. bei Heizern, Schmelzofen- und Glasarbeitern, Gießern, Schmieden, Bäckern), die jedoch verhältnismäßig gut ertragen wird, da bei diesen Betrieben eine sehr reichliche Luftzufuhr die Wärmeabgabe erleichtert. Nur kommt eine

Neigung der fortwährend stark schwitzenden und erhitzten Haut zu Hauterkrankungen (Ekzem, Lichen) zustande; ferner disponiert die reichliche Getränkaufnahme zu Verdauungsstörungen. — Weit nachteiliger auf das Allgemeinbefinden wirkt der Aufenthalt in einem geschlossenen Arbeitsraum, dessen Luft eine Temperatur von 25—30° und darüber zeigt und daneben noch eine hohe Luftfeuchtigkeit. Beispielsweise kommen solche Wärmegrade vor in tiefen Bergwerken und bei Tunnelbauten, wo die resultierende Wärmestauung oft die Arbeiten aufs äußerste erschwert; ferner in Färbe-, Dekatier- und Appreturwerkstätten, Kammwoll-, Baumwoll- und Flachsspinnereien und Webereien, in den Drehersälen der Porzellanfabriken u. a. m. Bei den genannten Gewerben ist durch Größe der Arbeitsräume, reichlichste Ventilation, eventuell Einführung elektrischer Beleuchtung an Stelle der Gasbeleuchtung und insbesondere durch Umhüllung der Dampfleitungen mit Wärmeschutzmitteln (Schlackenwolle, Kieselgur usw.), resp. durch Ummantelung der Öfen nach Möglichkeit Abhilfe zu schaffen. In manchen Fabriken sind indes solche Schutzmittel nur in sehr beschränktem Maße anwendbar, weil für die betreffende Technik hohe Temperaturen und hohe Feuchtigkeitsgrade erforderlich sind; so z. B. geht das Verspinnen nur in Arbeitsräumen mit warmer feuchter Luft gut vonstatten. — Über Schutz gegen Verbrennungen s. S. 282.

7. Einatmung von Staub.

Bei vielen Gewerbebetrieben sind die Arbeiter einer steten Staubinhalation ausgesetzt, und als Folge derselben beobachtet man massenhafte Einlagerungen der Staubteilchen in die Schleimhäute, in die Lymphbahnen des Lungenparenchyms und in die Bronchialdrüsen. Die Symptome, die dadurch vorzugsweise veranlaßt werden, sind die des chronischen Bronchialkatarrhs und in der Folge oft des Lungenemphysems, oder der interstitiellen Pneumonie, oder nach erfolgter Aufnahme von Tuberkelbazillen der Lungentuberkulose, die oft rasch zum Tode führt. Da in den verschiedensten Betrieben die Gelegenheit zur Aufnahme von Tuberkelbazillen reichlich gegeben ist, liefert die Einatmung verletzender Staubsorten eine der gefährlichsten disponierenden Ursachen für die Entstehung der Phthise (vgl. die Zahlen der Tabelle auf S. 484, vierte und vorletzte Kol.).

Hesse hat die Menge des von einem Arbeiter in 10 Stunden eingeatmeten (allerdings nur zum kleinen Teil in die Lungen gelangenden) Staubes bestimmt:

in einer Roßhaarspinnerei zu	0·05 g
„ „ Kunstwollefabrik	0·1 „

in einer Mühle	0·13 g
„ „ Schnupftabakfabrik	0·36 „
„ „ Zementfabrik	0·1 „

Die Einlagerung von Kohlenstaub in die Lungen ruft die Anthrakosis hervor, die zwar nicht selten chronischen Katarrh und Emphysem veranlaßt, aber selten mit Phthisis kompliziert ist. Vor allem sind die Bergleute der Kohlengruben exponiert; in geringerem Grade Köhler, Kohlenhändler und Kohlenträger, Heizer. Ferner wird Kohle in Form von Ruß aufgenommen von Schornsteinfegern, Bergleuten und zahlreichsten Bewohnern von Industriegegenden und großen Städten (s. S. 94); in Form von Graphit von Gießern, Formern und Bleistiftarbeitern.

Feinste Teilchen von Eisen, Eisenoxyd und Eisenoxyduloxyd rufen die Siderosis pulmonum hervor; Kupferteilchen wirken vermutlich ähnlich. Als Folge der eingelagerten Partikelchen entstehen zirrhotische Knoten und eine lobuläre, interstitielle indurierende Pneumonie. Schmiede und Schlosser, ebenso Kupferschmiede, Klempner, Uhrmacher usw. kommen zwar mit Eisen- bzw. Kupferteilchen in Berührung, doch sind die letzteren nicht fein genug, um in größerer Menge in die Lungen aufgenommen zu werden. Am meisten sind aus dieser Kategorie noch die Feilenhauer exponiert. Dagegen entstehen enorme Massen von feinstem Eisenoxydstaub bei der Benutzung des sog. roten Smirgels (Englisch Rot), der als Poliermittel für Stahl und Spiegel dient; ferner kommt beim trockenen Schleifen der Eisen- und Stahlwaren ein aus Eisen und Steinteilchen gemischter Staub zur Wirkung.

In dem sehr gefährlichen Schleifstaub sind das Wesentliche die steinigen Partikelchen, welche im ganzen ähnliche Erscheinungen hervorrufen wie der metallische Staub. Der Schleifstaub bildet sich nur beim Schleifen von Näh-, Strick- und Stecknadeln, die trocken geschliffen werden, während das Schleifen gröberer Objekte unter Befeuchtung erfolgt. — Von sonstigem mineralischem Staub gilt als besonders gefährlich der harte, spitzige Quarzstaub, dem die Arbeiter in den Stampfwerken der Glasfabriken und die Mühlsteinhauer exponiert sind. Beim Glasschleifen wird das Schleifpulver (Feuerstein oder Englisch Rot) gewöhnlich mit Wasser angefeuchtet, nur bei einigen seltenen Schliffarten werden die Arbeiter durch trockenen Staub gefährdet. Tonstaub wird von Ultramarin-, Porzellanarbeitern, Töpfern und Specksteinarbeitern, Kalkstaub in Form von Ätzkalk von den Arbeitern der Kalköfen beim Ausnehmen des gebrannten Kalks eingeatmet; in Form von kohlensaurem Kalk von den Perlmutterdrechslern. Sehr viel Staub entwickelt sich bei der Zementfabrikation, wo Kreide oder Kalk, Ton und Sand in sehr feingemahlenem Zustand

gemengt werden. Gipsstaub belästigt hauptsächlich die Stuckarbeiter beim Abschleifen des Stucks mit Bimsstein. Besonders große Mengen feinsten gefährlichen Staubes liefert die Thomasschlackenindustrie (viele Pneumonien).

Unter den organischen Staubarten führt der Tabakstaub, der sich beim Rapieren (Zerkleinern mit Wiegemessern), Sortieren, Sieben und Packen des Tabaks in großer Menge entwickelt, zuweilen — aber selten — zu Ablagerungen in den Lungen. Die überwiegende Mehrzahl der Arbeiter merkt auch bei langdauerndem Aufenthalt in Tabakstaub, so lange die Gelegenheit zur Aufnahme von TB fehlt, keine Schädigung der Gesundheit. — Enorme Massen von Staub treten in Baumwoll- und Wollspinnereien auf.

Baumwollstaub entwickelt sich zunächst, wenn die rohe Baumwolle im Reißwolf zerrissen und gelockert wird, ferner wenn die gereinigte Baumwolle in den Krempel- und Kratzmaschinen durch spitze Kupferdrähte (Karden) in parallele Lage gebracht und zum Spinnen vorbereitet wird. Insbesondere beim Reinigen der Karden von den daran haften gebliebenen Fasern erheben sich mächtige Wolken leichten Staubes.

Wollstaub tritt zunächst schon beim Sortieren und Klopfen der Vliese auf, dann beim Wolfen und Krempeln der Wolle sowie beim Scheren des Tuches. Besonders reichlich ist der Staub in der Kunstwollindustrie, wo Wolllumpen im Reißwolf zerrissen werden.

Dem Staub von tierischen Haaren sind Bürstenbinder beim sog. Kämmen der Borsten, ferner Tapezierer, Sattler, Kürschner ausgesetzt; in weit höherem Grade aber die Arbeiter, welche bei der Fabrikation von Hüten aus Hasen-, Kaninchen- und Biberhaar beschäftigt sind, und speziell diejenigen, welche das Schneiden der Haare (Kürzen der Borstenhaare, bis sie mit dem Flaumhaar gleiche Länge haben) besorgen.

Vielfach werden die Felle vor dem Enthaaren mit Scheidewasser und metallischem Quecksilber behandelt, so daß Merkuronitrat sich bildet, dann getrocknet und nachher geklopft und gebürstet. Dabei kann ein durch Beimengung jenes Quecksilbersalzes besonders gefährlicher Staub sich entwickeln.

Bei der Bearbeitung der Bettfedern, ferner bei der Bearbeitung des Holzes (in Faß- und Bleistiftfabriken) sowie in den Hadernsälen der Papierfabriken kommt es gleichfalls zu belästigendem Staub.

Auch die organischen Staubarten beeinträchtigen die normale Aufnahme von Atemluft und bewirken eine fortgesetzte Reizung der Respirationsschleimhaut, Neigung zu chronischen Katarrhen und damit häufig Invasionspforten für Kontagien, an denen es in den betreffenden Arbeitsräumen nicht zu fehlen pflegt; sie stehen aber an bösartigen Wirkungen hinter den vorgenannten mineralischen Staubarten erheblich zurück.

Über giftigen Staub siehe unten.

Die Schutzmittel gegen die Staubinhalation bestehen erstens in der Hinderung der Staubentwickelung; zweitens in der sofortigen Entfernung des einmal gebildeten Staubes durch Absaugen; drittens in Respiratoren, welche die Arbeiter in der staubhaltigen Luft anlegen.

Um die Staubproduktion zu hindern, kann versucht werden, das Material anzufeuchten (z. B. in Bergwerken) oder die Zerkleinerung unter Wasser vorzunehmen. Aus technischen Gründen kann jedoch selten von diesem Mittel Gebrauch gemacht werden. — Dagegen hat sich die Zerkleinerung steiniger, staubliefernder Massen in ganz geschlossenen Behältern, in den sog. Kugelmühlen, z. B. in Pochwerken, gut bewährt.

Am häufigsten wird die Entfernung des gebildeten Staubes versucht durch kräftige Luftströme. Die Anwendung derselben soll aber nicht in Form eines den ganzen Arbeitsraum ventilierenden Stromes erfolgen, der entfernt von der Stelle der Staubproduktion ein- und austritt. Oben (S. 363) wurde bereits betont, daß eine solche Ventilation zur Beseitigung von Staub unzureichend ist; soll sie ausgiebig wirken, so müßte eine so kräftige Luftbewegung vorhanden sein, daß ein Aufenthalt in dem betreffenden Raum kaum zu ertragen wäre, und trotzdem würde der Effekt meist ungenügend ausfallen. Der Luftstrom muß vielmehr seine größte Geschwindigkeit dort entwickeln, wo der Staub entsteht, d. h. die Abströmungsöffnung muß in unmittelbarster Nähe der Arbeitsplätze usw. liegen, so daß es zum Absaugen des Staubes kommt, ehe derselbe sich im Raum verbreitet hat.

Diesen Anforderungen entsprechen die Exhaustoren, weite Rohre, in welchen mittels kräftigen Motors ein starker aspirierender Luftstrom erzeugt wird und deren trichterförmige Einströmungsöffnungen über oder noch besser unter den einzelnen Arbeitsplätzen angebracht sind bzw. zeitweise in unmittelbare Nähe der staubenden Objekte geführt werden können. Die Exhaustoren werden mit gutem Erfolge benutzt z. B. zum Absaugen des Baumwollstaubes im Reißwolf, sowie beim Reinigen der Karden; ferner zum Absaugen des bei der Hutabreiberei entstehenden Staubes, des Schleifstaubes in Nadel- und in Hornkammfabriken, des Mühlenstaubes usw.

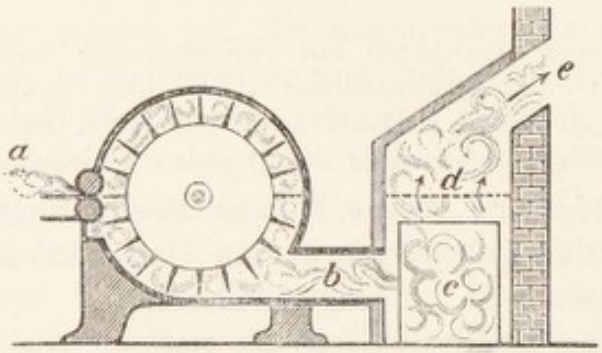


Fig. 137. Reißwolf mit Staubabsaugung.

Der Reißwolf wird mit einem dicht schließenden Gehäuse umgeben, das durch den Kanal *b* (Fig. 137) mit einer Vorkammer in Verbindung steht; aus dieser wird durch die Öffnung *e* mittels kräftigen Aspirators die Luft fortwährend abgesogen. Die bei *a* eintretende Baumwolle sammelt sich nach dem Passieren des Wolfs bei *c* und wird dort durch eine Tür von Zeit zu Zeit herausgenommen; der abgerissene lockere Staub aber wird bei *d* durch ein weitmaschiges Filter gerissen, gelangt in den Exhaustor und von da ins Freie.

Sollen die Karden gereinigt werden, so wird zunächst eine Verbindung zwischen der Reinigungsstelle und einem Rohre (*a* in Fig. 138) hergestellt, das über sämtlichen Krempelmaschinen herläuft und zu einem mit Maschinenkraft betriebenen Ventilator führt. Dieses Rohr trägt mehrere Stutzen (*b*), die für gewöhnlich verschlossen sind; soll die Reinigung beginnen, so wird das Gehäuse, welches die Karden bedeckt (*d*), zurückgeklappt und in den Stutzen ein Trichter *c* eingesetzt, dessen Öffnung bis nahe auf die Karden reicht. Werden nunmehr die Baumwollreste mit Bürsten u. dergl. von den Karden gelöst, so werden sie vollständig in den Exhaustor abgeführt.

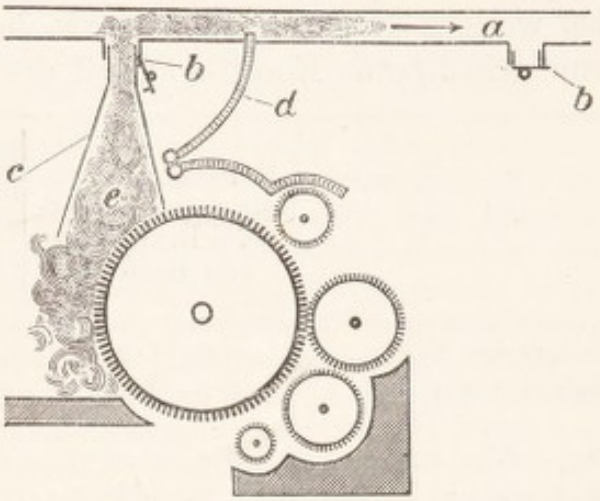


Fig. 138. Staubabsaugung bei der Reinigung der Karden.

Vielfach finden auch Respiratoren Anwendung; dieselben bestehen aus feinmaschigen, porösen Stoffen, welche den Staub abfiltrieren, die Luft aber passieren lassen sollen. Sie sind aber vielfach insuffizient und alle sind störend durch Behinderung der Wärmeabgabe und Atmung, so daß sie von den Arbeitern ungern benutzt werden.

Entweder werden nur feine Drahtgewebe verwendet oder solche mit Einlagen von Watte bzw. Wollstoff, die eventuell angefeuchtet werden sollen. Eine besondere Form stellen die Masken dar, welche den ganzen Kopf bedecken und eine Zufuhr von frischer, reiner Luft durch Schläuche erhalten. Wählt man die Poren sehr eng, so wird die Atmung zu sehr erschwert, insbesondere wenn bereits Staubteilchen in das Filter eingelagert sind. Weitere Poren gewähren dagegen nicht genügende Zurückhaltung des Staubes. Am besten wirken Masken aus feinem Battist, der von einem die Stirn umschließenden Bande herabhängt, in weitem Abstand das Gesicht umhüllt und durch eine Schnur um den Rockkragen nach unten abgeschlossen wird (Kobraksche Maske). Der Filterstoff muß eine sehr große Fläche darbieten, um die Luft an der einzelnen Masche nicht mit zu großer Geschwindigkeit durchtreten zu lassen. Es gelingt in dieser Weise, 90% des feinsten Staubes zurückzuhalten. Immerhin sind auch diese Respiratoren wesentlich nur geeignet zur vorübergehenden Benutzung in einer Luft, welche starke Staubmassen oder gar giftigen Staub enthält.

8. Die Einatmung giftiger Gase.

Abgesehen von den belästigenden Gasen, welche durch die Ansammlung von Menschen und durch die Beleuchtung geliefert werden, kommt es bei manchen Gewerben zu einer Produktion teils irrespirabler, teils toxischer Gase, welche oft schon in sehr kleinen Mengen gesundheitsschädigend wirken. Die wichtigsten derselben sind: Chlor, salpetrige Säure, Salzsäure, schweflige Säure; seltener kommen Kohlen-

säure, Kohlenoxydgas, Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff in Betracht.

In der folgenden von LEHMANN aufgestellten Tabelle ist angegeben, bei welchen Konzentrationen bzw. bei welcher Dauer der Einwirkung eine schädigende Einwirkung auf den Menschen zustande kommt.

	Konzentrationen, die rasch gefährliche Erkrankungen bedingen	Konzentrationen, die nach ½—1 Stunde ohne schwerere Störungen zu ertragen sind	Konzentrationen, die bei mehrstündiger Einwirkung nur minimale Symptome bedingen
Salpetrige Säure .	0·6—1·0‰	0·2—0·4‰	0·2‰
Salzsäuregas . . .	1·5—2·0‰	0·05 bis höchstens 0·1‰	0·01‰
Schweflige Säure .	0·4—0·5‰	0·05‰ od. weniger	—
Kohlensäure . . .	9—12%	6—7%	3—4·5%
Ammoniak	2·5—4·5‰	0·3‰	0·1‰
Chlor und Brom .	0·04—0·06‰	0·004‰	0·001‰
Jod	—	0·003‰	0·0005—0·005‰
Schwefelwasserstoff	0·5—0·7‰	0·2—0·3‰	—
Schwefelkohlenstoff	10—12 mg i. 1 Lit.	1·2—1·5 mg i. 1 Lit.	—
Kohlenoxyd . . .	2—3‰	0·5—1·0‰	0·2‰
Benzol	2—3%	1%	0·5—1·0%
Anilin	—	0·5‰	0·2‰

Chlor kann zur Einatmung gelangen bei der Chlorkalkfabrikation und beim Schnellbleichen. Nur ein sehr kleiner Gehalt ist als unbedenklich anzusehen. Ein Gehalt von 0·005 Promille ruft bereits starke Reizung der Schleimhäute hervor und muß bei dauernder Einwirkung als unzulässig bezeichnet werden. — Durch die Verwendung gut schließender Apparate und reichliche Ventilation kann jedoch die Beimengung von Chlorgas zur Luft des Arbeitsraumes in den genannten Gewerben ziemlich leicht vermieden werden. Für kurzes Betreten eines mit Chlor erfüllten Raumes (Ausnehmen des fertigen Chlorkalks) ist das Vorbinden von Respiratoren, welche mit Alkohol befeuchtete Schwämme enthalten, empfohlen.

Salpetrige Säure (nitrose Gase) entsteht bei Herstellung der konzentrierten Salpetersäure, der Eisenbeize, der Glühstrümpfe, ferner bei der Bereitung des Nitrobenzols, das in großem Maßstabe zur Darstellung der Anilinfarben Verwendung findet. In geringerem Grade entwickelt sich salpetrige Säure in den Münzen und bei der galvanischen Vergoldung. — Ätzende Wirkung auf die Respirationsschleimhaut, meist nach auffällig langer Frist (4—6 Stunden). Ein zu hoher Gehalt der Luft an salpetriger Säure läßt sich mit einiger Vorsicht vermeiden, wenn die bei der Darstellung der konzentrierten Salpetersäure auftretenden Dämpfe durch Kondensationstürme mit Wasserregen geführt werden; im übrigen sind so viel als möglich geschlossene Apparate zu verwenden und es ist für reichliche Ventilation zu sorgen.

Salzsäuregas ruft bei einem Gehalt von 0·5 p. m. bei Versuchstieren schon deutliche Symptome von Reizung der Schleimhäute hervor. — Kleinere Mengen Salzsäuregas entstehen in der Töpferei (bei der Kochsalzglasur der Stein-

gutwaren, vgl. S. 501), bei der Glasfabrikation und bei der Zinnsalzdarstellung. In ungeheuren Massen entweicht Salzsäure in den Sodafabriken bei dem Sulfatprozeß, durch welchen aus Kochsalz und Schwefelsäure Natriumsulfat und Salzsäure gewonnen wird. Diese wird meist durch Waschen zunächst in doppelhalsigen mit Wasser gefüllten Flaschen (sogenannten Bonbonnes), dann in Kokstürmen, in welchen Wasser herabrieselt, zurückgehalten. — Bei ausreichender Ventilation der Arbeitsräume kommt es selten zu schädigender Einwirkung.

Schweflige Säure wirkt weniger intensiv; deutliche Giftwirkung tritt erst bei einem Gehalt von 0·5 p. m. hervor. Die schweflige Säure wird der Luft des Arbeitsraumes zugemengt, z. B. in der Strohhutfabrikation beim Bleichen der Hüte, ebenso beim Bleichen von Seide, Woll- und Baumwollstoffen, von Darmsaiten usw.; ferner beim Schwefeln des Hopfens. Zeitweise kommt es zu einer sehr starken Bildung der Säure in Alaun-, Glas- und Ultramarinfabriken; ferner bei der Schwefelsäurebereitung nach dem Bleikammerverfahren. Enorme Mengen von schwefliger Säure werden oft von den Rostöfen der Hüttenwerke geliefert; doch führt dies mehr zu einer Belästigung der Anwohner und zur Schädigung der Vegetation, als zu einer Gefährdung der Arbeiter. — Die schädlichen Einwirkungen sind relativ leicht durch Ventilationseinrichtungen zu vermeiden.

Kohlensäure wirkt erst bei sehr bedeutender Anhäufung toxisch (vgl. S. 82). Derartige Konzentrationen kommen zuweilen vor in den Gärungsgewerben, in Bierbrauereien, Weingärkellern, Preßhefefabriken. Ferner werden Brunnenarbeiter in tiefen Brunnenschachten, Totengräber in Grüften, Lohgerber in Lohgruben einer Kohlensäureintoxikation ausgesetzt, jedoch nie ohne eine gewisse Fahrlässigkeit. In Bergwerken bilden sich zuweilen starke Kohlensäureansammlungen, die schließlich Intoxikation veranlassen können (matte Wetter). Hier müssen gute Ventilationsvorrichtungen Abhilfe schaffen.

Kohlenoxydgasvergiftung tritt zuweilen bei Gasarbeitern ein; häufiger können die Gichtgase der Eisenhütten und die Minengase zu Kohlenoxydgasvergiftung führen. Auch dieser Gefahr läßt sich meistens mit einiger Sorgsamkeit begegnen. Eine Abführung der Gichtgase wird neuerdings um so energischer angestrebt, als dieselben zur Winderhitzung oder Dampfkesselheizung oder für Motoren vorteilhaft ausgenutzt werden können.

Schwefelwasserstoff ruft schon bei einem Gehalt von 0·5—0·6 Promille gefährliche Wirkungen auf die Arbeiter hervor. Bei stärkerer Konzentration können sehr plötzlich Krämpfe, Asphyxie und der Tod eintreten. Außer bei chemischen Präparationen, z. B. gewissen Arten der Verarbeitung von Sodarückständen, kann sich Schwefelwasserstoff in Kloaken, Kanälen und durch sonstige Ansammlungen faulender Substanzen in solcher Menge entwickeln, daß toxische Wirkungen bei den Arbeitern auftreten. Die Gefahr läßt sich durch Vorsicht des einzelnen um so leichter vermeiden, als in dem intensiven Geruch des Gases ein warnendes Symptom gegeben ist.

Schwefelkohlenstoffdämpfe führen zu Intoxikationserscheinungen bei den Arbeitern von Gummifabriken (Vulkanisierung des Kautschuks). Selten tritt akut Betäubung ein; meist nach Wochen oder Jahren Kopf- und Gliederschmerzen, Ameisenkriechen, Zittern, Gehstörungen, Psychosen. — Benzoldämpfe wirken stark narkotisch. — Anilindampf ruft akut Blutzersetzung (Methämoglobinbildung), Pupillenstarre usw. hervor; chronisch blaugraue Hautfarbe, Verminderung der Erythrozyten, nervöse Symptome.

9. Beschäftigung mit giftigem Arbeitsmaterial.

Bei der Bearbeitung von giftigem Material kann die Aufnahme des Giftes teils durch Einatmung von Staub oder Dämpfen erfolgen, teils dadurch, daß infolge von Berührungen und Hantierungen kleine Teilchen des Giftes in den Mund, auf Speisen usw. gebracht werden und so in den Verdauungstraktus gelangen; teils endlich dadurch, daß von Hautwunden und Schrunden aus eine Resorption stattfindet. Meist kommen alle drei Wege in Frage; am häufigsten scheinen die Hantierungen zu Vergiftungen Anlaß zu geben. — Die Stoffe, welche im Gewerbebetrieb hauptsächlich solche Vergiftungen veranlassen, sind: Blei, Zink, Quecksilber, Phosphor und Arsen.

Blei. Die Verwendung des Bleis zu den verschiedensten Gebrauchsgegenständen (Glasuren der Kochgeschirre, Wasserleitungsrohre, Kinderspielzeug, Farben, Kitte u. dgl.) bewirkt Gefahren sowohl für zahlreiche gewerbliche Arbeiter wie auch für das kaufende Publikum. Von den in der Bleiindustrie beschäftigten Arbeitern erkranken 20 bis 40% an chronischer Bleivergiftung. — In Preußen sind 1906 bis 1908 im Mittel jährlich noch 900 gewerbliche Bleivergiftungen behandelt. Davon kommen nur sechs auf Akkumulatorenfabriken; 10—20 auf Rohrleger und Installateure; etwa 20 auf Buch- und Steindrucker, ebensoviel auf Schriftsetzer; ebenfalls 20 auf Töpfer; 120 auf Hüttenarbeiter; 170 auf Bleiweißarbeiter und 280 auf Maler und Lackierer. Die drei letzteren Kategorien muß man also trotz der zahlreichen Verordnungen zur Bekämpfung der Bleivergiftung noch immer als ernstlich gefährdet ansehen.

Selten kommen akute Vergiftungen vor, fast stets chronische, kenntlich durch den schwärzlichen Bleisaum am Zahnfleisch, graue Gesichtsfarbe, Bleikolik mit Verstopfung und hartem eingezogenem Leib, Lähmungserscheinungen namentlich des N. radialis (seltener ulnaris, facialis), Zittern, Anästhesie. Wertvolle objektive Frühsymptome sind: 1. die basophile Körnelung der roten Blutkörperchen. In Alkohol gehärtete Blutausstriche, mit Boraxmenthylenblau oder Azur II kurz gefärbt, zeigen gekörnte Elemente in zahlreichen Erythrozyten; mindestens in 100 von 1 Million beobachteten, meist in 300—3000. Ähnliche höhere Werte werden allerdings auch bei Malaria, perniziöser Anämie, Leukämie, Karzinomkachexie gefunden, aber diese Krankheiten lassen sich meistens leicht ausscheiden. 2. Nachweis von Hämatoporphyrie im Harn.

In den Hütten sind die beim Rösten und Schmelzen der Erze und beim Abtreiben des Werkbleis beschäftigten Arbeiter gefährdet, da ein Teil des Bleis und Bleioxyds sich bei diesen Prozessen in Form

von Dampf verflüchtigt. Die hohe Temperatur und die starke Anstrengung unterstützen das Siechtum dieser Kategorie von Arbeitern. — Die Hauptmassen der beim Verhütten entstehenden Dämpfe gelangen nach außen, Blei und Bleioxyd scheiden sich dann allmählich wieder aus und veranlassen eine Ausbreitung bleihaltigen Staubes in der ganzen Umgebung der Hütte (Flugstaub, Hüttenrauch).

Die Verarbeiter des fertigen reinen Bleis, das zur Herstellung von Pfannen, Schrot, Bleirohr, Folie usw. verwandt wird, sind relativ wenig exponiert. In etwas höherem Grade die Schriftgießer, namentlich beim Hobeln und Schleifen der aus einer Legierung von Blei, Antimon und Zinn bestehenden Lettern; und die Schriftsetzer durch die fortwährende Berührung der Lettern, namentlich aber durch den in den Setzkästen sich sammelnden bzw. auf dem Fußboden durch das Herumtreten auf herabgefallenen Lettern entstandenen bleihaltigen Staub.

Legierungen des Bleis mit Zinn werden ferner verwendet zum Löten und Verzinnen, zu Folie, die zum Einwickeln von Käse, Tabak usw. dient, und zu Mundstücken von Flaschen; weite Kreise des Publikums werden durch den Bleigehalt dieser Gebrauchsgegenstände gefährdet. Besonders bedenklich ist die Benutzung von Schrot zum Flaschenspülen, da derselbe unter Zusatz von ca. 0·5% arseniger Säure zum geschmolzenen Blei hergestellt wird.

In erheblicherem Grade tritt die Gefahr der Bleivergiftung in denjenigen Gewerben hervor, in welchen Verbindungen und namentlich Oxydationsstufen des Bleis hergestellt und verarbeitet werden.

Bleioxyd entsteht bei der Verarbeitung des Bleis auf Silber; nachdem es gemahlen, geschlemmt und gebeutelt ist, stellt es ein feines gelbes Pulver dar, das als Massikot in den Handel kommt und zur Herstellung von Bleipflaster und in der Glaserei (zur Herstellung der Glasarten von höherem Lichtbrechungsvermögen) Verwendung findet. — Das bis zur Rotglut erhitzte Bleioxyd liefert die Mennige, die durch Pulverisation und Beuteln in feinste Staubform gebracht werden muß und dann zur Herstellung von Ölkitt dient. Die Arbeiter sind bei vielen der angeführten Manipulationen dem bleihaltigen Staub sehr exponiert.

Bleioxyd findet sich ferner häufig in der Glasur der Töpferwaren. Unter den Tonwaren unterscheidet man A) dichte, die so stark erhitzt sind, daß ihre Masse halb verglast ist, und die daher auch ohne Glasur undurchdringlich für Wasser sind. Dahin gehört 1. das echte Porzellan, an dünnen Stellen durchscheinend, mit stets bleifreier Glasur; 2. Steinzeug, nicht durchscheinend. Das feine weiße, porzellanähnliche enthält in der Glasur Bleioxyd und Borax. Das gemeine graubraune oder blaue Steinzeug, das z. B. zu Mineralwasserkruken, Steintöpfen usw. verarbeitet wird (Koblenzer Geschirr), enthält dagegen Kochsalzglasur, die stets bleifrei ist. Dieselbe wird so hergestellt, daß gegen Ende des Brennens ClNa eingeworfen wird; dasselbe wird durch die Kieselsäure des Tons und Wasser zersetzt, so daß sich HCl bildet, die entweicht (s. S. 499) und andererseits Natrium-Aluminiumsilikat, das die Glasur darstellt.

In eine zweite Abteilung B) gehören die porösen Tonwaren, bei denen die Masse nicht verglast ist, so daß sie ohne einen Glasüberzug Wasser durchlassen. Porös sind z. B. die Fayencewaren, mit meist blei- oder zinnhaltiger Glasur; ferner die gemeine Töpferware (gewöhnliches irdenes Kochgeschirr, Bunzlauer Geschirr). Hier ist die Glasur stets bleihaltig. Sie wird dadurch erzeugt, daß das Geschirr mit feingemahlenem PbS bestäubt wird; es entweicht dann SO_2 und das entstandene PbO bildet mit Kieselsäure und Tonerde ein Blei-Aluminiumsilikat. Dieses die Glasur liefernde Silikat hält sich gegenüber verdünnten Säuren unverändert und läßt in diese kein Blei übergehen. Ist aber das Brennen mangelhaft gewesen oder war ein Überschuß von PbS zugesetzt, so wird z. B. von Essig Bleioxyd gelöst. Bei manchen Tonen findet auch nach normalem Brennen eine geringe Pb-abgabe an Essig statt; es ist daher eine geringe Abgabe von Pb, in solcher Menge, daß sie sicher keine Gesundheitsschädigung hervorruft, als zulässig anzusehen.

Emaillierte Eisenwaren enthielten früher wohl bleihaltige Glasur, jetzt enthalten dieselben durchgehends nur Zinnoxyd mit Spuren von Blei. Bei stärkerem Bleigehalt wird Blei an Essig abgegeben.

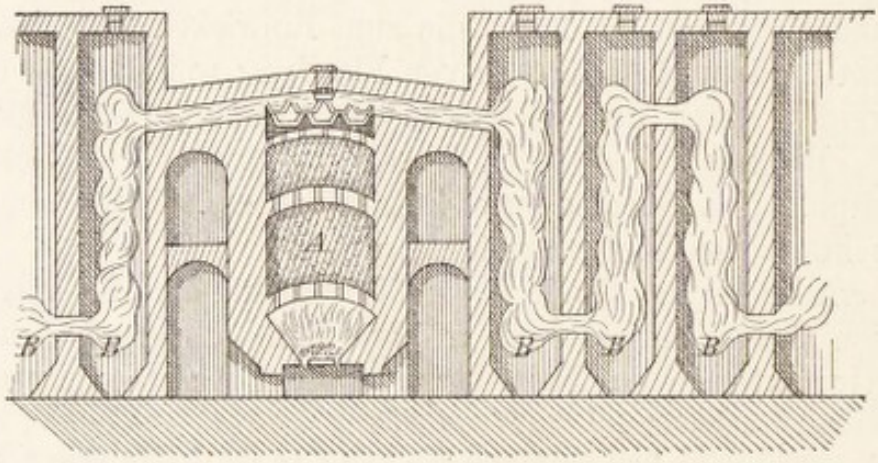


Fig. 139. Röstofen (*A*) mit Flugstaubkammern (*B*).

Einen erheblichen Teil der gewerblichen Bleivergiftungen liefern die Fabriken von Bleiweiß [basisches Bleikarbonat, $(PbCO_3)_2 + Pb(OH)_2$]. Beim Ausnehmen des durch Einwirkung von Essig- und Kohlensäure auf Bleiplatten hergestellten Bleiweißes aus der dazu dienenden Kammer atmen die Arbeiter große Mengen Bleiweißstaub ein und verunreinigen sich in hohem Grade Kleidung und Haut; ferner kommen beim Schlemmen des Präparates die Hände mit gelöstem Bleiacetat in Berührung. Beim Mahlen und Verpacken des trockenen Präparates wird wiederum massenhafter Staub aufgewirbelt.

Das fertige Bleiweiß wird hauptsächlich verwendet von Malern; es liefert mit Öl verrieben die beliebteste weiße Farbe; Lackierer benutzen es bei der Herstellung von Lackfarben, ferner wird es bei der Fabrikation von Abziehbildern, in Wachstuchfabriken, in Strohhutfabriken usw. gebraucht.

Die Schutzmaßregeln gegen die Gefahren der Bleivergiftung entstehen beim Verhüttungsprozeß vor allem in einer Abführung der Bleidämpfe in lange Kondensationskanäle, bzw. Kammern, die schließlich in eine hohe Esse ausmünden. An den Wandungen der Kanäle setzt sich in großer Menge der sogenannte Flugstaub ab, der später weiter verarbeitet wird. Durch derartige Einrichtungen läßt sich ein fast vollständiger Schutz der Hüttenarbeiter erzielen. — Das Ausnehmen des Flugstaubes darf nur nach vollständigem Erkalten der Kammern und eventuell unter Anlegen von Respiratoren geschehen.

In der Bleiweißfabrikation ist zunächst das Ausnehmen des fertigen Bleiweißes und das Abtrennen desselben von dem noch unzersetzten Blei dadurch gefahrlos zu machen, daß die Kammern mit einem Exhaustor oder einem Wasserzerstäuber versehen werden. Oder

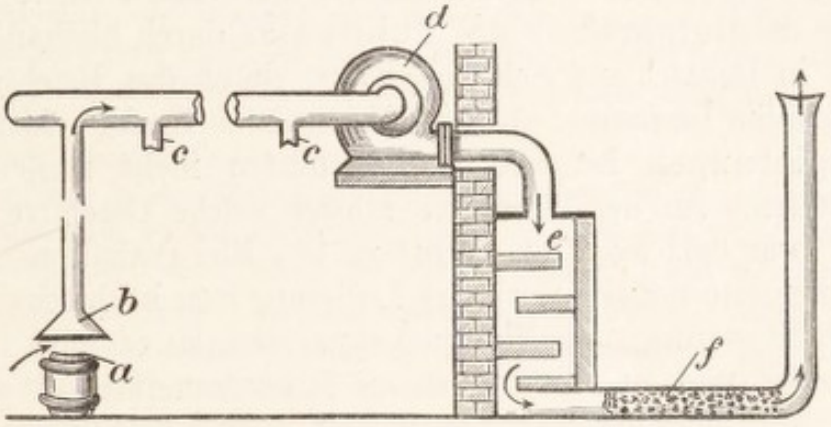


Fig. 140. Absaugung des Bleiweißstaubes.

die Arbeiter tragen Kopf und Hals umgreifende Respiratoren (s. oben); beim Schlemmen erhalten die Arbeiter lange, kalblederne Däumlingshandschuhe und müssen die Hände mit Schmalz einreiben. — Das Pulverisieren des Bleiweißes (und der Mennige) kann in völlig geschlossenen Behältern geschehen. Das Stauben beim Einpacken kann dadurch unschädlich gemacht werden, daß über jeder Packstelle ein Exhaustor in Tätigkeit ist in der Weise, wie es schematisch in Fig. 140 dargestellt ist. Packraum (und Pulverisiermühle) sind durch die Saugröhren *c*, die mit trichterförmigen Ansätzen (*b*) versehen werden können, mit dem Exhaustor *d* verbunden. Dieser treibt die staubhaltige Luft in die Zisterne *e*, wo die Luft zu einem Zickzacklauf gezwungen wird, dann in ein mit Koksstücken gefülltes Eisenrohr *f* und von da ins Freie. — Auch das Anreiben des Bleiweißes mit Öl läßt sich in geschlossenen Gefäßen vornehmen; und die Maler sollten möglichst nur solche fertig angeriebene Farbe benutzen.

In den übrigen Gewerben sind allgemeine Vorsichtsmaßregeln ausreichend (die übrigens auch in den Bleiweißfabriken trotz der vorbesprochenen Schutzvorkehrungen wohl zu beachten sind), und diese bestehen vor allem in peinlicher Sauberkeit. Namentlich sollen die Hände ohne gründliche Reinigung nicht mit dem Munde oder mit Speisen in Berührung gebracht werden. Letztere sollen auch der Luft der Arbeitsräume nicht ausgesetzt werden. Wascheinrichtungen und Bäder, sowie besondere Speiseräume sind daher unbedingt in jeder Fabrik vorzusehen. Ferner sind die Kleider häufig zu wechseln. — Gute Erfahrungen sind gemacht mit einem steten häufigen Wechsel der zu den gefährlichen Beschäftigungen benutzten Arbeiter, da erfahrungsgemäß nur eine länger dauernde Aufnahme von Blei Schaden zu bringen pflegt. — Sehr wichtig ist die häufige Untersuchung der exponierten und frühe Ausscheidung der erkrankten Arbeiter. Die oben beschriebene Blutuntersuchung scheint hierbei besonders wertvolle Dienste zu leisten.

Gegen die Gefährdung des Publikums durch bleihaltige Gegenstände ist in Deutschland Schutz gewährt durch das Reichsgesetz von 1887. Dasselbe bestimmt: 1. Eß-, Trink- und Kochgeschirre, die aus Metalllegierungen hergestellt sind, dürfen nicht mehr wie 10% Blei enthalten. An der Innenseite müssen solche Geschirre verzinnt sein, und zwar darf das Zinn höchstens 1% Blei enthalten. Lötstellen an der Innenseite müssen mit einer Legierung von höchstens 10% Bleigehalt gelötet werden. Zu Bierdruckapparaten, zu Siphons für kohlensaures Wasser und zu Metallteilen an Kindersaugflaschen dürfen Legierungen von höchstens 1% Bleigehalt verwendet werden. — Die Metallfolien, welche zur Packung von Kau-, Schnupftabak und Käse dienen, dürfen höchstens 1% Blei enthalten. — Ferner darf für Saughütchen, Milchflaschen, Kinderspielzeug usw. kein bleihaltiger Kautschuk verwendet werden. Gummisachen, die mit Kindern in Berührung kommen, sollen aus weichem, schwarzem, auf Wasser schwimmendem Gummi bestehen, oder aus rotbraunem Kautschuk (mit unlöslichem Fünffach-Schwefelantimon gefärbt). Grauer Kautschuk enthält meist Zinkoxyd, das sich im Speichel lösen kann. 2. Email und Glasur von Eß- und Kochgeschirren darf beim halbstündigen Kochen von 50 ccm 4%iger Essigsäure pro 1 Liter Gefäßinhalt höchstens eine Abgabe von 2 mg Pb an den Essig erfolgen. Die Einführung bleifreier Glasuren, z. B. aus Wasserglas und Kalziumborat, stößt bei den gewöhnlichen Töpferwaren auf große Schwierigkeiten.

Soviel als möglich ist dahin zu streben, daß die Bleipräparate durch weniger schädliche ersetzt werden, namentlich Farben, wie Bleiweiß, durch welche die Maler und Lackierer noch immer so stark gefährdet werden, durch Zinkweiß usw.

Zink. Die Zinkhüttenarbeiter leiden zuweilen an einer chronischen Form von Zinkvergiftung, der durch Ableitung der Zinkdämpfe in Flugstaubkammern und Essen begegnet werden kann. Das als Farbe und Lack viel gebrauchte Zinkweiß ist zwar weit weniger bedenklich wie das Bleiweiß; doch ist immerhin beim Pulverisieren usw. Vorsicht und Anwendung von Exhaustoren geboten. — Vergiftungserscheinungen mit Malaria-ähnlichem Fieber (sogen. Gießfieber) kommen bei Gießern vor, die mit Messing (Legierung von Zink und Kupfer) zu tun haben. Experimentell ist nachgewiesen, daß Einatmung von Zinkdämpfen oder anderen Schwermetalldämpfen Fieber hervorruft (KISSKALT).

Quecksilber. Fast nur chronische Vergiftungen (Stomatitis, Blässe, Tremor, Lähmungen usw.); die Grubenarbeiter sind wenig, die Hüttenarbeiter etwas mehr exponiert. Gewerbliche Quecksilbervergiftungen kamen früher vor durch die Spiegelfabrikation, bei welcher das Quecksilber auf der Zinnfolie mittels Tupfbäuschchen andauernd verrieben werden mußte. Es kam hierbei zur Verunreinigung der Luft mit Quecksilberdampf, hauptsächlich aber verbreitete sich das Quecksilberamalgam durch Verschleudern als Staub im ganzen Raume. Die Vergiftung der Arbeiter scheint vorzugsweise durch Einatmung, nebenbei durch Verschlucken des Staubes und durch Berührungen erfolgt zu sein. — Ferner beobachtet man noch bei der Herstellung von Thermometern und Barometern, beim Evakuieren der Glühlampenbirnen mittels der Hg-Luftpumpe und beim Reinigen des gebrauchten Hg, ferner bei Vergoldern und Bronzearbeitern Quecksilbervergiftungen. — Von Salzen des Quecksilbers ist das Merkuronitrat in der Hutmacherei, das Sublimat in Zeugdruckereien und in der medizinischen Praxis als Antiseptikum in Gebrauch. Die Vergiftungen mit diesen Präparaten sind jedoch bei einiger Vorsicht leicht zu vermeiden.

Als Schutzmaßregel in den Spiegelfabriken wurde früher vor allem empfohlen, die Arbeitsräume ausgiebig zu ventilieren und die Arbeiter zu Reinlichkeit, Kleiderwechsel usw. anzuhalten. In den letzten Jahren ist aber der Quecksilberbelag der Spiegel ganz durch den Silberbelag (Aufgießen einer Mischung von ammoniakalischer Silbernitratlösung mit Milchzucker und Ätznatron) verdrängt

Phosphor. Der zur Zündholzfabrikation verwendete weiße Phosphor entwickelt in den Arbeitsräumen giftige Dämpfe, namentlich beim Bereiten der Zündmasse (Phosphor wird in siedende Gummilösung eingetragen, nach dem Erkalten werden unter Rühren oxydierende Substanzen und Färbemittel zugesetzt), sowie beim Eintauchen der Hölzer in die Zündmasse und beim Trocknen derselben. Teils durch Einatmung der Dämpfe, teils durch Berührungen entsteht die sogenannte Phosphornekrose, eine langwierige und oft erst spät entstehende Periostitis der Kiefer. Die Vergiftung wird vermeidbar durch gründliche Ventilation der betreffenden Räume; an den exponiertesten Stellen müssen Exhaustoren angebracht werden. Ferner ist strenge Reinlichkeit und regelmäßige ärztliche Kontrolle der Arbeiter wünschenswert, bei welcher alle diejenigen, welche kariöse Zähne oder Wunden im Munde haben, auszuschließen sind. Jedenfalls ist die Phosphorverarbeitung nur in Fabriken, nicht aber als Hausindustrie zu dulden. — In Deutschland (und anderen Kulturländern) sind jetzt die mit giftigem Phosphor präparierten Zündhölzer verboten und durch sogen. schwedische Zündhölzer ersetzt, die mit ungiftigen Substanzen hergestellt sind (z. B. mit chlorsaurem Kali, unterschwefligsaurem Blei und Gummi; aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon als Zündmasse und braunem Phosphor und Schwefelantimon auf der Reibfläche).

Arsen. Bei der Verhüttung der Arsenerze sind die Arbeiter besonders gefährdet, welche das Ausnehmen der sublimierten und in den sogenannten Giftkammern wieder verdichteten arsenigen Säure bewirken; ferner diejenigen, welche das Verpacken der pulverförmigen arsenigen Säure besorgen. Hier kann akute Intoxikation (Brechdurchfall, choleraähnlich) drohen, und es ist daher die Arbeit in besonderen leinenen Anzügen, welche den Kopf einschließen und mit Glasfenstern versehen sind, zu verrichten; außerdem ist das Gegengift (Eisenoxydhydrat) stets vorrätig zu halten.

Chronischer, meist erst nach sehr langer Zeit manifest werdender Arsenvergiftung (Haarschwund, Magen- und Darmaffektionen, Hautkrankheiten, Leberverfettung usw.) sind die Arbeiter ausgesetzt, welche mit der arsenigen Säure oder deren Verbindungen dauernd zu hantieren haben. Dieselbe wird z. B. gebraucht als Beizmittel für Felle, zum Ausstopfen von Tieren usw.; namentlich aber zu Kupferarsenfarben (Schweinfurter Grün usw.). Mit diesen Farben haben dann wieder Blumenmacherinnen, Arbeiter in Buntpapier- und Tapetenfabriken, in Zeugfärbereien usw. zu tun. Diese gewerblichen Vergiftungen sind durch peinliche Reinlichkeit und gute Ventilation zu vermeiden und bereits stark zurückgegangen.

Chrom. Bei der chemischen Herstellung und bei der Verwendung der in der Färberei, Zeugdruckerei, Gerberei, Photographie usw. viel gebrauchten Präparate, namentlich des Kaliumbichromats, entsteht chromhaltiger Staub; außerdem kommen die Hände der Arbeiter viel mit den Chromsalzen oder deren Lösungen (Bäder für Gerbereiverfahren) in Berührung. An verletzten Hautstellen entstehen dadurch hartnäckige Geschwüre; durch Einatmung Geschwüre auf der Nasenschleimhaut und Durchbohrung der knorpeligen Nasenscheidewand, seltener innere Erkrankungen (Durchfälle, Nierenerkrankungen). — Die Arbeiter müssen zu ähnlichen Vorsichtsmaßregeln angehalten werden wie die Arbeiter in Bleiweißfabriken.

10. Gefährdung der Arbeiter durch Kontagien.

Die Arbeiter sind der Aufnahme von Kontagien ausgesetzt teils durch die Berührung mit kranken Arbeitern sowie durch den Aufenthalt in infizierten Arbeitsräumen; teils haften Kontagien an den zu bearbeitenden Objekten.

Die erstgenannte Verbreitungsart gilt vor allem für die Tuberkulose, die durch die Arbeiter ungemein häufig in der in Kap. X geschilderten Weise verbreitet wird. — Ferner sei erwähnt die Syphilis, die bei Glasbläsern zuweilen durch das Blasrohr übertragen wird. Auch Typhusepidemien sind unter den Arbeitern einer Fabrik mehrfach beobachtet und entweder auf infiziertes Trinkwasser oder auf gemeinsam bezogene infizierte Nahrungsmittel oder auf Kontakte (Typhusträger!) zurückgeführt. Dieser Infektion sind auch Grubenarbeiter ausgesetzt, die unter Tage das in den Stollen sich sammelnde und durch Harn oder Fäkalien leicht erkrankter Arbeiter nicht selten verunreinigte sog. „Seigewasser“ zum Händewaschen oder Trinken benutzen.

Eine große Gefahr bedeutet für Grubenarbeiter in warmen (tief reichenden) Steinkohlengruben, sowie Ziegelarbeiter, die auf primitiven Wasserbezug aus stagnierendem Oberflächenwasser angewiesen sind, die Möglichkeit, schon durch Waschen und Hantieren mit solchem Wasser Anchylostoma-Larven aufzunehmen. Über die Entwickelung dieser Larven s. S. 136. — Prophylaktisch kommt in erster Linie in Betracht, daß Arbeiter mit Eiern im Stuhl nicht in die Gruben gelassen werden. Bei spärlichen Eiern ergänzt man die — wiederholt im Abstand von vier Wochen vorzunehmende — mikroskopische Untersuchung dadurch, daß man die gesamten Fäzes mit Tierkohle verreibt und das Gemisch bei 37° hält. Nach 5—6 Tagen kann man die entstandenen Larven mit Wasser ausziehen, zentrifugieren, das Zentrifugat mit schwacher Vergrößerung durchmustern (Loos). — Ist trotzdem Infektion der Grube erfolgt, so müssen die Arbeiter darüber belehrt werden, daß sie vor jeder Nahrungsaufnahme die Hände gründlich zu reinigen und zum Waschen und Trinken nur einwandfreies Wasser benutzen dürfen. Letzteres muß reichlichst zur Verfügung stehen; ebenso zahlreiche Abortkübel. Desinfektion ist schwierig und nicht erforderlich. — In 110 rheinisch-westfälischen Gruben ist in den letzten Jahren die Zahl der Wurmbehafteten von 14716 auf 1252 zurückgegangen.

Als kontagiöses Arbeitsmaterial kommt teils solches in Betracht, welches von erkrankten Menschen stammt, teils solches von mit Zoonosen behafteten Tieren, teils Material, welches mit einem Gemenge verschiedenster Bakterien verunreinigt ist.

Der Ansteckung durch menschliche Kontagien sind vor allem die Lumpensortiererinnen der Papierfabriken, Lumpensammler und Trödler ausgesetzt. Ferner liegen die gleichen Gefahren vor für Arbeiter in Kunstwollfabriken und in Bettfederreinigungsanstalten. Letztere pflegen durchaus primitive Verfahren anzuwenden, mittels welcher keineswegs die Kontagien vernichtet werden. — Die Lumpen bedürfen einer strengeren sanitären Überwachung als bisher; vor ihrer Sortierung und weiteren Verarbeitung sollte ihre Desinfektion verlangt werden. Die Bettfederreinigungsanstalten müssen gleichfalls zur Anwendung von wirklich desinfizierend wirkenden Apparaten verpflichtet werden. — Durch ihr Gewerbe sind auch Ärzte, Krankenwärter, Hebammen usw. den verschiedensten Infektionen ausgesetzt und bedürfen fortwährend der Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln (s. im folgenden Kapitel).

Die Übertragung von Zoonosen erfolgt zuweilen auf Schlachter, Abdecker, Gerber, Leim- und Seifensieder, Wollarbeiter, Kürschner, ferner in Roßhaarspinnereien, Haar- und Borstenzurichtereien, Pinsel-

und Bürstenmachereien. Hauptsächlich kommt Milzbrand, seltener Rotz in Frage. Auch die sog. Hadernkrankheit bei Lumpensortiererinnen und Wollsortierern beruht meist auf Milzbrandinfektion, in einzelnen Fällen auf anderen Bakterien (Proteus). — Die in Abdeckereien erforderlichen Kautelen sind S. 431 bereits besprochen. Bezüglich der ausländischen Rohhäute und Tierhaare ist durch Reichsgesetz vom 28. I. 1899 und vom 22. X. 1902 Desinfektion vor der Verarbeitung vorgeschrieben; jedoch stößt die Durchführung dieser Maßregel wegen der Schwierigkeiten der Kontrolle und wegen der leicht resultierenden Schädigung des Materials auf Schwierigkeiten.

11. Unfälle.

Über die Häufigkeit der Unfälle in den verschiedenen Berufszweigen s. die Tabelle S. 484.

Die Unfallgefährlichkeit der verschiedenen Betriebseinrichtungen und Arbeitstätigkeiten erhellt aus folgender Übersicht über 121000 Unfälle aus dem Jahre 1902:

Durch	Motoren, Transmissionen	wurden	verursacht	16372	Unfälle
„	Fahrstühle, Aufzüge usw.	„	„	2206	„
„	Dampfkessel, Dampfleitungen usw.	„	„	182	„
„	Sprengstoffe	„	„	697	„
„	heiße und ätzende Gase, Dämpfe usw.	„	„	2365	„
„	Zusammenbruch, Einsturz, Herabfallen usw.	„	„	14187	„
„	Fall von Leitern, Treppen usw. . .	„	„	26795	„
„	Auf- und Abladen	„	„	12915	„
„	Fuhrwerk	„	„	13920	„
„	Eisenbahnbetrieb	„	„	3685	„
„	Schiffahrt	„	„	728	„
„	Tiere (Biß, Stoß), Reitunfälle . . .	„	„	9030	„
„	Handwerkszeug (Hämmer, Äxte usw.)	„	„	9868	„
„	sonstige Veranlassungen	„	„	8334	„
				121284	Unfälle

Einige der wichtigsten Unfälle sind folgende:

a) Unfälle in den Bergwerken.

Auf 1000 Bergbauarbeiter entfallen jährlich 2·5 tödlich Verunglückte. 40% Verunglückungen erfolgen durch Hereinbrechen von Gesteins- und Kohlenmassen, 24% durch Sturz und Beschädigung beim Ein- und Ausfahren in den Schächten, 11% durch schlagende und böse Wetter.

Der erstgenannten Art von Unfällen ist durch sorgfältigen Abbau und Ausbau der Gruben vorzubeugen; und zwar ist dieser besser in Eisen oder in Mauerwerk als in Holz auszuführen; besondere Sorge ist auch für Absperrung der Wässer zu tragen.

Das Ein- und Ausfahren geschieht mit Leitern, Seilfahrten oder Fahrkünsten.

Erstere finden als anstrengend und gefährlich selten mehr Verwendung. Die Fahrkünste bestehen in zwei nebeneinander im Schacht hängenden und in bestimmten Abständen mit Bühnen versehenen Gestängen, welche durch Maschinenkraft intermittierend in entgegengesetzter Richtung um ein Gewisses auf- und niederbewegt werden. In der kurzen Ruhepause am Ende jedes Hubes befinden sich die beiderseitigen Bühnen in gleicher Höhe und der Fahrende muß alsdann von der einen Bühne zur anderen Seite übertreten. — Bei der Seilfahrt werden die zur Förderung der Kohlen dienenden Förderkörbe, die an Eisenseilen oder besser Gußstahlseilen bewegt werden, auch zur Einfahrt und Ausfahrt der Arbeiter benutzt.

Von 1000 Fahrenden verunglücken bei der Fahrkunst jährlich 0·6, bei der Seilfahrt 0·1; letztere ist daher am meisten zu empfehlen. Dieselbe durch Fangvorrichtungen für den Fall eines plötzlichen Seilbruchs noch gefahrloser zu machen ist nicht gelungen; wichtiger ist die sorgfältige Behandlung und Kontrolle der Förderseile.

Die schlagenden und bösen Wetter sind durch richtige Wetterführungen und Ventilation der Gruben zu beseitigen. Zur Ventilation benutzt man Wetteröfen oder Maschinenventilatoren (s. S. 360).

Die Entzündung trotzdem angesammelter Wetter wird durch die Davysche Sicherheitslampe vermieden, deren Kommunikationsöffnung mit der freien Luft durch feines Drahtnetz verschlossen ist. Da eine Entzündung der Wetter jetzt hauptsächlich beim Wiederanzünden erloschener Lampen erfolgt, so ist von C. Wolf ein Mechanismus an den mit Benzin gespeisten Lampen angebracht, der beim Spannen und Losdrücken einer Feder einen mit kleinen Knallpräparaten versehenen Papierstreifen in das Innere der Lampe vorschiebt, so daß die Benzindämpfe Feuer fangen und die Lampe sich wieder entzündet, ohne daß man sie zu öffnen braucht. — Auch Azetylenlampen sind als Sicherheitslampen konstruiert; und den sichersten Schutz gewähren tragbare elektrische Grubenlampen. — Um böse Wetter anzuzeigen, sind Indikatoren konstruiert, die darauf beruhen, daß in einem mit Tonplatten verschlossenen Gefäß in methan-, kohlenoxyd- oder kohlensäurehaltiger Luft ein Überdruck entsteht, welcher eine Quecksilbersäule empordrückt und damit einen elektrischen Strom schließt. Haber hat kürzlich eine Schlagwetterpfeife konstruiert. Sie besteht aus zwei nebeneinander gelagerten Pfeifen, die bei gleicher Gasfüllung auf denselben Ton gestimmt sind. Das Rohr der einen Pfeife ist mit reiner Luft gefüllt, in das andere wird Grubenluft eingesaugt; mit steigendem Gehalt an Methan nimmt die Schwebungszahl in dieser Pfeife zu, und in der Nähe der Explosionsgrenze tritt ein charakteristisches Trillern ein. — Einen Hinweis auf die Gefahr liefert auch die Pielersche Wetterlampe; sie wird mit Spiritus gespeist und brennt farblos. Die Flammenhöhe wird in reiner Luft reguliert. Bei Grubengasgehalt zeigt sich ein Lichtkegel, der um so höher und breiter wird, je mehr Gas sich ansammelt. — Auch die obengenannten Benzinsicherheitslampen verhalten sich ähnlich. Bei geringem Gasgehalt der Luft verlängert sich die Flamme und wird spitzer; bei größerem Gehalt steigt die Flamme bis an den Deckel des Drahtkorbes, ist im oberen Teil rot gefärbt und rußt etwas; bei noch stärkerer Gasmischung entzündet sich diese innerhalb des Drahtnetzes und bildet eine Aureole, die noch fortbrennt, während die Lampenflamme erlischt.

b) Unfälle durch explosionsfähiges Material.

In Frage kommen Staubexplosionen und Explosionen in Sprengstofffabriken. (Über Gasexplosionen s. S. 384.)

In der Luft verteilter Staub kann namentlich dann zu einer plötzlichen, explosionsartigen Verbrennung Anlaß geben, wenn die Staubteilchen Gelegenheit hatten, brennbare Gase auf sich zu kondensieren. Kohlenstaub in Kohlengruben wird daher sehr explosiv, ebenso Mehlstaub in mit Gasbeleuchtung versehenen Mühlen, ferner der Staub in Kunstwollfabriken. Eine kräftige Ventilation ist die geeignetste Vorsichtsmaßregel.

In Pulver-, Patronen- und Zündhütchenfabriken sind alle Reibungen mit Metallteilen auszuschließen, ferner ist auf gründlichste Reinlichkeit und vollständige Beseitigung alles Pulverstaubes zu achten. Das Betreten der Räume ist nur mit Filzschuhen gestattet, die einzelnen Arbeitsstände sind durch Drahtgaze vollständig zu trennen. — In den Dynamitfabriken sucht man die einzelne Arbeitsstelle noch strenger und zwar durch hohe und starke Wälle von Erde oder Mauerwerk zu isolieren. Eine Verbindung zwischen den Arbeitsstellen findet nur durch tunnelartige Gänge statt.

In neuerer Zeit werden als Ersatz des Dynamits andere Sprengstoffe verwendet, die weniger Gefahr bieten; oder es werden Sprengstoffe konstruiert, die aus zwei Komponenten bestehen, deren jede für sich nicht explosibel ist, sondern die es erst im Moment des Zusammenbringens werden. Die Gefahr der zufälligen Explosion ist hier fast ganz ausgeschlossen.

c) Unfälle durch Maschinenbetrieb.

Von den zahlreichen, bei der Konstruktion und dem Betriebe der Dampfkessel und Dampfmaschinen erforderlichen Kautelen seien hier nur erwähnt zunächst die selbsttätigen Sicherheitsapparate an den Kesseln. Dieselben zeigen namentlich ein zu niedriges Sinken des Wasserstandes durch Signale, z. B. Pfeifen, an.

Sie werden entweder so konstruiert, daß ein im Kessel befindlicher Schwimmer eine Stange und an deren Spitze eine Kugel trägt; letztere verschließt bei hinreichendem Wasserstand die Öffnung eines Dampfkanals, der zu der Pfeife führt; beim Sinken des Wasserstandes hört der Verschluß auf und das Signal ertönt. Oder ein mit Pfeife versehenes Rohr ist für gewöhnlich mit einem Pfropfen aus einer Legierung verschlossen, die im Wasser nicht, wohl aber in dem höher temperierten Dampf schmilzt. — Der ebenfalls wesentlich auf Legierung von bestimmtem Schmelzpunkt beruhende Schwarzkopfsche Apparat zeigt durch sichtbares und hörbares Signal 1. beginnenden Wassermangel, 2. beginnende Drucküberschreitung, 3. trockenes Anheizen eines Kessels, 4. abnorme Erhöhung der Wassertemperatur (Siedeverzug) an.

Was die Betriebseinrichtungen anlangt, so sind die Schwungräder einzufriedigen und stets mittels mechanischer Hilfsvorrichtungen, niemals mit der Hand anzudrehen. Wellen sind mit Schutzhülsen und Schutzringen zu umgeben, Riementransmissionen mit Schutzkasten

zu verdecken. Die Transmissionen sind nie mit der Hand zu bedienen, vielmehr sind Riemenaufleger und Ausrückvorrichtungen zu benutzen. Die Arbeiter und namentlich die Arbeiterinnen sollen sich stets einer möglichst eng anliegenden Kleidung (eventuell besonderer Arbeitsanzüge, z. B. des Schwanckschen Arbeiterschutzanzuges) bedienen.

Einige spezielle Sicherheitsvorrichtungen sind an landwirtschaftlichen Maschinen und an Kreissägen anzubringen. Von ersteren seien die Göpel genannt, deren Welle eingedeckt und deren Zahnräder und Triebwerke umkapselt sein müssen, ferner die Dreschmaschinen, welche früher vielfach Hand und Arm der mit dem Einlegen der Garben beschäftigten Arbeiter beschädigten und welche jetzt mit sogenannten Vorgelegen oder Einlegern versehen sind, so daß derartige Verletzungen vollständig ausgeschlossen sind. — Die Kreissägen führen zu Verletzungen dadurch, daß der Arbeiter mit der Hand gegen die Säge vorfällt oder dadurch, daß Holzstücke sich klemmen und von der rotierenden Scheibe mit großer Gewalt fortgeschleudert werden, oder endlich dadurch, daß die mit dem Forträumen der Späne beschäftigten Arbeiter dem unteren Teil der Säge zu nahe kommen. Letztere Gefahr kann durch Umkleidung des unter dem Tisch befindlichen Teils der Säge leicht vermieden werden. Um das Klemmen und Zurückschleudern des Holzes zu verhüten, wird an der hinteren Peripherie ein Spaltkeil angebracht, dessen vordere Kante bis zur Dicke des Sägeblattes zugeschärft ist. — Um die Hand des beschäftigten Arbeiters zu schützen, existieren Einrichtungen wie in Fig. 141; das Blatt der Säge ist im oberen Teil mit einem festliegenden Gehäuse (*a*) bedeckt; am vorderen und hinteren Ende befinden sich je zwei um einen Drehpunkt leicht bewegliche Schwerter (*b*), die den unteren Teil der Säge decken. Das vorgeschobene Brett hebt die Schwerter, so daß das Schneiden gar nicht gehindert wird; hat das Brett die Säge passiert, so fällt sofort das vordere Schwerterpaar herunter. Derartige Vorrichtungen verringern wohl die Gefahr, beseitigen dieselbe aber nicht ganz.

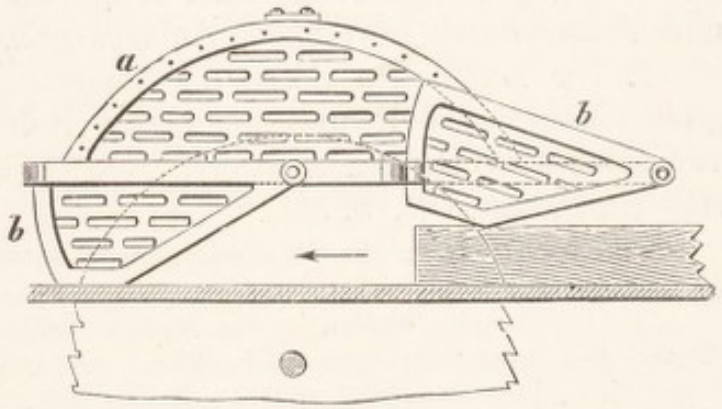


Fig. 141. Schutzvorrichtungen an Kreissägen.

III. Belästigung und Schädigung der Anwohner durch Gewerbebetriebe.

Gewerbliche Anlagen können die Nachbarschaft mit Explosions- und Feuersgefahr bedrohen. Durch gesetzliche Bestimmungen pflegt dieser Gefahr hinlänglich vorgebeugt zu werden. Ferner beeinflussen manche industrielle Anlagen (Hammerwerke, Kesselschmieden, die verschiedensten Motorenbetriebe) die Nachbarschaft durch starken Lärm.

Die bestehenden Verordnungen gewähren gegen solche Etablissements wenig Schutz, da die Geräusche lediglich als belästigend anerkannt werden und die Anlage nur verboten wird, wenn öffentliche Gebäude sich in der

Nähe befinden. Indes werden auch durch diese Geräusche zweifellos hygienische Interessen berührt. Es werden durch dieselben die Anwohner auf weite Entfernungen gezwungen, die Fenster geschlossen zu halten und somit auf jede ausgiebige Zufuhr frischer Luft während der wärmeren Jahreszeit zu verzichten. Außerdem werden Kranke und Rekonvaleszenten, die auch unter Tages der Ruhe und des Schlafes bedürfen, geschädigt; und die geistig arbeitenden Umwohner werden in der Ausübung ihrer Berufstätigkeit und ihres Erwerbes behindert. Es ist daher entschieden zu wünschen, daß derartigen Betrieben so viel als möglich Beschränkungen auferlegt werden, welche das Geräusch dämpfen. — Unbedingt ist zur Nachtzeit auf den Schlaf der Anwohner Rücksicht zu nehmen. Straßenreparaturen und -reinigung werden oft mit solchem ruhestörenden Lärm ausgeführt, daß zahlreiche Umwohner in ihrer Gesundheit beeinträchtigt werden.

Von großer Bedeutung kann ferner die Verunreinigung von Luft und Wasser durch gewerbliche Anlagen sein.

1. Die Luft wird durch die Mehrzahl der Gewerbebetriebe mit großen Mengen von Rauch und Ruß verunreinigt. Durch sorgfältigen, von geschulten Heizern geleiteten Betrieb läßt sich dieser Übelstand sehr einschränken (s. S. 331).

Besondere gasförmige Verunreinigungen entstehen bei folgenden Gewerben (abgesehen von den oben genannten, giftige Gase produzierenden Anlagen):

Hüttenwerke liefern große Mengen schweflige Säure, die durch das Rösten der schwefelhaltigen Blei-, Zink- und Kupfererze gebildet wird. Die Vegetation wird durch solchen Hüttenrauch auf weite Entfernung geschädigt. — Häufig benutzt man jetzt den Hüttenrauch zur Herstellung von Schwefelsäure, eventuell nach vorausgegangener Konzentration durch Absorption der Röstgase mittels angefeuchteten Zinkoxyds, Wasser usw.; wo das nicht durchführbar ist, muß der Hüttenrauch durch Flugstaubkammern und Ventilationstürme unschädlich gemacht werden. — Ferner liefern Ultramarinfabriken, Alaunfabriken und auch Hopfenschwefeldarren auf große Entfernung hin beträchtliche Mengen von schwefliger Säure.

Knochendarren und Knochenkochereien, ebenso Knochenbrennereien entwickeln auf sehr weite Entfernung üble Gerüche. Darmsaitenfabriken liefern Fäulnisgase, wenn das Material längere Zeit aufbewahrt wird und in Fäulnis gerät. In Leimsiedereien entstehen beim Kochen des Leims, sowie durch das Lagern der Rohmaterialien (Lederabfälle, Flechsen, Knochen) sehr üble Gerüche. In allen vorgenannten Gewerben ist eine vollständige Beseitigung der üblen Gerüche nicht zu erzielen, und dieselben sind daher in der Nähe von Wohnungen nicht zu dulden. Ähnliches gilt von Kautschukfabriken, ferner von Wachstuch- und Dachpappenfabriken, in welchen beim Aufstreichen der Firnisse bzw. Tränken in Teer und namentlich beim nachfolgenden Trocknen intensive üble Gerüche unvermeidlich sind.

2. Über die Verunreinigung des Grundwassers und der Flußläufe durch gewerbliche Abwässer s. S. 426.

Zur Errichtung von gewerblichen Anlagen, welche für die Umwohner erhebliche Belästigungen oder Gefahren herbeiführen können, ist vorherige Konzession durch die zuständigen Behörden erforderlich. Zu diesen Anlagen gehören z. B. Gasanstalten, Kalk-, Ziegel-,

Gipsöfen, Erzröstöfen, Metallgießereien, Hammerwerke, Schnellbleichen, Darmsaiten-, Dachpappenfabriken, Leim- und Seifensiedereien, Knochendarren, Gerbereien, Abdeckereien u. a. m. (s. Gewerbeordnung für das Deutsche Reich § 16).

Außerdem ist eine fortlaufende Kontrolle aller zum Schutz der Umwohner und zur Sicherung der Arbeiter in den Gewerbebetrieben getroffenen Einrichtungen erforderlich. Diese Kontrolle liegt in der Hand der Fabrikinspektoren, die ihr Augenmerk auf die Sicherheit des Betriebes für die Arbeiter zu richten, die Anbringung von fehlenden Schutzvorrichtungen anzuraten, die Übereinstimmung der ganzen Einrichtung und des Betriebes einer Fabrik mit der erteilten Konzession zu prüfen und zu kontrollieren haben; sie müssen ferner die eventuelle Belästigung der Umgebung der Fabrik durch den Betrieb feststellen und vorkommendenfalls die Maßregeln zur Beseitigung treffen oder doch einleiten; sie haben endlich die Aufgabe, die Beschäftigung der jugendlichen Arbeiter und Frauen zu überwachen (auch ärztliche und weibliche Fabrikinspektoren).

Literatur: Bluhm, Hartmann, Koelsch, Holtzmann u. a. in Weyls Handb. der Hygiene, 2. Aufl. 1913, 1914. — Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, Berlin 1896. — Sommerfeld, Handb. der Gewerbekrankheiten, Berlin 1898. — Grotjahn-Kaup, Handwörterb. d. soz. Hygiene, 1912. — Rambousek, Gewerbehygiene, 1909. — Derselbe, Gewerbliche Vergiftungen, 1911. — S. ferner die „Berichte" der Fabrikinspektoren, die „Schriften der Zentralstelle für Arbeiterwohlfahrtseinrichtungen" und die „Amtlichen Nachrichten des Reichsversicherungsamtes".

Zehntes Kapitel.

Die parasitären Krankheiten.

Die Ätiologie, die Verbreitungsweise und die Bekämpfung der parasitären Krankheiten haben bereits in mehreren der vorhergehenden Kapitel Berücksichtigung finden müssen, da die hygienische Bedeutung des Bodens, des Wassers, vieler Nahrungsmittel, der Abfallstoffe usw. vorzugsweise auf der gelegentlichen Verbreitung von Parasiten durch diese Substrate beruht. Die zerstreuten Details sind jedoch nicht geeignet, für den wichtigsten Teil der Lehre von den Krankheitsursachen ausreichendes Verständnis zu erzielen; und es erübrigt daher an dieser

Stelle, eine zusammenhängende Darstellung der Verbreitungsweise und der Verhütung der übertragbaren, gelegentlich zu Epidemien oder Endemien anschwellenden Krankheiten zu geben.

Zu den parasitären Krankheiten (mit einem weniger bezeichnenden Ausdruck „Infektionskrankheiten" genannt) rechnen wir diejenigen Krankheiten, welche durch einen von außen in den Körper des Kranken gelangenden und sich dort vermehrenden, mithin organisierten Krankheitserreger verursacht werden; gewöhnlich jedoch mit der aus praktischen Gründen gebotenen Einschränkung, daß die durch größere tierische Parasiten (Finnen, Trichinen, Krätzmilben usw.) veranlaßten Krankheiten als sogenannte „Invasionskrankheiten" abgezweigt werden.

Es wird erforderlich sein, zunächst die allgemeine Morphologie und Biologie der Mikroorganismen, dann die allgemeine Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten kurz zu besprechen, und darauf in einem speziellen Teil das Wissenswerteste über die einzelnen übertragbaren Krankheiten zusammenzustellen.

A. Allgemeine Morphologie und Biologie der Mikroorganismen.

Unter „Mikroorganismen" begreifen wir kleinste einzellige Pflanzen und Tiere. Zu ersteren gehören die Fadenpilze und vor allem die gewöhnlich als „Bakterien" bezeichneten Spaltpilze; zu letzteren die Protozoën. Sie sind meist ausgezeichnet durch eine enorme Vermehrungsfähigkeit und durch eine besondere Breite der Existenzbedingungen. Während höhere Tiere im allgemeinen komplizierte organische Stoffe aufnehmen müssen und diese in ihrem Körper zerstören, und während die Chlorophyll führende Pflanze auf relativ einfache organische Verbindungen (Ammoniak, Kohlensäure, Wasser) angewiesen ist, können die einzelligen Mikroorganismen meistens sowohl von einfachen Verbindungen als auch von komplizierten Nährsubstanzen leben. Im ganzen ziehen sie freilich die letzteren vor, und einige Arten vermögen sogar nur hochkonstituierte Nährstoffe zu assimilieren.

Die pflanzlichen Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle im Haushalt der Natur, indem sie fortlaufend große Massen absterbender vegetabilischer und animalischer Substanz zerstören und die darin enthaltenen Stoffe, zum Teil unter besonderer Mitwirkung der Bakterien des Bodens, in diejenigen einfachen Verbindungen überführen, mit welchen die Chlorophyll führenden Pflanzen ihren Aufbau leisten können.

Für die Hygiene haben die Mikroorganismen besonderes Interesse erstens dadurch, daß sie Gärung und Fäulnis erregen, d. h. daß sie in kürzester Zeit sehr bedeutende Mengen organischen Materials zu zerlegen vermögen. Diese Gärungen sind uns teils nützlich, indem sie uns z. B. bei der Präparation mancher Nahrungsmittel unterstützen (Brot, Käse, Kefir, Bier, Wein). Teils treten sie uns schädigend gegenüber, indem sie viele Nahrungsmittel rasch in einen ungenießbaren Zustand überführen; indem ferner in faulenden Gemengen giftige Stoffe entstehen, welche die Gesundheit beeinträchtigen können.

Zweitens kommt vielen Mikroorganismen die Fähigkeit zu, den Kreis der für ihre Existenz geeigneten Bedingungen noch mehr auszudehnen; sie können nämlich in lebenden höheren Organismen, hauptsächlich Tieren, seltener Pflanzen, eine parasitäre Existenz führen. Häufig bringen sie dabei ihren Wirten Krankheit und Tod. Solche Mikroparasiten sind die ursächlichen Erreger vieler beim Menschen und bei höheren Tieren auftretenden Krankheiten, z. B. des Milzbrands, des Abdominaltyphus, der Cholera, der Tuberkulose u. a. m.

Die hier ausschließlich zu besprechenden Mikroparasiten gehören teils zu den Schimmelpilzen, teils zu den Actinomyceten, teils zu den Sproßpilzen, teils zu den Spaltpilzen und teils zu den Protozoen.

a) *Die Faden-(Schimmel-)pilze.*

Zellen relativ groß, meist 2—10 μ im Durchmesser; bestehen aus zelluloseähnlicher Hülle und anscheinend kernlosem Protoplasma. Sie wachsen durch Verlängerung an der Spitze zu Fäden oder Hyphen aus. Letztere sind meist gegliedert und häufig verzweigt durch Teilung der Endzelle. Die auf dem Nährsubstrat wuchernden Fäden, welche von dort die Nahrung aufnehmen, bezeichnet man als Mycelium. Vor diesem erheben sich aufwärts die Fruchthyphen, welche an ihrer Spitze die Sporen tragen, d. h. rundliche oder längliche, meist mit derber Membran versehene Zellen, ausgezeichnet dadurch, daß sie nach ihrer Abtrennung von den Fruchthyphen auf jedem guten Nährsubstrat zu einem Keimschlauch und demnächst wieder zu einem neuen Mycel auswachsen können. Die Sporen dienen daher zur Fortpflanzung und zur Erhaltung der Art; sie können in trocknem Zustande lange aufbewahrt werden, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren.

Unter gewissen Umständen bilden die Sporen (Konidien) durch Sprossung neue Konidien, die erst bei Änderung der Verhältnisse zu Mycelfäden auskeimen. Die Sporen bilden sich dadurch, daß sie aus der an der Spitze der Hyphe befindlichen Endzelle durch querwandige Teilung sich abschnüren (= Konidien); oder die Endzelle vergrößert sich zum sog. Sporangium oder Ascus, in dessen Innerem durch Teilung des Plasmas die Sporen entstehen.

Bei vielen Arten findet sich neben der ungeschlechtlichen eine geschlechtliche Fruktifikation (Oosporen, Zygosporen). — Außer Sporen kommt vielfach eine andere Dauerform vor, dadurch, daß die Mycelfäden in kurze Glieder zerfallen (Oïdienbildung); oder dadurch, daß sich alternierend ein Glied des Mycelfadens verdickt, während das nächste leer wird (Gemmen- oder Chlamydosporenbildung).

Man begegnet den Schimmelpilzen auf allen möglichen toten Substraten, sie sind im ganzen in bezug auf ihren Nährbedarf sehr wenig wählerisch. Im Gegensatz zu den Spaltpilzen können sie auch auf relativ wasserarmem Substrat und bei saurer Reaktion des Nährbodens gut gedeihen. Will man daher bei künstlichen Kulturen von Schimmelpilzen die rasch wachsenden Spaltpilze fernhalten, so setzt man dem Nährsubstrat zweckmäßig 2—5% Weinsäure zu. Gekochte Kartoffeln, Brotbrei oder Gelatine- bzw. Agargemische, in solcher Weise

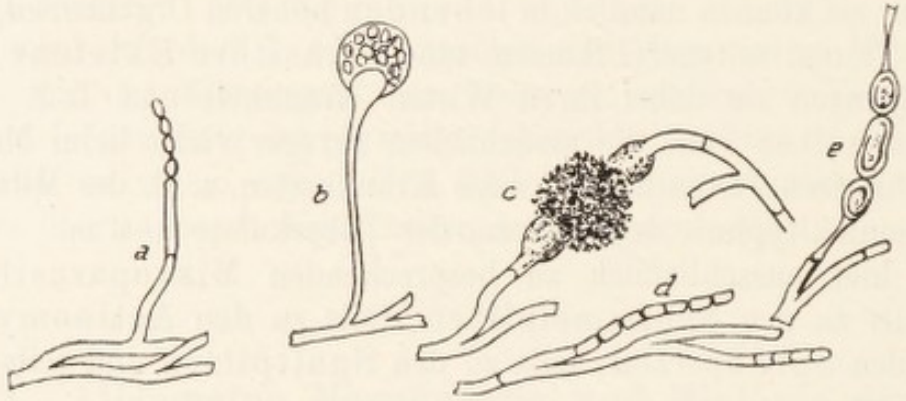


Fig. 142. Fruktifikation bei Schimmelpilzen, schematisch.
a Fruchthyphe mit Konidien. *b* Fruchthyphe mit Sporangium. *c* Zygospore. *d* Oïdienbildung. *e* Gemmenbildung.

angesäuert, sind am geeignetsten zur künstlichen Züchtung. Die Sporenbildung vollzieht sich nur an freier Luft; unter Wasser entwickelt sich höchstens steriles Mycel. — Sehr abhängig zeigen sich die Schimmelpilze von der Außentemperatur. Das Optimum liegt für die einen Arten bei + 15°, für andere Arten bei + 40°; je nach Temperatur gedeiht daher bald diese bald jene Art auf demselben Substrat. Viele kommen parasitisch auf Pflanzen und niederen Tieren vor, so die Brandpilze des Getreides, der Pilz der Kartoffelkrankheit, der Mutterkornpilz, die Rostpilze; die Empusa der Stubenfliegen, der Muskardinepilz der Seidenraupen usw.

Die Einteilung der Fadenpilze erfolgt nach dem Brefeldschen System. Auf der untersten Stufe stehen die algenähnlichen Pilze, bei denen vorzugsweise geschlechtliche Fruktifikation vorkommt; die höheren Stufen umfassen die Pilze, welche nur in Sporangien und Konidien, schließlich nur in Konidien (Basidien) fruktifizieren.

b) *Die Actinomyceten.*

Eine Gruppe von Mikroorganismen, die zwischen den Fadenpilzen und den Spaltpilzen steht. In den Kulturen können manche Arten Mycelien und Fruchthyphen mit Sporenketten bilden, so daß sie mit Schimmelpilzen die größte Ähnlichkeit haben. Mikroskopisch sind aber die Fäden oft von Bazillenfäden nicht zu unterscheiden, nur daß sie

echte Verästelung zeigen (s. Fig. 142); und die Fäden zerfallen häufig in bazillen- und kokkenartige Glieder, die auf frischem Nährsubstrat zunächst nur durch Teilung sich vermehren. Vielfach entstehen durch Vergallertung der Membran der Fäden keulenförmige Anschwellungen, die als Degenerationsprodukte aufzufassen sind.

Zahlreiche Arten; die meisten sind saprophytisch weit verbreitet; in Kulturen liefern sie gerunzelte, trockne Häute, kreideähnlich oder gefärbt, oft von starkem schimmelig-modrigem Geruch und mit brauner Verfärbung des Nährbodens; nicht selten kommen pathogene Wirkungen (Actinomyces bovis et hom.) zustande (s. unten). Auch die Diphtherie-, Rotz-, Tuberkelbazillen, die den letzteren nahestehenden säurefesten Bakterien, sowie zahlreiche andere Angehörige der „Spaltpilze" müssen wegen der in ihren Kulturen beobachteten echten Verästelungen und Keulenbildungen eigentlich den Streptothricheen oder den Fadenpilzen eingereiht werden. Da sie aber in dem uns interessierenden menschlichen Material nur in Bazillenform vorkommen, werden sie aus praktischen Gründen zweckmäßiger bei den Bazillen besprochen.

c) *Die Sproßpilze (Blastomycetes).*

Ovale oder kugelige Zellen von 2—15 μ Durchmesser; zeigen eine zuweilen starke, doppelt-konturierte Membran, körniges Protoplasma, in letzterem Vakuolen und Öltropfen. Durch verschiedene Färbeverfahren, z. B. Eisenbeize und Hämatoxylin, läßt sich ein Kern sichtbar machen. Die Vermehrung erfolgt für gewöhnlich durch Hervorsprossen einer Tochterzelle, welche sich schließlich durch eine Querwand von der Mutterzelle scheidet, und dann entweder noch längere Zeit an dieser haftet (Bildung von Verbänden) oder sich loslöst. — Viele Sproßpilze, jedoch keineswegs alle, vermögen in Zuckerlösungen alkoholische Gärung zu erzeugen. Es sind zu unterscheiden:

a) Sproßpilze, welche nur eine gelegentliche Wuchsform von Schimmelpilzen darstellen. Diese können, in Zuckerlösungen untergetaucht, hefeartige Sprossungen treiben und dann etwas Alkohol und Kohlensäure bilden. Sobald es dem Pilz (z. B. durch aufsteigende CO_2-Bläschen) ermöglicht wird, an die Oberfläche zurückzukehren, tritt wieder Fadenbildung ein.

b) Torulaarten. Sproßpilze, welche sowohl in Flüssigkeiten wie auch auf festem Substrat lediglich Sprossungen bilden. Sie vermögen keine oder nur ganz schwache Alkoholgärung hervorzurufen.

Die Kulturen auf festem Substrat (Gelatine) zeigen oft lebhafte Farbe, rosa, schwarz usw. Manche Arten, z. B. die rosafarbenen, sind namentlich in der Luft außerordentlich verbreitet. — Auch die Torulaarten gehören vermutlich zu gewissen höheren Pilzen.

c) Saccharomyces, echte Hefepilze. Vermehren sich in Zuckerlösung nur durch Sprossung und erzeugen dabei Gärung, d. h.

sie zerlegen Glykosen, namentlich Traubenzucker, in Kohlensäure und Alkohol. Rohrzuckerlösungen gehen langsamer in Gärung über, weil hier erst durch ein von der Hefe produziertes invertierendes Ferment eine Umwandlung des Rohrzuckers in Glykose eintreten muß. Obergärige Rassen von Hefepilzen bewirken sehr lebhafte, mit Emporreißen der Sproßverbände einhergehende Gärung, am besten bei 12—18°. Andere Rassen (Unterhefe) rufen bei 3—8° sog. Untergärung hervor. Diese Rassencharaktere erhalten sich konstant. E. Buchner und Hahn haben gefunden, daß die Zerlegung der gärfähigen Kohlehydrate auch bewirkt werden kann durch die unter starkem Druck ausgepreßte Leibessubstanz der Hefezellen und die darin enthaltene Zymase, so daß also streng genommen der Gärprozeß nicht an das Leben der Zelle gebunden ist. Jede tiefere Alteration der Leibessubstanz hebt aber die Fermentbildung auf.

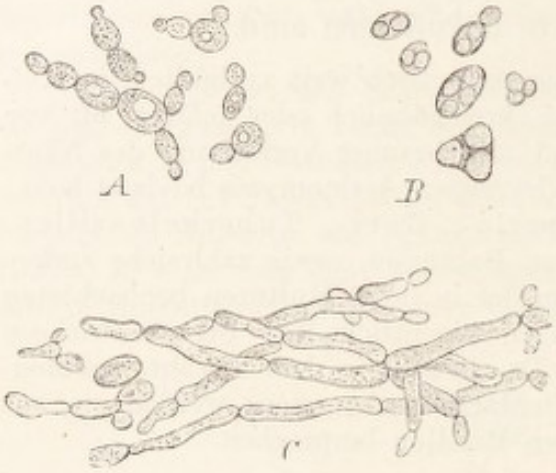


Fig. 143. Hefepilze. 400:1.
A Sprossung. *B* Sporenbildung. *C* Deckenbildung.

Nach Ablauf der Gärung sieht man bei allen echten Hefepilzen innerhalb 6—21 Tagen auf der Oberfläche der Flüssigkeiten Deckenbildung eintreten. Die Sprossungen werden dann undeutlicher und die Zellen länger, so daß sie an Hyphen erinnern. Die Temperaturgrenzen, bei welchen sich die Decken bilden, die Schnelligkeit der Bildung und das mikroskopische Aussehen der Decken liefern diagnostisch brauchbare Merkmale zur Unterscheidung der Arten und Rassen.

Auf festem Nährsubstrat (Gelatine) oder auf Gipsplatten entstehen ferner in den Hefepilzen resistentere Sporen, 1—10, gewöhnlich 1—4 an Zahl, und zwar durch freie Zellbildung innerhalb der vergrößerten Mutterzelle (Askosporen). In bezug auf die Temperaturgrenzen, innerhalb welcher die Sporenbildung vor sich geht, zeigen die einzelnen Arten und Rassen erhebliche, wiederum für die Differentialdiagnose verwertbare Unterschiede.

Von den Lebensbedingungen der Hefepilze sei erwähnt, daß sie außer Zucker auch stets stickstoffhaltige Nährstoffe, lösliches Eiweiß, Pepton, Amide und dergleichen bedürfen. Ferner ist im allgemeinen für das Wachstum der Hefe Zufuhr von Sauerstoff erforderlich. Nur in gärenden Zuckerlösungen kann die Hefe auch bei Luftabschluß sich lange Zeit vermehren.

Bezüglich der Konzentration und Reaktion des Nährsubstrats halten sich die Hefepilze in der Mitte zwischen Schimmel- und Spaltpilzen. Bierwürze, Malzdekokt und Pflaumendekokt, eventuell mit Zuckerzusatz, sind zur Kultur am besten geeignet; um Spaltpilze fernzuhalten, kann man zweckmäßig etwa 1% Weinsäure zufügen. Gegen freies Alkali sind die Hefepilze empfindlich. Die günstigste Züchtungstemperatur liegt im allgemeinen bei 25—30°.

Es sind früher viele Arten und Varietäten von Hefe nach der Form und Größe der Zellen unterschieden. Jedoch schwanken diese Verhältnisse bei der einzelnen Art so sehr, daß keine durchgreifenden konstanten Differenzen bestehen bleiben. Diagnostisch verwertbar sind vielmehr nur die Erscheinungen der Sporenbildung und Deckenbildung. — Praktisch unterscheidet man namentlich Weinhefe und Bierhefe. Erstere bewirkt die „spontane" Gärung des Mosts usw. oder anderer zuckerreicher Flüssigkeiten. Im Gegensatz dazu wird die Bierhefe nur künstlich gezüchtet, indem immer von der in lebhafter Gärung befindlichen Bierwürze etwas für den nächsten Brau zurückbehalten wird. In ähnlicher Weise wird die in Form des Sauerteigs bei der Brotbereitung benutzte Hefe weiter kultiviert. Vielfach wird Preßhefe verwendet, d. h. eine Bierhefe, welche durch mäßige Wasserentziehung haltbar gemacht ist.

Hansen hat durch seine sorgfältigen Forschungen im Laboratorium der Karlsberg-Brauerei in Kopenhagen die Merkmale der guten, technisch verwendbaren Heferassen und andererseits derjenigen „wilden" Hefen erkennen gelehrt, welche zu den sogenannten Krankheiten des Bieres usw. Veranlassung geben. Infolgedessen wird jetzt in den Gärungsgewerben rein gezüchtete Hefe benutzt.

d) Mycoderma cerevisiae et vini, der Kahmpilz (Saccharomyces Mycoderma); neben der Sprossung endogene Zellentstehung (daher als Endoblastoderma abgegrenzt). Bildet auf gegorenen Flüssigkeiten die sogenannte Kahmhaut, welche erheblich schneller entsteht als die von echten Hefen gebildeten Decken. Keine Gärung, nur Verbrennung des Alkohols.

d) *Spaltpilze (Schizomycetes, Bakterien).*

1. Morphologisches Verhalten.

Kleinste chlorophyllfreie Zellen, 0·2—5·0 μ messend. Ihr Studium wird außerordentlich erleichtert durch Anwendung von Färbemitteln.

Zur Färbung dienen die basischen Anilinfarben (eigentlich Salze, deren färberische Komponente eine Base ist), welche mit dem Plasma der Zellkerne und der Bakterien eine lose Verbindung nach Art der Doppelsalze geben.

Vielfach angewendet wird die Gramsche Färbung (s. im Anhang); sie beruht darauf, daß die Verbindung von Pararosanilinen (z. B. Gentianaviolett) mit Jod durch Alkoholbehandlung aus dem Gewebe nicht extrahiert wird. Dadurch gelingt es, bei den „grampositiven" Bakterien eine gegen Jod- und Alkoholbehandlung dauerhafte Violettfärbung herzustellen, die in gleichem Maße weder in der tierischen Zelle noch in deren Kern entsteht und somit die völlig isolierte Färbung gewisser Bakterien im ungefärbten (oder nachträglich mit Kontrastfarben gefärbten) Gewebe ermöglicht. — Viele Bakterienarten sind gramnegativ, z. B. die Coli- und Typhusbazillen (Genaueres s. im Anhang). Bei diesen ist die Durchlässigkeit und Extrahierbarkeit des Plasmas größer; sie sind gleichzeitig plasmolysierbar (s. unten), werden von Kalilauge, gallensauren Salzen, Trypsin usw. aufgelöst, lassen ihre Aggressine leicht in wässerige Lösungen übergehen, während die grampositiven Bakterien in allen diesen Beziehungen widerstandsfähiger sind.

Die gefärbten Präparate können im hellsten Lichte (Ölimmersion, in Öl eintauchend von gleichem Brechungsvermögen wie Glas, so daß die Lichtverluste fortfallen, die sonst an den Trennungsflächen optisch verschie-

dener Medien statthaben; dazu Abbéscher Kondensor) untersucht werden; der breite Lichtkegel des letzteren bewirkt ein völliges Verschwinden der Diffraktionserscheinungen und des Strukturbildes und läßt nur das Farbenbild in hellster Beleuchtung hervortreten. Bei ungefärbten Präparaten ist man auf das durch Diffraktion der Lichtstrahlen in den anders brechenden Medien der Zellen und Gewebe entstehende, aus Linien und Schatten zusammengesetzte Strukturbild angewiesen, das bei heller Beleuchtung verschwindet und nur bei abgedunkeltem Gesichtsfeld (Irisblende, herabgezogener Abbéscher Kondensor) hervortritt.

Ohne Anwendung von Färbemitteln lassen sich die Konturen kleinster Spaltpilze (auch der Geißelfäden) deutlich erkennen bei Dunkelfeldbeleuchtung. Dabei werden die kleinsten Teilchen intensiv seitlich beleuchtet und dadurch selbstleuchtend gemacht, ähnlich wie die Sonnenstäubchen in einem horizontal in ein dunkles Zimmer einfallenden Sonnenstrahl sichtbar werden. — Entweder benutzt man hierzu das Ultramikroskop von Siedentopf, bei welchem durch Abblendung an der Objektivlinse die zentralen Strahlen ausgeschaltet und mittels eines Kondensors Strahlen senkrecht zur Achse des Mikroskops in das Objekt geschickt werden. Oder einfacher mittels Abblendung im Kondensor, z. B. durch Einsetzen eines Paraboloidkondensors (Zeiss), der nur seitliche Beleuchtung liefert. Zwischen den in die Tischebene geschobenen Kondensor und den Objektträger kommt ein Tropfen Öl; die Objektträger und Deckgläser müssen möglichst dünn sein, das Objekt am besten in Öl liegen. Nicht Immersion, sondern starkes Trockensystem (Apochromat); als Lichtquelle reicht zuweilen schon Gasglühlicht und Schusterkugel aus. Besser elektrisches Bogenlicht, Nernstlampe. — Gute Resultate gibt auch der Spiegelkondensor von Reichert, dessen Linse aus einer oberen und unteren Planfläche besteht, und dessen gekrümmte Seitenteile versilbert sind; auf den Mikroskopiertisch aufzulegen. — Ferner das Leitzsche Dunkelfeld mit Spiegelkondensor (A zum Einschieben, B zum Auflegen auf den Mikroskoptisch); Lichtquelle: kleine elektrische Bogenlampe. Ein Tropfen Cedernöl zwischen Kondensor und Objektträger, und oben auf das Deckglas; Immersion.

Auch die Burrische Tuschemethode läßt die Konturen feinster Gebilde ohne Färbung gut hervortreten. Von Pelikantusche von Grübler (gebrauchsfertig) wird 1 Tropfen mit einem kleinen Tropfen der Bakterienaufschwemmung gemischt und dann in dünner Schicht auf einem Objektträger verstrichen (mit schräg gestelltem Deckglas). Trocknen, Öltropfen, Ölimmersion.

Mit Hilfe von gefärbten Präparaten können wir mit sehr starker Vergrößerung an manchen Bakterienzellen unterscheiden: a) das Entoplasma (den Zentralkörper); dasselbe besteht aus einer meist durch die ganze Zelle in Körnchen verteilten Kernsubstanz, dem Chromatin, und einer oft sehr zurücktretenden Plasmasubstanz. Mittels der Romanowsky-Färbung (s. im Anhang), die im wesentlichen in der Anwendung einer Methylenblau-Eosinmischung besteht, wird das Chromatin rot, das Plasma blau gefärbt.

Besondere Kerne sind bei einzelnen großen Bakterien nachgewiesen, doch wird von anderen Autoren die Kernnatur bestritten, weil Teilungsvorgänge nicht beobachtet sind. Häufig begegnet man in der Bakterienzelle kleinen Haufen von euchromatischer Substanz neben größeren Partien sich schlecht färbender hypochromatischer Substanz. Erstere bleiben auch bei allerlei Extraktionsmethoden

gefärbt und liefern die sog. metachromatischen Körnchen; sie scheinen Hohlräume mit zähem Inhalt von Fett, Glykogen und namentlich einem eigentümlichen, eiweißhaltigen Stoff, Volutin, zu sein.

b) Das Ektoplasma, bei vielen Bakterien als Membran, die bei Schrumpfung des Plasmas sich von diesem löst, auch in gefärbten Präparaten oft als leere Hülle auftritt; bleibt bei der ROMANOWSKY- und den meisten anderen Färbungen farblos. Oft liegt der Membran außerhalb noch eine Schleimhülle an, welche mit der anderer Individuen verschmelzen und diese zu einer kompakten Masse vereinigen kann (Zoogloea). Diese Schleimschicht kann unter bestimmten Ernährungsverhältnissen als Kapsel imponieren. Manche Bakterien bilden nur im Tierkörper Kapseln, und es kommt diesen unter Umständen die Bedeutung einer Schutzvorrichtung zu, mit der sich die Bakterienzelle gegenüber den ihr feindlichen Einflüssen des lebenden Körpers versieht.

Als Fortsätze des Ektoplasmas finden sich bei vielen Bakterien Geißeln, die der Fortbewegung dienen. Sie sind im ungefärbten Präparat nicht sichtbar (außer bei Dunkelfeldbeleuchtung), nehmen auch ohne weiteres keine Färbung an, sondern erst, nachdem sie mit beizenden Stoffen vorbehandelt sind. Oft reißen die Geißeln ab und verfilzen sich zu dicken Zöpfen.

Nicht selten sieht man die normale Form der Bakterienzelle dadurch verändert, daß der Salzgehalt des umgebenden Mediums sich ändert und daß dadurch der osmotische Gleichgewichtszustand zwischen dem Innern der Zelle und dem Außensubstrat gestört wird. Tritt außen plötzlich stärkerer Salzgehalt auf, so erfolgt Kontraktion des Entoplasmas = Plasmolyse.

Die Vermehrung der Spaltpilze erfolgt durch Querteilung, indem die Zelle sich streckt und dann in zwei selbständige Individuen teilt. Bei manchen Arten verläuft zwischen der Beendigung der ersten Teilung und dem Anfang der Teilung der neu entstandenen Individuen nur eine Zeit von 20—30 Minuten. Bei anderen Bakterienarten dauert diese Frist mehrere Stunden. Rechnet man eine Stunde als Durchschnittswert, so entstehen aus jedem Spaltpilzindividuum innerhalb 24 Stunden 16 Millionen Individuen; bei 20 Minuten Teilungsdauer liefert ein Individuum in 24 Stunden sogar 4700 Trillionen, deren trockne Masse etwa 150000 Kilo wiegen würde. Einer so gewaltigen Vermehrung wirken indes stets die unten zu besprechenden hemmenden Einflüsse entgegen.

Folgende verschiedene Formtypen lassen sich bei den Spaltpilzen beobachten:

a) Kugelige oder ovale Zellen, welche bei der Teilung stets wieder Kugeln ergeben. Diese Wuchsform bezeichnen wir als Micrococcus

oder Coccus. Die Kugeln bleiben nach der Teilung entweder zu zweien aneinander haften = Diplococcus; oder sie erscheinen, infolge Kreuzung der Wachstumsrichtung, zu vieren tafelförmig nebeneinander gelagert = Merista; oder sie bilden Würfel von je acht Individuen = Sarcina; oder die Kugeln halten stets die gleiche Wachstumsrichtung ein und haften in Kettenform aneinander = Streptococcus; oder endlich sie bilden regellose Haufen = Staphylococcus.

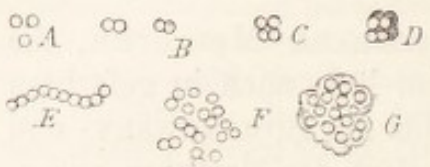


Fig. 144. Micrococcus.
A Einzelne Kokken. *B* Diplococcus. *C* Merista. *D* Sarcina. *E* Streptococcus. *F* Staphylococcus. *G* Zoogloea.

b) Stäbchen, bei welchen der Längsdurchmesser den Querdurchmesser erheblich übertrifft = Bacillus. Die Teilung der Stäbchen erfolgt mit seltensten Ausnahmen stets im Querdurchmesser. Oft bleiben sie nach der Teilung aneinander haften und bilden dann Fäden (Scheinfäden, Leptothrix). Diese Fäden zeigen zum Unterschied von den Schimmelpilzfäden keine echten Verzweigungen, sondern höchstens Pseudoverzweigungen durch Aneinanderlagerung zweier Fäden. Daneben kommen aber bei zahlreichen Bazillen (auch bei Spirillen) echte Verzweigungen vor. — Zuweilen zeigen die Bazillen eine Anschwellung

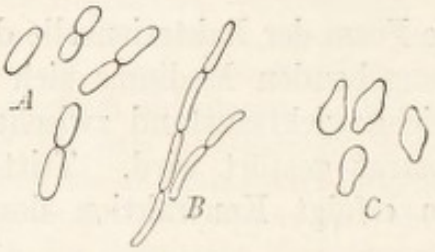


Fig. 145. Bacillus.
A Einzeln und in Teilung. *B* Scheinfäden mit Pseudo-Verzweigung. *C* Clostridium.

Fig. 146.
A Spirillum. *B* Vibrio.

in der Mitte oder an der Spitze, so daß sie Spindelform oder Kaulquappenform annehmen; diese Wuchsform bezeichnet man als Clostridium.

c) Schraubenförmig gewundene Fäden oder als Bruchstücke solcher Schrauben = Spirillum; bei flach gewundener Schraube = Vibrio; bei stets zahlreichen Windungen und anscheinend oft zugespitzten Enden = Spirochäte (vgl. unter „Protozoen").

d) Kugelige oder ovale meist stark lichtbrechende Zellen, welche nicht durch Teilung aus gleichbeschaffenen Kugeln hervorgegangen sind bzw. solche produzieren, sondern im Innern der meist anders geformten Bakterienzelle entstehen und demnächst zu einer der Mutterzelle gleichen Zelle auswachsen können = Sporen. Sie kommen fast nur bei Bazillen vor, sind im ganzen resistenter als die übrigen Wuchsformen der Bakterien und dienen vorzugsweise der Erhaltung der Art.

e) Längliche, kugelige, oft unregelmäßig begrenzte und sich lückenhaft färbende Zellformen verschiedener Art ohne bestimmten Typus, die durch Schrumpfung oder Schwellung aus normalen Zellen hervorgehen und sich unfähig erweisen zu irgend einer Art der Vermehrung = Involutions- und Degenerationsformen.

Die gleiche Spaltpilzspezies kann sich oft in verschiedener Wuchsform präsentieren. Allerdings kennen wir Spaltpilzarten, welche nur in Kokkenform vorkommen, oder höchstens noch Involutionsformen bilden. Andere Arten jedoch kommen für gewöhnlich als Bazillen vor, können aber außerdem in Form von langen Fäden auftreten oder in Form von kugeligen Sporen oder als verschieden gestaltete Involutionsformen. Alle diese Wuchsformen gehören dann zum Entwicklungskreis der betreffenden Art.

Innerhalb der gleichen Wuchsform finden sich vielfach kleine, jedoch deutliche Differenzen, sog. Speziescharaktere, welche bei allen Individuen derselben Spezies nahezu konstant hervortreten. So zeigt

Fig. 147.
Bacillus- und Spirillum-Wuchsform verschiedener Spezies.

die eine Art stets große, die andere kleine, diese runde, jene ovale oder abgeplattete oder lanzettförmige Kokken; ebenso gibt es schlanke und dicke, eiförmig kurze und lange Bazillen, solche mit abgerundeten und solche mit abgestutzten Enden usw. (Fig. 147). Wir erhalten auf diese Weise eine Reihe von Artcharakteren, welche in diagnostischer Beziehung äußerst wertvoll sind.

Endlich kommen auch bei derselben Spezies gewisse individuelle Schwankungen der Form vor, namentlich infolge von Alters- und Ernährungsdifferenzen. Bazillen derselben Spezies sind im Jugendzustand kürzer, bei schlechten Nährverhältnissen oft dünner, Vibrionen sind stärker oder schwächer gekrümmt usw. Meistens sind diese Schwankungen gering, so daß trotz derselben die morphologischen Artcharaktere bestehen bleiben; zuweilen aber kommt es bei einer Spezies geradezu zu einem Pleomorphismus, der eine diagnostische Erkennung aus dem morphologischen Verhalten unmöglich macht.

Viele Bazillen und Spirillen, sowie einige Kokken und Sarcinen sind mit Hilfe der oben erwähnten Geißeln schwärmfähig. Die

Geschwindigkeit der Eigenbewegung beträgt z. B. bei Bac. subtilis und bei Choleravibrionen 30 μ pro Sek. Unter ungünstigen biologischen Bedingungen hören die Bewegungen zeitweise auf. Die Geißeln sind entweder an einem oder an jedem Ende in Form eines ganzen Büschels angebracht (Lophotricha); oder es besteht nur eine einfache oft sehr lange Geißel (Monotricha); oder die Bakterien sind an ihrer ganzen Peripherie mit feinen Wimpern besetzt (Peritricha).

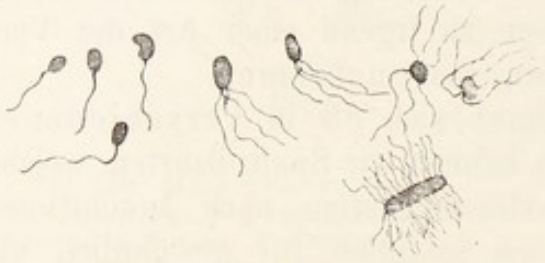


Fig. 148.
Geißeltragende Bakterien. 1000:1.

Von Pfeffer ist nachgewiesen, daß die beweglichen Bakterien durch gewisse chemische Stoffe angelockt werden (Chemotaxis). Füllt man sehr feine an einem Ende zugeschmolzene Glaskapillaren mit Lösungen (z. B. von Chlorkalium, Pepton, Kartoffelsaft) und legt dieselben in einen Tropfen Wasser mit den betreffenden Bakterien, so wandern verschiedene Bakterienarten sehr lebhaft in die Kapillaren hinein. Dabei läßt sich die Mitwirkung von physikalischen Momenten, Diffusionsströmen u. dgl. vollkommen ausschließen; vielmehr ist nur der anlockende Reiz des Chemismus der Lösungen entscheidend (positive Chemotaxis). Von anderen Lösungen werden dieselben Bakterien abgestoßen (negative Chemotaxis); manche chemische Substanzen äußern gar keinen richtenden Einfluß.

Von besonderer Bedeutung ist die Sporenbildung der Bakterien, die hauptsächlich beim Ungünstigerwerden der Lebensverhältnisse eintritt. Echte endospore Dauerformen findet man bei vielen Bazillen und bei einigen Spirillen. Bei Mikrokokken, aber auch bei vielen Bazillen ist sie noch nicht beobachtet. Die Bildungsweise der endogenen Sporen ist verschieden je nach der Spezies; entweder wachsen die Bazillen zu Fäden aus, in den Fäden entstehen lichtbrechende Körnchen, welche schließlich in perlschnurartig angeordnete, runde oder ovale Sporen übergehen (z. B. bei den Milzbrandbazillen). Oder die einzelnen Bazillen schwellen vor der Sporenbildung zu Spindelform auf und in dem entstandenen Clostridium bildet sich die runde oder ovale stark lichtbrechende Spore (Buttersäurebazillen). Oder aber es bildet sich ohne erhebliche morphologische Änderung des Bazillus im Verlauf desselben oder an einem Ende eine als Spore aufzufassende kugelige Anschwellung. — Die meisten Sporen zeigen eine dicke, vielleicht doppelte, Membran. Oft sind sie grünlich glänzend und stark lichtbrechend. Farbstoffe dringen schwer ein, haften dann aber um so hartnäckiger.

Fig. 149.
Sporenbildung (*a*) und Sporenkeimung (*b*).

Charakteristisch für jede Spore ist, daß aus derselben ein dem mütterlichen gleicher Organismus hervorgehen kann. Das „Auskeimen" erfolgt bei den ovalen Sporen entweder in der Längs- oder in der Querrichtung. — Eine fernere Eigentümlichkeit aller endogen gebildeten Sporen ist es, daß sie gegen die in der Natur den Mikroorganismen hauptsächlich drohenden Gefahren resistenter sind als die Bazillen- oder Spirillenform. Allerdings zeigt auch hier wieder jede Art ein besonderes Verhalten. Die Sporen mancher Bazillenarten können jahrelang in völlig trocknem Zustande oder auch z. B. unter absolutem Alkohol aufbewahrt werden, ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüßen, während bei den Sporen anderer Arten die Widerstandsfähigkeit bei weitem nicht so stark ausgesprochen ist.

Die Eigenschaft, Sporen zu bilden, kommt derselben Art nicht immer zu. Durch gewisse schädigende Momente (Züchtung bei 42°, oder in karbolsäurehaltiger Bouillon) kann z. B. den Milzbrandbazillen die Fähigkeit Sporen zu bilden, dauernd genommen werden, während sie im übrigen ihre morphologischen und biologischen Merkmale beibehalten (asporogene Rassen).

Fig. 150.
Involutionsformen.

Involutionsformen sehen wir unter den verschiedensten schädigenden Einflüssen, namentlich bei Erschöpfung des Nährbodens, bei Eintritt abnormer Reaktion, bei abnormer Temperatur usw., meist in nicht typischer Weise sich bilden; bei einigen Arten treten aber unter bestimmten Bedingungen (Zusatz von Lithiumchlorid, Kochsalz usw.) so rasch und in so charakteristischer Weise Involutionsformen auf, daß wir diese zur diagnostischen Erkennung verwerten können (Pest, Diphtherie).

2. Lebensbedingungen der Spaltpilze.

Die Zellsubstanz der Spaltpilze besteht zu etwa 80% aus Wasser; die Trockensubstanz hauptsächlich aus Eiweißstoffen und Nukleoproteïden (etwa 80%), Fett (Wachs) und Salzen; unter letzteren namentlich Phosphate. Nach Cramer ist die chemische Zusammensetzung der Bakterien nicht konstant, sondern ändert sich je nach den Züchtungsbedingungen und dem Gehalt des Nährbodens an Wasser, Aschenbestandteilen, stickstoffhaltiger Substanz usw. in entsprechendem Sinne; hierdurch werden die Bakterien zu einer weitgehenden Anpassung an die verschiedenartigsten Existenzbedingungen befähigt. — Sie bedürfen im allgemeinen für ihren Stoffwechsel außer anorganischen Nährstoffen (namentlich K und Mg) stickstoffhaltiger und nebenbei auch stickstofffreier Substanzen. Die beste stickstoffhaltige Nahrung liefern ihnen

lösliches Eiweiß, Pepton und Leim, die beste stickstofffreie Nahrung Zucker und Glyzerin; doch können Stickstoff- und Kohlenstoffbedarf eventuell auch durch viel einfachere Verbindungen Deckung finden, der N-bedarf durch Aminosäuren und Amide, z. B. Asparagin, milchsaures Ammon, Leucin, Tyrosin u. a. m.

Je nach der Spezies unterliegt der Nährstoffbedarf außerordentlichen Schwankungen. Manche Arten vermögen mit den minimalsten Spuren organischer Substanz, welche sich in reinem destillierten Wasser finden, noch üppige Vermehrung zu leisten. Andere Arten verschmähen alle Nährsubstrate mit Ausnahme von Blutserum oder Mischungen von Fleischsaft und Blutserum; wieder andere gedeihen und proliferieren nur im lebenden Körper des Warmblüters.

Als Beispiel einfachster Ernährungsverhältnisse seien die Nitrobakterien Winogradskys angeführt, welche ihren Kohlenstoffbedarf einzig und allein aus der atmosphärischen CO_2 decken (s. S. 108), sowie die sog. stickstofffixierenden Mikroben in den Wurzelknöllchen der Leguminosen, welche befähigt sind, den freien Stickstoff aus der Luft zu assimilieren und so den Gehalt des Ackerbodens an nutzbarem Stickstoff anzureichern.

Sehr empfindlich sind die meisten Spaltpilze gegen saure Reaktion des Nährmediums, weniger gegen einen Alkaliüberschuß. Jedoch kommen auch in dieser Beziehung zahlreiche Ausnahmen vor; manche Arten sind gerade gegen Alkali empfindlich und wachsen bei saurer Reaktion am besten.

Ebenso verschieden ist das Verhalten der einzelnen Arten gegenüber dem Sauerstoff. Eine Gruppe von Arten, die sog. obligaten Aëroben, verlangen zu ihrem Fortkommen unter allen Umständen freien Sauerstoff. Ihnen stehen diametral gegenüber die obligaten Anaëroben, eigentümliche Spaltpilze, die nur wachsen und sich vermehren, wenn aller freier Sauerstoff möglichst vollständig aus dem Nährsubstrat entfernt ist. Die Anaëroben vermögen Gärung zu erregen oder mit reichlicher Wärmebildung einhergehende umfangreiche Spaltungen zu veranlassen, und durch diese — nach Analogie der Hefe — das Fehlen des Sauerstoffs zu ertragen. Sehr zahlreiche Bakterien sind endlich fakultative Anaëroben, d. h. sie gedeihen am besten bei Sauerstoffzutritt, können aber auch ohne Sauerstoff leben, besonders dann, wenn sie gleichzeitig Gärung erregen. Für die einzelnen Bakterienarten läßt sich ein Minimum, ein Optimum und ein Maximum des O-gehalts feststellen. Das Minimum liegt selbst für die empfindlichsten Anaëroben noch über Null; das Maximum bei etwa $^1/_{40}$ des normalen O-Drucks. Bei vielen aëroben Bakterien liegt das Maximum bei dem vielfachen des gewöhnlichen Drucks.

Schwankungen des Luftdrucks sind für alle Spaltpilze so gut wie indifferent. — Durch Belichtung tritt Schädigung der Mikroorganismen ein, die Kulturen sind daher im Dunklen aufzubewahren; sogar sterile Nährsubstrate können durch Stehen im Sonnenlicht ungeeignet zur Kultur werden (Wasserstoffsuperoxydbildung).

Von sehr großer Bedeutung für das Leben aller Spaltpilze ist die Temperatur; auch hier aber zeigen die einzelnen Arten wieder einen außerordentlich verschiedenen Bedarf. Das Temperatur-Minimum, bei dem Wachstum und Vermehrung eben beginnen, liegt für einige Arten bereits bei 0°, für andere erst zwischen 30 und 40°, für einige sogar zwischen 40 und 50°. Die obere Wachstumsgrenze finden wir für die meisten Arten bei etwa 40°, für einige bei 50°; es sind aber Arten beobachtet, für welche das Maximum bei 70° und höher liegt. Auch das Temperatur-Optimum variiert in ähnlicher Weise.

Aus der Kenntnis der Lebensbedingungen der Spaltpilze läßt sich die Art und Weise ableiten, in welcher die Spaltpilze am besten künstlich zu züchten sind.

Als Nährlösung benutzt man Fleischinfus, Heuinfus, Milch, Harn, Blutserum u. dgl. Alle sauren Substrate werden durch Sodazusatz schwach alkalisch gemacht. Da aber diese Nährsubstrate, sowie die Flaschen und Gläser, in welchen sie aufbewahrt werden sollen, von vornherein zahlreichste Bakterien enthalten, welche als störende Verunreinigungen sich bemerklich machen und die Kennzeichen der beabsichtigten Kulturen nicht rein zum Vorschein kommen lassen würden, ist es erforderlich, sämtliche Gefäße und Nährsubstrate vor dem Gebrauch zu sterilisieren, d. h. von anhaftenden lebenden Bakterien zu befreien. Das Sterilisieren der Gefäße geschieht durch 1—2 stündiges Erhitzen im Trockenschrank auf 160°, das Sterilisieren der in die Gefäße eingefüllten Nährsubstrate durch Kochen im Papinschen Topf oder in strömendem Wasserdampf.

Alle flüssigen Nährsubstrate bieten aber große Schwierigkeiten, sobald man die Kultur einzelner bestimmter Arten beabsichtigt. Sie können sehr wohl gebraucht werden, wenn die einzelne Art bereits in reinem isolierten Zustande vorliegt. Das ist aber nur ganz ausnahmsweise der Fall, für gewöhnlich muß man bei der Anlage von Kulturen von einem Gemenge mehrerer bzw. vieler Spaltpilzarten ausgehen; z. B. findet man in der Leiche eines an einer Infektionskrankheit Gestorbenen zur Zeit der Sektion neben den Infektionserregern, welche man zu kultivieren wünscht, auch noch zahlreiche Fäulnisbakterien. Ebensolche Gemenge findet man im Sputum, in verdächtigem Trinkwasser usw. Bringt man ein derartiges Gemenge in eine Nährlösung, so wachsen alle die verschiedenen Bakterien durcheinander, und die Merkmale der einzelnen Art werden durch die der übrigen Bakterien völlig verwischt.

Unter Anwendung bestimmter, einer Bakterienart besonders adäquater Nährsubstrate und Kulturbedingungen gelingt es, durch sog. fraktionierte Kultur, d. h. durch wiederholte Übertragung auf denselben Nährboden, manche Krankheitserreger zur Überwucherung der begleitenden Bakterienarten zu veranlassen. Eine solche spezifische „Anreicherung" erfahren z. B. die Cholerabakterien durch Züchtung in Peptonwasser oder auf Alkalialbuminat. — Oder

man verwendet das sog. Verdünnungsverfahren, das aber nur gelingt, wenn der gesuchte Spaltpilz in dem Gemenge nicht in erheblicher Minderzahl vorhanden ist. Man verdünnt dabei die zu untersuchende Flüssigkeit so stark mit keimfreiem Wasser, daß in je 1 ccm nur ungefähr ein Spaltpilz enthalten ist. Darauf bringt man in eine größere Zahl von Gläsern mit Nährlösung je 1 ccm der Verdünnung und hat dann relativ gute Chancen, daß wenigstens in einigen Gläsern eine Reinkultur des interessierenden Pilzes zustande kommt.

Diese Verfahren sind aber sehr umständlich; und die Reinzüchtung der Bakterien ist viel einfacher und sicherer geworden, seit Koch seine Methode des festen Nährbodens für die Kultur der Spaltpilze eingeführt hat.

Benutzt man die Oberfläche irgendwelcher fester Nährboden zur Aussaat, wie z. B. die Schnittfläche gekochter Kartoffelscheiben, und breitet man einen Tropfen Flüssigkeit, in welchem mehrere verschiedene Bakterien enthalten sein mögen, auf einer solchen Kartoffel aus, so kommt wahrscheinlich jede Bakterie an einen besonderen Platz zu liegen und wächst dort durch fortgesetzte Teilung und Häufung gleichartiger Individuen zu einer makroskopisch sichtbaren „Kolonie" aus. Man bekommt also auf der Kartoffel räumlich getrennte Kolonien, deren jede eine Reinkultur repräsentiert. Diesen Charakter werden dieselben auch dann bewahren, wenn etwa ein saprophytischer Keim auf die Kartoffel geraten sollte; ein solcher wird mutmaßlich wiederum einen besonderen Platz okkupieren, räumlich getrennt von den anderen Kolonien und diese daher in keiner Weise beeinträchtigen.

Sind allerdings zahlreiche und mannigfaltigere Bakterien vorhanden, dann wird die Verteilung auf dem festen Substrat nicht immer gleichmäßig gelingen; es wird leicht vorkommen, daß auf dieselbe Stelle mehrere Bakterien geraten, während andere Stellen relativ frei bleiben. Besser wäre es, wenn man flüssiges und festes Substrat kombinieren und das flüssige plötzlich in ein festes verwandeln könnte; dann würde in der Flüssigkeit eine völlig gleichmäßige Verteilung der Keime gelingen und bei dem plötzlichen Erstarren würde eine räumliche Trennung der einzelnen Exemplare, selbst wenn diese in großer Zahl vorhanden sind, erreicht werden. — Auch wird es vorteilhafter sein, durchsichtige Nährboden zu verwenden, welche in dünner Schicht eine Durchmusterung mit dem Mikroskop und auf diese Weise kleinste Kolonien zu erkennen gestatten.

Beiden Forderungen können wir gerecht werden, wenn wir den Nährlösungen einen Zusatz von Gelatine oder Agar-Agar geben, so daß die Mischungen bei 25 bis 30° bzw. 35 bis 40° noch flüssig sind, bei rascher Abkühlung aber schnell erstarren.

Am häufigsten benutzt man Nährgelatine, d. h. ein schwach alkalisches Gemenge von Bouillon, Pepton, Kochsalz und 10% Gelatine. Bringt man in ein Glas mit solcher Nährgelatine, nachdem man sie vorher auf 30° erwärmt und dadurch verflüssigt hat, ein beliebiges Gemenge von Bakterien, mischt darauf die Flüssigkeit ordentlich durch und gießt dann die Gelatine auf horizontal gelagerte Glasplatten, oder in ganz flache Glasschälchen in dünner Schicht aus, so werden die einzelnen Keime von der sofort erstarrenden Gelatine in deutlichen Zwischenräumen fixiert. Aus jedem Keim entwickelt sich durch fortgesetzte Vermehrung an der bestimmten Stelle eine aus vielen Millionen gleichartiger Keime bestehende Kolonie, welche gewöhnlich schon nach 1—2 Tagen makroskopisch sichtbar wird; und wenn man eine solche Kolonie weiter studiert, und namentlich auch mikroskopische Präparate davon anfertigt, so zeigt sich, daß sie nur Individuen derselben Art enthält, d. h. daß sie eine Reinkultur einer Spaltpilzart darstellt.

Die auf solchen „Platten“ gewachsenen Kolonien lassen sich auch gut mit schwacher (40—80 facher) Vergrößerung beobachten und zeigen dann mancherlei makroskopisch nicht wahrnehmbare Eigentümlichkeiten, welche mit Vorteil zur diagnostischen Unterscheidung der Arten benutzt werden können. — Ferner läßt sich die Zahl der auf einer Platte vorhandenen Kolonien leicht ermitteln; und da jede Kolonie aus einem Spaltpilzindividuum hervorgegangen ist, so gelangen wir auf diese Weise zu bestimmten Vorstellungen über die Zahl der Bakterien, welche in dem untersuchten Probeobjekt vorhanden waren.

Auch auf den Platten dürfen selbstverständlich nicht zu viel Kolonien vorhanden sein, da dieselben sonst zu dicht gelagert sein und ineinander wachsen würden. Kennt man daher die Menge der im Probematerial enthaltenen Bakterien nicht, so werden stets mehrere Platten mit verschiedenen Verdünnungsstufen angelegt. (Genaueres s. im Anhang.)

Mit Hilfe der geschilderten Methode ist in den meisten Fällen eine Isolierung und Reinkultur der interessierenden Bakterien zu erreichen. Zuweilen gelingt es nicht, z. B. aus einem schleimigen Substrat wirklich isolierte Keime zu erhalten. Für solche Fälle eignet sich das Burrische Tuschepunktverfahren, das sich an die Lindnersche Tröpfchenkultur auf hohlem Objektträger anlehnt. In einem Tropfen Tusche (s. S. 520) verteilt man eine kleine Menge des Materials, beschickt von da einen zweiten, von diesem einen dritten und schließlich einen vierten Tropfen. Mit dieser dünnsten Mischung macht man mittels feiner Zeichenfeder Reihen von kleinen Punkten auf eine Gelatineplatte, legt sterile Deckglasstücke auf und durchmustert mit starkem Trockensystem, in welchem Pünktchen nur ein Keim enthalten ist. Das betreffende Deckglasstückchen überträgt man dann auf geeignetes Nährsubstrat.

Im übrigen sind die Züchtungsbedingungen möglichst zu variieren. Einige Bakterien erfordern für ihre Kultur durchaus höhere Temperatur; die Gelatineplatten darf man aber höchstens bei 22—24° halten, da bei einer Temperatur, die 25° überschreitet, die Gelatine flüssig werden und also der Vorteil des festen Nährbodens verloren gehen würde. In solchen Fällen verwendet man Agargemische, welche noch bei 38° starr bleiben. — Oft beobachtet man, daß nur die auf die Oberfläche der Platte geratenen Keime ordentlich auswachsen. Dann ist es besser, erst die Gelatine- oder Agarmischung in die Glasschälchen auszugießen und dort erstarren zu lassen, und nun erst mit einem Platinpinsel oder einem Glasstab das bakterienhaltige Material auf der erstarrten Oberfläche zu verteilen (s. im Anhang: Typhusdiagnose). — Andere Bakterien verlangen aber durchaus auch noch andere Nährsubstrate; sie wachsen z. B. in Bouillongemischen gar nicht, dagegen in Blutserum. — Wieder andere Bakterien erfordern eine Entfernung des Sauerstoffs, die z. B. durch Aufgießen einer hohen Schicht Gelatine oder Agar, oder besser durch Verdrängen der Luft mittels Wasserstoffgases und Zuschmelzen der Kulturgefäße, ferner auch durch Zusatz gewisser reduzierender Körper, wie Dextrose, Brenzkatechin, ameisensaures Natrium, Schwefelnatrium, alkalisches Pyrogallol u. a. m., oder auch durch Stücke lebender tierischer Organe, erreicht wird. Gut geeignet ist zur anaëroben Züchtung auch der geschlossene Schenkel des Smithschen Gärkölbchens, s. S. 532. — Auch die Züchtung in flüssigen Nährsubstraten darf, nachdem erst eine Isolierung erfolgt ist, nicht versäumt werden; namentlich ist die sogenannte Kultur im hängenden Tropfen wichtig, um das morphologische Verhalten und den Formenkreis der betreffenden Art kennen zu lernen (s. Anhang).

3. Lebensäußerungen der Spaltpilze.

Allen Spaltpilzen kommt die Fähigkeit zu, gewisse Nährstoffe des Substrats, zum Teil unter Zuhilfenahme von sezernierten Fermenten, zu assimilieren und teils für ihr Wachstum und ihre Vermehrung zu verwenden, teils aber zu zerlegen, in Oxydationsprodukte überzuführen, und so die für ihre Leistungen — Wärmeproduktion, Bewegungen, optische Wirkungen — erforderlichen Energiemengen zu gewinnen. Wahrscheinlich ist der Anteil der assimilierten Nährstoffe, welche für das Wachstum und die Vermehrung verwandt wird, bei den verschiedenen Spaltpilzarten sehr wechselnd; manche Bakterien vermögen außerordentlich schnell einen Teil der Nährstoffe in Körpersubstanz überzuführen und dadurch ausgebreitete, makroskopisch sichtbare Kolonien zu bilden.

Unter den Abbauprodukten der Spaltpilze ist die Kohlensäure die allgemeinste, mit seltenen Ausnahmen (s. S. 108) nicht wieder assimilierbare Verbindung. Bei starker Anhäufung vermag sie auf viele Bakterienarten einen schädigenden, die weitere Vermehrung hemmenden Einfluß auszuüben. Auch H und CH_4 finden sich häufig unter den in Kulturen entwickelten Gasen. — Sehr verbreitet sind ferner Reduktionswirkungen; Lackmus und Methylenblau werden durch fast alle Bakterien zu farblosen Leukoprodukten reduziert, Neutralrot von einigen in einen grünfluoreszierenden Farbstoff verwandelt, Schwefelverbindungen zu H_2S oder Merkaptanen, selenigsaures Natrium zu rotem Selen, tellurigsaures Natrium zu schwarzem Tellur reduziert.

Oft wird durch wuchernde Bakterienkolonien die Reaktion des Nährsubstrats verändert; viele Arten produzieren durch Spaltung von Kohlehydraten oder Glyzerin freie Säure, z. B. Milchsäure, Essigsäure usw., kenntlich durch Lackmuszusatz zum Nährsubstrat, oder durch Beimengung von Kreide zur Nährgelatine, in der dann helle Höfe um die säurebildenden Kolonien entstehen (Beijerinck). Andere liefern beim Abbau der Albuminate alkalisch reagierende Verbindungen (Amine, Ammoniumbasen, Verwandlung von Karbonsäuren in Karbonate) und erhöhen daher die Alkaleszenz des Substrats. Besondere Wichtigkeit erlangen diese Stoffwechselprodukte dadurch, daß sie in viel höherem Grade als die Kohlensäure bakterienfeindliche Eigenschaften entfalten. 0·11—0·3% der genannten Säuren und 0·5—1·0% Ammoniumkarbonat reichen hin, um viele Bakterienarten in ihrem Wachstum und ihrer Vermehrung zu hemmen; etwas stärkere Konzentrationen töten sogar manche Arten ab. Im Kampf verschiedener Bakterien um ein Nährsubstrat sind diese Stoffwechselprodukte daher oft von ausschlaggebender Bedeutung.

Sehr verbreitetes Stoffwechselprodukt aus Eiweißkörpern ist Indol, nur in wenigen Bakterienkulturen (z. B. bei Typhus fast ganz, bei Ruhr

ganz) fehlend; nachweisbar durch die Rotfärbung nach Zusatz von Nitrit und Schwefelsäure (Salkowski) oder von Paradimethylamidobenzaldehyd + HCl + Kaliumpersulfat (Ehrlich).

Bei vielen Arten beobachten wir ferner lebhafte rote, blaue, gelbe und grüne Pigmente, welche die Masse der Kolonie und oft noch einen größeren Bezirk des Nährsubstrats färben. Dadurch wird das Aussehen der Kolonie sehr charakteristisch, und oft ist daher die Farbstoffproduktion für diagnostische Zwecke verwertbar. — Manche Pigmentbakterien scheinen nur eine chromogene Substanz zu bilden, welche erst bei Sauerstoffzutritt in den Farbstoff übergeht. Letzterer wird teils als wasserlösliche Substanz, teils in Körnchen in das umgebende Substrat abgeschieden.

Auch Lichterzeugung ist bei zahlreichen Bakterien (Bazillen und Vibrionen) beobachtet. Seefische (grüne Heringe) enthalten stets Leuchtbakterien; auch in Fleischproben sind sie häufig. Züchtung gelingt am besten auf Nähragar mit 3% Kochsalz oder auf sterilisierten Seefischen; die Temperatur muß je nach der zu züchtenden Art variiert werden. Vermutlich ist im Bakterienleib ein Photogen, das bei O-zutritt leuchtet (Molisch).

Von zahlreichen Bakterien gehen teils oberflächliche hydrolytische, teils tiefe Spaltungen der Nahrungsstoffe aus. Erstere wurden früher als Fermentwirkungen, letztere als Gärungen unterschieden; ein durchgreifender Unterschied besteht aber nicht, da auch die Gärungen auf Fermente zurückgeführt sind, die sich durch besondere Methoden aus den Zellen gewinnen lassen (Buchners Zymase, s. unter Hefe). In jedem Falle ist die Masse der gespaltenen Stoffe sehr groß im Verhältnis zur Masse der Fermente. Ein wesentlicher Unterschied besteht insofern zwischen beiden Prozessen, als die nur mit Wassereinlagerung in das Molekül einhergehenden hydrolytischen Spaltungen wenig Wärme liefern, während die Gärungen entweder verwickeltere, mit Atomverschiebungen einhergehende Spaltungen (Spaltungsgärungen) oder Oxydationen (Oxydationsgärungen) mit starker Wärmeentwickelung darstellen.

Von hydrolytischen Enzymen, welche meist aus der lebenden Bakterienzelle nach außen diffundieren, unlösliche Verbindungen des Substrats in lösliche verwandeln und dadurch den Nahrungsbereich der Bakterien erweitern (ähnlich wie das Ptyalin und Pepsin bei den höheren Organismen), gehören:

a) Enzyme, welche auf Albuminate wirken; namentlich die von vielen Bakterien gelieferten trypsinähnlichen Fermente. Letztere lösen Eiweiß, Gelatine usw.; auf den Gelatineplatten entstehen durch proteolytisch wirkende Bakterien Verflüssigungszonen um die Kolonien, die zur Charakterisierung der Art gut benutzt werden können. — Manche Bakterien liefern auch Labferment, das Kasein zur Koagulation bringt.

Hierher gehören ferner die Nukleasen, welche Bakterien auflösen (Bakteriolysine), und zwar entweder fremde oder die eigenen Zellen. Vgl. unter „Toxinen".

β) Enzyme, die auf Kohlehydrate wirken. Einige Bakterien vermögen durch Diastase Stärke in Zucker zu verwandeln; andere liefern Invertin, das Rohrzucker in Traubenzucker überführt; auch Laktase, Maltase usw. findet man gelegentlich.

γ) Fettenzyme, Lipasen; spalten die Fette; ferner Fermente, welche Glykoside spalten; Oxydasen, durch welche Sauerstoff auf gewisse chemische Verbindungen übertragen werden und die gegensätzlichen „Reduktasen", die bei manchen der oben erwähnten Reduktionsprozesse wirksam sind; Peroxydasen, H_2O_2 in H_2O und O spaltend (vgl. S. 208).

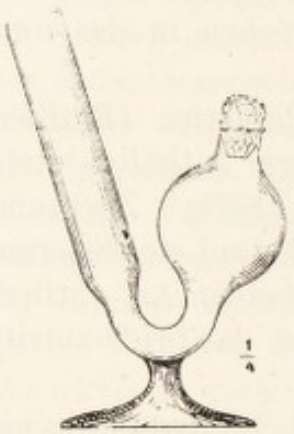


Fig. 151. Gärkölbchen nach Th. Smith.

Von Gärungen, die zweckmäßig in den aus einem offenen und einem geschlossenen Schenkel bestehenden Gärkölbchen von Th. Smith beobachtet werden, seien erwähnt:

α) aus Zucker = Milchsäure; die Erreger dieser Gärung sind: Streptococcus lacticus (vgl. S. 206), der Rechtsmilchsäure liefert, überall verbreitet ist und für gewöhnlich die saure Milchgärung veranlaßt. — Als eine zweite Gruppe von Milchsäurebildnern sind die sog. langen, ebenfalls grampositiven Milchsäurebazillen zu unterscheiden, die in pflanzlichen Stoffen weit verbreitet sind, aber auch in der Milch vorkommen, wie z. B. der Bacillus bulgaricus, der Erreger der Yoghurtgärung, der Boas-Oppler'sche Bazillus im Mageninhalt bei Magenkarzinom. Auf manchen menschlichen und tierischen Schleimhäuten sind sowohl die Streptokokken als die langen Milchsäurebazillen ständige Gäste, so der sog. Enterococcus oder Bacillus acidophilus in Dünn- und Dickdarm, der Bacillus vaginalis (Döderlein) in der Vagina.

β) gemischte sauere Gärungen, bei denen die Milchsäure zurücktritt, und namentlich Essigsäure, Alkohol, Wasserstoff und Kohlensäure, oft auch Propion-, Ameisen- und Bernsteinsäure gebildet werden. Hierher gehören unter anderem die Bakterien der Coli- und Aërogenesgruppe.

γ) aus Stärke und Zucker = Buttersäure und Kohlensäure, Wasserstoff, Butylalkohol als Nebenprodukte. Als Erreger sind bis jetzt mehrere anaërobe und aërobe Bazillen bekannt.

δ) Weniger häufig sind die sogenannte schleimige Gärung, die Dextrangärung des Zuckers; verbreitet ist die Sumpfgasgärung der Zellulose. Ferner gibt es Vergärungen der Fettsäuren und verschiedene eigentümliche Vergärungen des Glyzerins, bei welchem namentlich Äthylalkohol entsteht.

ε) aus Alkohol = Essigsäure. Die Erreger sind zahlreiche Oxydase liefernde Bakterienarten, z. B. B. acetigenum, B. acetosum, B. oxydans usw.; reichlichster Sauerstoffzutritt ist für den regen Ablauf dieser Gärung erforderlich. — Eine Oxydationsgärung ist auch die Nitrifikation im Boden durch die Nitrobakterien; eine Reduktionsgärung dagegen die Zerlegung der Nitrate durch die N in Freiheit setzenden Bakterien des Stallmists.

ζ) Die Vergärung eiweißartiger Stoffe = Fäulnis. Es lassen sich verschiedene Stufen der Zersetzung unterscheiden; zunächst erfolgt Peptonisierung, dann Bildung von Aminosäuren und darauf tiefere Spaltung; es entstehen teils Ammoniakderivate, teils Benzolderivate, teils Fettsäuren, Ptomaïne, Indol usw.

Immer bilden sich diese oder jene stinkenden Gase, z. B. Schwefelammonium, Skatol, flüchtige Fettsäuren, Trimethylamin u. a. m. Die Zerlegung des Eiweißmoleküls im Sinne der Fäulnis vermögen zahlreiche Reduktase liefernde Bakterienarten zu leisten, nur erfolgt durch die einen eine tiefere Zerstörung mit charakteristischeren Endprodukten, als durch die anderen. Bei der spontan verlaufenden Fäulnis, welche uns vorzugsweise interessiert, finden wir stets eine Menge verschiedener Bakterienarten an dem Zerstörungswerk, teils gleichzeitig, teils in einer gewissen Aufeinanderfolge beteiligt. Im Anfange pflegen namentlich Aëroben in den Vordergrund zu treten; in späteren Phasen und tieferen Schichten des Substrats Anaëroben, wie der Bac. putrificus, Bac. posthumus usw. Ist das Substrat der Art, daß während des ganzen Fäulnisprozesses reichlich Sauerstoff zutreten kann, wie z. B. im porösen, für Luft durchgängigen Boden, dann erfolgt Verwesung, d. h. die eigentlichen Fäulnisprodukte und namentlich die stinkenden Gase werden sehr rasch oxydiert zu Wasser, Kohlensäure, salpetriger Säure und Salpetersäure.

Für die Rolle der Bakterien als Krankheitserreger sind ferner von besonderer Bedeutung die von vielen Arten gelieferten Toxine. Wie bei den Fermenten unterscheidet man Ektotoxine, die in das umgebende Substrat diffundieren, leicht extrahierbar sind und von der lebenden Bakterienzelle abgetrennt werden können z. B. durch Filtration durch Tonfilter; und zweitens Endotoxine, die wie die Zymase an der Zellsubstanz haften und nur schwer im unveränderten Zustand aus dieser freigemacht werden können:

1. Zu den Ektotoxinen gehören:

α) Die Fäulnisalkaloide. Amine, Diamine und Ammoniumbasen (Cholin) werden namentlich im Anfangsstadium der Fäulnis von zahlreichen Bakterien geliefert; sie wurden zuerst bei der Leichenfäulnis gefunden und daher als Ptomaïne oder Kadaveralkaloide bezeichnet; sie lassen sich hauptsächlich in Form von Platin- oder Goldchlorid-Doppelsalzen rein gewinnen (Brieger). Einige sind ungiftig, andere zeigen mäßige oder heftige Giftwirkung. Die Menge der letzteren in einem faulenden Substrat ist immer sehr gering; die beim Menschen praktisch vorkommenden Vergiftungen durch bakterienhaltige Nahrung usw. sind daher auf diese Toxine gewöhnlich nicht zurückzuführen. — Über das „Sepsin“ s. S. 618.

β) lytische Fermente, welche gewisse Zellen aufzulösen vermögen. Sehr verbreitet sind namentlich Hämolysine (besser Hämotoxine), sezernierte Stoffe, welche die Erythrozyten lösen und das Blut lackfarben machen: ferner Leukolysine, lösen Leukozyten auf. Manche lösen besondere Zellarten, wie die Zellen des Bindegewebes, des Nierengewebes usw. Auch die Lösung von Bakterienzellen gehört hierher (vgl. oben „Nukleasen“).

γ) spezifische Toxine, oft neben den vorgenannten Lysinen von bestimmten Bakterienarten produziert und von perniziösester Wirkung auf die nervösen Zentralorgane, Herz- und Atmungszentren usw. Früher als Albumosen aufgefaßt und als Toxalbumine bezeichnet; die wahre chemische Natur ist indes noch unbekannt. Den Ektoenzymen ähnliche Gruppe, zu der auch die Schlangengifte und die Phytalbumosen (Rizin, Abrin) gehören. Charakterisiert durch die Fähigkeit, im lebenden Körper Antitoxine zu bilden, durch ihre Wirkung erst nach einer gewissen Inkubationszeit und durch ihre Empfindlichkeit gegen Hitze und Chemikalien. Auf derartigen Toxinen beruht

vorzugsweise die Wirkung der Diphtherie-, der Tetanusbazillen, des Erregers der sog. Wurstvergiftung, des Bac. botulinus und des Ruhrbazillus (dessen Gift zwischen den Ekto- und Endotoxinen steht, s. unten). Vom Tetanustoxin können mitunter 0·00005 mg genügen, um eine Maus von 15 g zu töten, d. h. es kann noch 200 mal giftiger sein als Strychnin.

2. Zu den Endotoxinen rechnet man:

α) Die Bakterienproteïne; hitzebeständige, durch Kochen und durch Einwirkung von Kalilauge u. dgl. aus den Bakterienleibern gewonnene Substanzen, die im Körper des Warmblüters bei der Auflösung von Bakterien durch dessen bakteriolytische Schutzstoffe frei werden. Sie haben positiv chemotaktische Wirkung gegenüber Leukozyten, locken diese an und führen zu Entzündung und Eiteransammlung (phlogogene Wirkung), sie wirken außerdem lymphagog, ferner pyrotoxisch, fiebererregend. Größere Mengen, intraperitoneal einverleibt, können den Tod der Versuchstiere unter starkem Temperaturabfall durch Lähmung der Zirkulations- und Atemzentren herbeiführen. Die Toxitität bzw. die Toxinmenge ist je nach der Bakterienspezies verschieden; manche Arten liefern auch Bakterienproteïne von spezifischer Wirkung.

β) Spezifische, nicht hitzebeständige Endotoxine sind in der Leibessubstanz der Bakterien enthalten, können aber im Laboratorium schwer unzersetzt aus dieser gewonnen werden, während sie im Inneren des Tierkörpers sich oft wie sezernierte Ektotoxine verhalten. Um diese Stoffe zu bekommen, kann man entweder die Bakterienleiber trocken zerreiben; oder auspressen; oder gefrieren lassen und verreiben. In den „Plasminen" sind zwar alle Stoffe in leichter aufschließbarer Form vorhanden, aber auch die Bakterienproteïne sind zugegen. Um letztere auszuschließen, hat man z. B. Erhitzen der völlig trockenen Leiber 3 Stunden auf 130° versucht; oder Autolyse, indem man die feuchte Kulturmasse ohne Zusatz oder mit Zusatz von etwas destilliertem Wasser bei 37° sich selbst überläßt. Die „primären" Toxine zerfallen leicht, so daß die nach der Extraktion gewonnenen Gifte oft als „sekundäre" anzusehen sind.

Als eine besondere Lebensäußerung der Bakterien ist die Krankheitserregung im tierischen und menschlichen Körper aufzufassen. Zur Krankheitserregung sind keineswegs alle Spaltpilzarten befähigt; die größte Mehrzahl sind vielmehr exquisite Saprophyten, welche stets nur auf abgestorbenem Material wuchern und nicht imstande sind, im lebenden Körper des Warmblüters sich zu vermehren; sie können höchstens dadurch, daß sehr große Mengen von ihnen in den Körper eingebracht werden und dort in kurzer Zeit zugrunde gehen, durch die dabei in den Kreislauf gelangenden körperfremden Stoffe (s. u.) Störungen hervorrufen. Einige Saprophyten sind dadurch ausgezeichnet, daß sie bei ihrer Wucherung auf totem Substrat, Nahrungsmitteln usw. Gifte produzieren und durch diese Vergiftungssymptome bewirken können (Botulismus). Die Fähigkeit, im lebenden Tierkörper zu wuchern, die sog. Infektiosität oder Virulenz, muß auf das Vorhandensein bestimmter Stoffe, der Aggressine oder Angriffsstoffe (Kruse) zurückgeführt werden, welche die Abwehrkräfte des Körpers zu neutralisieren vermögen. Das Vorhandensein der Aggressine läßt sich am leichtesten

nachweisen, wenn man Kulturen bestimmter Gramnegativer Bazillen z. B. Ruhrbazillen, extrahiert; unter dem Einfluß solchen Extraktes können z. B. kleinste Mengen Ruhrbazillen, die nur den 1000. Teil der allein für sich vermehrungsfähigen Dosis ausmachen, in der Bauchhöhle des Meerschweinchens zur Wucherung gelangen. Bei Grampositiven Bakterien erhält man wirksame Extrakte nur aus den Exsudaten infizierter Tiere. — Unter den infektiösen Bakterien lassen sich unterscheiden: 1. Halbparasiten, von denen große Impfdosen nötig sind, so daß die Schutzstoffe durch viele absterbende Bakterien erschöpft werden; ferner Nekroparasiten, die sich nur in vorher geschädigtem Gewebe ansiedeln (Tetanusbazillen). 2. Vollparasiten, von denen wenige ausreichen zur Wucherung im Wirt (Bail).

Unter den Vollparasiten verhalten sich manche Arten als obligate Parasiten, die ausschließlich im lebenden Körper wuchern und totes Nährsubstrat verschmähen; viele sind dagegen fakultative Parasiten, die zwar auf totem Material gut fortkommen, in unserer Umgebung also gelegentlich sich vermehren oder doch leicht künstlich zu kultivieren sind, die aber andererseits auch im lebenden Körper gedeihen.

4. Absterbebedingungen der Spaltpilze.

Der vorübergehende Verlust einer einzelnen Lebensäußerung durch ungünstige Existenzbedingungen bedeutet die niederste Phase der Schädigung des Bakterienlebens. Diese geht in ein vorgeschritteneres Stadium über, wenn Lebensäußerungen wie Farbstoff-, Toxinlieferung, Gärvermögen usw. dauernd in Verlust geraten. Am wichtigsten ist eine dauernde Einbuße an Energie der Krankheitserregung, die viele pathogene Bakterien durch schädigende Einflüsse erleiden. Sie wird gewöhnlich als „Abschwächung“ bezeichnet; häufig geht mit ihr eine Schwächung der gesamten Lebensenergie, eine Verlangsamung der Vermehrung und eine geringere Resistenz gegen Schädlichkeiten einher (Genaueres s. unten).

Abgesehen von dieser Beeinflussung einzelner Lebensäußerungen unterscheidet man bei dem Einfluß äußerer Schädlichkeiten auf die Bakterien zwei Stufen: Erstens die Überführung in einen Zustand latenten Lebens. Es tritt dabei eine Hemmung des Wachstums und der Vermehrung, oder eine Hemmung des Auskeimens der Sporen ein, welche aber zunächst nur so lange anhält, wie das schädigende Moment einwirkt. Sobald rechtzeitig Beseitigung des schädigenden Einflusses erfolgt, beginnt sogleich wieder lebhafte Vermehrung.

Eine solche Entwickelungshemmung kann z. B. hervorgerufen werden durch das Fehlen oder die Beschränkung irgend eines notwendigen Nährstoffs, z. B. durch mäßige Wasserentziehung (prak-

tisch verwendet zum Konservieren vieler Nahrungsmittel). Ferner wird die Vermehrung zum Stillstand gebracht durch niedrige Temperatur, verschieden je nach der Spaltpilzart und nach den jeweiligen sonstigen Bedingungen. Das Wachstum der Tuberkelbazillen sistiert bei einer Temperatur unter 25°; für andere pathogene Bakterien liegt die kritische Temperatur unter 15—16°; für viele Saprophyten unter 5°, für einige erst unter 0°.

Außerdem kann eine Entwickelungshemmung durch Zusatz sehr kleiner Mengen von gewissen chemischen Substanzen zum Nährsubstrat oder auch durch Stoffwechselprodukte der Bakterien (s. S. 530) erreicht werden; die nebenstehende Tabelle gibt — soweit eine vergleichende Übersicht aus den verschiedenen, nicht nach einheitlicher Methode ausgeführten Versuchen überhaupt entnommen werden kann — ungefähre Zahlen dafür, in welcher Konzentration diese auf verschiedene Bakterienarten wirken.

Die Wirksamkeit der Gifte läßt sich quantitativ dadurch feststellen, daß man verschiedene Mengen des Mittels der Nährgelatine, bzw. Bouillon oder Serum zufügt und nun beobachtet, ob das Wachstum der betreffenden Bakterienart vollständig oder teilweise behindert ist. Man findet dabei oft ein ganz verschiedenes Verhalten der einzelnen Bakterienarten; ferner ist aber sehr wohl auf die gesamten übrigen Lebensbedingungen zu achten; z. B. auf die Temperatur, Nährstoffe, Reaktion usw.; werden die Bakterien auf dem Temperaturoptimum gehalten, so ertragen sie manche schädliche Momente reaktionslos, die bei ungünstigerer Temperatur schon merklichen Einfluß äußern.

Zweitens: von der Entwickelungshemmung wesentlich verschieden ist die Tötung der Bakterien, welche jedes Leben derselben unmöglich macht, auch nachdem die schädigenden Mittel wieder entfernt und die besten Lebensbedingungen hergestellt sind. Tötung kann aus der Entwickelungshemmung hervorgehen und durch die gleichen Mittel wie diese bewirkt werden, wenn die Dauer der Einwirkung verlängert wird; sie kann ferner in relativ kurzer Zeit erreicht werden dadurch, daß das hemmende Mittel konzentrierter und energischer angewendet wird. Konzentration und Dauer der Einwirkung sind daher bei jeder Abschätzung eines bakterientötenden Mittels genau zu berücksichtigen. Die Wirksamkeit variiert je nach der Bakterienart; ferner je nach dem Alter der Individuen. Jüngere Individuen scheinen resistenter zu sein als ältere, der Involution nahe; Sporen sind oft enorm viel widerstandsfähiger als die vegetativen Formen. Von großem Einfluß sind außerdem auch hier die übrigen gleichzeitig vorhandenen Lebensbedingungen, Temperatur, Nährsubstrat usw.; durch gleichzeitige geringe Erhöhung der Temperatur ist der Effekt der schädigenden Mittel meist erheblich zu steigern.

Bei den chemischen für die Bakterientötung in Betracht kommenden Substanzen erfolgt zunächst Adsorption der gelösten

Bakterienhemmende Mittel	Hemmt die Entwickelung von		
	Milzbrand-bazillen	Fäulnis-bakterien (in Bouillon)	anderen Bakterien
Wasserstoffsuperoxyd		1 : 20000	
Chlor	1 : 1500	1 : 4000	
Brom	1 : 1500	1 : 2000	
Jod	1 : 1500	1 : 5000	
Jodkalium		1 : 7	
Chlornatrium	1 : 60	1 : 12	
Schwefel- oder Salzsäure	1 : 3000	1 : 400	Cholera 1 : 6000 Diphtherie 1 : 3000 Rotz 1 : 700
Schweflige Säure		1 : 6000	Typhus 1 : 500 Cholera 1 : 1000
Arsenige Säure		1 : 200	
Borsäure	1 : 800	1 : 100	
Borax		1 : 40	
Kalilauge	1 : 700		Diphtherie 1 : 600 Cholera, Typhus 1 : 400
Ammoniak	1 : 700		Cholera, Typhus 1 : 500
Soda			Cholera, Typhus 1 : 45
Ätzkalk			Cholera, Typhus 1 : 1100
Silbernitrat	1 : 60000	1 : 10000	Cholera, Typhus 1 : 50000
Quecksilberchlorid	1 : 100000	1 : 20000	Typhus 1 : 60000
Kupfersulfat	in Serum 1 : 1000	1 : 1000	
Eisenvitriol		1 : 90	
Kaliumpermanganat	1 : 1000	1 : 500	
Formalin (40 % Formaldehyd)		1 : 4000	Cholera 1 : 20000 Staphyl. 1 : 5000
Alkohol	1 : 12	1 : 10	
Essigsäure, Oxalsäure usw.		1 : 400	
Senföl	1 : 30000	1 : 3000	
Karbolsäure	1 : 800	1 : 500	Diphtherie 1 : 500 Typhus 1 : 400 Cholera 1 : 600
Benzoesäure	1 : 1000		
Salizylsäure	1 : 1500	1 : 1000	
Thymol	1 : 10000	1 : 3500	
Kampfer	1 : 1000		
Chinin	1 : 600		
Terpentinöl	1 : 8000		
Pfefferminzöl	1 : 3000		
Kaliseife	1 : 1000		

Stoffe durch die Körper der Bakterien (Herzog). Sodann müssen die Stoffe in die Bakterienzelle eindringen. Als lebenswichtige Bestandteile, die für die Angriffe der schädigenden Stoffe in Frage kommen, finden sich hier namentlich Lipoide und Kolloide. Bei manchen schädigenden Mitteln hängt die Wirkung von ihrer Lipoidlöslichkeit ab; andere sind lipoidunlöslich und greifen die Kolloide der Zelle an; oder es gehen beide Wirkungen nebeneinander her. Bei den die Kolloide angreifenden Mitteln spielt die Dissoziation in Ionen die bedeutendste Rolle, die Wirkung entspricht geradezu der Intensität der Dissoziation, Dies ist der Fall z. B. bei den Salzen der Schwermetalle, den anorganischen Säuren, den Ätzalkalien und Erdalkalien. Dagegen tritt bei den organischen Säuren die Lipoidlöslichkeit in den Vordergrund (Gottlieb). — So weit Dissoziation in Frage kommt, muß auch das Lösungsmittel, in welchen Bakterien und Chemikalien aufeinander treffen, von größter Bedeutung sein. In konzentriertem Alkohol oder Öl gelöst, werden Mittel völlig unwirksam, die in wäßriger Lösung durch die frei werdenden Ionen stärkste Wirkungen äußern. — Auch eine Schädigung von parasitären Bakterien im tierischen Organismus (innere Desinfektion) kann durch solche Stoffe erfolgen, die mit größerer Affinität zu den Parasiten als zu den Organen ausgestattet, die also mehr „parasitotrop“ als „organotrop“ sind (Ehrlich).

Die Prüfung geschieht in der Weise, daß eine gewisse, annähernd gleiche Menge einer frischen, feuchten, oder auch an Deckgläsern, Granaten, Sandkörnern usw. vorsichtig angetrockneten Kultur eine gemessene Zeit mit den zu prüfenden Mitteln in Berührung gebracht wird. Dann wird das Material mit Nährgelatine gemischt in Platten ausgegossen oder besser in Bouillon oder Serum bei 35° gehalten. Werden chemische Substanzen geprüft, so müssen die Deckgläser bzw. Granaten, nachdem sie aus der Giftlösung herausgenommen sind, mehrfach in destilliertem Wasser und womöglich vorher noch mit einer das Gift neutralisierenden Lösung (z. B. Schwefelammonium bei Sublimatanwendung) abgespült werden, damit keine Spur des Giftes in das Nährsubstrat übertragen wird und dort etwa hemmend auf das Wachstum wirkt. Die Kulturen werden längere Zeit im Brütofen gehalten; ist dann in denselben jede Bildung von Kolonien ausgeblieben, so sind die betreffenden Bakterien als getötet anzusehen. — Oder es wird das allmähliche Absterben einer größeren Anzahl von Bakterien in verschiedenen Zeiträumen beobachtet.

Besonders beachtenswert sind diejenigen schädigenden Einflüsse, welche innerhalb unserer natürlichen Umgebung ein Absterben von Bakterien in größerem Umfange zu bewirken vermögen. Dahin gehört fortgesetztes Fehlen von Nährstoffen, infolgedessen sporenfreie Bakterien den Inanitionstod erleiden, und zwar einige Arten schon nach Stunden, andere erst nach Monaten und Jahren. In Kulturen von Cholerabazillen pflegen nach 36 Stunden nur noch 1% der gewucherten Bazillen am Leben zu sein. In ähnlicher Weise haben wir

Bakterientötende Mittel	Vernichtet:			
	Strepto- und Staphylokokken	Milzbrand-, Typhus-, Cholerabazillen		Milzbrandsporen
	innerh. 5 Min.	innerh. 5 Min.	in 2—24 Std.	
Wasserstoffsuperoxyd	3 : 100	1 : 200	1 : 500	1 : 100 n. 1 St.
Chlor	0 · 03 %	0 · 03 %	0 · 005 %	0 · 02 % in 1 St.
Jodtrichlorid	1 : 200	1 : 1000		1 : 1000 ($^1/_2$ Tg.), 1 % sofort
Schwefel-od. Salzsäure	1 : 10	1 : 100	1 : 1500 Typhus 1 : 700	1 : 50 n. 10 Tagen
Borsäure			1 : 30	unvollständig selbst in konz. Lösung
Kalilauge	1 : 5		1 : 300	
Ammoniak			1 : 300	
Soda			1 : 40	
Ammoniumkarbonat.			1 : 100	
Ätzkalk		5 : 1000	1 : 1000	
Silbernitrat.	1 : 2000		1 : 4000	1 : 1500 in Wasser 1 : 3000 in Serum
Quecksilberchlorid .	1 : 10000—1000	1 : 2000	1 : 10000	1 : 1000 2. St.
Kaliumpermanganat.	1 : 200			1 : 50 in 40 Min.
Chlorkalk		1 : 100	1 : 500	
Alkohol	5 % n. 5 Min.	5 % n. 10 Min.		
Chloroform			1 : 14	
Formalin	1 : 20	1 : 20	1 : 100	1 : 80 in $1^1/_2$ St.
Karbolsäure	1 : 60	Cholera 1 : 200 Typhus 1 : 50	1 : 300	1 : 20 in 4 Tagen (bei 40° in 3 Stunden)
Kresolseife	1 : 40	1 : 40		1 : 10 n. 12 St.

in jeder Bakterienkultur mit einem umfangreichen Absterben zahlreicher Individuen und dem Überleben relativ weniger besonders widerstandsfähiger zu rechnen. — Ferner erfolgt Schädigung durch gleichzeitig auf demselben Substrat wuchernde andere Bakterienarten und deren Stoffwechselprodukte (Säure, Alkali); sodann durch Temperaturen von 45—60°, wie sie namentlich an der besonnten Bodenoberfläche häufig vorkommen. Bereits früher hervorgehoben (S. 59) ist der Einfluß des Lichts, besonders des direkten Sonnenlichts. — In großem Maßstabe in der Natur wirksam ist noch die Wasserentziehung, das Austrocknen der Bakterien. Zahlreiche Mikrokokken, Spirillen und Bazillen vertragen durchaus keine intensivere Wasserentziehung. Die an trockenen Objekten haftenden Bakterien, namentlich die im ganzen

empfindlicheren pathogenen, sind daher oft nicht mehr lebensfähig; solche Arten können auch niemals durch Luftstaub verbreitet werden, da in letzteren nur völlig trockene Organismen übergehen. Für die Infektionsgefahr, welcher wir durch eine bestimmte Spaltpilzart ausgesetzt sind, ist es daher von großer Bedeutung, ob die Individuen der betreffenden Art beim völligen Austrocknen sich lebensfähig erhalten (vgl. S. 97).

Die künstlich anwendbaren Tötungsmittel sind praktisch wichtig, weil sie unter Umständen zur Desinfektion, d. h. zur Befreiung der Kleider, Wohnungen usw. von Infektionserregern benutzt werden. Von diesen Mitteln, deren praktische Anwendung später zu erörtern ist, sei zunächst hohe Temperatur erwähnt. In flüssigen Substraten oder in Dampf sind 50—60° im allgemeinen ausreichend, um bei einer Einwirkungsdauer von 10—60 Minuten sporenfreie Bazillen und Mikrokokken zu töten. Einige Arten erfordern höhere Wärmegrade oder längere Einwirkung. Sporen gehen vielfach erst durch eine Temperatur von 100° zugrunde, welche 2—15 Minuten, bei einzelnen saprophytischen Arten sogar 5—16 Stunden einwirken muß.

Erfolgt die Erhitzung im trockenen Zustand und in relativ trockener Luft, so ist offenbar das Eindringen der Hitze erschwert und die das Absterben begleitenden Änderungen des Protoplasmas kommen nicht so leicht zustande, als wenn dieses einen gewissen Wassergehalt besitzt. Trockene Luft tötet daher dieselben Sporen erst bei einstündiger Einwirkung von 140—160° oder bei 48stündiger Einwirkung von 80°, welche in Wasser von 80° oder in Wasserdampf innerhalb 5—10 Minuten zugrunde gehen.

Niedere Temperaturen, auch unter 0°, wirken nur in geringem Grade schädigend. Manche besonders empfindliche Bakterienarten gehen durch Gefrieren zugrunde; von anderen Arten sterben die älteren Individuen ab; die Mehrzahl der sporenfreien und wohl alle sporenhaltige Bakterien bleiben dagegen lebensfähig.

Ferner sind zur Tötung der Bakterien die zahlreichen chemischen Substanzen geeignet, die auch zur Entwickelungshemmung benutzt werden. Die Tabelle S. 539 gibt eine Übersicht über die Wirksamkeit der wichtigsten chemischen Tötungsmittel gegenüber vorsichtig angetrockneten Bakterien, jedoch nur in ganz annähernder Weise, da die Einzelzahlen nicht nach einheitlicher und den oben präzisierten Forderungen entsprechender Methode gewonnen sind.

Chlor, Brom und Jod desinfizieren sehr energisch, sind aber in der Praxis der Desinfektion wenig anwendbar, weil sie alle Gegenstände zu stark beschädigen. Ozon wirkt erst in größerer Konzentration bakterientötend (s. S. 365). Wasserstoffsuperoxyd desinfiziert schon in 1% iger Lösung kräftig und ist praktisch verwendbar. — Die Mineralsäuren sind untereinander ziemlich gleichwertig; sporenfreie Bakterien werden durch 1% ige Lösung in

wenigen Minuten vernichtet. Die Alkalien wirken in Form der Ätzalkalien zwei- bis dreimal schwächer als Säuren, erheblich geringer in Form der Karbonate. Die Ammonverbindungen stehen hinter den übrigen Alkalien zurück. Seifenlösungen sind sehr verschieden wirksam; die käufliche Schmierseife wirkt hauptsächlich durch Überschuß an freiem Alkali, der aber inkonstant ist; andere Seifen, insbesondere solche, welche gesättigte Fettsäuren enthalten, wirken erheblich besser. Im allgemeinen ist bei den käuflichen Seifen ein Desinfektionserfolg nur auf die gleichzeitige Erwärmung (50—60°) zu schieben und von gleich warmem Wasser nicht wesentlich verschieden. — Energisch desinfizierende Wirkung kommt dem Ätzkalk zu. Diesem weit überlegen sind aber Kupfer-, Silber-, Gold- und Quecksilbersalze. Letztere repräsentieren unser wirksamstes und am meisten anwendbares Desinfektionsmittel.

Unter den organischen Verbindungen ist das Chloroform als gutes Desinfiziens zu nennen; mit Chloroform gesättigtes Wasser tötet sporenfreie Bakterien rasch ab. Jodoform wirkt auf fast alle Bakterien gar nicht schädigend (Ausnahme: Cholerabazillen); zur Wundbehandlung ist es trotzdem verwendbar, weil anscheinend unter dem Einfluß gewisser Bakterien und Zersetzungen in der Wunde Abspaltung von Jod erfolgt. Formaldehyd in 40%iger wäßriger Lösung (Formalin) hemmt in 1 p. m.-Lösung die Bakterienwucherung; bei erheblich höheren Konzentrationen tötet es Bakterien, selbst Sporen. In Gasform ist Formaldehyd bei Einhaltung einer bestimmten Konzentration und Zeitdauer der Einwirkung imstande, alle auf den Flächen und in der Luft eines Zimmers vorhandenen pathogenen Bakterien abzutöten. Formaldehyd spielt daher in der Praxis der Desinfektion eine wichtige Rolle. — Auch verdünnter Äthylalkohol wird praktisch als Desinfektionsmittel verwendet, besonders zur Händesterilisation vor aseptischen Operationen. Absoluter Alkohol wirkt ganz unvollkommen, am besten 60%iger Alkohol. Gut wirksam auf der Haut ist Seifenspiritus; ferner Jodtinktur.

Verbreitete Desinfizienten finden sich unter den Körpern der aromatischen Reihe. Bis vor einigen Jahren hielt man die Karbolsäure für am besten wirksam; es zeigte sich aber, daß wirksamere Körper gegeben sind in den Kresolen (Oxytoluolen) und anderen homologen Phenolen, die neben Karbol im Teer und in der rohen Karbolsäure enthalten sind. Um die schwer löslichen, bzw. unlöslichen Kresole löslich zu machen, wird entweder Schwefelsäure zu roher Karbolsäure zugesetzt, so daß sich Kresolsulfosäuren bilden, oder die Kresole werden mit Seifenlösung emulgiert (Kresolseifenlösung); oder die Kohlenwasserstoffe und Kresole des Teers werden durch Harzseife emulgiert (Kreolin); oder aus einem an Kresolen reichen Teeröl wird durch Leinölseife eine Lösung hergestellt (Lysol); oder die Kresole sind durch kresotinsaures Natrium (Solveol) bzw. durch Kresolnatrium (Solutol) in Lösung gebracht; oder endlich rohes Karbol ist mit Mineralöl gemischt, so daß die Mischung auf Wasser schwimmt, allmählich lösen sich dann von oben her Kresole in den zu desinfizierenden Flüssigkeiten (Saprol). — Von diesen Präparaten ist das praktisch wichtigste die offizinelle Kresolseife, Liquor Cresoli saponatus, ein Gemisch von gleichen Teilen Rohkresol und Kaliseife, das in 5%iger Lösung zur Verwendung kommt. — Neuerdings haben sich auch Chlorkresol-Präparate gut bewährt.

Bemerkenswert sind unter den organischen Desinfizienten noch die ätherischen Öle, die in vielen Parfüms enthalten sind; ferner die Anilinfarbstoffe, wie Methylviolett (Pyoktanin) und Malachitgrün, die in Verdünnungen von 1 : 1000 manche sporenfreie Bakterien rasch abtöten.

5. Die diagnostische Unterscheidung und systematische Einteilung der Spaltpilzarten.

Früher haben einige Botaniker wohl die Ansicht geäußert, daß die Spaltpilze ein derartiges Anpassungsvermögen besitzen, daß sie ihre Form und ihre Funktionen je nach dem Substrat ändern, auf welchem sie gerade leben und daß daher Spezies mit konstanten Charakteren sich überhaupt nicht aufstellen lassen. Diese Ansicht hat jedoch keine Bestätigung gefunden. Wir sehen vielmehr, daß distinkte Spezies und Varietäten bei den Spaltpilzen in der nämlichen Weise existieren, wie bei den Schimmelpilzen und bei den höheren Pflanzen. Manche Spaltpilze bewahren sogar ihre Artcharaktere mit ganz besonderer Zähigkeit. Bei anderen dagegen beobachtet man allerdings mit der Variierung der Lebensbedingungen und namentlich an älteren Kulturen Abweichungen von ihrem sonstigen Verhalten, z. B. dauernden Verlust der Sporenbildung, der Farbstoffproduktion, oder erbliche Anpassung an veränderte Temperatur und sonstige Lebensverhältnisse, oder Zunahme der Virulenz oder auch gewisse morphologische Abweichungen, die man bei allmählicher Änderung am besten unter der Bezeichnung Transformationen zusammenfaßt. Treten diese Änderungen sehr plötzlich auf, so hat man ihnen wohl den Namen „Mutationen" beigelegt, der aber bereits für einen besonderen Vorgang bei Organismen mit geschlechtlicher Vermehrung vergeben ist und sich nicht ohne weiteres auf Spaltpilze übertragen läßt.

Die beobachteten Abweichungen halten sich indes innerhalb solcher Grenzen, daß sie keineswegs zu einem völligen Verwischen aller Artcharaktere führen, sondern vielmehr einen Teil der Arteigentümlichkeiten bilden; je vollständiger sie erkannt werden, um so besser gelingt die Abgrenzung der Art.

Für die praktische Verwertung unserer Kenntnisse über die Mikroorganismen ist dies von außerordentlicher Bedeutung. Andernfalls würde weder jemals eine diagnostische Unterscheidung und Erkennung von Spaltpilzen möglich sein, noch könnten wir mit irgend welcher Aussicht auf Erfolg mit Spaltpilzen experimentieren und zu wirklichen Fortschritten in der Erkenntnis des Verhaltens der Infektionserreger gelangen.

Als Klassifikationsprinzip eignen sich: **Erstens** morphologische Merkmale. Unter diesen scheint sich der Modus der Fruktifikation, also der Sporenbildung und Sporenkeimung, am konstantesten zu erhalten. Da diese Vorgänge indessen sehr schwierig zu beobachten und für viele Bakterien noch gar nicht erforscht sind oder überhaupt nicht vorliegen, müssen vorläufig andere morphologische Merkmale zur Klassifikation benutzt werden, z. B. Form und Lagerung,

Kapselbildung, Färbbarkeit, Zahl und Insertionsart der Geißeln usw. Vor allem ist die verschiedene Wuchsform der Bakterien als Mikrococcus, bzw. Bacillus (Bacterium) oder Spirillum in Betracht zu ziehen, da dieselbe mit wenigen Ausnahmen von der einzelnen Art zäh festgehalten wird. Die systematische Einteilung der Spaltpilze stützt sich daher zweckmäßig zuvörderst auf drei große Abteilungen: Coccaceae, Bacillaceae (Bakteriaceae), Spirillaceae, wobei unter die Coccaceae nur solche Bakterienarten gerechnet werden, welche bei ihrer Vermehrung ausschließlich kugelige Individuen bilden; unter die Bacillaceae solche, welche für gewöhnlich als Stäbchen oder Fäden, zuweilen als Sporen, niemals aber als Mikrokokken, d. h. mit fortgesetzter Vermehrung in Kugelform vorkommen; und unter die Spirillaceae solche Arten, welche stets als kürzere oder längere Stücke von Schrauben erscheinen und bei ihrer Vermehrung immer wieder solche Schrauben produzieren.

Zweitens können biologische Merkmale zur Differenzierung benutzt werden. Vor allem bietet das Aussehen der Kolonien auf einem bestimmten Nährboden augenfällige Differenzen.

Berücksichtigt man zunächst nur einen sog. normalen Nährboden, nämlich die mehrerwähnte Nährgelatine, so zeigen sich bereits auf dieser die Kolonien verschiedener Arten von ganz ungleichem Aussehen. Auf den Platten bildet die eine Art weiße trockene Häufchen, die andere weiße schleimige Tropfen, eine dritte Kolonie verflüssigt die Gelatine in ihrem Umkreis und sinkt auf den Boden des hergestellten Verflüssigungskraters; wieder andere Kolonien zeigen lebhaft gelbe, grüne, rosarote, dunkelrote Farbe. — Ferner zeigt das mikroskopische Bild der jüngsten Kolonien sehr charakteristische Differenzen. Dieselben erscheinen bald als runde, scharf konturierte, bald als unregelmäßige Scheiben mit vielfach gezacktem und gezähneltem Kontur. Bald sind sie weißlich oder hellgelb von Farbe, bald dunkelbraun bis schwarz; bald zeigen sie eine homogene Oberfläche, bald ist diese von tiefen Furchen durchzogen. Auch die sogenannten „Stich- und Strichkulturen“ in Nährgelatine liefern manches interessante Merkmal.

Oft bietet die Art des Wachstums auf anderen Nährsubstraten und deren Zersetzung brauchbare Unterschiede. Z. B. wachsen manche Bakterien auf Nährgelatine gleich, aber auf Kartoffeln, auf zuckerhaltigen Nährböden u. dgl. völlig verschieden. Auch die übrigen Lebensbedingungen, oder aber die Absterbebedingungen gewähren Unterscheidungsmerkmale, wenn die Kulturmethoden versagen. Manchmal zeigt uns das Tierexperiment noch Unterschiede zwischen zwei Arten, welche im übrigen als völlig gleich erscheinen.

Ist eine kleine Gruppe unter sich sehr ähnlicher Bakterienarten aus der Menge der übrigen abgegrenzt, so lassen sich innerhalb dieser Gruppe oft mit Vorteil wieder morphologische Differenzen, Besonderheiten in der Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe (Gramsche Färbung) u. dgl. verwerten. Schließlich geben uns die im Tierkörper durch eindringende Bakterien einer bestimmten Art gebildeten Schutzstoffe des Serums ungemein feine und wichtige Hilfsmittel zur Unterscheidung ähnlicher Bakterienarten voneinander.

Findet man zwischen zwei Bakterienarten, von denen verschiedenartige Wirkungen auszugehen scheinen, keine morphologische oder biologische Differenzen, so ist man offenbar nicht berechtigt, infolge eines solchen Mangels von merklichen Differenzen die Bakterien als identisch und beide Krankheiten als ätiologisch einheitlich anzusehen. Unsere Mittel zur Untersuchung und Unterscheidung der Bakterien sind gegenüber deren unendlichen Kleinheit doch noch so unzulänglich, daß sehr wohl typische Differenzen existieren können, welche sich bis jetzt unserer Wahrnehmung entziehen.

e) *Protozoen.*

Unter Protozoen versteht man die niedersten tierischen Lebewesen, deren Abgrenzung von den einfachsten Pflanzen zuweilen auf Schwierigkeiten stößt.

Die Protozoen sind einzellig; es findet sich aber eine gewisse Differenzierung ihres zähflüssigen Plasmas, durch welche die Organe der höheren Tiere (Metazoen) einigermaßen ersetzt werden; die differenzierten Körperteile werden daher als Organellen bezeichnet. Man unterscheidet:

1. Stütz- und Schutzorganellen. Das Zellplasma besteht aus flüssigerem Hyaloplasma und zäherem Spongioplasma; letzteres bildet eine wabenartige Gerüstsubstanz, deren Hohlräume mit Hyaloplasma gefüllt sind. Dichteres zur Erhaltung konstanter Eigenform geeigneteres Plasma führt z. B. zum Periplast bei Flagellaten, zur Cutikula bei Gregarinen, ferner zu den in der Längsachse von Flagellaten verlaufenden Achsenfibrillen. — Andere mehr zum Schutz als zur Stütze dienende Verdichtungen führen zur Zysten- oder Schalenbildung.

2. Bewegungsorganellen. Die Fortbewegung erfolgt entweder durch Aussenden von Pseudopodien, die infolge von Änderungen der Oberflächenspannung bald hier bald da hervortreten. Oder durch Geißeln, die entweder direkte feine Plasmafortsätze sind, oft mit elastischer Achsenfibrille als Stütze, oder die zunächst als Randfaden auf einer undulierenden Membran, einer dünnen an beiden Seiten des Zellleibs heraustretenden Plasmalamelle, sich hinziehen. Die Hauptgeißeln befinden sich am Vorderende; die hinteren sind sog. Schleppgeißeln, die wesentlich als Steuerruder dienen. — Bei vielen Protozoen kommt Bewegung durch Wimpern zustande, haarförmige Plasmafortsätze, die zu Wimperplättchen verschmelzen können.

3. Stoffwechselorganellen. a) Eine Art Mundöffnung, die der Nahrungsaufnahme bei solchen Protozoen dient, die nicht nur auf osmotischem Wege, sondern auch geformte Nahrung einführen; b) die Nahrungsvakuole, eine bläschenförmige Wasseransammlung, in welche Säure und Fermente sezerniert werden und die der Verdauung dient;

c) eine pulsierende Vakuole (bei Süßwasserprotozoen), die in regelmäßigen Pausen sich füllt und entleert = Atmungs- und Exkretionsorganelle.

4. Der Kernapparat. Der Kern ist von sehr verschiedener Form; bei der Teilung zeigt er oft Spindelform. Entweder sind sie massiv, scheibenförmig oder bläschenförmig; in letzterem Falle ist eine Art Membran zu unterscheiden, zentral ein runder, stark färbbarer Innenkörper = Caryosom. Zwischen beiden zieht sich ein achromatisches (nach Romanowski-Giemsa nicht rot gefärbtes) Netzwerk aus Plastin hin, und auf diesem findet sich in Form von Strängen und Körnern das nach Romanowski-Giemsa rot gefärbte Chromatin. Schädliche Einflüsse verschieben oft das normalerweise konstante Verhältnis zwischen Plastin und Chromatin, so daß z. B. das Plastin übermäßig wuchert und das Chromatin schrumpft und umgekehrt. — Häufig bleibt bei dem häufigen Formenwechsel des Caryosoms nur ein kleines Körnchen, das Centriol, übrig. Oft findet man auch normalerweise kleine die Chromatinfärbung annehmende Elemente im Plasma = Chromidien.

Bei manchen Protozoen begegnet man zwei Kernen, von denen der eine z. B. beim Stoffwechsel, der andere bei der geschlechtlichen Vermehrung beteiligt ist. Bei den hier besonders interessierenden Flagellaten fungiert ein größerer Kern als Hauptkern, und neben diesem besteht ein besonderer lokomotorischer Kern, der Blepharoplast, von dem die Geißeln ihren Ursprung nehmen. In manchen Fällen entspringen sie einfachen oder doppelten Basalkörpern, die mittels Fibrillen (Rhizoplasten) mit dem Kern in Verbindung stehen.

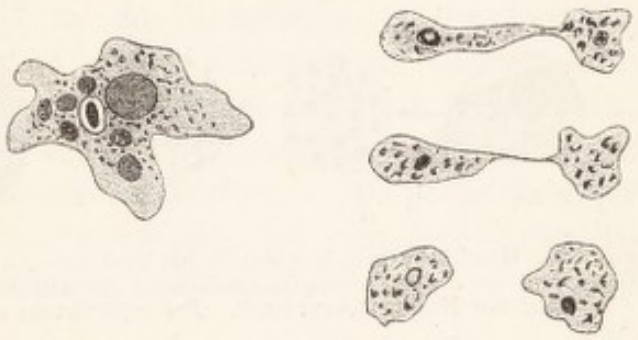


Fig. 152.
Amöbenteilung, 500: 1.

Die Fortpflanzung vollzieht sich 1. durch Schizogonie; und zwar entweder durch einfache Quer- bzw. Längsteilung, s. Fig. 152 (bei inäqualen Teilen = Knospung); oder durch rasch nacheinander fortgesetzte Teilung, so daß zahlreiche kleine Elemente entstehen = Zerfallsteilung, Schizontenbildung (s. Fig. 153). Jedes der neuentstandenen Individuen erhält dabei einen Teil des Chromatins. — 2. Durch Befruchtung und Sporogenie. Das Wesentliche der Befruchtung besteht in einer Verschmelzung zweier Kerne und folgender Reduktion der chromatischen Substanz der verschmolzenen Kerne. Sie kann auf die Fortpflanzung ohne Einfluß sein, indem diese sich agametisch vollzieht; meist aber besorgen da, wo besondere Geschlechts-

formen gebildet werden und Befruchtungsvorgänge stattfinden, diese auch die Fortpflanzung. Letzteres kann geschehen 1. durch Kopulation; dabei bilden sich zunächst geschlechtlich differenzierte Gameten (im Gegensatz zu den Agameten, Zellen, die nicht für die Kopulation bestimmt sind); solange die kopulierenden Zellen noch keine reduzierten Kerne zeigen, bezeichnet man sie als Gametozyten. Gleichartige Gameten heißen Isogameten, ihre Vereinigung Isogamie, das Produkt Zygoten; sind die Gameten in Form, Größe usw. verschieden, so entsteht Anisogamie. Die weiblichen nennt man Makro-, die männ-

Fig 153. Schizogonie, 1000:1.
a junge Amöben in einer Wirtszelle. *b* dieselbe herangewachsen. *c* dieselbe in Schizogonie.

Fig. 154.
Encystierung und Sporozoïtenbildung bei Amöben, 500:1.

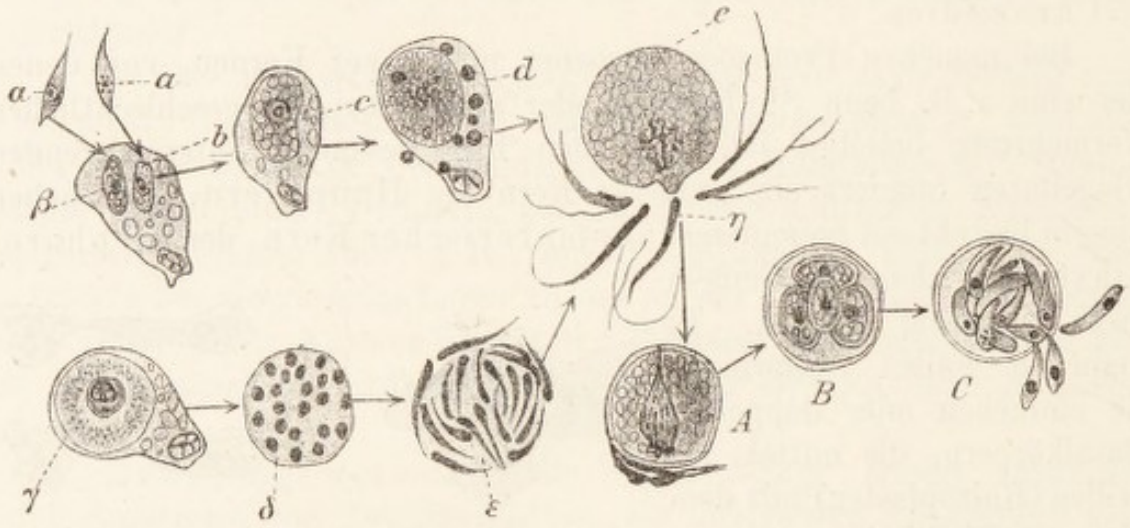


Fig. 155. Geschlechtliche Kopulation bei Protozoen. *a—e* allmähliche Entwickelung des weiblichen Gameten. *α—η* allmähliche Entwickelung des männlichen Gameten. *A* vollendete Kopulation; Bildung der Kopulationsspindel. *B* Encystierung und Sporoblastenbildung. *C* Sporozoïten.

lichen Mikrogameten. Beide verschmelzen eventuell unter Bildung einer „Kopulationsspindel" zu einem neuen Individuum, das sich encystiert und innerhalb der widerstandsfähigeren Hülle zunächst einige größere kugelige Gebilde, Sporoblasten, und in diesen schließlich kleine Sporozoïten, meist von sichelförmiger Gestalt, entstehen läßt (s. Fig. 155). — Oder 2. die Befruchtung erfolgt durch Konjugation, bei der nur vorübergehende Anlagerung zweier Zellen und Überwanderung eines männlichen Kerns stattfindet, der darauf mit dem weiblichen stationären Kern verschmilzt. Oder 3. durch Autogamie, bei der die Bildung von zwei Gametenkernen und deren Verschmelzung in ein- und demselben Individuum erfolgt.

Die Schizogonie ist die gewöhnliche Art der Vermehrung, solange die Lebensbedingungen die gleichen bleiben. Tritt aber irgend eine Änderung ein, oder ist bei parasitierenden Protozoen der Wirt durchseucht, so daß es für den Parasiten an geeigneten Wirtszellen fehlt und ein Wirtswechsel nötig wird, dann tritt für die nunmehr bevorstehend starke Änderung der Lebensbedingungen ein Schutz im Sinne eines Generationswechsels ein, der mit geschlechtlicher Befruchtung und Produktion widerstandsfähiger Parasiten einhergeht; bei Parasiten z. B. dann, wenn sie aus dem Körper des Warmblüters in Boden oder Wasser übergehen müssen, um einen neuen Wirt zu infizieren, oder wenn sie in diesen nur durch Zwischenwirte aus dem Reiche der Kaltblüter (Mücken, Zecken, Fliegen) gelangen können.

Die Protozoen leben teils saprophytisch, sind dann an feuchte Substrate gebunden und sehr abhängig von der Temperatur. Sie können sich sowohl von gelösten Stoffen nähren, wie von festen Teilchen, die sie erst intrazellular auszunützen versuchen. Eine Züchtung solcher Protozoen gelingt in Salatinfus u. dgl. (s. S. 142). — Teils leben sie als Parasiten bei höheren Tieren, sei es daß sie nur als Kommensalen ohne Schädigung des Wirts von dessen Abfallstoffen leben, oder als Symbionten sogar dem Wirt gewisse Vorteile gewähren, oder daß sie als echte Parasiten dem Wirt durch ihre Wucherung Schaden bringen. Die parasitische Existenz spielt sich bei vielen Protozoen (Flagellaten) nur in den Flüssigkeiten des Wirts, im Blutplasma, in der Lymphe, in den Sekreten usw. ab; andere Arten schmarotzen dagegen ausschließlich in Zellen, viele in den Erythrozyten, andere in fixen Zellen, z. B. Epithelzellen des Darms, der Gallengänge usw. Einige Arten bewohnen sogar die Kerne bestimmter Wirtszellen. — Bei parasitierenden Protozoen gelingt eine Kultur nur schwierig; bei einzelnen Arten ist auf Blutagar eine gewisse Vermehrung beobachtet.

B. Allgemeines über Verbreitungsweise und Bekämpfung der parasitären Krankheiten.

Zum Zustandekommen einer parasitären Erkrankung gehört ein organisierter Krankheitserreger und ein „disponierter" Wirt, in welchen der Erreger eindringen und in dem er sich vermehren kann. Der Parasit ist oft mit Aggressinen, sog. Angriffsstoffen, welche die Schutzkräfte des Wirts paralysieren, oder mit Toxinen ausgerüstet; letztere müssen an giftempfängliche Zellen des Wirts sich verankern können. Vermag ein Mikroorganismus sich durch diese Mittel in einem bestimmten

Wirt zu behaupten, so ist der Mikrobe für jenen Wirt infektiös, virulent. Fehlen ihm diese Eigenschaften, so ist er für ihn avirulent. Derselbe Mikrobe kann aber andere empfängliche lebende Organismen schädigen, und unter Umständen sogar jenen vorher unempfänglichen Wirt, dadurch daß er z. B. in totem Substrat (Darminhalt, Lochien des puerperalen Uterus usw.) sich vermehrt und hierbei resorbierbare Ektotoxine liefert.

Andererseits kommt es sehr häufig vor, daß infektiöse Mikroben einen lebenden Organismus nicht gefährden; entweder weil das befallene Individuum keine giftempfänglichen Zellen (Organe) hat, oder weil der Erreger zwar als Epiphyt auf der Haut oder auf Schleimhäuten wuchert, aber durch Epidermis, Epithel und Sekrete am Eindringen in die inneren Organe gehindert wird.

Für viele Parasiten ist eine bestimmte Invasionsstelle erforderlich, damit sie Infektion hervorrufen können (z. B. der Darm für die Cholerabazillen); für andere existieren multiple Invasionsstätten (Tuberkelbazillus).

Die Wirkungen der eingedrungenen Krankheitserreger, die sich meist erst nach einer gewissen durch die Überwindung der Schutzkräfte des Wirts und durch die eigene Vermehrung ausgefüllten Inkubationszeit bemerklich machen, sind teils lokale, teils allgemeine.

Lokale Erscheinungen sind gewöhnlich schon an der Invasionsstelle zu beobachten. In manchen Fällen hinterläßt aber der Parasit hier keine Spur, sondern macht erst an einer ferneren Prädilektionsstelle oder gar erst an seiner Austrittsstelle Symptome. Entweder kommt es zu einfach entzündlichen Erscheinungen, event. mit serösen oder fibrinösen Exsudaten; oder infolge der chemotaktischen Anlockung durch Bakterienproteïne erscheinen Massen von Leukozyten und es entsteht Eiterung; oder es gesellen sich als Effekte besonderer Toxine Nekrosen hinzu; oder es entstehen spezifische proliferative Entzündungen, infektiöse Granulationsgeschwülste. Oft gehen verschiedenste dieser Wirkungen nebeneinander her.

Nicht selten kommt es zu einer örtlichen Abgrenzung des lokalen Herdes, und Allgemeinwirkungen bleiben aus. In anderen Fällen macht die Ausbreitung der Parasiten unaufhaltsame Fortschritte, sei es, daß sie sich in contiguo ausbreiten, also z. B. immer neue Partien der infizierten Schleimhaut ergreifen, oder daß sie auf dem Wege der Lymphbahnen weiter vordringen, oder daß sie in die Blutbahn einbrechen und nun mit dem Blut zu disponierten Organen des Körpers gelangen. Ist nach einem solchen Einbruch das Blut nicht einfach Vehikel für die Parasiten, sondern vermehren sich letztere in den Kapillargebieten eines oder mehrerer Organe, so treten die Erscheinungen der Sepsis oder Septikämie (mit ungeeignetem Ausdruck als „Blutvergiftung“

bezeichnet) zutage. Haben solche Sepsis veranlassende Parasiten die Neigung, sich zu dichten Haufen zusammenzulagern, so entstehen Gefäßverstopfungen und in deren Umgebung eitrige Abszesse; losgerissene Teile werden leicht in andere Gefäßbezirke verschleppt und bewirken Metastasen in anderen Organen (Pyämie).

Allgemeinwirkungen der Parasiten gehen entweder von den lokalen Herden aus, und sind dann auf Resorption löslicher (löslich gewordener) Toxine und Enzyme zurückzuführen; oder sie schließen sich in besonders hohem Grade an die stärkere Ausbreitung der Invasion an. Sie beruhen teils auf der Produktion spezifischer Ektotoxine (Diphtherie, Tetanus) mit Wirkung auf das Zentralnervensystem, auf das Zirkulationszentrum usw.; teils auf Fiebererregung, auf Beeinflussung der Leukozytose (meist Hyperleukozytose), auf Produktion von Hämolysinen, von Stoffen, welche hämorrhagische Diathese oder entzündliche oder nekrotische Prozesse an verschiedenen Stellen des Körpers hervorrufen u. a. m. Auch schwere chronisch verlaufende Ernährungsstörungen, amyloide Degeneration, nervöse Störungen treten im Gefolge mancher Infektionen auf.

Sehr häufig kommt es zu Mischinfektionen, bei denen zwei oder mehr verschiedene Krankheitserreger nacheinander oder gleichzeitig eindringen. Fast niemals erfolgt dadurch eine Störung der Infektion, sondern letztere wird schwer und führt schneller zu einem ungünstigen Ausgang. Am gefährlichsten sind in dieser Beziehung die oben erwähnten Epiphyten der Schleimhäute. Ihnen wird durch die Ansiedelung eines neuen Krankheitserregers der Einbruch in den Körper ermöglicht und oft fällt gerade ihnen schließlich der Hauptanteil an den Krankheitserscheinungen und an der Zerstörung des Körpers des Wirts zu.

Die Epiphyten erschweren häufig die Feststellung der ätiologischen Bedeutung einer bei Erkrankten gefundenen Mikrobenart. Im allgemeinen stehen uns zur Entscheidung der Frage, ob ein Mikrobe als Krankheitserreger anzusehen ist, folgende Mittel zu Gebote: 1. Züchtung des Mikroben auf künstlichem Nährsubstrat und nach wiederholten Übertragungen Verimpfung einer kleinen Kulturmenge auf Versuchstiere mit solchem Erfolg, daß Krankheitserscheinungen und pathologisch anatomische Veränderungen auftreten, die den beim erkrankten Menschen beobachteten ähnlich sind (Beispiel: Tuberkulose). Statt des Tierexperiments können auch Versuche mit Kulturen an Menschen den vollen Beweis erbringen; solche sind bei einigen Krankheiten absichtlich angestellt (Staphylokokken-Eiterung, Erysipel, Gonorrhöe, Ulcus molle, Cholera), bei anderen haben sie sich durch ein Versehen im Laboratorium ereignet (Cholera, Typhus, Pest, Rotz). 2. Wenn es an empfänglichen und in spezifischer Weise reagierenden Versuchstieren fehlt, und wenn auch Fälle von Kulturübertragung auf Menschen nicht vorliegen, so kann aus der Konstanz und Ausschließlichkeit des Vorkommens der Mikrobenart bei der fraglichen Krankheit auf die ätiologische Bedeutung geschlossen werden. Der Nachweis des konstanten Vorkommens in jedem einzelnen Krankheitsfall ist keineswegs als ausreichender Beweis anzusehen (z. B. Kolibakterien bei Cholera, Streptokokken bei Scharlach); sondern es gehört durchaus noch dazu, daß die gefundene Art bei anderen Erkrankungen oder bei Gesunden nicht vorkommt.

Letztere Bedingung bedarf aber wiederum einer Einschränkung, seit bekannt geworden ist, daß Rekonvaleszenten und unempfängliche Menschen oft spezifische Krankheitserreger lange Zeit beherbergen (Typhus, Cholera, Meningitis, Diphtherie usw.). Der Beweis der Ausschließlichkeit des Vorkommens ist in diesen Fällen schwer zu führen; am ehesten noch dann, wenn die Krankheit nur in größeren Intervallen epidemisch auftritt (Cholera) und wenn bei Gesunden nur zu Epidemiezeiten oder nur bei solchen, die in Konnex mit Kranken und Trägern gestanden haben, die Mikroben gefunden werden. 3. Der Nachweis, daß die Krankheitserscheinungen und namentlich die pathologisch anatomischen Veränderungen beim Erkrankten in der Zahl und Verteilung der gefundenen Mikroben ihre ausreichende Erklärung finden. Auch dieses Beweismittel kann versagen, nämlich in den Fällen, wo die Krankheitserreger selbst im Körper des Erkrankten zum großen Teil zugrunde gehen, so daß sie nur in Schnitten oder Ausstrichen des frisch erkrankten Gebiets nachweisbar sind (Erysipel, Tuberkulose). — Beteiligen sich regelmäßig und in hervorragendem Maße Epiphyten bei einer Invasion spezifischer Mikroben, und sind letztere unbekannt, erstere aber bekannt und leicht nachweisbar, so kann auch das dritte Beweismoment anscheinend vorhanden sein, und die Epiphyten werden um so leichter als eigentliche Erreger angesprochen. Das Vorkommen derselben Mikroben bei anderen Krankheiten und zu jeder Zeit und an jedem Ort bei Gesunden schützt dann vor Verwechselungen (Streptokokken; s. auch Schweinepest).

Alle parasitären Krankheiten sind vom Erkrankten auf empfängliche Gesunde fortgesetzt übertragbar. Die Übertragung kann in manchen Fällen auf Schwierigkeiten stoßen; vielleicht ist sie nur in einem begrenzten Stadium der Krankheit und unter Anwendung eines bestimmten Übertragungsmodus (Blutüberimpfung, Zwischenwirt) ausführbar. Immerhin ist die Möglichkeit der Überimpfung vorhanden, solange die Parasiten im befallenen Körper leben und sich vermehren und hierdurch die Infektion bewirken.

In der fortgesetzten Übertragbarkeit liegt der wesentlichste Unterschied gegenüber den Intoxikationen. In früherer Zeit hat man diese Grenze nicht scharf genug gezogen; insbesondere nahm man an, daß Infektionskrankheiten auch durch ein Miasma, d. h. durch gasförmige, chemische Körper, die nicht reproduktionsfähig sind, entstehen können. Daß riechende oder nichtriechende Gase, Emanationen des Bodens usw. in gar keiner ätiologischen Beziehung zu irgend einer Infektionskrankheit stehen, ist zweckmäßig durch die präzisere Bezeichnung „parasitäre Krankheiten" klarzustellen. Der Begriff der „miasmatischen Infektionskrankheiten" ist völlig fallen zu lassen.

Mit den allen Infektionserregern gemeinsamen Eigenschaften der Vermehrungsfähigkeit und der Übertragbarkeit ist aber noch nichts ausgesagt über die natürliche Verbreitungsweise der parasitären Krankheiten. In bezug darauf sind namentlich zwei Gruppen zu unterscheiden:

Erstens: Parasitäre Krankheiten, welche sich nur vom Kranken aus auf den Gesunden verbreiten, so daß der Kranke immer das

Zentrum für die Ausbreitung bildet. Die Erreger dieser Krankheiten verlassen den Körper des Kranken in infektionstüchtigem Zustand und gehen unverändert, entweder direkt (Syphilis) oder durch Vermittelung von Wäsche, Kleidern, Wasser usw. oder auch nach einem Aufenthalt auf der Haut oder Schleimhaut unempfänglicher Menschen, auf empfängliche Individuen über (Diphtherie, Pocken, Typhus usw.). — Diese Krankheiten werden als kontagiöse, ansteckende, bezeichnet. Sie veranlassen häufig zeitlich und örtlich begrenzte Epidemien von verschiedener Ausdehnung.

Zweitens: Krankheiten, bei welchen der Kranke für die Verbreitung keine wesentliche Rolle spielt, wo die Infektion vielmehr von irgend einem Teil der Umgebung aus erfolgt, in welchem die Erreger ohne merkliche Mitwirkung eines Kranken verbreitet sind. Daß der Kranke hier nicht das offenbare Zentrum für die Übertragung bildet, kann daran liegen, daß die Infektionserreger den Kranken nicht in infektionstüchtigem Zustand verlassen, sondern vielleicht erst in Zwischenwirten eine Reifung erfahren müssen (Malaria, Trypanosen usw.); oder daran, daß die Erreger in der Umgebung (als Epiphyten) sehr verbreitet sind bzw. sich dort ausgiebig zu vermehren pflegen, so daß die im Kranken vorhandenen und von ihm ausgeschiedenen Erreger demgegenüber gar nicht in Betracht kommen (Eiterkokken, malignes Ödem, Tetanus, Erreger von Cholera infantum). — Diese übertragbaren Krankheiten bezeichnet man als nichtkontagiöse (früher auch wohl weniger zutreffend als „ektogene").

Beide Gruppen von Krankheiten lassen gewisse Übergänge erkennen. Unter den Erregern der kontagiösen Krankheiten gibt es obligate Parasiten, die nur im Körper des Warmblüters wuchern (akute Exantheme). Andere aber sind künstlich kultivierbar und auch unter natürlichen Verhältnissen zuweilen einer gewissen saprophytischen Vermehrung fähig (fakultative Saprophyten). Indes ist diese Vermehrung gewöhnlich nicht derartig, daß den in der Umgebung neu gebildeten Individuen ein irgend wesentlicher Anteil an der Verbreitung zukommt; sondern die unverändert konservierten, vom Kranken ausgeschiedenen Erreger veranlassen ganz überwiegend die Infektion (Typhus, Cholera, Milzbrand). — Zuweilen scheint es aber vorzukommen, daß bei denselben Krankheiten die äußeren Verhältnisse einer Wucherung der Erreger besonders günstig sind; oder daß infolge zahlreichster Erkrankungen und mangelhafter Beseitigung der von Kranken ausgeschiedenen Erreger eine äußerst umfangreiche Ausstreuung stattgefunden hat. In diesem Falle ändert sich das Bild der Verbreitungsweise. Es ist dann die Nähe eines Kranken und eine nachweisbare Verbindung mit einem solchen nicht mehr erforderlich, um die Infektion hervorzurufen, sondern es treten die Infektionen von beliebigen Teilen der Umgebung aus in den Vordergrund (Cholera, Milzbrand im endemischen Gebiet) und die Krankheit nähert sich dem Typus der nicht kontagiösen parasitären Krankheiten.

Andererseits können auch die Erreger der letzteren Krankheiten ausnahmsweise vom Kranken auf den Gesunden übertragen werden: so die

Malaria durch Überimpfung von Blut, malignes Ödem und Tetanus beispielsweise durch Injektionsspritzen, welche erst beim Kranken und dann beim Gesunden gebraucht waren; Eiterkokken durch die allerverschiedensten Kontakte (vgl. jedoch unter „Staphylococcus"). In schlecht geleiteten Hospitälern können sogar die meisten Eiterungen durch Kokken veranlaßt werden, die mehr oder weniger direkt von anderen Kranken stammen. Ferner scheint es vorzukommen, daß Krankheitserreger im befallenen kranken Menschen erheblich an Virulenz zunehmen, so daß die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger viel leichter in neuen Opfern sich Invasionsstätten schaffen und dadurch sich in ihrer Verbreitungsweise den Kontagien nähern (Pneumokokken).

Durch eine solche Teilung in zwei große Gruppen ist indes die Verbreitungsweise der einzelnen parasitären Krankheit noch bei weitem nicht hinreichend gekennzeichnet, um daraus die im Einzelfalle erforderlichen Bekämpfungsmaßregeln abzuleiten.

Bei den durch Kontagien übertragbaren Krankheiten macht sich vor allem ein sehr verschiedener Grad von Kontagiosität bemerkbar. Kranke, die an einer bestimmten kontagiösen Krankheit leiden, können sehr wohl nebeneinander im gleichen Zimmer liegen ohne sich anzustecken, weil bei der betreffenden Krankheit erst innige Berührungen oder besondere Hantierungen die Übertragung bewirken; bei anderen kontagiösen Affektionen ist dagegen die ganze Umgebung des Kranken in weitem Umkreis gefährdet. Es ist daher eine völlig falsche aber noch bei manchen Ärzten verbreitete Vorstellung, daß die Ansteckung bei allen kontagiösen Krankheiten gleichmäßig verlaufen müsse; und es darf eine Krankheit durchaus nicht aus der Kategorie der kontagiösen deshalb gestrichen werden, weil ihre Ausbreitungsart dem Bilde gewisser stark kontagiöser Krankheiten nicht entspricht. Auch Kranke mit Krätze und Läusen können bei einiger Vorsicht und Reinlichkeit mit anderen Kranken in einem Zimmer gehalten werden, ohne daß Übertragungen stattfinden; und doch wird niemand deshalb leugnen, daß für gewöhnlich die Übertragung dieser Parasiten von Mensch zu Mensch erfolgt.

Am stärksten kontagiös sind offenbar diejenigen Infektionskrankheiten, bei welchen große Massen resistenter Erreger auf allen Wegen, durch Berührungen, durch die verschiedensten Gebrauchsgegenstände, durch Luftströmungen usw. vom Kranken aus verbreitet werden und oft noch nach Monaten und Jahren in infektionstüchtigem Zustande auf gesunde Menschen gelangen; bei welchen außerdem die Erreger an verschiedensten Invasionsstätten leicht in den Körper des Gesunden eindringen, und für welche eine sehr verbreitete Disposition vorhanden ist (Pocken, Masern). Geringer wird die Kontagiosität, wenn zwar die vom Kranken ausgeschiedenen Erreger zahlreich, resistent und auf verschiedenen Wegen transportfähig sind, wenn aber die Empfänglichkeit des Gesunden beschränkt ist (Scharlach). Bedeutend verringert wird die Kontagiosität, wenn die Erreger nur in bestimmten Sekreten des Kranken abgeschieden werden, wenn sie dazu von beschränkter Lebensdauer sind, ferner wenn sie durchaus an eine bestimmte Invasionspforte, z. B.

in den Darm gelangen müssen, um Infektion auszulösen, und wenn bei Gesunden hier noch gut funktionierende Schutzvorrichtungen den eingedrungenen Erregern entgegenwirken (Cholera). Nur beschränkte Gefahr geht schließlich von den Kontagien aus, die so wenig resistent sind, daß die Ansteckung fast nur durch bewußte Berührung mit völlig frischem Sekret des Kranken zustande kommt (Syphilis).

Auch die Erreger der nicht kontagiösen Infektionskrankheiten gefährden den Menschen in sehr verschiedenem Grade. Die weit verbreiteten Eiterkokken, die in jeder kleinsten Wunde eine Ansiedelungsstätte finden, bewirken zahllose Infektionen. Die Ödem- und Tetanusbazillen sind ebenso allgemein verbreitet, führen aber unendlich viel seltener zur Infektion, weil es dazu disponierender Wunden von ganz bestimmter Beschaffenheit bedarf. Die Malariainfektionen sind wiederum auf solche Örtlichkeiten und solche Jahreszeit beschränkt, in denen bestimmte Stechmücken schwärmen, die Trypanosen auf Gegenden mit bestimmten Stechfliegen usw.

Um bei der großen Menge ausgesprochener Differenzen die Gesetzmäßigkeiten in der natürlichen Verbreitung der Infektionskrankheiten schärfer zu erkennen und danach den Bekämpfungsplan zu organisieren, wird es nötig sein, die einzelnen, im vorstehenden nur flüchtig hervorgehobenen einflußreichen Momente in bestimmter Reihenfolge genauer zu besprechen, nämlich:

1. Die Infektionsquellen (Infektionsgelegenheiten), d. h. diejenigen Teile der menschlichen Umgebung (eingerechnet die Haut und die Schleimhautoberflächen), welche mit infektionstüchtigen Parasiten behaftet sind. Es wird festzustellen sein, welche Infektionsquellen bei den einzelnen Krankheiten vorzugsweise in Betracht kommen, wie lange diese Gefahr bieten, unter welchen natürlichen Verhältnissen sie ihre Gefährlichkeit einbüßen. Gegen die Infektionsquellen und die in ihnen enthaltenen Parasiten werden wir bei der Bekämpfung der Infektionskrankheiten in erster Linie vorgehen müssen; und zwar können wir dabei entweder die Fernhaltung der Infektionsquellen vom Gesunden, oder ihre mechanische Beseitigung oder die Abtötung der Parasiten ins Auge fassen.

2. Die Infektionswege, d. h. die Wege, auf welchen der Transport der Parasiten von den Infektionsquellen zu der geeigneten Invasionsstelle beim Gesunden vermittelt wird, und die je nach den vorhandenen Schutzvorrichtungen und je nach der Disposition des Organs, zu welchem sie die Krankheitserreger führen, große Verschiedenheiten aufweisen. Auch diese Wege werden sich künstlich einengen lassen und somit in der Bekämpfung der Infektionskrankheiten eine Rolle spielen.

3. Die Empfänglichkeit bzw. Unempfänglichkeit des Gesunden gegenüber den Parasiten. Durch angeborene oder erworbene Unempfänglichkeit größerer Menschengruppen kann die natürliche Verbreitung von parasitären Krankheiten erfahrungsgemäß erheblich beeinflußt werden. Vor allem aber ist die absichtliche künstliche Abschwächung der individuellen Empfänglichkeit ein mächtiges, in neuerer Zeit besonders beachtetes Hilfsmittel im Kampfe gegen gewisse Infektionskrankheiten.

4. Örtliche, oft auch zeitlich wechselnde Einflüsse machen sich anscheinend bei der Ausbreitung einer parasitären Krankheit begünstigend oder hemmend bemerkbar. Es wird sich fragen, worauf diese Mitwirkung beruht, und man wird versuchen müssen, auch diese Einflüsse zur Bekämpfung der parasitären Krankheiten auszunutzen.

I. Die Infektionsquellen.

A. Beschaffenheit und Bedeutung der einzelnen Infektionsquellen.

Bei den kontagiösen Krankheiten kommen als wichtigste Infektionsquelle die frischen, unverdünnten Absonderungen der erkrankten Organe (eventuell das Blut) in Betracht. Die in den Absonderungen ausgeschiedenen Infektionserreger gehen, wenn sie erst auf diese oder jene Teile der Umgebung verschleppt sind, häufig nach kürzerer oder längerer Zeit zugrunde oder werden geschwächt, sei es durch Austrocknen, Inanition, Belichtung, Konkurrenz mit Saprophyten oder andere in unserer natürlichen Umgebung wirksame schädigende Mittel; ferner vermögen Luft oder Wasser eine derartige Verdünnung der Erreger zu bewirken, daß die Infektionschancen immer geringer und schließlich minimal werden. Die größte Gefahr bilden daher bei Pocken der Eiter der Pusteln, die Hautschuppen, der Auswurf; bei Masern Hautschuppen, Sputa, Nasensekret; bei Lungentuberkulose die Sputa; bei Abdominaltyphus, Cholera, Ruhr die Darmentleerungen, bei Typhus auch der Harn; bei Diphtherie die Sputa und das Mundsekret; bei den Wundinfektionskrankheiten der Eiter. Bei Syphilis, Gonorrhöe und Hundswut sind die frischen Absonderungen mit seltenen Ausnahmen sogar die einzige Infektionsquelle.

Die Lebensdauer der Infektionserreger in den Ausscheidungen der Kranken variiert bedeutend je nach der spezifischen Resistenz des Parasiten und je nach den äußeren Bedingungen. Sehr kurz pflegt sie zu sein, wenn die Infektionserreger in flüssige Substrate gelangen, in welchen Saprophyten stark wuchern; doch kommen Ausnahmen vor (Typhus-, Tuberkelbazillen). Ferner gehen manche Erreger durch

Austrocknen rasch zugrunde; Belichtung durch Sonnenlicht beschleunigt das Absterben; Einhüllung in schleimiges Sekret hindert es erheblich. Die längste Lebensdauer zeigen die Infektionserreger, wenn sie auf feuchtem Substrat in kalter, feuchter Luft und im Dunkel gehalten werden; es kommt dann weder zu lebhafter Wucherung von Saprophyten noch zu einem völligen Austrocknen. In Kellerräumen, in kaltem, feuchtem Boden usw. können daher Absonderungen von Kranken am längsten virulent bleiben.

Bestimmte Zahlen für die Haltbarkeit der Parasiten in unserer Umgebung lassen sich bei dem maßgebenden Einfluß der jeweiligen äußeren Verhältnisse nicht geben. Bezüglich der akuten Exantheme ist empirisch ermittelt, daß die Erreger von Masern etwa 6 Wochen, von Scharlach 5 Monate, von Pocken 2 Jahre im trockenen Zustande lebensfähig bleiben; Eiter erregende Staphylokokken können unter Umständen ein Jahr und länger lebensfähig bleiben, Milzbrand- und Tetanussporen mehrere Jahre; Streptokokken in schleimiger Hülle mehrere Monate. — Weitere Angaben s. im speziellen Teil.

Von größter Bedeutung ist es, daß auch scheinbar Gesunde, Rekonvaleszenten oder unmerklich Erkrankte virulente Krankheitserreger beherbergen und ausscheiden können, dann nämlich, wenn Menschen von Parasiten befallen sind, bei welchen die Disposition für die betreffende Erkrankung sehr gering bzw. erloschen ist (Parasitenträger bei Cholera, Diphtherie, Typhus, Meningitis u. a. m.). Die Gefahr der Übertragung ist in diesen Fällen um so größer, als die Parasitenträger ohne jede Vorsicht mit zahlreichen Menschen zu verkehren pflegen und Schutzmaßregeln selbst notorischen Trägern gegenüber sich sehr schwer durchführen lassen.

Finden die Erreger einer parasitären Krankheit ihre natürliche Verbreitung auch bei einer anderen Tierspezies, so sind die Ausscheidungen der erkrankten Tiere eine wichtige Infektionsquelle für den Menschen, falls er in größerem Umfang mit diesen in Berührung kommt (Exkrete pestkranker Ratten, Milch tuberkulöser Kühe).

Zweitens kommen in Betracht die mit den Absonderungen der Kranken oder der Parasitenträger verunreinigten Hände, Wäschestücke; das Verbandzeug; die Betten, Kleider usw. Diese repräsentieren bei den akuten Exanthemen, Diphtherie, Tuberkulose, Erysipel, Pyämie, Abdominaltyphus, Cholera u. a. m. Infektionsquellen von großer Gefahr. Fest zusammengelegte Bündel von Wäsche und Kleidern trocknen im Innern schwer so vollständig aus, daß die Parasiten absterben.

Drittens: Eß- und Trinkgeschirre sind besonders häufig infiziert bei Diphtherie, zuweilen bei Cholera, Typhus, Tuberkulose, den akuten Exanthemen.

Viertens: Sonstige Utensilien, die der Kranke gebraucht, Spielzeug, Bücher usw.; Bettstellen, Möbel, Fußboden und andere dem

Bett nahe Teile der Wohnung müssen bei den akuten Exanthemen als fast regelmäßig, bei den übrigen Infektionskrankheiten als mehr oder weniger häufig infiziert angesehen werden.

Fünftens: Die Wohnungsluft kann in Staubform die Erreger der Exantheme und der Tuberkulose, ferner Staphylokokken, Tetanus-, Milzbrandsporen usw. enthalten. Durch beim Husten verspritzte Tröpfchen können die Erreger der Exantheme, der Tuberkulose, ferner Pneumokokken, Meningokokken, Influenzabazillen, Pestbazillen, Diphtheriebazillen usw. in die Luft übergehen.

Die Luft im Freien bietet (abgesehen von engen Höfen, Straßenwinkeln, ferner von zufällig aufgewirbeltem Hauskehricht usw.) eine zu große Verdünnung und ist zu starkem Wechsel unterworfen, um als dauernde Infektionsquelle in Betracht zu kommen (vgl. S. 99).

Sechstens: Die Abwässer, der Tonnen-, Gruben- bzw. Kanalinhalt. Bei ihnen ist die Infektionsgefahr im allgemeinen geringer, kann aber, wie S. 390 ausgeführt wurde, erheblich werden, wenn z. B. ein Wasserlauf, der Abfallstoffe aufgenommen hat, von vielen Menschen zum Trinken, Baden usw. benutzt wird.

Siebentens: Schließlich kommt der Genesene bzw. der Verstorbene in Betracht. Die von der Leiche ausgehende Gefahr wird gewöhnlich zu hoch angeschlagen und ist tatsächlich sehr gering. Die Ausstreuung von Infektionskeimen erfolgt zum wesentlichsten Teile durch die vom lebenden Kranken gelieferten Exkrete und durch seine Bewegungen und Hantierungen. — Die Infektionsgefahr seitens der Rekonvaleszenten ist dagegen sehr beachtenswert, weil sich auf der Haut und den Schleimhäuten nach der Genesung noch lange Infektionskeime vorfinden.

Bei den nichtkontagiösen parasitären Krankheiten werden die Infektionsquellen entweder geliefert von bestimmten Zwischenwirten (Anophelesmücken bei Malaria); oder die Erreger sind weit verbreitet z. B. in gedüngter Ackererde, städtischem Wohnboden usw. (Tetanus und malignes Ödem); oder sie leben als Epiphyten dauernd oder zeitweise auf der Haut bzw. auf gewissen Schleimhäuten gesunder Menschen (Staphylokokken der Haut; Streptokokken, Pneumokokken im Mundsekret; manche darmbewohnende Bakterien).

B. Fernhaltung, Beseitigung und Vernichtung der Infektionsquellen.

1. Fernhaltung der Infektionsquellen.

Gegen die nicht einheimischen Seuchen, namentlich Pest und Cholera, suchte man sich früher namentlich durch Grenzsperren und Einfuhrverbote zu schützen.

Sperren zu Lande sind aber wenig wirksam und stören Handel und Verkehr außerordentlich.

Man beschränkt sich daher beim Eisenbahndurchgangsverkehr auf die Beobachtung erkrankter Passagiere, zunächst durch das Zugpersonal, wenn Verdächtige gefunden sind, durch einen Arzt. Für die Einschleppung von Seuchen hat sich der kleine Grenzverkehr durch Arbeiter, Händler usw., ferner der Verkehr von Schiffern und Flößern als viel gefährlicher erwiesen, und diese sind daher einer strengeren Revision zu unterwerfen. — Generelle Einfuhrverbote für Waren aus verseuchten Gebieten sind auch nicht erforderlich; man beschränkt diese gewöhnlich auf getragene Wäsche und Kleider, Lumpen und Nahrungsmittel.

Leichter gelingt eine vollständige Absperrung gegen ein verseuchtes Land auf dem Seewege.

In der Nähe der Häfen sind auf abgelegenen Stellen Quarantänestationen errichtet mit Lazaretten usw. Hier mußte in früherer Zeit jedes Schiff aus verseuchten Gegenden 40 Tage, und wenn Erkrankungen vorkamen, länger verweilen. Jetzt werden nach den international geltenden Bestimmungen der Pariser Sanitätskonferenz 1911/12 die aus verdächtigen Häfen kommenden Schiffe zunächst nur einer gesundheitspolizeilichen Kontrolle unterzogen. Ist keine Erkrankung an Bord vorgekommen, sind keine verdächtigen Waren an Bord, und hat die Fahrt eine bestimmte, der Inkubationszeit für die betreffende Krankheit entsprechende Zeit gedauert, so wird das Schiff freigegeben. Sind dagegen unterwegs Erkrankungen vorgekommen, so ist für die Passagiere eine Quarantäne von der Dauer der Inkubationsfrist einzuhalten. — Um Seuchenherde in anderen Ländern rasch genug zu erfahren, ist zwischen den Vertragsstaaten die telegraphische Anzeige erster Krankheitsfälle als obligatorische Pflicht anerkannt; später werden regelmäßige Berichte veröffentlicht. — Für die beiden exotischen Seuchen Cholera und Pest sind besondere Vorkehrungen in der Türkei bzw. Ägypten in dem internationalen obersten Gesundheitsrat in Konstantinopel und in Alexandrien eingerichtet.

Ist die Einschleppung einer ansteckenden Krankheit erfolgt, so sind die zu ergreifenden Maßnahmen für Deutschland durch das Reichsgesetz betr. die Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten — Lepra, Cholera, Fleckfieber, Gelbfieber, Pest, Pocken — vom 30. Juni 1900 geregelt.

Das Gesetz sorgt dafür, daß die Behörde von dem Erkrankungsfall Kenntnis erhält, indem es den zugezogenen Arzt, den Haushaltungsvorstand, Pfleger, Inhaber der Wohnung und Leichenbeschauer zur Anzeige jeder Erkrankung und jedes Todesfalles, sowie jedes Falles, welcher den Verdacht einer jener Krankheiten erweckt, verpflichtet. Die Polizeibehörde muß, sobald sie von dem Ausbruch oder dem Verdacht des Ausbruchs der Krankheit Kenntnis erhält, sogleich den beamteten Arzt benachrichtigen, der unverzüglich an Ort und Stelle Ermittelungen über Art, Stand und Ursache der Krankheit anzustellen und der Polizeibehörde darüber zu berichten hat. In Notfällen kann der beamtete Arzt die Ermittelung auch direkt vornehmen. In Ortschaften über 10000 Einw. ist eine in einem räumlich entfernten, bisher verschonten Ortsteil vorkommende Erkrankung als neuer Ausbruch zu behandeln. Die obere Verwaltungsbehörde kann die Ermittelung auf jeden dem ersten folgenden Erkrankungsfall ausdehnen. Dem beamteten Arzt ist der Zutritt zum Kranken, soweit er es ohne

Schädigung des Kranken für zulässig hält, und zur Leiche zu gestatten. Bei Cholera-, Gelbfieber- und Pestverdacht kann eine Öffnung der Leiche angeordnet werden. Der behandelnde Arzt ist berechtigt, den Untersuchungen beizuwohnen. Für ergriffene Ortschaften kann amtliche Leichenschau für jede Leiche angeordnet werden. Bei Gefahr im Verzuge ist der beamtete Arzt berechtigt, einstweilen aus eigener Initiative Maßnahmen zu treffen. — Die Schutzmaßregeln zerfallen in Absperrungs- und Aufsichtsmaßregeln. Für kranke und krankheits- oder ansteckungsverdächtige Personen kann eine Absonderung angeordnet werden. Krankheitsverdächtige sind Personen, welche Krankheitssymptome zeigen, die den Verdacht der betr. Seuche erwecken, ohne daß aber durch bakteriologische Untersuchung usw. der Verdacht gesichert ist; Ansteckungsverdächtige sind Gesunde, welche mit Seuchenkranken oder Seuchenmaterial in Berührung waren. Der Kranke soll mit anderen als den zu seiner Pflege bestimmten oder mit Erledigung für ihn wichtiger und dringender Angelegenheiten betrauten Personen nicht in Berührung kommen. Ist nach dem Gutachten des beamteten Arztes eine ausreichende Absonderung nicht durchführbar, so kann, falls der beamtete Arzt es für unerläßlich und der behandelnde Arzt es ohne Schädigung des Kranken für zulässig hält, die Überführung des Kranken in ein geeignetes Krankenhaus oder in einen anderen geeigneten Unterkunftsraum angeordnet werden. Krankheits- und ansteckungsverdächtige Personen dürfen nicht in demselben Raume mit kranken Personen untergebracht werden; ansteckungsverdächtige mit krankheitsverdächtigen nur, wenn es der beamtete Arzt für zulässig erklärt. Wohnungen, in welchen erkrankte Personen sich befinden, können kenntlich gemacht werden. Für das berufsmäßige Pflegepersonal können Verkehrsbeschränkungen angeordnet werden. — Die Aufsichtsmaßregeln beziehen sich auf Beschränkungen der gewerbsmäßigen Herstellung, Aufbewahrung und des Vertriebs von Gegenständen, welche zur Verbreitung der Krankheit dienen können, ferner in der Vermeidung der Ansammlung größerer Menschenmengen (Märkte, Messen u. dgl.), in der gesundheitspolizeilichen Überwachung der in der Schiffahrt, Flößerei oder sonstigen Transportbetrieben beschäftigten Personen usw.; die betreffenden Anordnungen sind von der Landesbehörde zu erlassen. Ferner können jugendliche Personen aus ergriffenen Behausungen zeitweilig vom Schulbesuch ferngehalten werden. Auch kann in Ortschaften, welche von Cholera, Fleckfieber, Pest oder Pocken befallen oder bedroht sind, die Benutzung von Brunnen, Wasserläufen usw. sowie öffentlicher Bade- usw. Anstalten verboten oder beschränkt werden. Falls es der beamtete Arzt für unerläßlich erklärt, kann auch die Räumung von Wohnungen und Gebäuden angeordnet werden. — Für Gegenstände und Räume, die mutmaßlich mit dem Krankheitsstoff behaftet sind, kann Desinfektion, bei wertlosen Gegenständen Vernichtung, angeordnet werden. Für Reisegepäck und Handelswaren ist dies bei Lepra, Cholera und Gelbfieber nur zulässig, wenn die Annahme einer Verseuchung der Gegenstände durch besondere Umstände begründet ist. — Für die Bestattung der an einer Seuche Gestorbenen können besondere Vorsichtsmaßregeln angeordnet werden.

Als vorbeugende Maßregel wird in § 35 noch angeordnet, daß die dem allgemeinen Gebrauch dienenden Einrichtungen für Wasserversorgung und Beseitigung der Abfallstoffe fortlaufend durch staatliche Beamte zu überwachen sind.

Die Bekämpfung der endemischen Krankheiten ist in Preußen, unter Aufhebung der bisher maßgebenden königl. Verordnung vom

8. August 1835, durch das Gesetz betr. die Bekämpfung übertragbarer Krankheiten vom 28. August 1905 geregelt, dessen Ausführungsbestimmungen am 7. Oktober 1905 erlassen und am 20. Oktober 1905 in Kraft getreten sind. Das Gesetz sieht vor:

A. Anzeige- oder Meldepflicht. Die Anzeigepflicht: Erkrankungen und Todesfälle an Diphtherie, übertragbarer Genickstarre, Kindbettfieber, Körnerkrankheit, Rückfallfieber, übertragbarer Ruhr, Scharlachfieber, Unterleibstyphus, Milzbrand, Rotz, Tollwut, sowie Bißverletzungen durch tolle oder der Tollwut verdächtige Tiere, Fleisch-, Fisch- und Wurstvergiftung, Trichinose, außerdem Todesfälle an Lungen- und Kehlkopftuberkulose sind der zuständigen Polizeibehörde unverzüglich anzuzeigen. Zur Anzeige sind die nämlichen Personen wie im Reichsgesetz verpflichtet.

B. Ermittelungsverfahren. Auf die Anzeige folgt bei ersten Erkrankungen oder Todesfällen an den obengenannten Krankheiten — mit Ausnahme jedoch von Tuberkulose und der drei unten besonders besprochenen Krankheiten, Diphtherie, Körnerkrankheit und Scharlach —, bei Kindbettfieber und Typhus aber auch bei Verdacht der Erkrankung, unverzüglich das Ermittelungsverfahren durch den beamteten Arzt, ähnlich wie im Reichsgesetz. — Befindet sich jedoch der Kranke in ärztlicher Behandlung, so ist dem beamteten Arzt der Zutritt untersagt, wenn der behandelnde Arzt (im Reichsgesetz der beamtete Arzt!) erklärt, daß davon eine Gefährdung der Gesundheit oder des Lebens des Kranken zu befürchten ist. Vor dem Zutritt des beamteten Arztes ist dem behandelnden Arzt Gelegenheit zu dieser Erklärung zu geben.

Bei Kindbettfieber (und Verdacht) ist dem beamteten Arzt der Zutritt nur mit Zustimmung des Haushaltungsvorstandes gestattet.

Bei Typhus- und Rotzverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden; jedoch soll sie (nach den Ausführungsbestimmungen) nur dann stattfinden, wenn die bakteriologische Untersuchung der Absonderungen und des Blutes (Agglutination) zur Feststellung nicht ausreicht oder nicht ausführbar ist.

Bei Diphtherie, Körnerkrankheit oder Scharlach hat die Ortspolizeibehörde nur die ersten Fälle und diese nur ärztlich feststellen zu lassen, falls sie nicht bereits von einem Arzte angezeigt sind. Die Polizeibehörde soll in der Regel den nächsterreichbaren Arzt mit dieser Ermittelung beauftragen (s. Ausführungsbestimmungen).

Bei Milzbrand und Rotz hat der beamtete Arzt die Ermittelungen im Benehmen mit dem beamteten Tierarzt vorzunehmen; wie denn auch die gesundheitspolizeilichen Maßregeln mit den veterinärpolizeilichen stets im Einklang stehen sollen (s. Ausführungsbestimmungen).

Der Regierungspräsident kann anordnen, daß auch über jeden einzelnen späteren Krankheitsfall Ermittelungen angestellt werden; für Kindbettfieber empfiehlt sich eine solche Anordnung. — Ferner kann für Ortschaften, welche von Milzbrand, Rotz, Ruhr oder Typhus befallen sind, amtliche Leichenschau (durch einen Arzt) angeordnet werden (s. Ausführungsbestimmungen).

Eine wichtige Vorbedingung für die Durchführung des Reichsseuchen- wie des Preußischen Gesetzes ist die Mitwirkung bakteriologischer Untersuchungsstationen, in denen die Untersuchung der Ausscheidungen Kranker und Krankheitsverdächtiger auf das Vorhandensein bestimmter Krankheitserreger erfolgt. Solche Stationen sind teils den hygienischen Universitätsinstituten angegliedert, teils sind besondere derartige Einrichtungen in den einzelnen Regierungsbezirken und in den größeren Städten ins Leben gerufen.

Eine weitere Bedingung für eine volle Wirkung der Seuchengesetze ist ein besseres Verständnis für den Sinn und die Tragweite der Bestimmungen in den breiteren Volksschichten. Durch gemeinverständliche „Merkblätter", wie sie vom Kaiserl. Gesundheitsamte und durch „Ratschläge an Ärzte" und „Belehrungen", wie sie vom Kultusministerium für die einzelnen Krankheiten ausgegeben sind, sollen die wichtigsten Lehren von der Verbreitungsart und der Bekämpfung der Seuchen zur allgemeinen Kenntnis gebracht werden.

C. Schutzmaßregeln. Diese sind ähnlich wie im Reichsseuchengesetz, jedoch mit der Einschränkung, daß nicht alle Maßregeln für jede Krankheit gelten, sondern, nach Maßgabe der Verbreitungsweise, für jede einzelne Krankheit eine Auswahl unter den Maßregeln getroffen ist.

Hiernach können 1. einer Beobachtung durch einen Arzt oder eine sonst geeignete Person unterworfen werden: Kranke und krankheitsverdächtige Personen bei Körnerkrankheit, Rotz, Rückfallfieber, Typhus, ferner kranke, krankheits- und ansteckungsverdächtige Personen bei Syphilis, Tripper und Schanker, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben, ansteckungsverdächtige Personen bei Tollwut. Die Beobachtung soll in der Regel nur darin bestehen, daß durch einen Arzt oder eine sonst geeignete Person in angemessenen Zwischenräumen Erkundigungen über den Gesundheitszustand der betreffenden Person eingezogen werden. — Eine verschärfte Art der Beobachtung, verbunden mit Beschränkungen in der Wahl des Aufenthaltes oder der Arbeitsstätte, ist nur Personen gegenüber zulässig, welche obdachlos oder ohne festen Wohnsitz sind oder berufs- oder gewohnheitsmäßig umherziehen. — Anscheinend gesunde Personen, welche in ihren Exkreten die Erreger von Diphtherie, übertragbarer Genickstarre, Ruhr oder Typhus ausscheiden (Parasitenträger), sind auf die Gefahr, welche sie für ihre Umgebung bilden, aufmerksam zu machen und zur Befolgung der etwa erforderlichen Desinfektionsmaßregeln anzuhalten.

2. kann der Regierungspräsident für zureisende Personen Meldepflicht anordnen.

3. Einer Absonderung nach Art der im Reichsgesetz niedergelegten Bestimmungen unterliegen Genickstarre-, Ruhr-, Tollwut-, Diphtherie-, Scharlachkranke, ferner an Syphilis, Tripper und Schanker Leidende, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben, ferner kranke und krankheitsverdächtige Personen bei Rotz, Rückfallfieber und Typhus. Die Überführung diphtherie- und scharlachkranker Kinder ins Krankenhaus darf gegen den Widerspruch der Eltern nicht angeordnet werden, wenn nach Ansicht des beamteten oder des behandelnden Arztes eine ausreichende Absonderung in der Wohnung sichergestellt ist.

Stets ist tunlichst die Absonderung in der Behausung des Kranken durchzuführen; ist dies nach den Verhältnissen nicht möglich (enge, dicht bevölkerte Wohnungen, öffentliche Gebäude, Nahrungsmittelbetriebe, Fehlen von Pflegepersonal usw.), so ist durch entsprechende Vorstellungen dafür zu sorgen, daß der Kranke sich freiwillig in ein Krankenhaus überführen läßt. Erst wenn dieser Versuch fehlschlägt, wenn der beamtete Arzt es für unerläßlich und wenn der behandelnde Arzt es für zulässig erklärt, kann die Aufnahme in ein Krankenhaus angeordnet werden (s. Ausführungsbestimmungen). — Zur Beförderung solcher Kranken sollen die gewöhnlichen öffentlichen Beförderungsmittel nicht benutzt werden, bzw. muß alsbaldige Desinfektion erfolgen.

4. Wohnungen (Häuser) mit Typhus- oder Rückfallfieberkranken können durch gelbe Tafeln (Laternen) kenntlich gemacht werden.

5. Verkehrsbeschränkung für das Pflegepersonal (keine andere Pflege, Verkehr tunlichst einschränken, während der Pflege waschbares Überkleid und Desinfektion!) können angeordnet werden bei Diphtherie, Kindbettfieber, Scharlach und Typhus.

6. Für Nahrungsmittelbetriebe kann bei Diphtherie, Scharlach, Typhus; für Abdeckereien, Bürsten- und Pinselfabriken usw. bei Milzbrand gesundheitspolizeiliche Überwachung angeordnet werden.

7. Wo Rückfallfieber, Typhus oder Ruhr epidemisch auftreten, kann die Abhaltung von Märkten, Messen usw. verboten oder beschränkt werden.

8. Aus Häusern mit Erkrankungen an Diphtherie, Rückfallfieber, Ruhr, Scharlach oder Typhus sind jugendliche Personen vom Schulbesuch fernzuhalten.

In Pensionaten, Konvikten, Alumnaten, Internaten u. dgl. sind die Erkrankten abzusondern und erforderlichenfalls unverzüglich in ein geeignetes Krankenhaus oder in einen anderen geeigneten Unterkunftsraum überzuführen. Auch ist bei Diphtherie, Genickstarre und Scharlach hinzuwirken, daß diejenigen Zöglinge, welche nicht erkrankt sind, täglich mehrmals Rachen und Nase mit einem desinfizierenden Mundwasser ausspülen (? ohne Wirkung!).

Während der Dauer und unmittelbar nach dem Erlöschen der Krankheit empfiehlt es sich, daß der Anstaltsvorstand nur solche Zöglinge aus der Anstalt vorübergehend oder dauernd entläßt, welche nach ärztlichem Gutachten gesund, und in deren Absonderungen die Erreger der Krankheit bakteriologisch nicht nachgewiesen sind.

9. Bei Ruhr und Typhus können Bestimmungen betreffs der Brunnen und Wasserläufe;

10. bei Rückfallfieber, Ruhr und Typhus betreffs Räumung von Wohnungen wie im Reichsgesetz getroffen werden.

11. Für alle Krankheiten des Gesetzes gelten Desinfektionsvorschriften, die den Ausführungsbestimmungen beigegeben sind.

12. Bei Diphtherie, Ruhr, Scharlach, Typhus, Milzbrand und Rotz können die im Reichsgesetz bezeichneten Vorsichtsmaßregeln bei der Bestattung Gestorbener Platz greifen.

Ein besonderer Paragraph des Preußischen Gesetzes bestimmt noch, daß zu ärztlicher Behandlung zwangsweise angehalten werden können a) Personen, welche an Körnerkrankheit leiden und nicht glaubhaft nachweisen, daß sie ärztlich behandelt werden; b) an Syphilis, Tripper oder Schanker erkrankte Personen, sofern sie gewerbsmäßig Unzucht treiben und dies zur Verhütung der Ausbreitung erforderlich erscheint.

Die getroffenen Anordnungen sind aufzuheben:

a) Bezüglich der kranken Personen: nach Genesung, nach Überführung in ein Krankenhaus, nach dem Ableben; jedoch stets erst nach Ausführung der Schlußdesinfektion. — Bei Ruhr und Typhus ist die Absonderung nicht eher aufzuheben, als bis bei zwei durch den Zeitraum einer Woche getrennten bakteriologischen Untersuchungen die Dejekte frei von den Erregern waren; ist dies jedoch nach 10 Wochen von Beginn der Erkrankung noch nicht der Fall, so ist trotzdem die Absonderung aufzuheben und der Kranke als Bazillenträger zu behandeln.

b) Bezüglich der krankheitsverdächtigen Personen bei Kindbett-, Rückfallfieber und Typhus, wenn sich der Verdacht als nicht begründet herausgestellt hat; bei Typhus erst, wenn eine mindestens zweimalige bakteriologische Untersuchung negativ ausgefallen ist.

Bei einigen Krankheiten des Preußischen Seuchengesetzes, Typhus, Ruhr, Genickstarre, ist den in § 35 des Reichsgesetzes vorgeschriebenen vorbeugenden Maßregeln betreffs der Einrichtungen zur Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe, der Reinhaltung der Häuser und Wohnungen usw. besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden; die Gesundheitskommissionen haben (gemäß ihrer Anweisung vom 13. März 1901) hierbei mit zuwirken.

2. Mechanische Beseitigung und Abtötung der Parasiten (Desinfektion).

Unter „Desinfektion" im weiteren Sinne verstehen wir die Befreiung infizierter Menschen oder Gegenstände von Parasiten. Diese Befreiung kann entweder in einer Abtötung der Keime bestehen oder in deren mechanischer Entfernung; unter Umständen in einer Kombination von beiden. Welche Art des Vorgehens angezeigt ist, das richtet sich wesentlich danach, ob eine ansteckende Krankheit vorliegt, die nur ausnahmsweise, sei es in Einzelfällen, sei es in Epidemien, auftritt (Pest, Cholera, Meningitis, Typhus usw.), und bei denen es darauf ankommt, jede weitere Ausbreitung am Orte zu verhüten; oder ob die betreffende Krankheit dauernd weit verbreitet unter der Bevölkerung ist und ob es sich nur um die Befreiung bestimmter Lokalitäten oder Gegenstände von solchen verbreiteten Keimen (Staphylo- und Streptokokken) handelt.

Gegenüber jenen ausnahmsweise auftretenden Krankheiten darf die Desinfektion nur mit Keimtötung vorgehen, da bei der mechanischen Beseitigung (Reinigung) die lebenden Erreger nur verschleppt werden und neue, vielleicht gefährlichere Infektionsquellen durch die Reinigungswässer, die Reinigungsutensilien und den Verkehr der mit der Reinigung betrauten Personen entstehen. Dagegen dürfen jene in unserer Umgebung stets verbreiteten Keime durch einfache, nicht abtötend auf die Keime wirkenden Reinigungsmethoden, wie Abwaschen, Bürsten, Abseifen, Klopfen usw., bekämpft werden. Zu dieser Gruppe

dürfen in manchen Fällen die Erreger der Tuberkulose gerechnet werden, zumal hier nur ausgiebige Kontakte oder Inhalation die Infektion ermöglichen und die etwa aus einer verseuchten Wohnung herausgeschafften Bazillen zu beiden Infektionsgelegenheiten kaum Anlaß geben. — Vielfach wird befürwortet, auch bei jener gefährlicheren Gruppe von Erregern stets die verseuchte Wohnung zu reinigen, um die Bewohner „zur Reinlichkeit zu erziehen". Soll dieser Nebenzweck mit der Desinfektion verbunden werden, so ist durchaus erst die Tötung der Erreger an Ort und Stelle vorzunehmen, und dann erst die Reinigung folgen zu lassen.

Eine gute Illustration für die Verschiedenheit der hier in Betracht kommenden Gesichtspunkte liefert die Händedesinfektion der Ärzte. Will der Arzt sich für eine aseptische Operation vorbereiten, so hat er nur das Bestreben, von seinen Händen die stets daran haftenden Keime los zu werden, die der Wunde Gefahr bringen könnten. Wohin diese Keime sonst gelangen, kann ihm gleichgültig sein. Er wird daher vor allem Reinigungsmethoden, event. kombiniert mit Tötungsmitteln, verwenden. Handelt es sich aber z. B. um Eröffnung des Bubos eines Pestkranken, so darf der Arzt nach der Operation nicht wiederum Reinigungsmethoden verwenden; diese würden die Pestbazillen in das Waschbecken, durch verspritzte Tröpfchen auf den Fußboden, in das Abwasser und in die rattenbewohnten Kanäle gelangen lassen; er muß vielmehr unter allen Umständen Hände und Instrumente unmittelbar in keimtötende Flüssigkeiten bringen. Wir haben daher die chirurgische und die hygienische Händedesinfektion sehr wohl auseinanderzuhalten.

a) *Verfahren zur mechanischen Beseitigung der Keime.*

Am wenigsten geeignet ist trockenes Abstauben und Fegen; die Beseitigung ist ganz unvollkommen und die Infektionsgefahr wird durch das Aufwirbeln des Staubes stark vermehrt. Zu verwerfen ist auch als Mittel zur Beseitigung von Krankheitskeimen die (aus anderen Gründen notwendige) Lüftung von Krankenzimmern oder Möbeln usw. (s. S. 365). Auch Besonnung ist wirkungslos; die in die Stoffe eingelagerten oder durch irgendwelche deckende Schicht geschützten Krankheitserreger bleiben selbst bei anhaltender und wiederholter Besonnung und Lüftung am Leben (abgesehen davon, daß in unserem Klima oft Monate lang keine Besonnung zu haben ist).

Die Beseitigung der Keime ist daher stets auf feuchtem Wege zu versuchen. Zweckmäßig ist dabei, dem benutzten Wasser Seife (etwa 3%) oder Soda (etwa 2%) zuzusetzen, und diese Flüssigkeiten sind heiß zu verwenden; alsdann erzielt man auch noch eine teilweise Abtötung der Keime. Der Zweck dieser Zusätze ist aber hauptsächlich, Schmutzteile leichter zu lösen; zu einer vollständigen Keimtötung sind die gewöhnlichen Seifen- und Sodalösungen nicht befähigt (s. S. 541), und die Temperatur der Lösungen kann man nicht über

50° steigern, da höhere Wärmegrade an den Händen nicht vertragen werden. Man wird also stets damit rechnen müssen, daß bei allen diesen Reinigungsprozeduren zahlreiche Keime lebendig bleiben. Diese Maßnahmen sind daher durchaus unzureichend bei solchen Krankheiten, deren Keime nicht allverbreitet sind (vgl. S. 562).

Abwaschen und Abbürsten mit keimtötenden Mitteln kann bei glatten Flächen vollen Erfolg haben, ist aber eigentlich nicht mehr zu den Reinigungs-, sondern zu den Desinfektionsmethoden zu rechnen.

b) *Verfahren zur Keimtötung, Desinfektion.*

Zur Desinfektion eignen sich die verschiedenen S. 540 aufgezählten Mittel, bei denen selbstverständlich Konzentration und Dauer der Einwirkung stets sorgfältig beachtet werden müssen. Die zu desinfizierenden Objekte müssen von dem Mittel vollständig durchdrungen sein; dabei dürfen keine chemischen, die Desinfektionswirkung schwächenden Umsetzungen eintreten; ferner dürfen die Objekte durch die angewendeten Mittel nicht beschädigt werden, letztere dürfen für die mit der Ausführung der Desinfektion Beauftragten keine Gesundheitsschädigung herbeiführen, und die Kosten der Desinfektion dürfen nicht zu hoch werden.

Bei weitem nicht alle die oben genannten, zu einer Vernichtung von Bakterien befähigten Mittel erfüllen alle diese Anforderungen und eignen sich somit für die praktische Desinfektion.

Ganz abzusehen ist von den früher gebräuchlichen gasförmigen Desinfektionsmitteln, wie schweflige Säure, Chlor-, Brom- und Sublimatdampf. Im besten Fall werden durch diese Gase nur die in den oberflächlichsten Schichten gelegenen Krankheitserreger abgetötet und auch diese nur bei gleichzeitiger Anfeuchtung der Objekte; dann aber werden letztere stets so beschädigt, daß sie nicht mehr gebrauchsfähig sind. — Manche Verfahren (Sprengen mit Karbolwasser, Eukalyptol, Aufhängen von Karbolpapier, Ozonlämpchen usw.) charakterisieren sich schon dadurch, daß dabei gar kein Versuch zur quantitativen Anwendung gemacht wird, als unwirksame und verwerfliche Schwindelmittel.

In die Seuchengesetze sind nur folgende zur praktischen Desinfektion wirklich geeignete Mittel aufgenommen:

1. Verbrennen, für kleinere wertlose Gegenstände.

Größere Objekte, insbesondere das Stroh der Bettsäcke, können kaum jemals in dem Hause des Erkrankten mit solcher Vorsicht verbrannt werden, daß dabei keine Ausstreuung von Infektionserregern erfolgt.

2. Kochen in Wasser (event. mit Sodazusatz).

Alle in Betracht kommenden Krankheitserreger werden schon durch 5 Minuten langes Kochen vernichtet; sicherheitshalber ist 15 Minuten langes Kochen vorzuschreiben. Bei schmutzigen und fettigen Substanzen, ferner bei

schleimigen Absonderungen ist Sodazusatz zum Wasser (2%) besonders zu empfehlen. — Anwendbar für Eß- und Trinkgeschirr usw. Nicht für beschmutzte Wäsche, in welcher durch das Kochen festhaftende Flecke entstehen!

3. Sublimat (1:1000). Zu bereiten durch Auflösung der rosa gefärbten Angererschen Pastillen (Pastilli hydr. bichlor. des Arzneib. f. d. D. Reich).

Da Sublimat mit Eiweißkörpern unlösliche Verbindungen eingeht, ist es für frische Absonderungen nur verwendbar, wenn Kochsalz zugegen ist; durch letzteres wird die Ausfällung des Sublimats verhindert. Die erforderliche Menge ClNa ist in den Pastillen vorhanden; stärkerer Zusatz würde die Desinfektionswirkung herabsetzen. Für phthisisches Sputum sind stärkere Konzentrationen (5 p. m.) zu verwenden. — Die Giftigkeit der Lösung 1 : 1000 ist eine sehr geringe. Die Maximaldosis (für innerlichen Gebrauch) ist erst in 30 ccm enthalten. Nur die Pastillen dürfen dem Publikum nicht ohne besondere Vorsichtsmaßregeln in die Hände gegeben werden.

4. Karbolsäurelösung (3%); 30 ccm Acid. carbol. liquefact. mit Wasser zu 1 Liter aufgefüllt und gemischt. Wirksamer und billiger ist:

5. Verdünntes Kresolwasser (2·5%), 50 ccm Liq. Cresoli saponatus oder 500 ccm Aqua cresolica mit Wasser zu 1 Liter aufgefüllt, gemischt.

Sublimat-, Karbolsäure- und Kresollösung sind anwendbar für Abwaschen des Fußbodens und anderer Flächen, verschiedenster Utensilien, Ledersachen, zum Einlegen von Wäsche usw.

6. Kalkmilch (vor dem Gebrauch umzuschütteln); zur Desinfektion von Dejekten, Sputum (Ätzkalkstücke), Abortgruben, Rinnsteinen usw.

Die Kalkmilch wird folgendermaßen bereitet: Etwa 100 Volumteile gebrannter Kalk werden mit 60 Teilen Wasser gelöscht (CaO in $Ca[OH]_2$ verwandelt), indem man die Kalkstücke in eine Schale legt, deren Boden mit dem Wasser bedeckt ist. Die Kalkstücke saugen das Wasser auf und zerfallen unter starker Wärmeentwickelung zu Pulver von Kalkhydrat. Von diesem Pulver wird 1 Liter mit 4 Liter Wasser gemischt; man erhält so eine 20%ige Kalkmilch. — Erheblich einfacher ist es, aus einer Kalkgrube fertigen gelöschten Kalk zu entnehmen und 1 Liter davon mit 3 Liter der entsprechenden Menge Wasser zu mischen.

7. Chlorkalkmilch; wie Kalkmilch zu verwenden.

Bereitet aus 1 Liter in verschlossenen Gefäßen aufbewahrten und stechend nach Chlor riechenden Chlorkalks, dem allmählich unter Rühren 5 Liter Wasser zugesetzt werden. Für Badewässer ist die Chlorkalkmilch durch Absitzen oder Abseihen zu klären.

8. 35%ige wäßrige Lösung von Formaldehyd, 30 g auf 1 Liter Wasser. Für Haarbürsten, Messer, Gabeln usw.

9. Formaldehyd (CH_2O, Oxydationsprodukt des Methylalkohols) in Gasform zur Wohnungsdesinfektion. Die praktisch in Betracht kommenden Krankheitserreger werden abgetötet, wenn 5 g Formaldehyd pro 1 Kubikmeter Wohnraum mindestens 4 Stunden einwirken.

Das Bestreben, die an den verschiedensten Objekten eines Wohnraumes haftenden Parasiten gleichzeitig durch ein gasförmiges Desinfiziens abzutöten, stieß früher auf unüberwindliche Schwierigkeiten, falls die Objekte unbeschädigt bleiben sollten. Erst mit Hilfe des Formaldehyds ist eine durchaus schonende und doch ausreichende Desinfektion für oberflächlich infizierte Gegenstände und Wohnungsteile gelungen. Indessen müssen zum Gelingen der Desinfektion noch eine Reihe wichtiger Bedingungen erfüllt sein, die unten zusammengestellt sind.

10. Wasserdampf von 100—120°, in besonderen Desinfektionsöfen, für Objekte, die bis in größere Tiefe als infiziert angesehen werden müssen und daher durch Formaldehydgas nicht vollständig desinfiziert werden (Matratzen, Betten, Kleider bei Eiterungen u. dgl.).

11. Trockene Hitze, Formaldehyd, Kombinationen von heißem Dampf und gasförmigen Desinfektionsmitteln für feinere Kleider, Uniformen, Ledersachen, Bücher, die durch Dampf von 100° geschädigt werden.

Die unter Nr. 9, 10 und 11 aufgezählten Verfahren bedürfen noch näherer Beschreibung.

Formaldehyddesinfektion.

Der zu desinfizierende Wohnraum muß zunächst sorgfältig abgedichtet werden, damit die erforderliche Konzentration des Gases — 5 g Formaldehyd pro Kubikmeter Wohnraum — erreicht wird und tunlichst lange bestehen bleibt. Nur bei rascher Entwickelung stark überschüssiger Gasmengen, die aber in der Praxis schon der Kosten wegen stets vermieden werden, kann die Abdichtung unterbleiben. — Ferner muß gleichzeitig (oder vorher) die Luft mit Wasserdampf übersättigt werden; es erfolgt dadurch an allen zugänglichen Flächen Kondensation von Wasserdampf und Formaldehyd und eine oberflächliche Durchfeuchtung mit wirksamer Formaldehydlösung. An warmen Gegenständen (Öfen, Schornsteine) erfolgt keine Kondensation; dieselben müssen erforderlichenfalls mit desinfizierenden Lösungen abgewaschen werden. — Da nur eine Oberflächen-Desinfektion stattfindet und die Wirkung in porösen Stoffen sich nur bis in geringe Tiefe erstreckt, sind alle Objekte von der Formaldehyddesinfektion auszuschließen, in welche Exkrete und Parasiten in größere Tiefe eingedrungen sind, ebenso Exkrete selbst in dickerer Schicht. Frische Sputa, grob verunreinigte Stellen des Fußbodens, Taschentücher und sonstige mit Exkreten stärker beschmutzte Wäsche sind daher durch Sublimat- oder Kresollösung gesondert zu desinfizieren; Betten und Matratzen, die nicht nur oberflächlich verunreinigt sind, müssen in den Desinfektionsofen transportiert werden. Außerdem müssen alle sonstigen für die Formaldehyddesinfektion geeigneten Objekte so in dem Wohnraum aufgestellt bzw. aufgehängt werden, daß ihre gesamten Oberflächen der Luft frei ausgesetzt sind. Die Gegenstände dürfen sich dabei nicht berühren oder einander zu nahe gerückt werden. — Bei sehr kleinen Zimmern und starker Füllung mit Gegenständen ist ein Zuschlag an Zeitdauer (7 Stunden statt 4) oder an Formaldehydmenge empfehlenswert, da nicht eigentlich der Kubikraum, sondern die Masse der absorbierenden Flächen den Verbrauch beeinflußt.

Eine Beschädigung der Objekte tritt durch diese Art von Desinfektion nicht ein. Wohl aber hält sich der stehende, die Schleimhäute stark reizende

Geruch des Formaldehyds lange im Zimmer und haftet nachhaltig an Betten, Kleidern usw. trotz energischen Lüftens. Praktisch verwendbar ist die Formaldehyddesinfektion daher erst geworden, seit man ein einfaches Verfahren kennt, um den Geruch zu beseitigen. Dasselbe besteht darin, daß zu Ende der Desinfektion noch bei geschlossenem Zimmer durch das Schlüsselloch Ammoniakgas (durch Verdampfen von käuflicher 25%iger Ammoniaklösung) eingeleitet wird. Dieses bildet mit dem Formaldehyd die feste Verbindung Hexamethylentetramin (Urotropin). Die Menge des Ammoniaks muß der Menge des entwickelten Formaldehyds angepaßt werden.

Die Darstellung des Formaldehyds kann entweder mit Hilfe von einfachen Apparaten geschehen oder ohne solche.

Für die Apparate verwendet man die käufliche 35%ige wäßrige Lösung, Formalin genannt (der Name ist gesetzlich geschützt, die Lösung ist daher teurer, wenn sie unter diesem Namen gekauft wird!). Die Lösung wird entweder in Sprayapparate (Czaplewski-Prausnitz) versprengt, die in der Praxis gute Resultate geliefert haben; oder einfacher verdampft, wobei der Formaldehyd

Fig. 156.
Breslauer Apparat zur Formaldehydentwickelung.

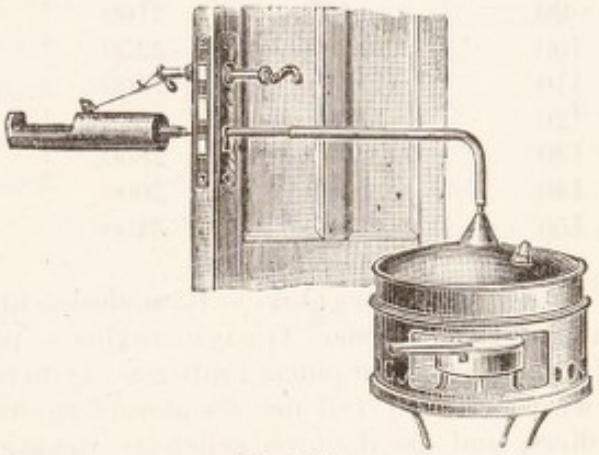


Fig. 157.
Ammoniakeinleitung.

frei wird (Breslauer Methode). Da außer der Formaldehydentwickelung auch eine Entwickelung reichlicher Wasserdampfmengen durchaus erforderlich ist, ist es das Zweckmäßigste, das zur Verdampfung jeweils erforderliche Formalin- und Wasserquantum zusammenzugießen. Dies Gemisch wird in einem einfachen Behälter mit großer Heizfläche verdampft. Durch diese Verdünnung des Formalins wird dann gleichzeitig jeder Polymerisierung des Formaldehyds vorgebeugt. — Als Verdampfungsapparat kann der in Fig. 156 abgebildete Kupferkessel und die dazu gehörige Spirituslampe benutzt werden. — Nach beendeter Desinfektion ist Ammoniak aus einem kleineren Kessel von der Form wie in Fig. 157 zu entwickeln; das durchs Schlüsselloch geleitete Rohr führt in eine Auffangrinne, um Beschädigungen des Fußbodens vorzubeugen[1]. Die für jede Raumgröße erforderlichen Mengen von Formalin, Wasser, Ammoniak und Spiritus (Kol. 4 für die Formaldehyd-, Kol. 6 für die Ammoniakverdampfung) sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

[1] Die Apparate sind zu beziehen z. B. von G. Haertel, Breslau, Albrechtstraße; Boje, Göttingen; Desinfektions-Centrale, Berlin. Außerdem können sie nach den genauen Angaben in Flügge: Die Wohnungsdesinfektion durch Formaldehyd, Jena 1909, S. 12 von jedem Klempner hergestellt werden.

Um 5 g Formaldehyd auf 1 cbm Raum zu entwickeln, ist der „Breslauer Apparat" zu beschicken mit:

1. Raumgröße in cbm	2. Formaldehyd-lösung (35%)	3. Wasser	4. Spiritus (90%)	5. Ammoniak (25%)	6. Spiritus (90%)
10	400	600	200	150	15
20	550	850	300	300	30
30	650	1000	400	400	40
40	800	2000	500	550	50
50	900	1350	550	600	60
60	1000	1500	600	750	75
70	1150	1750	750	900	90
80	1250	1850	800	1000	100
90	1400	2100	900	1150	120
100	1500	2250	1000	1200	130
110	1650	2500	1050	1350	140
120	1750	2650	1150	1500	150
130	1900	2850	1250	1600	160
140	2000	3000	1300	1750	170
150	2100	3150	1350	1800	180

Bei der apparatlosen Raumdesinfektion geht man gewöhnlich aus von dem Paraform (oder Trioxymethylen = polymerisierter fester Formaldehyd) und bringt dieses mit einem kräftigen oxydierenden Agens und Wasser zusammen. Es wird dann ein Teil des Paraforms zu Ameisensäure, bzw. CO_2 und Wasser oxydiert, und die dadurch gelieferte Reaktionswärme führt, ohne daß es einer weiteren Erhitzung bedarf, einen Teil des Paraforms in gasförmigen Formaldehyd über. Von diesem Gesichtspunkt aus wurde von Eichengrün das Autanverfahren empfohlen, bei dem Bariumsuperoxyd als oxydierendes Mittel mit dem Paraform gemengt und mit Wasser übergossen wurde. Das Verfahren stellt sich aber viel zu teuer; auch sind wegen des starken Aufschäumens nach dem Wasserzusatz sehr hohe Gefäße erforderlich. — Besser wird zur Oxydation eines Teils des Formaldehyds und zur Lieferung der Reaktionswärme Kaliumpermanganat benutzt (Evans & Russel; Doerr & Raubitschek; Lösener); pro 1 cbm Raum je 32 g Formalin, Wasser und $KMnO_4$; oder besser nach dem von Kalähne & Strunk und fast in gleicher Weise von Lockemann & Croner angegebenen Verfahren, bei dem pro 1 cbm Raum 10 g Paraform mit 25 g grob kristallis. $KMnO_4$ gemischt und nach dem Mischen mit 25 ccm Wasser übergossen werden. Die starke Erhitzung, die beim Mischen des Pulvers gelegentlich vorkommen kann, wird vermieden, wenn man nach Hannes für 1 cbm Raum 10 g Paraformpulver zunächst mit 30 ccm Wasser anrührt und dann 20 g $KMnO_4$ zumischt. Einstweilen scheint diese Methode die praktisch brauchbarste und unter den apparatlosen die billigste zu sein.

In welchen Fällen Apparate zu verwenden sind und wann von der apparatlosen Desinfektion Gebrauch zu machen ist, das läßt sich folgendermaßen präzisieren. Bei der Truppe im Manöver und im Kriege ist selbstverständlich die letztere Methode vorzuziehen, weil — namentlich bei dem Hannesschen Verfahren — die zu transportierenden Materialien so kompendiös wie möglich

sind. — In den weitaus häufigeren Fällen, wo dieser Gesichtspunkt nicht in Betracht kommt, wird wesentlich der Preis entscheidend sein. Die Kosten jeder einzelnen Desinfektion betragen beim Breslauer Apparat pro 1 cbm Raum 2·75 Pf., bei dem billigsten apparatlosen Verfahren (nach Hannes) 5·7 Pf. Die einmalige Beschaffung der Apparatur kostet etwa 60 Mark. Es hängt offenbar ganz von der Anzahl der pro Jahr zu erledigenden Desinfektionen ab, ob diese Anschaffungskosten ins Gewicht fallen oder nicht. Sind jährlich 20 und mehr Desinfektionen auszuführen, so lohnt sich die Anschaffung eines Apparates; und kommen gar 50 und mehr Desinfektionen in Betracht, so würde es völlig unwirtschaftlich sein, wollte man das in jedem Einzelfall doppelt so teuere apparatlose Verfahren dem Apparatverfahren vorziehen. Wo dagegen nur ganz vereinzelt und ausnahmsweise desinfiziert wird, da ist das apparatlose Verfahren ökonomischer und empfehlenswerter. — Außerdem ist in den Händen der in üblicher Weise vorgebildeten Desinfektoren die Apparatdesinfektion leichter gewissenhaft durchzuführen, als die apparatlose.

Nicht bei allen Infektionskrankheiten wird man die Formaldehyddesinfektion als genügend ansehen können. Nicht anwendbar ist sie z. B. in manchen ländlichen nicht abdichtbaren Behausungen; schwer anwendbar in überfüllten Arbeiterwohnungen. — Ferner ist bei Pocken, Pest, septischen Erkrankungen, Typhus, Cholera usw. Dampfdesinfektion nicht zu entbehren; hier muß neben der Formaldehyddesinfektion Dampfdesinfektion der infizierten Betten, Kleider, Matratzen, Strohsäcke, Teppiche und Vorhänge erfolgen.

Dampfdesinfektion.

Die lediglich mit Wasserdampf arbeitenden Desinfektionsöfen enthalten einen Raum, in welchem die zu desinfizierenden Objekte eingelagert oder aufgehängt werden und der vom Dampf durchströmt wird. Sie sind entweder für ungespannten bzw. sehr wenig gespannten Dampf von 100—104° eingerichtet; oder aber für stark gespannten Dampf von mehr als 110°. In jedem Falle muß das Erhitzen in einer reinen Wasserdampfatmosphäre geschehen; sobald Luft neben Wasserdampf im Ofen enthalten ist, kommt eine vollständige Desinfektion innerhalb kurzer Zeit nicht zustande (vgl. S. 540).

Bei den Apparaten für ungespannten Dampf ist daher die Einrichtung getroffen, daß der Dampf während der ganzen Desinfektionsdauer den Apparat durchströmt; außerdem gibt man dem Dampf gern einen minimalen Überdruck (durch Verengerung der Abströmungsöffnung), damit jedes Eindringen von Luft in das Innere des Ofens sicher ausgeschlossen ist.

Die Kleider, Betten usw. sind vor dem an den Innenwänden des Apparats reichlich sich bildenden Kondenswasser möglichst zu schützen; sie werden sonst von demselben derartig durchnäßt, daß leicht Flecke entstehen. Auch sollen die Objekte nicht im kalten Zustand mit dem heißen Dampf zusammentreffen, da sonst zu starke thermische Kondensation im Innern der Objekte erfolgt. Man trifft daher Vorkehrungen, daß eine allmähliche Erwärmung der in den Apparat gebrachten Sachen erfolgt, ehe der Dampf einströmt. Ist dies geschehen, so bringt der heiße Dampf nur eine ganz minimale Durchfeuchtung der Sachen zuwege. Diese trockene Erhitzung darf jedoch nicht während der Dämpfung fortgesetzt werden, da überhitzter Dampf unvollkommen des-

infiziert. — Bei trockenen Wollstoffen kann auch durch hygroskopische Kondensation eine Überwärmung eintreten, wenn völlig trockene Erwärmung vorausgegangen ist; in praxi kommt dies aber selten vor.

Die Desinfektionsöfen werden gewöhnlich in Form von liegenden Zylindern hergestellt. Entweder ist der Dampfentwickler und die Feuerung mit ihnen verbunden, wie beim THURSFIELDschen Desinfektionsofen. Der horizontal gelagerte Zylinder (*A* Fig. 158) von 50 ccm bis 1·5 m Durchmesser (je nach der Größe der zu desinfizierenden Objekte) ist außen in einem Abstand von 3—15 cm von einem Blechmantel umkleidet; der untere Teil des Mantelraums wird mit Wasser gefüllt und dient als Kessel (s. den schematischen Durch-

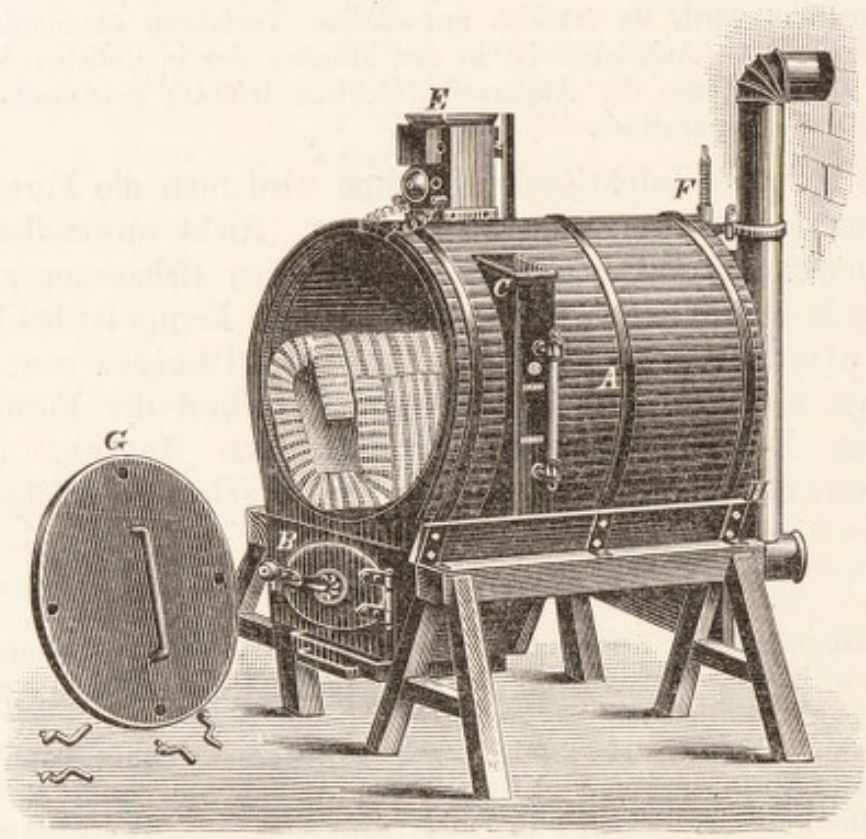


Fig. 158. THURSFIELDscher Desinfektionsofen.
A Mit Holz verkleideter Zylinder. *B* Feuerung. *C* Wassereinguß mit Wasserstandsrohr. *E* Signalpyrometer. *F* Thermometer. *G* Tür.

schnitt, Fig. 159). Von der oberen Dampf enthaltenden Hälfte führen Öffnungen den Dampf in das Innere des Zylinders; die Abströmungsöffnung wird unten (Fig. 159, *d*) angebracht. Der Zylinder ist vorn und hinten durch Türen geschlossen, die mit Schrauben dampfdicht angepreßt werden. Um den äußeren Mantel ist zum Wärmeschutz noch eine Holz- oder Filzbekleidung gelegt. — In diesem Ofen findet nach dem Anheizen (mit Gas oder Feuerung) und vor dem Einströmen des Dampfes eine solche Durchwärmung des Apparats und der Objekte statt, daß eine kaum merkliche Kondensation erfolgt und kurzes Schwenken der herausgenommenen Kleider und Betten dieselben völlig trocken erscheinen läßt.

Oder die Öfen sind an einen besonderen Dampfentwickler angeschlossen (BUDENBERG). Der Ofen stellt einen liegenden ovalen Zylinder dar (Fig. 160), dessen Innenseite mit Schuppenblechen ausgekleidet ist und dadurch eine Durchfeuchtung der Objekte hindert. Der Apparat empfiehlt sich besonders da, wo

ein bereits bestehender Dampfkessel auch den Desinfektionsofen mit Dampf versorgen soll.

Größere Apparate (Desinfektionszentrale, Berlin-Schöneberg; SCHIMMEL & COMP. in Chemnitz; HARTMANN, früher RIETSCHEL & HENNEBERG in Berlin S.; ROHRBECK in Berlin) enthalten einen Innenraum von 2—6 cbm und von quadratischem oder oblongem Querschnitt. Zum Betriebe bedürfen sie eines großen Dampfkessels. Eine Vorwärmung der Objekte wird bei ihnen dadurch erzielt, daß Heizrohre oder Rippenheizkörper in das Innere des Apparats vorragen; diese werden zuerst mit Dampf angeheizt, und erst wenn die Erwärmung genügend ist, läßt man den Dampf in den inneren eigentlichen Desinfektionsraum einströmen. Nach der Beendigung der Desinfektion wird wiederum nur durch die Heizkörper erwärmt und zugleich läßt man Luft durch den Innenraum strömen; dadurch erfolgt schnelles und vollkommenes Trocknen der Objekte.

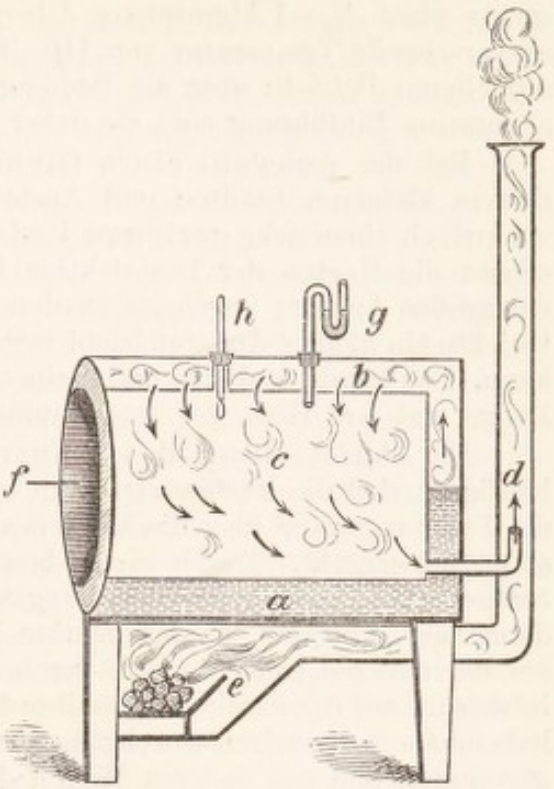


Fig. 159. Durchschnitt durch den THURSFIELDschen Desinfektionsofen.
a Wasser. *b* Dampf. *c* Desinfektionsraum. *d* Dampfabführung. *e* Feuerung. *f* Türöffnung. *g* Manometer. *h* Thermometer.

Die Apparate mit gespanntem Dampf von 110—120° (z. B. von GENESTE & HERRSCHER) sind nach den Vorbildern der in den Laboratorien gebräuchlichen Autoklavenöfen konstruiert. Besondere Vorsicht muß hier darauf verwendet werden, daß die Luft durch den Dampf vollständig ausgetrieben wird; schließlich ist Dampf in den geschlossenen Apparat einzulassen, bis die Mano-

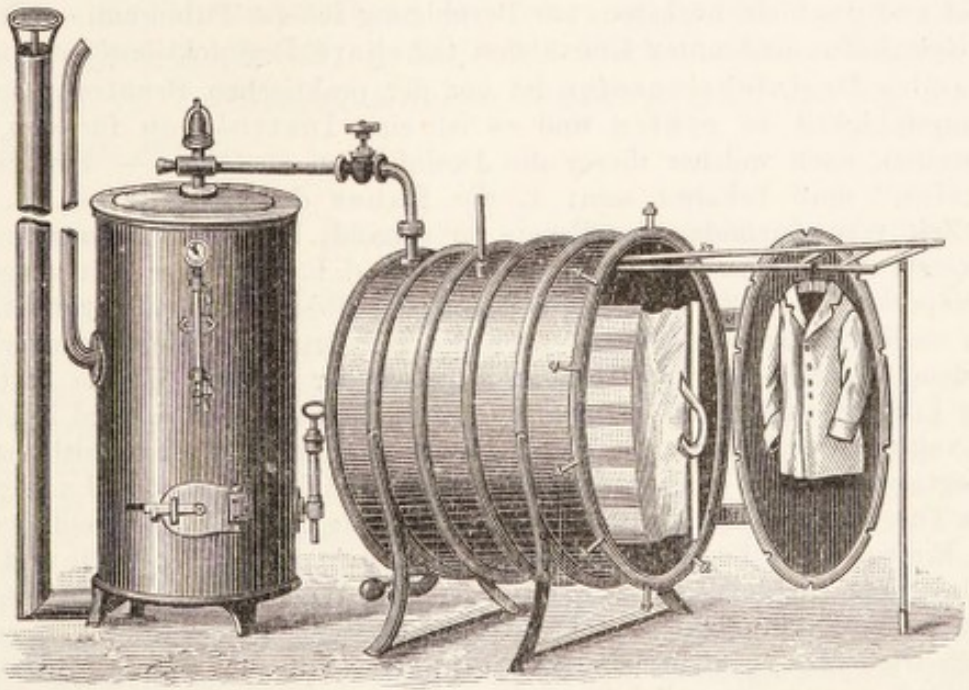


Fig. 160. BUDENBERGs Desinfektionsofen.

meter etwa $^1/_2$—1 Atmosphäre Überdruck und eingesetzte Thermometer die entsprechende Temperatur von 110—120° zeigen. Die Apparate gestatten einen schnelleren Betrieb; aber die Bedienung muß eine peinlich sorgfältige sein; für allgemeine Einführung sind sie daher nicht geeignet.

Bei der Auswahl eines Ofens ist namentlich in Erwägung zu ziehen, daß in kleineren Städten und Anstalten die zu desinfizierenden Objekte gewöhnlich einen sehr geringen Umfang haben. Es erschwert den Betrieb und erhöht die Kosten der Desinfektion in unnötiger Weise, wenn dafür jedesmal ein großer Apparat angeheizt werden muß, während bei stärkerer Häufung der Objekte ein kleiner Apparat leicht mehrere Male an einem Tage beschickt werden kann. Für Landgemeinden und kleinere Städte reichen daher Apparate von 1·5 m Länge und 1 m Höhe des Innenraums vollkommen aus.

Die Aufstellung des Apparats in der Desinfektionsanstalt erfolgt häufig so, daß die letztere streng in zwei Abteilungen geschieden wird, und daß die Trennungswand über die Mitte des mit zwei Türen versehenen Desinfektionsofens hinweggeht. Durch einen besonderen Eingang gelangen die infizierten Sachen in die eine (unreine) Abteilung, werden von da in den Apparat eingeschoben, dann aber, um eine Wiederinfektion in der unreinen Abteilung zu vermeiden, auf der anderen (reinen) Seite durch anderes Personal (oder nachdem die Desinfekteure auf der unreinen Seite ihre Dienstkleider gelassen und ein Bad passiert haben, das den einzigen Durchgang zur reinen Seite bildet) aus dem Ofen herausgenommen und auf anderen Wagen dem Publikum wieder zugestellt. — Diese Einrichtung ist dann unbedingt nötig, wenn dem Publikum die beliebige Einlieferung von desinfektionsbedürftigen Sachen in die Anstalt gestattet ist, was aber nie geschehen sollte, da beim Transport der Sachen eine starke Ausstreuung von Infektionserregern unvermeidlich ist; ferner wenn die Sachen zwar mit Hüllen eingeliefert, in der Anstalt aber aus diesen herausgenommen und lose in den Apparat gelegt werden. — Richtiger ist es aber, daß alle Sachen stets von geschulten Desinfekteuren aus den Wohnungen abgeholt und in mit Sublimatlösung befeuchteten Säcken oder Laken nach der Anstalt und in die Öfen befördert werden. In diesem Falle ist die Trennung der reinen und unreinen Seite nicht mehr begründet und geschieht höchstens zur Beruhigung für das Publikum. — Für ländliche Gemeinden sind unter Umständen fahrbare Desinfektionsöfen angezeigt.

Jeder Desinfektionsofen ist vor der praktischen Benutzung auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen und es ist eine Instruktion für den Heizer aufzustellen, nach welcher dieser die Desinfektion ausführt. — Für die „Instruktion" muß bekannt sein: 1. die Dauer des Anheizens, d. h. wie lange Zeit vom Anzünden des Feuers an vergeht, bis der abströmende Dampf 100° zeigt; 2. die Dauer des Eindringens, d. h. wie lange Zeit vergeht, bis die Temperatur von 100° auch in das Innere der Objekte vorgedrungen ist. Beide Zeiten variieren sehr erheblich je nach der Konstruktion (Heizfläche usw.) und nach dem Betriebe (Art der Heizung, Packung der Kollis). Um zu bestimmen, welche Eindringungsdauer der Ofen bei gutem Betriebe leistet, wird in ein möglichst voluminöses Objekt, am besten ein Bettenkolli, ein Maximalthermometer eingelegt; nach Ablauf einer gewissen Zeit wird der Ofen geöffnet und nachgesehen, ob das Thermometer bereits 100° erreicht hat. Die Prüfung kann auch geschehen durch Einlegen von Fäden mit Milzbrandsporen in ein großes Kolli und Prüfen derselben nach vollendeter Desinfektion auf ihr Wachstum und ihre Infektionsfähigkeit. Sind 100° nicht erreicht oder die Sporen nicht abgetötet, so muß der Versuch wiederholt werden; ebenso kann aber, wenn das Resultat positiv war, die wirklich notwendige Zeit stark überschritten sein. — Will man durch einen

Versuch bestimmte Auskunft erhalten, so legt man in das Innere des Deckenbündels ein Kontaktthermometer, dessen Legierung bei 100° schmilzt oder besser (da die Legierungen zu ungleich ausfallen) ein STUHL-LAUTENSCHLÄGERsches Quecksilberskalen-Kontaktthermometer ein; dieses signalisiert dann durch ein elektrisches Läutewerk das Durchdringen der 100°-Temperatur. — Meist beträgt die Eindringungsdauer 30—60 Minuten. 3. Von dem Moment ab, wo an allen Stellen der Objekte die Temperatur von 100° aufgetreten ist, beginnt die eigentliche Desinfektion, die noch etwa 10 Minuten einzuwirken hat, um auch die widerstandsfähigsten Krankheitserreger abzutöten. — Da der Erfolg der Desinfektion in jedem Einzelfall ganz von der Sorgfalt abhängt, mit welcher der Betrieb erfolgt (gleichmäßige Feuerung, steter Dampfstrom!), ist außer der Probedesinfektion eine regelmäßige Kontrolle jeder Einzelleistung durchaus erforderlich. Hierüber läßt sich ein Urteil gewinnen durch Einlegen STICHERscher Phenanthren-Apparate (Glasröhrchen, in welchen Phenanthren, das bei 98° schmilzt, eingeschlossen ist; eine doppelte Glashülle verlangsamt das Eindringen der Maximaltemperatur um 10 Minuten, also um die für die Abtötung erforderliche Zeit; zu beziehen von Glasbläser SCHMIDT-Breslau) in das voluminöseste Kolli. Die Art des Einlegens beeinflußt aber das Resultat stark und die Apparate geben nicht selten zu Irrtümern Anlaß. Besser ist daher der Kontrollapparat von KUNOW, der frei im Desinfektionsraum aufgehängt wird; derselbe enthält ein kleines Maximalthermometer in einer Hülle von schlecht wärmeleitenden Substanzen, deren Dicke so gewählt ist, daß die Verzögerung des Wärmedurchgangs derjenigen in einem Bettenkolli entspricht.

Die Resultate der Desinfektion in diesen Öfen sind bei sorgfältiger Instruktion und Kontrolle befriedigend. Eine Beschädigung der Sachen tritt nicht ein; allerdings sind auszuschließen alle Ledersachen, die im Dampf hart werden und schrumpfen; ebenso Bücher, Pelzwerk, auch feinere Herren- und Damenkleider. Auszuschließen von der Dampfdesinfektion ist ferner alle mit Blut, Eiter oder Kot stark beschmutzte Wäsche; in derselben entstehen wie durch das Kochen (S. 565) festhaftende Flecke. Solche Wäsche wird zweckmäßig in Sublimat-Kochsalzlösung oder in Aq. Cresoli desinfiziert (s. oben).

Desinfektion von Büchern, Ledersachen, Uniformen.

Uniformen und feinere Kleider können in einem Formaldehydschrank ohne jede Schädigung desinfiziert werden.

Der gut verschließbare Schrank soll etwa $^1/_2$ cbm Inhalt haben. Die Kleider werden einzeln, am besten auf Holzbügeln, lose nebeneinander in den Schrank gehängt. Durch eine Durchbohrung der Schrankwand werden mittels eines kleinen Dampfkessels (wie der S. 567 beschriebene) zunächst die Dämpfe von 2 Litern Wasser eingelassen; sodann wird der Kessel mit 135 ccm 35%iger Formaldehydlösung und 500 ccm Wasser beschickt, und die Dämpfe ebenfalls in den Schrank hineingeleitet. 5 Stunden darauf werden 60 ccm Ammoniak mit Hilfe des Ammoniakentwicklers in den Schrank eingeleitet, nach $^1/_2$ Stunde wird der Schrank geöffnet, die Kleider werden herausgenommen und ausgebreitet. Sie sind noch am selben Tage benutzbar (NOETEL).

Für Bücher, Ledersachen und ebenfalls Uniformen usw. ist trockene Hitze geeignet.

Ein Kasten aus Eisenblech von etwa 1 cbm Inhalt, wie die Trockenschränke der Laboratorien mit Doppelwandung usw. versehen, wird mittels eines Gasbrenners und Regulators auf der Temperatur von 75—85° gehalten. Wasserdampf wird nicht besonders entwickelt, andererseits das Desinfektionsgut auch nicht vorher besonders getrocknet. Die Bücher und Ledersachen werden beliebig aufeinandergeschichtet bis zur vollständigen Füllung des Schranks. Die Hitze muß 48 Stunden einwirken, um alle praktisch in Betracht kommenden Krankheitserreger sicher abzutöten; resistente Sporen sterben in 48 Stunden noch nicht ab. — Die längere Dauer der Desinfektion ist meist weder bei militärischen Effekten noch bei Büchern von Belang. Anschaffungs- und Betriebskosten sehr gering (Mosebach, Findel, Konrich).

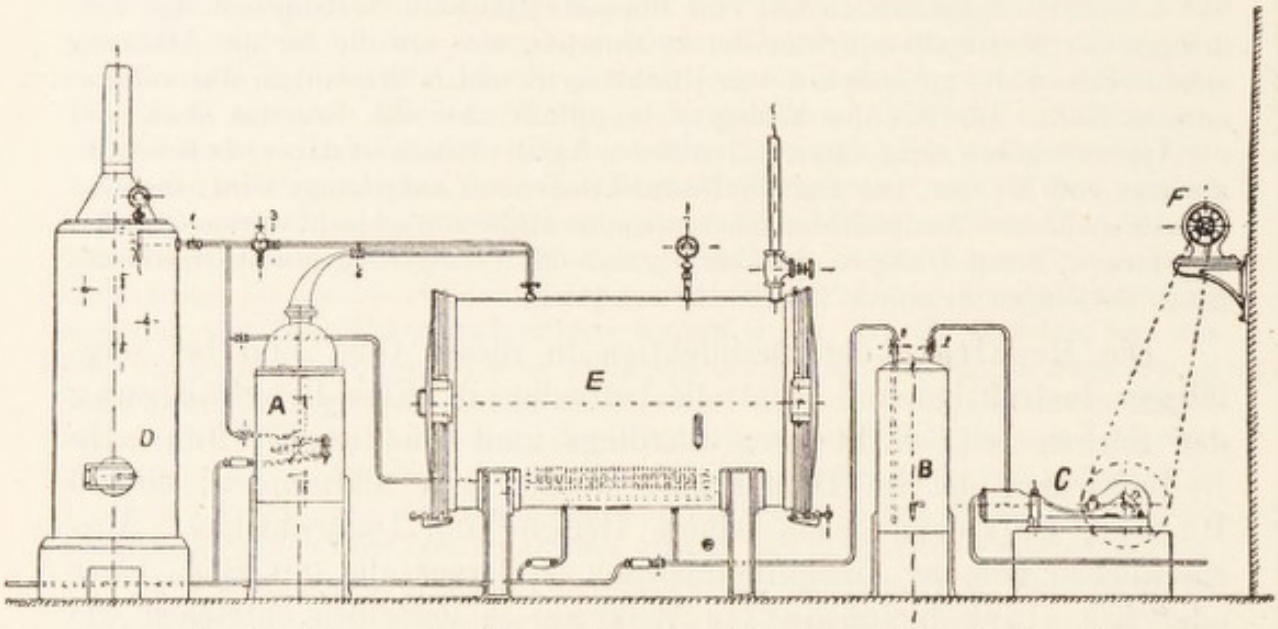


Fig. 161. Formaldehyd-Vakuum-Dampfdesinfektions-Apparat (schematisch).
A Formalinkessel. *B* Vakuumkessel. *C* Vakuumpumpe. *D* Dampfkessel. *E* Desinfektionsraum. *F* Motor.

Speziell für Bücher ist von Gärtner ein Apparat konstruiert, der mit einem Vakuum von 730 mm, einer Temperatur von 60° und Dämpfen von 50 bis 60%igem Alkohol arbeitet. Die Bücher müssen in bestimmter Weise aufgeblättert werden, wobei Mißlingen nicht ausgeschlossen ist. Desinfektionsdauer $^1/_2$ Stunde. Teuer; nur für größere Leihbibliotheken, bei denen die Bücher nicht lange entbehrt werden können.

Für Bücher, Ledersachen, Uniformen usw. und zugleich für alle sonst mit Dampf desinfizierten Objekte wird jetzt vielfach der „Universal-Desinfektionsapparat“ benutzt, in welchem Dampf von niedriger Temperatur und Formaldehyd kombiniert zur Wirkung gelangen.

Die ersten Konstruktionen waren der Rubnersche Apparat und der von Kister & Trautmann angegebene „Hamburger Apparat“. Später sind ein Typ in Weimar, zwei Typen von Henneberg, ein Typ „Vakuform-Apparat“ von der Deutschen Desinfektionszentrale Berlin hergestellt (s. Fig. 161). Alle arbeiten

mit einem Vakuum (600—710 mm) und Wasserdampf von nur 49—62°; dadurch wird die Beschädigung jener empfindlichen Objekte ausgeschlossen. Andererseits ist die Desinfektionskraft des 50—60° heißen Dampfes zu gering; sie wird daher ergänzt durch Formaldehydgas, das aus einer 8%igen Formaldehydlösung (1 Teil Formalin + 4 Teile Wasser) gewonnen wird. Außerdem soll das Vakuum das Eindringen des Dampfes und des Formaldehyds begünstigen, so daß z. B. Bücher nicht aufgeblättert zu werden brauchen; diese Wirkung ist jedoch durchaus unvollkommen, vielmehr ist sogar lockere Lagerung aller Objekte durchaus erforderlich. Im RUBNER-Apparat wird durch Einschaltung eines Kondensators der Formaldehyd wiedergewonnen. Desinfektionsdauer $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ Stunden. — Die Apparate erfordern ununterbrochen sehr aufmerksame Bedienung durch speziell geschulte Sachverständige. Es ist stete Regulierung der Dampfverteilung für Pumpe, Vorwärmung und Formaldehydkessel nötig; sehr leicht entstehen Undichtigkeiten, die das Vakuum stören. Dazu kommt die Schwierigkeit bzw. Unmöglichkeit der Kontrolle in jedem Einzelfall. Auch verändert sich die Konzentration der Formaldehydlösung fortgesetzt und die Desinfektionswirkung wird dadurch unsicher. Außerdem sind die Kosten hoch; daher ist der Apparat nur anwendbar in großen Betrieben mit sehr zuverlässigem Personal. Vielfach werden die kostspieligen Universal-Apparate in praxi lediglich als Dampfapparate mit Ausschaltung des Vakuums und des Formaldehyds betrieben. Ein einfacher Dampfapparat, ergänzt durch einen kleinen Trockenschrank für trockene Hitze, desinfiziert beliebiges Desinfektionsgut mit genau der gleichen Schonung, aber sicherer (Kontrollapparate!) und wesentlich billiger. — Neuerdings werden Apparate konstruiert, die ohne Vakuum mit zirkulierender 50° warmer, Formaldehyd-haltiger Luft anscheinend zuverlässiger und billiger arbeiten.

Ausführung der Desinfektion in der Praxis.

Die Ausführung ist verschieden, je nachdem sie während der Krankheit oder aber nach Ablauf der Krankheit stattfinden soll. Die (polizeilich angeordnete) Desinfektion nach Ablauf der Krankheit, sogen. Schlußdesinfektion, beseitigt nur die Krankheitskeime, welche nach der Genesung des Kranken, nach dessen Tode oder nach dem Verlassen der Wohnung an Teilen der letzteren und an Gebrauchsgegenständen etwa haften. Viel häufiger aber kommen Übertragungen von Krankheitskeimen während der Dauer der Krankheit vor. Um diesen vorzubeugen, müssen die in der Umgebung des Kranken befindlichen Angehörigen und die Pflegenden die im folgenden aufgezählten, in den Ausführungsbestimmungen zum Preuß. Seuchengesetz vorgeschriebenen Desinfektionen vom ersten Beginn einer akuten übertragbaren Erkrankung an fortdauernd mit größter Gewissenhaftigkeit zur Ausführung bringen. Die wichtigsten dieser Maßnahmen sind:

1. Ausscheidungen des Kranken:
   a) Lungen- und Kehlkopfsauswurf, Rachenschleim und Gurgelwasser werden in Speigefäßen aufgefangen, welche bis zur Hälfte gefüllt werden:

α) entweder mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung; in diesem Falle dürfen die Gemische erst nach mindestens zweistündigem Stehen in den Abort geschüttet werden;

β) oder mit Wasser, welchem Soda zugesetzt werden kann; in diesem Falle müssen die Gefäße mit Inhalt ausgekocht oder in geeigneten Desinfektionsapparaten mit strömendem Wasserdampf behandelt werden;

auch läßt sich der Auswurf in brennbarem Material (z. B. Sägespänen, Kartonspucknäpfen) auffangen und mit diesem verbrennen;

b) Erbrochenes, Stuhlgang und Harn werden in Nachtgeschirren, Steckbecken u. dgl. aufgefangen, welche alsdann sofort mit der gleichen Menge von Kalkmilch, verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung aufzufüllen sind. Die Gemische dürfen erst nach mindestens zweistündigem Stehen in den Abort geschüttet werden;

c) Blut, blutige, eitrige und wäßrige Wund- und Geschwürsausscheidungen, Nasenschleim sowie die bei Sterbenden aus Mund und Nase hervorquellende schaumige Flüssigkeit sind in Wattebäuschen, Leinen- oder Mulläppchen u. dgl. aufzufangen, welche sofort verbrannt oder, wenn dies nicht angängig ist, in Gefäße gelegt werden, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung gefüllt sind. Sie müssen von der Flüssigkeit vollständig bedeckt sein und dürfen erst nach zwei Stunden beseitigt werden.

d) Hautabgänge (Schorfe, Schuppen u. dgl.) sind zu verbrennen oder, wenn dies nicht angängig ist, in der unter c bezeichneten Weise zu desinfizieren.

2. Verbandgegenstände, Vorlagen von Wöchnerinnen u. dgl. sind nach Ziffer 1c zu behandeln.

3. Schmutzwässer sind mit Chlorkalkmilch oder Kalkmilch zu desinfizieren; von der Chlorkalkmilch ist so viel hinzuzusetzen, daß das Gemisch stark nach Chlor riecht, von der Kalkmilch so viel, daß das Gemisch kräftig rotgefärbtes Lackmuspapier deutlich und dauernd blau färbt; in allen Fällen darf die Flüssigkeit erst zwei Stunden nach Zusatz des Desinfektionsmittels beseitigt werden.

4. Badewässer von Kranken sind wie Schmutzwässer zu behandeln. Mit Rücksicht auf Ventile und Abflußröhren empfiehlt es sich hier, eine durch Absetzen oder Abseihen geklärte Chlorkalkmilch zu verwenden.

5. Waschbecken, Spuckgefäße, Nachtgeschirre, Steckbecken, Badewannen u. dgl. sind nach Desinfektion des Inhalts (Ziffer 1, 3 und 4) gründlich mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung auszuscheuern und dann mit Wasser auszuspülen.

6. Eß- und Trinkgeschirre, Tee- und Eßlöffel u. dgl. sind 15 Minuten lang im Wasser, dem Soda zugesetzt werden kann, auszukochen und gründlich zu spülen. Messer, Gabeln und sonstige Geräte, welche das Auskochen nicht vertragen, sind eine Stunde lang in 1%ige Formaldehydlösung zu legen und dann gründlich trocken zu reiben.

7. Leicht brennbare Spielsachen von geringem Wert sind zu verbrennen, andere Spielsachen von Holz oder Metall sind gründlich mit Lappen abzureiben, welche mit 1%iger Formaldehydlösung befeuchtet sind, und dann zu trocknen.

8. Bett- und Leibwäsche, zur Reinigung der Kranken benutzte Tücher, waschbare Kleidungsstücke u. dgl. sind in Gefäße mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung zu legen. Sie müssen von dieser Flüssigkeit vollständig bedeckt sein und dürfen erst nach zwei Stunden weiter gereinigt werden. Das dabei ablaufende Wasser kann als unverdächtig behandelt werden.

9. Hände und sonstige Körperteile müssen jedesmal, wenn sie mit infizierten Gegenständen (Ausscheidungen der Kranken, beschmutzter Wäsche usw.) in Berührung gekommen sind, mit Sublimatlösung, verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung gründlich abgebürstet und nach etwa 5 Minuten mit warmem Wasser und Seife gewaschen werden. Zu diesem Zweck muß in dem Krankenzimmer stets eine Schale mit Desinfektionsflüssigkeit bereit stehen.

10. Haar-, Nagel- und Kleiderbürsten werden 2 Stunden lang in 1%ige Formaldehydlösung gelegt und dann ausgewaschen und getrocknet.

11. Ist der Fußboden des Krankenzimmers, die Bettstelle, der Nachttisch oder die Wand in der Nähe des Bettes mit Ausscheidungen des Kranken beschmutzt worden, so ist die Stelle sofort mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung gründlich abzuwaschen; im übrigen ist der Fußboden täglich mindestens einmal feucht aufzuwischen, geeignetenfalls mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung.

12. Kehricht ist zu verbrennen; ist dies ausnahmsweise nicht möglich, so ist er reichlich mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung und Sublimatlösung zu durchtränken und erst nach zweistündigem Stehen zu beseitigen.

13. Gegenstände von geringem Werte (Strohsäcke mit Inhalt [? s. S. 564], gebrauchte Lappen, einschließlich der bei der Desinfektion verwendeten, abgetragene Kleidungsstücke, Lumpen u. dgl.) sind zu verbrennen.

14. Aborte. Die Tür, besonders die Klinke, die Innenwände bis zu 2 m Höhe, die Sitzbretter und der Fußboden sind mittels Lappen, die mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung getränkt sind, gründlich abzuwaschen oder auf andere Weise ausreichend zu befeuchten; in jede Sitzöffnung sind mindestens 2 Liter verdünntes Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Kalkmilch zu gießen.

Der Inhalt der Abortgruben ist reichlich mit Kalkmilch zu begießen. Das Ausleeren der Gruben ist während der Dauer der Krankheitsgefahr tunlichst zu vermeiden.

Der Inhalt von Tonnen, Kübeln u. dgl. ist mit etwa der gleichen Menge Kalkmilch zu versetzen und nicht vor Ablauf von 24 Stunden nach Zusatz des Desinfektionsmittels zu entleeren; die Tonnen, Kübel u. dgl. sind nach dem Entleeren innen und außen reichlich mit Kalkmilch zu bestreichen.

Pissoire sind mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung zu desinfizieren.

15. Düngerstätten, Rinnsteine und Kanäle sind mit reichlichen Mengen von Chlorkalkmilch oder Kalkmilch zu desinfizieren. Das gleiche gilt von infizierten Stellen auf Höfen, Straßen und Plätzen.

16. Krankenwagen, Krankentragen u. dgl. Die Holz- und Metallteile der Decke, der Innen- und Außenwände, Trittbretter, Fenster, Räder usw., sowie die Lederüberzüge der Sitze und Bänke werden sorgfältig und wiederholt mit Lappen abgerieben, die mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind. Bei Metallteilen ist die Verwendung von Sublimatlösung tunlichst zu vermeiden. Kissen und Polster, soweit sie nicht mit Leder überzogen sind, Teppiche, Decken usw. werden mit Wasserdampf oder nach Ziffer 23 desinfiziert. Der Wagenboden wird mit Lappen und Schrubber,

welche reichlich mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung getränkt sind, aufgescheuert. — Andere Personenfahrzeuge (Droschken, Straßenbahnwagen, Boote usw.) sind in gleicher Weise zu desinfizieren.

Nach Ablauf der Krankheit ist eine sachgemäße Ausführung der Desinfektion nur durch ein besonders geschultes Personal möglich. Zwecks Heranbildung eines solchen sind seit einigen Jahren in Preußen eine größere Anzahl von Desinfektionsschulen errichtet, in denen geeignet befundene Personen in den Desinfektionsmethoden unterrichtet werden und durch eine Prüfung das Zeugnis als „staatlich geprüfter Desinfektor" erwerben können. — Bei der Schlußdesinfektion sind außer den vorgenannten Gegenständen (nach den Ausführungsbestimmungen des Seuchengesetzes) noch die folgenden zu berücksichtigen:

17. Bücher (auch Akten, Bilderbogen usw.) sind, soweit sie nicht verbrannt werden, mit trockener Hitze oder mittels der anderen S. 573 beschriebenen Verfahren zu desinfizieren.

18. Kleidungsstücke, die nicht gewaschen werden können, Federbetten, wollene Decken, Matratzen ohne Holzrahmen, Bettvorleger, Gardinen, Teppiche, Tischdecken u. dgl. sind in den Dampfapparaten oder mit Formaldehyd zu desinfizieren. Das gleiche gilt von Strohsäcken, soweit sie nicht verbrannt werden.

19. Die nach den Desinfektionsanstalten oder -Apparaten zu befördernden Gegenstände sind in Tücher, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung angefeuchtet sind, einzuschlagen und tunlichst nur in gut schließenden, innen mit Blech ausgeschlagenen Kästen oder Wagen zu befördern. Ein Ausklopfen der zur Desinfektion bestimmten Gegenstände hat zu unterbleiben.

Wer solche Gegenstände vor der Desinfektion angefaßt hat, soll seine Hände in der unter Ziffer 9 angegebenen Weise desinfizieren.

20. Gegenstände aus Leder oder Gummi (Stiefel, Gummischuhe u. dgl.), die durch Dampf geschädigt werden, sind mittels der S. 573 angegebenen Methoden zu desinfizieren oder werden sorgfältig und wiederholt mit Lappen abgerieben, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung befeuchtet sind.

21. Pelzwerk darf ebenfalls nicht mit Dampf, sondern nach S. 573 desinfiziert werden; oder es wird auf der Haarseite mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung, Sublimatlösung oder 1%iger Formaldehydlösung durchfeuchtet, feucht gebürstet, zum Trocknen hingehängt und womöglich gesonnt. (NB! Trockene Hitze ist in den Ausführungsbestimmungen zum Seuchengesetz nur bei der Desinfektion der Bücher ausdrücklich genannt!)

22. Leichen sind in Tücher zu hüllen, welche mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung oder Sublimatlösung getränkt sind, und alsdann in dichte Särge zu legen, welche am Boden mit einer reichlichen Schicht Sägemehl, Torfmull oder anderen aufsaugenden Stoffen bedeckt sind.

23. Zur Desinfektion infizierter oder der Infektion verdächtiger Räume, namentlich solcher, in denen Kranke sich aufgehalten, oder Leichen gestanden haben, sind zunächst die Lagerstellen, Gerätschaften u. dgl., ferner die Wände mindestens bis zu 2 m Höhe, die Türen, die Fenster und der Fußboden mittels Lappen, die mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung getränkt

sind, gründlich abzuwaschen oder auf andere Weise ausreichend zu befeuchten; dabei ist besonders darauf zu achten, daß die Lösungen in alle Spalten, Risse und Fugen eindringen.

Die Lagerstellen von Kranken oder von Verstorbenen und die in der Umgebung auf wenigstens 2 m Entfernung befindlichen Gerätschaften, Wand- und Fußbodenflächen sind bei dieser Desinfektion besonders zu berücksichtigen.

Alsdann sind die Räumlichkeiten mit einer ausreichenden Menge heißen Seifenwassers zu spülen und gründlich zu lüften. Getünchte Wände sind mit einem frischen Kalkanstrich zu versehen, Fußböden aus Lehmschlag oder dgl. reichlich mit Kalkmilch zu bestreichen.

24. Zur Desinfektion geschlossener oder allseitig gut abschließbarer Räume empfiehlt sich (statt des in Nr. 23, 25 und 26 beschriebenen Verfahrens) auch die Anwendung des Formaldehyds; sie eignet sich zur Vernichtung von Krankheitskeimen, die an freiliegenden Flächen oberflächlich oder nur in geringer Tiefe haften. Ausführung s. S. 566.

25. Holz- und Metallteile von Bettstellen, Nachttischen und anderen Möbeln, sowie ähnliche Gegenstände werden sorgfältig und wiederholt mit Lappen abgerieben, die mit verdünntem Kresolwasser oder Karbolsäurelösung befeuchtet sind. Bei Holzteilen ist auch Sublimatlösung anwendbar. Haben sich Gegenstände dieser Art in einem Raume befunden, während dieser mit Formaldehyd desinfiziert worden ist, so erübrigt sich die vorstehend angegebene besondere Desinfektion.

26. Samt-, Plüsch- und ähnliche Möbelbezüge werden mit verdünntem Kresolwasser, Karbolsäurelösung, 1%iger Formaldehydlösung oder Sublimatlösung durchfeuchtet, feucht gebürstet und mehrere Tage hintereinander gelüftet. Haben sich Gegenstände dieser Art in einem Raume befunden, während dieser mit Formaldehyd desinfiziert worden ist, so erübrigt sich die vorstehend angegebene besondere Desinfektion.

27. Die Desinfektion der Eisenbahn-Personen- und Güterwagen erfolgt nach den Grundsätzen der Ziffern 23, 25 und 26, soweit hierüber nicht besondere Vorschriften ergehen.

28. Brunnen. Röhrenbrunnen lassen sich am besten durch Einleiten von strömendem Wasserdampf, unter Umständen auch mit Karbolsäurelösung, Kesselbrunnen durch Eingießen von Kalkmilch oder Chlorkalkmilch und Bestreichen der inneren Wände mit einem dieser Mittel desinfizieren.

29. Das Rohrnetz einer Wasserleitung läßt sich durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure desinfizieren; doch darf dies in jedem Falle nur mit Genehmigung des Regierungspräsidenten und nur durch einen besonderen Sachverständigen geschehen.

Anmerkung. 1. Abweichungen von den Vorschriften unter Ziffer 1 bis 29 sind zulässig, soweit nach dem Gutachten des beamteten Arztes die Wirkung der Desinfektion gesichert ist.

2. Es empfiehlt sich, in Gemeinden und weiteren Kommunalverbänden, welche das Desinfektionswesen regeln, im Benehmen mit dem beamteten Arzt, Desinfektionsordnungen bzw. „Dienstanweisungen für die mit der Ausführung der Schlußdesinfektion betrauten Desinfektoren" zu erlassen; diese bedürfen der Genehmigung des Regierungspräsidenten.

Die Kosten für die obligatorische Desinfektion sind nach einer von der Behörde vorzuschreibenden Taxe von dem Inhaber der Wohnung zu zahlen; im Unvermögensfalle wird die Zahlung seitens der

Kommune geleistet. Im Interesse der möglichsten Ausdehnung der Desinfektion ist es wünschenswert, daß jede Desinfektion auf Kosten der Kommune geschieht; wenigstens sollte die Grenze für die Anerkennung der Zahlungsunfähigkeit der Privaten so weit als möglich gezogen werden. Neben der obligatorischen Desinfektion kommen in größeren Städten noch zahlreiche Fälle vor, in denen die Desinfektion nicht von der Behörde verlangt, wohl aber von den Angehörigen des Kranken gewünscht wird. Für diese „fakultative" Desinfektion ist natürlich stets Zahlung zu leisten, eventuell nach höherer Taxe.

II. Die Infektionswege.

Der Transport der Infektionserreger von den Infektionsquellen aus zu denjenigen Stellen des Körpers gesunder Individuen, an welchen die Invasion des Organismus erfolgen kann, vollzieht sich

Erstens: mittels Berührungen, Kontakte (durch die Hände, Küsse usw.). Gesunde Personen berühren Infektionsquellen (den Kranken, Exkrete, Wäsche, Eßgeschirr u. dgl.) einerseits, ihre eigenen oberflächlichen Schleimhäute oder kleinste Hautwunden andererseits. Es ist dies der weitaus wichtigste und betretenste Transportweg, der aber gewöhnlich unterschätzt wird, weil namentlich viele manuelle Berührungen unbewußt und unmerklich sich vollziehen.

Nachweislich bleiben bei der Berührung von Infektionsquellen sehr leicht Erreger an den Händen der Berührenden haften und werden auch durch die üblichen Reinigungsverfahren nicht vollständig wieder entfernt; andererseits bringen alle Menschen außerordentlich oft unbewußt die Finger mit dem Munde, der Nase, den Augen in Berührung, oder fügen sich durch Kratzen kleine Erosionen der Haut zu. Es ist daher ganz zweifellos, daß ein solcher Transport für diejenigen Infektionserreger, die von einer dieser Berührungsstellen aus in den Körper einzudringen vermögen, d. h. für die akuten Exantheme, Wundinfektionskrankheiten, Milzbrand, gelegentlich auch für Diphtherie, Cholera, Typhus, Ruhr, Tuberkulose usw. in Frage kommt.

Naturgemäß ist die Gefahr solcher Übertragung am größten für Familienmitglieder und für diejenigen Menschen, die berufsmäßig mit Infektionsquellen zu tun haben. Exponiert sind die Angehörigen des Kranken, insbesondere jüngere Kinder, die alles anfassen oder auf dem Fußboden kriechen und die Finger fortgesetzt in den Mund stecken; dann die Pfleger; sehr viel weniger der Arzt; demnächst Wäscherinnen, Desinfekteure, ferner Trödler, Lumpensortierer (der Infektion mit Rotz und Milzbrand auch Gerber, Roßhaararbeiter). In geringem Grade sind Menschen exponiert, welche mit verdünnten Infektionsquellen zu tun haben, wie z. B. die Kanalreiniger. — Außerdem können aber gelegentlich beliebige andere Menschen durch zufällige Berührung mit Infektionsquellen infiziert werden. Die im gleichen Hause mit dem Erkrankten Wohnenden sind Übertragungen durch Treppengeländer, Türgriffe u. dgl. ausgesetzt; im Menschengedränge der Straße, in Läden, in

Droschken, Straßen- und Eisenbahnwagen kann jeder gelegentlich mit Krankenpflegern, Angehörigen, Wäsche- und Kleiderbündeln, an denen Infektionserreger haften, in Berührung kommen.

Zweitens: durch Genuß von Wasser und Nahrungsmitteln, welche Infektionserreger aufgenommen hatten. Diese Transportwege sind von besonderer Bedeutung bei denjenigen Infektionserregern, welche vom Darmtraktus aus die Infektion veranlassen (Typhus, Paratyphus, Ruhr, Cholera, Cholera infantum, Perlsucht, Milzbrand beim Rindvieh). Unter den Nahrungsmitteln sind solche am gefährlichsten, welche einen günstigen Nährboden für pathogene Bakterien abgeben oder welche vielfach roh oder ungenügend gekocht genossen werden, Milch, Salat, Radiese, Erdbeeren, Austern usw. — Sehr häufig und in besonders großem Umfange kann Wasser infizierend wirken; auch dann, wenn es nicht als Getränk genossen, sondern nur zur Reinigung der Eß- und Trinkgeschirre, zum Baden oder dgl. benutzt wird.

Drittens: durch Einatmung werden die in der Luft in Form von Tröpfchen oder von Staub enthaltenen Krankheitserreger mit der Respirationsschleimhaut in Kontakt gebracht (Tuberkulose, akute Exantheme usw.). Die eingeatmeten Krankheitserreger können auch durch Verschlucken von Speichel und Schleim in den Darmtraktus geraten und hier Infektion bewirken, vorausgesetzt, daß die inhalierten Erreger von der Lunge aus nicht schneller vorzudringen und zu infizieren vermögen.

Viertens: Stechende Insekten und Zecken sind ausschlaggebend bei der Verbreitung der Malaria, des Gelbfiebers, der Trypanosen und der Piroplasmosen, des Rekurrens. — Nicht stechende Insekten, namentlich Fliegen, können Teilchen von Infektionsquellen auf den Körper des Gesunden, oder zunächst auf Speisen usw. übertragen. Die Funktion dieser Insekten ist unter Umständen bedeutsam, weil sie die Infektionsquellen oft in konzentriertem, der verdünnenden Wirkung der Luft und des Wassers noch nicht ausgesetztem Zustande transportieren.

Die Bedeutung des einzelnen Infektionsweges für die Verbreitung einer bestimmten Krankheit hängt sehr wesentlich davon ab, ob der Weg zu derjenigen Infektionsstätte führt, an welcher den Erregern die Ansiedlung besonders leicht wird. Für Tuberkelbazillen wird die Einatmung, für Cholera Wasser, für Erysipel stellen Berührungen den weitaus wichtigsten Transportweg dar, während umgekehrt die Einatmung für Erysipel, Wasser für Tuberkulose, Einatmung für Cholera nicht in Betracht kommen.

Ferner ist es einleuchtend, daß die Beschaffenheit der spezifischen Invasionsstätte von Einfluß sein kann auf den Grad der Kontagiosität

einer Krankheit. Die akuten Exantheme übertreffen in dieser Beziehung z. B. die Cholera, weil die ersteren verschiedene ausgebreitete Invasionsstätten besitzen, die durch Kontakte und durch Luftkeime infiziert werden können, während bei der Cholera die Infektionserreger unbedingt in den Dünndarm gelangen müssen.

Zuweilen ist die Bedeutung der einzelnen Infektionswege bei ein und derselben Krankheit verschieden, je nachdem es sich um die Infektion jüngerer oder älterer Individuen, oder um die Infektion von Menschen oder Tieren handelt. So spielt bei der Verbreitung der Tuberkulose die Kontaktübertragung und die Darminfektion bei jüngeren Kindern, die ihre Finger viel in den Mund bringen und viel Kuhmilch trinken, eine erheblich größere Rolle als bei Erwachsenen; und wiederum Kälber und junge Schweine, die sehr häufig mit tuberkelbazillenreicher Milch ernährt werden, haben mehr als Kinder und viel mehr als erwachsene Menschen Gelegenheit, sich vom Darm aus zu infizieren, während der Inhalationsweg ganz an Bedeutung zurücktritt.

Einengung und Verschließung der Infektionswege.

1. Die oben bezeichneten, zur Infektion führenden Kontakte, Berührungen von Mund und Nase mit den Händen, Küsse usw. sind tunlichst einzuschränken; Sitte und Erziehung kann in dieser Richtung viel zum Schutze der Gesunden beitragen.

Bei den stark kontagiösen Krankheiten (akuten Exanthemen) ist ein Schutz des Pflegepersonals und der nächsten Umgebung gegen infektiöse Berührungen schwer durchführbar. In solchen Fällen sind daher immune Personen zur Pflege zu bestellen, und die Wärter ebenso streng wie die Kranken zu isolieren. Kinder im disponierten Alter sind vor allem bei Diphtherie, Masern und Scharlach vom Erkrankten fernzuhalten. Bei Phthisikern sind Menschen mit chronischem Bronchialkatarrh, mit erblicher Belastung usw. nicht zur Pflege zuzulassen.

Im übrigen ist es für den Schutz der Pfleger bzw. der Angehörigen von großer Bedeutung, daß die Absperrung des Kranken richtig durchgeführt, das Pflegepersonal eingeschult und die Desinfektion zweckentsprechend gehandhabt wird. Außer den oben gegebenen Desinfektionsvorschriften, für deren Erlernung das berufsmäßige Pflegepersonal zweckmäßig an besonderen Kursen der Desinfektorenschulen teilnehmen sollte, und deren richtige Ausführung gelegentlich von gut geschulten Gemeindeschwestern zu überwachen ist, sind namentlich folgende Maßnahmen zu beachten:

A. Die Absonderung des Kranken. Falls der Arzt nach Prüfung der Wohnungsverhältnisse eine ausreichende Absonderung des Kranken für nicht durchführbar hält, ist die Überführung in ein Krankenhaus dringend zu empfehlen, sowohl im Interesse des Kranken, wie im Interesse der Familienmitglieder und der Nachbarn, auf welche andernfalls die Krankheit übergreifen würde.

Für die Absonderung in der Wohnung ist ein Zimmer erforderlich, welches von den übrigen bewohnten Räumen möglichst durch einen unbenutzten Raum (Vorraum) getrennt ist. Es ist vorteilhaft, wenn ein Wasserleitungshahn und ein Ausguß sich im Zimmer befinden.

Bevor der Kranke in das Zimmer übergeführt wird, sind aus letzterem die Gebrauchsgegenstände zu räumen, welche für die Krankenpflege nicht erforderlich sind; vor allem gefüllte Wäsche- und Kleiderschränke, Vorräte von Nahrungsmitteln, überflüssige Teppiche und Polstermöbel, ferner Vorhänge, soweit sie nicht zur Verdunkelung des Zimmers erwünscht sind. Nachdem der Kranke in das Absonderungszimmer überführt ist, dürfen aus diesem Gegenstände nur nach vorgängiger Desinfektion in andere Räume gebracht werden.

Der Kranke darf mit anderen, als den zu seiner Pflege bestimmten Personen nicht in Berührung kommen. Er darf das Zimmer nicht verlassen, auch den gemeinsamen Abort nicht benutzen.

Zur dauernden Ausstattung des Krankenzimmers gehören: 1. ein Gas-, Spiritus- oder Petroleumkocher zur Bereitung von heißem Wasser, Auskochen von Eß- und Trinkgeschirr usw.; dazu die nötigen Töpfe, Tassen, Löffel, einige Tücher; 2. ein Schrubber mit Scheuertuch, einige Hader, Eimer, zur Reinigung des Zimmers; 3. eine besondere Waschvorrichtung zur Händedesinfektion für den Pflegenden; 4. Lampe, Leuchter, falls nicht Anschluß an zentrale Lichtquelle vorhanden ist; 5. die zur eigentlichen Krankenpflege erforderlichen Utensilien, wie Unterschieber, Speigläser, Mulläppchen, Papiertaschentücher zur Aufnahme von Ausscheidungen aus Mund oder Nase; Desinfektionsmittel; einige waschbare Überkleider usw.

Die aufgeführten Gegenstände sollen dauernd im Krankenzimmer verbleiben; Eimer und Töpfe mit Schmutzwasser sind, nachdem der Inhalt desinfiziert ist, vor die Tür zu setzen und durch Angehörige zu entleeren. Speisereste, Eß- und Trinkgeräte, die nicht im Krankenzimmer durch Kochen desinfiziert werden können, sind in einen größeren Topf einzustellen, der von Angehörigen alsbald mit heißem Wasser oder Sodalösung gefüllt und auf dem Herde gekocht wird. Vorräte von Brennmaterial, Petroleum, Ersatz von Geschirr, Tüchern u. dgl., ebenso die Speisen und Getränke für den Kranken werden vor der Tür des Krankenzimmers abgesetzt, und, nachdem der Überbringer angeklopft und sich wieder entfernt hat, vom Pflegenden ins Krankenzimmer genommen. Sind Abgänge des Kranken in den Abort zu entleeren, so muß dies entweder der Pfleger besorgen, nachdem er sich vorher vorschriftsmäßig desinfiziert hat, oder eine andere über die erforderliche Desinfektion des Geschirrs und des Aborts wohl unterrichtete Persönlichkeit.

B. Verhalten des Pflegepersonals. Vor dem Betreten des Krankenzimmers können die Pflegenden ihr gewöhnliches Oberkleid ablegen; nach dem Eintritt müssen sie jedenfalls ein waschbares Überkleid (Mantel, große Schürze) anlegen. Jedesmal vor dem Verlassen des Zimmers haben sie ihre Hände (nötigenfalls auch das Gesicht) vorschriftsmäßig zu desinfizieren, dann das Überkleid abzulegen und in der Nähe der Tür aufzuhängen. Auch wenn dies geschieht, haben sie nach dem Verlassen des Krankenzimmers den Verkehr mit anderen Menschen tunlichst einzuschränken. Die Mahlzeiten können sie — die genannten Vorsichtsmaßregeln vorausgesetzt — außerhalb des Krankenzimmers einnehmen; geschieht dies in letzterem, so müssen die Pfleger vorher ihre Hände desinfizieren; ihr Eß- und Trinkgeschirr, sowie die Speisereste müssen in diesem Falle wie die des Kranken behandelt werden.

Beim Wechseln der Überkleider müssen die gebrauchten in desinfizierende Lösung eingelegt werden (s. S. 565).

Die Pfleger sollen unnötige Berührungen des Kranken vermeiden; sie müssen darauf achten, daß sie mit ihren Fingern nicht unwillkürlich Mund oder Nase berühren. Hustenden Kranken sollen sie ihr Gesicht nicht ohne besondere Veranlassung auf weniger als Armeslänge nähern.

Die Reinigung des Krankenzimmers darf nur durch feuchtes Abwischen des Fußbodens und der Möbel geschehen; jede Entwickelung von Staub ist zu vermeiden. Die zur Reinigung benutzten Utensilien müssen nach der Benutzung desinfiziert werden. Zeitweise Lüftung des Zimmers (durch offene Ofentüren, Öffnung oberer Fensterscheiben) ist zur Beseitigung von Gerüchen und für das Befinden des Kranken erforderlich. Zuglüftung darf nur angewendet werden, wenn die Lage des Krankenzimmers derart ist, daß die Luft desselben dadurch nicht in andere bewohnte Räume getrieben werden kann.

Der Arzt, der Seelsorger und andere Personen, welche dringende Pflichten zum Kranken führen, müssen ähnliche Vorsichtsmaßregeln gegen die Weiterverbreitung der Krankheit anwenden wie das Pflegepersonal; unbedingt müssen sie vor dem Verlassen des Krankenzimmers ihre Hände desinfizieren.

Der Arzt kann sich, seine Angehörigen und seine übrigen Patienten dadurch schützen, daß er beim Besuch Kontagiöser seine Bewegungen überwacht, derart, daß keine unbewußte Berührung seiner Kleider mit Infektionsquellen erfolgt. Der Vorderarm ist (durch Abnahme der Manschetten und Zurückstreifen des Rockärmels) teilweise zu entblößen, oder es werden Gummiärmel übergezogen; noch besser ein Oberkleid (wie das des Pflegers), das jedesmal beim Betreten des Krankenzimmers angelegt wird und dort bis zum Ablauf der Krankheit verbleibt. Vor dem Verlassen des Krankenzimmers sind Hände und Arme, ebenso gebrauchte Instrumente mit Sublimatlösung zu desinfizieren.

Zweckmäßig trägt für alle Fälle der Arzt ein kleines Fläschchen (zu 30 ccm) mit Sublimatlösung 1 : 2000 bei sich. Indem er sich etwas von der Lösung in die hohle Hand gießt und dann die Hände, Vorderarme und Ärmel damit tüchtig abreibt, kann er eine Desinfektion der hauptsächlich in Betracht kommenden Körperteile ohne alle weitere Utensilien ausführen. Die geringe Menge Sublimatlösung trocknet so rasch, daß ein Abtrocknen mittels Handtuchs unnötig ist.

In weitaus den meisten Fällen werden diese Schutzmaßregeln ausreichen; zuweilen aber wird es vorkommen, daß der Arzt infolge von unruhigen Bewegungen des Kranken, staubiger Luft usw. seine ganze Kleidung, Gesicht, Bart für infiziert halten muß.

Fälschlicherweise glauben manche Ärzte dann eine ausreichende Desinfektion zu erzielen, wenn sie „durch die Luft gehen“ oder die Kleider zum Lüften hinhängen. S. 364 ist dargelegt, daß die Krankheitserreger auf diese Weise durchaus nicht beseitigt werden.

In solchem Fall muß vielmehr der Arzt Gesicht, Haar und Bart mit Sublimatlösung abwaschen, wie es den Desinfektoren vorgeschrieben ist, und seine ganze Kleidung mit einer Bürste, die mit Sublimatlösung mäßig angefeuchtet ist, gründlich abbürsten.

Vollkommener sichert sich der Arzt, wenn er in einem zweckmäßig gelegenen Zimmer (Vorzimmer) seiner Wohnung einen Formaldehyd-Schrank vorrätig hat und in diesem nach S. 573 die Kleider desinfiziert. — Oder er benutzt einen kleinen Thursfieldschen Desinfektionsofen, etwa 20 cm weit und 60 cm lang, der gerade einen ganzen zusammengerollten Anzug aufnehmen kann. Die Formaldehyddesinfektion ist jedoch viel schonender.

2. Um die Aufnahme von Infektionserregern aus der Luft zu hindern, müssen die oben betonten Vorschriften bezüglich des Vermeidens von Staub bei der Reinigung der Zimmer, Kleider usw. berücksichtigt werden. Bei akuten Exanthemen verhütet die Einreibung der Haut des Kranken mit Lanolin die Ablösung trockener Schüppchen. — Um sich vor den beim Husten verspritzten Tröpfchen zu schützen, müssen der Kranke oder die in der Umgebung des Kranken befindlichen Personen sich während der Hustenstöße in etwa 1 m Entfernung oder wenigstens nicht in der Richtung der Hustenstöße halten (s. unter „Tuberkulose"). Beim Pflegepersonal ist ein vollständiger Schutz in diesen Fällen schwer möglich. — Respiratoren nach Art der Kobrakschen Maske (s. S. 497) können für kürzere Zeit Schutz gewähren, sind aber nur in besonders ernsten Fällen, z. B. bei Lungenpest, zu benutzen.

3. Wasser ist namentlich zu Epidemiezeiten aus tadellosen Leitungen oder Brunnen zu entnehmen, Flußwasser nur zu benutzen, wenn gut angelegte und überwachte Filterwerke vorhanden sind. Die Nahrung muß in Zeiten, wo Infektionen mit Typhus, Cholera, Ruhr zu fürchten sind, stets gekocht genossen werden; Milch, Fleisch, Nahrungsmittel aus Gemüsekellern sind mit besonderer Vorsicht zu behandeln, Brot ist zu rösten oder wenigstens im Bratofen kurz zu erhitzen; die Küchengerätschaften sind von Zeit zu Zeit einer Desinfektion mit kochender Sodalösung zu unterwerfen.

4. Die Schutzmaßregeln gegen eine Verbreitung von Infektionserregern durch Stechmücken s. bei Malaria und Gelbfieber.

Gegen die übrigen bei Infektionen beteiligten Insekten sind die Bekämpfungsmittel noch wenig erprobt. Meist wird SO_2 verwendet, entweder durch Verbrennung von S im „Hya"-Apparat hergestellt, oder durch Verbrennen von Salforkose oder Verminal, die im wesentlichen aus Schwefelkohlenstoff bestehen. Wanzen scheinen damit beseitigt werden zu können; ob auch Läuse und namentlich deren widerstandsfähige Eier (Nissen), ist sehr zweifelhaft.

III. Die individuelle Disposition und Immunität.

In den Krankheitserregern haben wir genau genommen niemals die einzige, ausreichende Ursache der Infektionskrankheiten zu sehen, sondern letztere entwickeln sich erst aus dem Zusammenwirken des Krankheitserregers und eines für dessen Entwickelung günstigen Substrats, eines „empfänglichen" oder für die Erkrankung „disponierten"

Organismus (Organs). Es ist irrelevant, ob jenes günstige Substrat vielleicht richtiger als „Ursache", der Parasit dagegen als „auslösender Reiz" bezeichnet wird; dem Sprachgebrauch entspricht es besser, die Bezeichnung „Ursache" für den die Erkrankung plötzlich auslösenden Erreger beizubehalten. Keinesfalls darf aber die Disposition vernachlässigt werden; sie spielt bei verschiedenen Infektionskrankheiten eine äußerst wichtige Rolle und hat auch auf die Art der natürlichen Ausbreitung solcher Krankheiten erheblichen Einfluß.

Seit lange hat man beobachtet, daß unter einer Anzahl von gesunden Individuen, welche in gleicher Weise mit Infektionserregern in Berührung kommen, nur einige erkranken, während andere selbst bei wiederholter Infektionsgefahr bzw. bei absichtlicher Infektion gesund bleiben; letztere bezeichnet man als unempfänglich oder immun oder refraktär für die betreffende Infektionskrankheit.

Man unterscheidet eine angeborene Immunität bzw. Disposition, die sich auf eine, aber auch auf mehrere parasitäre Erkrankungen erstrecken kann, und eine erworbene, gewöhnlich streng spezifische gegenüber einem Krankheitserreger; letztere kann auf natürlichem Wege, z. B. durch Überstehen einer parasitären Erkrankung entstanden, oder absichtlich, künstlich, durch sog. Schutzimpfung hervorgerufen sein.

Wir müssen zunächst versuchen, diejenigen Eigenschaften des Körpers und die Vorgänge im Körper kennen zu lernen, welche auf Grund neuerer Beobachtungen und experimenteller Forschungen als Ursache der Immunität angesehen werden müssen. Sodann sind die absichtliche Herstellung der Immunität und die einzelnen künstlichen Immunisierungsmethoden, namentlich soweit sie sich praktisch für die Bekämpfung der parasitären Krankheiten verwenden lassen, zu erörtern.

A. Wesen und Ursachen der Disposition und Immunität.

1. Äußere Ursachen.

Äußerlich gelegene Schutzvorrichtungen des Körpers können die angeborene Empfänglichkeit von ganzen Tierspezies oder von einzelnen Individuen einer Spezies bestimmen, indem sie je nach ihrer besseren oder schlechteren Entwickelung das Eindringen der Parasiten und deren Hingelangen zur spezifischen Invasionsstätte erschweren oder erleichtern. So ist der Magensaft je nach dem Grade seiner sauren Reaktion imstande, bei der einen Tiergattung bzw. bei einigen Individuen die auf eine Wucherung im Dünndarm angewiesenen

Infektionserreger stärker zu schädigen, als bei anderen Gattungen bzw. Individuen, bei denen infolge des geringen Säuregrades diese Schutzpforte leicht passiert wird (Cholera). Ferner bieten die engen und verschlungenen Eingangswege, das Flimmerepithel und die empfindliche, Hustenstöße auslösende Schleimhaut des Respirationstraktus, die Darmperistaltik, der Lidschlag und die Tränensekretion bedeutsame, aber sowohl nach der Tierspezies wie individuell verschieden entwickelte Hindernisse für das Eindringen von Parasiten. An verschiedenen Invasionsstätten äußert das normale schleimige Sekret bakterizide Wirkungen (Vagina, Dünndarm) oder die Epithelbekleidung setzt dem weiteren Vordringen der Parasiten und der Resorption ihrer giftigen Produkte kräftigen Widerstand entgegen; und auch in dieser Beziehung scheinen erhebliche Differenzen vorzuliegen, so daß z. B. eine scheinbar unbedeutende Auflockerung des Epithels durch Katarrhe und dergl. oder Änderungen in der Beschaffenheit der Sekrete, abhängig von Blutfülle, Ernährungszustand und nervösen Einflüssen, ausschlaggebend werden können für die Entwickelung der parasitären Krankheit. Auch durch phagozytäre Wirkung (s. unten) scheinen Epithelzellen sich am Schutze des Körpers gegen eindringende Parasiten zu beteiligen. Hat ein Durchtritt von Keimen durch die Lymphspalten einer Schleimhaut stattgefunden, dann sind es vor allem die Lymphdrüsen, in welchen die Eindringlinge abgefangen und unter Umständen abgetötet werden.

Häufig ändert sich die Empfänglichkeit desselben Individuums während des Lebens, und es wird eine Immunität oder Disposition dadurch erworben, daß äußere Invasionspforten sich schließen oder öffnen. Für septische Erkrankungen entsteht die Disposition durch Wunden der äußeren Haut und der Schleimhäute, durch Sekretstagnation usw., während sorgfältiger Schutz der Wunden oder Ausheilung die Disposition beseitigt. Magendarmkatarrhe disponieren zu Cholera, vielleicht auch zu Typhus, chronische Bronchialkatarrhe zu Phthise, Pharynxkatarrhe zu infektiöser Angina; Verhütung derartiger Affektionen oder ihre Beseitigung auf medikamentösem Wege stellt eine relative Immunität her. Auf einer Änderung des Epithels an der Invasionspforte beruht vielleicht teilweise die Immunität gegen Diphtherie, die wir bei den meisten erwachsenen Menschen im Gegensatz zum kindlichen Organismus beobachten.

Auch zur Bekämpfung der parasitären Krankheiten sind diese Verhältnisse insofern auszunutzen, als Menschen, die durch Mängel der äußeren Schutzvorrichtungen für eine Krankheit disponiert sind, nach Möglichkeit aus dem Infektionsbereich eines Erkrankten fern zu halten sind.

2. Innere Ursachen.

Abgesehen von den äußeren Schutzvorrichtungen müssen zweifellos Vorkehrungen im Innern des Körpers die Empfänglichkeit in hohem Grade beeinflussen, da auch nach künstlicher Einimpfung, welche die äußeren Schutzpforten durchbricht, die Differenzen zwischen disponierten und immunen Tieren sich geltend machen. Wir begegnen hier zunächst einer der Spezies oder der Rasse angeborenen, natürlichen Immunität. Infolge innerer Schutzvorrichtungen ist z. B. außer dem Menschen kein Tier für eine Infektion durch Scharlach, Masern, Cholera, Gonorrhoe usw. empfänglich, während umgekehrt Rinderpest, Schweineseuche, Tsetsekrankheit u. a. m. nur auf Tiere, nicht aber auf Menschen übertragbar sind. Andere Infektionskrankheiten, wie Milzbrand, Rotz, Tetanus, Diphtherie kommen beim Menschen und bei zahlreichen Tierspezies vor bzw. können experimentell auf diese übertragen werden, haben aber auch ihre immunen Ausnahmen, z. B. sind Ratten gegen Milzbrand, Rinder und Ratten gegen Rotz, Hühner gegen Tetanus, Rinder und Mäuse gegen Diphtherie völlig oder relativ immun. Geringfügige Rassedifferenzen sind oft ausschlaggebend für die Disposition bzw. Immunität gegenüber einer Infektionskrankheit; so sind die weißen Hausmäuse für Mikrococcus tetragenus empfänglich, die grauen unempfänglich.

Ferner beobachten wir ein Freibleiben einzelner oder zahlreicher Individuen bei Epidemien. Selten beim ersten Einbrechen von Masern und Pocken in eine nicht immunisierte Bevölkerung; häufiger bei Scharlach; in ausgesprochener Weise bei Rekurrens, Abdominaltyphus, Cholera, Tuberkulose, Meningitis usw. Allerdings muß man bei der Beurteilung solcher Fälle vorsichtig verfahren und sicher sein, daß das Ausbleiben der Erkrankung nicht etwa auf dem Fehlen des Kontagiums (Fehlen der Exposition) beruht. Erst wenn an der Übertragung infektionstüchtiger Erreger gar nicht zu zweifeln ist, darf auf individuelle Immunität als Ursache des Nichterkrankens geschlossen werden.

Häufig ist die persönliche Immunität nur eine begrenzte, die einer Invasion großer Mengen der Erreger nicht widersteht. Ferner ist sie oft zeitlich beschränkt und kann durch allerlei Gelegenheitsursachen (Erkältung, Staubinhalation usw.) durchbrochen werden.

Außer der natürlichen Immunität sehen wir noch häufiger erworbene Immunität gegenüber einzelnen parasitären Krankheiten durch innere Schutzvorrichtungen des Körpers zustande kommen.

Diese Immunität ist vorzugsweise zurückzuführen auf die Neubildung von spezifischen Antikörpern, die angeregt wird durch das Überstehen der betreffenden Krankheit oder durch absichtliche Einverleibung der Parasiten bzw. von Produkten des Parasiten.

Die Substanzen, welche parenteral (d. h. nicht in den Darmtraktus, sondern subkutan oder intraperitoneal oder intravenös) eingebracht eine Bildung von Antikörpern auslösen, bezeichnet man als Antigene. Im weiteren Sinne gehören zu den Antigenen verschiedenste Eiweißarten und Abbauprodukte von Eiweißstoffen, und zwar können die Eiweißstoffe ungeformt oder in Zell- bzw. Bakteriensubstanz geformt sein. Es ergeben sich große Verschiedenheiten durch die besondere Art der Eiweißstoffe und durch die Art der Abbaustoffe. Im allgemeinen haben von den Abbauprodukten nur die höher-molekularen, nicht dialysierbaren Verbindungen Antigencharakter, während die niedrig-molekularen, dialysierbaren zur Antikörperbildung nicht befähigt sind.

Hier interessieren vorzugsweise die von Mikroparasiten gelieferten Antigene. Zu diesen gehören zunächst die stark giftigen Ektotoxine, die von vielen Parasiten und manchen Saprophyten gebildet werden, und zwar dem tierischen Körper gefährlich werden können, aber letzteren auch zur Bildung von Antitoxinen anzuregen vermögen.

Viele Infektionserreger entbehren giftiger Antigene, verdanken aber ihre Fähigkeit, im Tierkörper zu wachsen, d. h. die Abwehrstoffe des tierischen Körpers zu überwinden, der Bildung von Angriffsstoffen oder „Aggressinen“ (S. 534), die ihrerseits wieder zur Erzeugung antiinfektiöser Stoffe im Körper des Wirts führen. Bekannt sind solche zweierlei Art: die Bakteriolysine und Immun-Opsonine (Bakteriotropine). Die ersteren töten bzw. lösen die Erreger auf, die letzteren befördern oder ermöglichen erst die Tätigkeit der Freßzellen, die Phagozytose. — Andere Antigene der Parasiten führen zur Bildung von Agglutininen, welche ein Zusammenkleben der Parasiten bewirken; von Präzipitinen, welche lösliche Produkte der Mikroben niederschlagen; von Komplement-bindenden Stoffen (Reaginen, s. u.); und schließlich von Anaphylaxinen die giftige Substanzen eigentümlicher Art frei machen. Von den letztgenannten 4 Arten Antikörpern ist es noch nicht sicher, ob sie oder welche Bedeutung sie für die Entstehung der Immunität haben. Sie lassen sich aber für die Diagnose einer stattgehabten Infektion vorzüglich verwerten.

Als Wirkung der Antigene beobachten wir keineswegs immer die Herstellung einer Immunität des Wirts. Oft mißlingt diese, weil der Wirtskörper den schädigenden Wirkungen der Parasiten schon unterliegt, ehe hinreichend Antikörper gebildet sind. In manchen Fällen beobachtet man aber nach Einverleibung der Antigene statt einer Immunität ein Stadium der Überempfindlichkeit (Anaphylaxie = Schutzlosigkeit), in welchem ein wiederholter Angriff des Parasiten oder seiner Produkte zu schneller und lebhafter auftretenden Krankheitserscheinungen führt. Ferner verschwinden die gebildeten Antikörper

meist bald wieder, es bleibt aber vielfach eine „Sensibilisierung" des Körpers oder bestimmter Zellgebiete zurück, d. h. die Fähigkeit, auf kleinste Reize der gleichen Art mit beschleunigter Bildung von Antikörpern zu reagieren. Im allgemeinen kann man daher nur sagen, daß das Einverleiben von Antigenen ein verändertes Verhalten des Organismus gegenüber neuen Antigenen bedingt; und diesen veränderten Zustand bezeichnet man als Allergie (v. Pirquet).

Anderseits sind auch die Parasiten keineswegs unveränderlich gegenüber den neu gebildeten Schutzkörpern des Wirts. Sie können sich durch den Aufenthalt im Wirtskörper so verändern, daß sie nicht mehr agglutinabel, auflösbar oder phagozytabel sind. Derart veränderte, gleichsam immunisierte, Parasiten sind befähigt, längere Zeit nach der Infektion den Kampf gegen den Wirt mit weit mehr Aussicht auf Erfolg aufzunehmen, als ihnen dies vorher möglich war.

Wichtig für die Erklärung der natürlichen und der erworbenen Immunität ist die Tatsache, daß schon im nicht immunisierten, d. h. niemals mit Infektionserregern in Berührung gekommenen Tierkörper oft, wenn auch in geringerer Menge, Analoga der Immunkörper im Blutserum nachgewiesen sind. Man wird daher nicht fehlgehen, wenn man diese normalen Bakteriolysine, Opsonine und Antitoxine mit der natürlichen Immunität in Verbindung bringt und anderseits die erworbene Immunität als einen Zustand auffaßt, der durch eine Steigerung der Produktion normaler Antikörper gekennzeichnet ist.

Die hier skizzierten Schutzvorrichtungen des Wirts sind im folgenden einzeln genauer zu besprechen, jedoch nur, soweit es im Rahmen eines kurzgefaßten Lehrbuchs der gesamten Hygiene möglich ist. Bezüglich aller Details muß auf die unten zitierten speziellen Lehrbücher der Immunitätslehre verwiesen werden.

A. Die Phagozytose.

Metschnikoff und seine Schüler sehen die wesentlichsten Schutzeinrichtungen in der Phagozytose. Sie nehmen an, daß Sensibilitätserscheinungen lebender Körperzellen für die Immunität von ausschlaggebender Bedeutung sind: lebende auf chemotaktische Reize reagierende Zellen nähern sich im immunen Körper den Krankheitserregern, nehmen sie in ihr Inneres auf und töten sie dort ab, während Mikroben, für die der Körper empfänglich ist, die Zellen abstoßen und von ihnen unberührt bleiben. Die Fähigkeit, eingedrungene Keime aufzunehmen und intrazellulär zu verdauen, kommt zahlreichen vom mittleren Keimblatt abstammenden Zellen zu. Man unterscheidet mobile und fixe Phagozyten. Zu den ersteren gehören vor allem die mehrkrenigen Leukozyten (Mikrophagen) und die großen einkernigen Leukozyten

(Makrophagen); zu den fixen Makrophagen gehören außerdem viele Endothelzellen, ferner Pulpazellen der Milz und des Knochenmarks, einige Bindegewebs- und Nervenzellen sowie Lungenepithelien. Die beweglichen Mikrophagen spielen die Hauptrolle; sie werden von den Mikroben angelockt, so daß sie sich an der gefährdeten Stelle massenhaft ansammeln und unter Umständen diese gegen das gesunde Gewebe durch einen so dichten Wall abgrenzen, daß schon darin ein bemerkenswerter Schutz gegeben ist. Außerdem aber findet in den Phagozyten der befallenen Organe eine Vernichtung der Mikroben statt durch ein Ferment, die Mikrozytase (Buchners Alexin, Ehrlichs Komplement, s. unten), das vorrätig ist oder nach Bedarf gebildet wird.

Dieses Ferment kann auch bei Läsion der Mikrophagen frei werden und dann außerhalb des Zelleibs bakterizide Wirkung äußern. Zuweilen kommt es nicht zu einer Aufnahme der Bakterien ins Innere der Zellen, sondern diese umklammern die Bakterien nur für einige Zeit; letztere aber sterben trotzdem ab, nachdem sie wieder frei geworden sind (Zytasewirkung). Bei Milzbrandbazillen (ähnlich bei Streptokokken, Hühnercholera, Pest u. a.) ist beobachtet, daß unter solchen Umständen aus dem überlebenden Teil der Bazillen eine neue Generation hervorgeht, die durch dicke Kapseln geschützt ist und von den Phagozyten nicht mehr angegriffen wird (Bordet, Gruber, Neufeld). — Nach Gruber vermögen auch die Blutplättchen durch ein sezerniertes Ferment Milzbrandbazillen zu töten.

Bei der erworbenen, streng spezifischen, nur gegen eine Parasitenart gerichteten Immunität tritt nach Metschnikoff ein zweites Ferment in Funktion; es ist thermostabiler als das erstgenannte, ist nur für die eine Bakterienart wirksam, und die Art seiner Wirkung besteht darin, daß es sich auf den Bakterien lediglich fixiert, ohne sie aber dadurch schon merklich zu schädigen. Der „Fixator" bewirkt vielmehr nur, daß Bakterien nunmehr leicht von Phagozyten aufgenommen und intrazellulär zerstört werden; er ist also wohl als identisch mit dem Immunkörper anzusehen, den wir später als „Bakteriotropin" kennen lernen werden. Er soll in Milz, Knochenmark, Lymphdrüsen von Phagozyten gebildet werden; bei der wiederholten Invasion eines Parasiten sollen diese Phagozyten sich daran gewöhnt haben, immer größere Mengen von Fixatoren zu produzieren; außerdem soll sich die ursprünglich negative Chemotaxis der Phagozyten in eine positive umändern.

Metschnikoff hat seine Auffassung durch sehr zahlreiche Beobachtungen gestützt, in scharfsinniger Weise vom allgemein biologischen Standpunkt aus verteidigt und den neuen Entdeckungen über die Eigenschaften des Serums (s. unten) möglichst anzupassen gesucht. Die Beteiligung der Phagozyten an dem Vorgang der Immunität

darf seither als unbestritten gelten; teils durch die geschilderte Wallbildung, teils durch ihr Freßvermögen und ihre mikrobizide Fähigkeit, vielleicht auch durch die Sekretion mikrobizider Stoffe greifen ns mächtig in den Kampf zwischen Wirt und Parasit ein.

Freilich ist die Lehre Metschnikoffs nach mehreren Richtungeie einzuschränken bzw. umzugestalten. Erstens beruht der Schutz des Körpers nicht ausschließlich auf der Phagozytose. Es ist nachgewiesen, daß manche Parasiten im lebenden, vollvirulenten Zustand von den Phagozyten nicht aufgenommen werden, daß dagegen gelöste Stoffe des Serums (s. u. Bakteriolysine) sie töten und schwächen, und daß höchstens die geschädigten, absterbenden Leiber die Phagozyten anlocken und von ihnen vollends beseitigt werden können. Auch darin liegt dann aber immerhin eine Schutzleistung; denn die beim Absterben der Bakterien frei werdenden Toxine sind nicht belanglos und bedürfen ebenfalls der Fortschaffung. — Es gibt aber auch Zellparasiten, wie die Gonokokken, denen die Phagozytose gleichsam Schutz gewährt gegen bakterizide Serumwirkung, die auch gegen die Zellenzyme unempfindlich sind und daher in den Zellen wuchern und diese zum Zerfall bringen. Andere Erreger, wie die Tuberkelbazillen, werden zwar in Phagozyten aufgenommen, sind aber durch widerstandsfähige Hüllen gegen deren Fermente geschützt und können durch Leukozyten lebend verschleppt werden. Dagegen haben wiederum die bakteriziden Serumstoffe gegenüber Strepto- und Pneumokokken keine Wirkung, sondern diese werden ganz vorwiegend durch Phagozytose vernichtet. — Zweitens wissen wir aber durch Wright, Neufeld u. a., daß auch gegenüber den letztgenannten Erregern die Phagozyten gewöhnlich nur durch bestimmte Serumstoffe, Opsonine und Bakteriotropine zu ihrer schützenden Rolle befähigt werden (s. unten). — Und drittens ist die Annahme Metschnikoffs, die Phagozyten seien die Quelle der im normalen und immunisierten Körper vorkommenden Schutzstoffe des Serums keineswegs bewiesen, sondern eher unwahrscheinlich. Allerdings liefern Leukozyten bei geeigneter Behandlung bakterizides Sekret; aber dessen wirksame Stoffe unterscheiden sich durch ihre Resistenz gegen Hitze usw. deutlich von den Bakteriolysinen und Opsoninen und sind daher besser mit dem besonderen Namen Leukine zu belegen (Schneider).

B. Schutzstoffe im Blut und in anderen Körpersäften.

Zu unterscheiden sind: 1. Antitoxine. 2. Bakteriolysine (Zytolysine, Hämolysine). 3. Opsonine und Bakteriotropine. Diese 3 Arten von Antikörpern hängen sicher mit der Immunität zusammen und bilden die Schutzstoffe im engeren Sinne. — 4. Agglutinine. 5. Präzipitine. 6. Komplementbindende Antikörper (Reagine). 7. Anaphylaxine. Die

vier letztgenannten Antikörper stehen nicht sicher zur Immunität in Beziehung, sind aber von großer Bedeutung für den Nachweis von Krankheitserregern und zahlreichen Eiweißstoffen.

1. Antitoxine.

Bei Giften von bekannter chemischer Konstitution, Narcoticis, Antipyreticis usw. hängt die Lokalisation und die Giftwirkung wesentlich von den physikalischen Löslichkeitsverhältnissen, namentlich von der Lipoidlöslichkeit, ab; feste chemische Bindung erfolgt nicht und sie wirken relativ rasch. Eine Antitoxinbildung vermögen sie nicht hervorzurufen; wohl beobachtet man „Gewöhnung", die aber auf Eliminierung, Entgiftung durch präformierte Stoffe, Zerstörung u. dgl. beruht. Dagegen werden die Bakterienektotoxine bzw. gewisse im Organismus durch Bakteriolyse frei gewordene Endotoxine der Bakterien, ferner die Phytalbumosen wie Rizin, Abrin; einige tierische Gifte wie Schlangen-, Skorpionen-, Spinnen-, Krötengift bei parenteraler Einverleibung an das Protoplasma bestimmter Zellbezirke spezifisch gebunden; sie werden, ähnlich wie die Nährstoffe, allmählich assimiliert und wirken erst nach einer gewissen Inkubationszeit. Eine derartige Assimilation können wir uns nach Ehrlich verständlich machen durch die Annahme, daß das Eiweißmolekül der lebenden Zelle aus einem relativ beständigen Leistungskern und aus Seitenketten besteht, sehr reaktionsfähigen Atomgruppen, denen die Aufnahme und teilweise Verarbeitung von Nährstoffen zufällt. Diese Seitenketten bezeichnet Ehrlich als Rezeptoren. Jede Zelle besitzt eine größere Zahl verschiedene derartige Atomgruppierungen, an welche nur ganz bestimmte andere Atomgruppen verankert werden können. Bildlich kann man sich dies so vorstellen, als ob der Rezeptor an seinem Ende wie ein Schloß geformt ist, in das nur ein bestimmter Schlüssel paßt.[1] Rezeptoren, die nur eine einfache Haftstelle haben, bezeichnet man als Rezeptoren erster Ordnung (Unizeptoren) im Gegensatz zu später zu besprechenden Rezeptoren, die noch andere seitliche Ausläufer haben. Den Rezeptoren erster Ordnung fällt die Aufnahme von Toxinen, Fermenten und anderen Zellsekreten zu, während hochmolekulare Eiweißstoffe nur von Rezeptoren höherer Ordnung bewältigt werden.

Die Toxine, welche auf irgendeine Zelle wirken, können diese Wirkung nur ausüben dadurch, daß sie eine Haftgruppe besitzen, welche auf einen Rezeptor der Zelle paßt. Da man aber Toxine künst-

[1] Die Figg. 162—165 sollen nur ein Beispiel einer solchen bildlichen Darstellungsweise geben, das sich beim Unterricht für Anfänger als praktisch brauchbar bewährt hat.

lich so schädigen kann, daß sie nicht mehr giftig sind und trotzdem noch immunisatorische Wirkung entfalten, müssen wir annehmen, daß die Toxinmoleküle aus einer haptophoren und einer toxophoren Gruppe bestehen; ist erstere mit dem Rezeptor verankert, dann erst kann die Giftwirkung zustande kommen, andererseits liefert die toxophore Gruppe den Bindungsreiz für die haptophore Gruppe. Zerstört man durch mäßige Wärme die toxophore Gruppe, so bleibt nur die resistentere haptophore Gruppe bestehen. Mit dieser bleibt aber ein Rest von Affinität zu den betreffenden Rezeptoren erhalten und es kann daher auch Sättigung von Rezeptoren eintreten, ohne daß Intoxikation zustande kommt; solche geschwächte Toxine bezeichnet man als Toxoide.

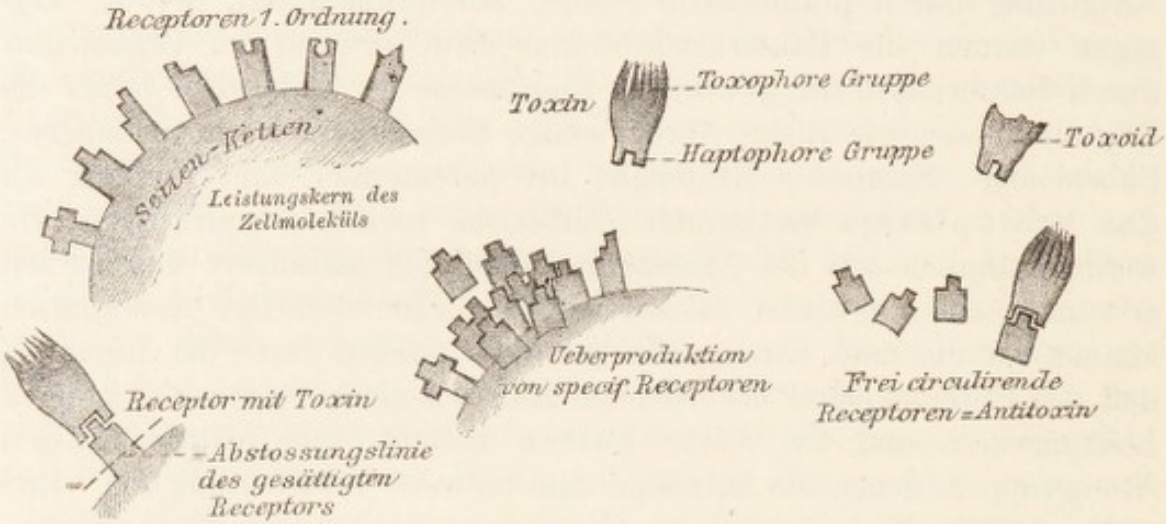


Fig. 162.
Bildungsweise der Antitoxine nach Ehrlich.

Sind Rezeptoren mit Toxin gesättigt, so bleiben sie dies dauernd; sie haben daher keine Funktion mehr, sind aus dem Stoffwechsel ausgeschaltet und werden als unbrauchbar von der Zelle abgestoßen. Dadurch kommt es aber leicht — wie bei allen Zellen unter dem Einfluß schädigender Momente mittleren Grades (Weigerts Regenerationsgesetz) — zu einer gesteigerten Zelleistung und zu reichlicher Produktion neuer entsprechender Seitenketten. In diesem Sinne muß die fortgesetzte Einwirkung der Toxine die Zelle zur Bildung von immer mehr überschüssigen Rezeptoren veranlassen; sogar in solcher Menge, daß die Zelle sich ihrer im ungesättigten Zustand entledigt und sie in die Körpersäfte abstößt. Solche frei zirkulierende Rezeptoren vermögen dann ebenfalls die haptophore Gruppe des Toxins zu verankern und damit das ganze Giftmolekül in den Säften mit Beschlag zu belegen, so daß dasselbe nicht auf die Zellen der Gewebe seine Wirkung äußern kann. Die abgelösten, frei zirkulierenden Rezeptoren (Seitenketten) fungieren daher als Antitoxin.

Die gleichen Zellen also, welche Rezeptoren für das Toxinmolekül besitzen und dadurch für das Gift empfänglich sind, sind zugleich die Produzenten des entsprechenden Antitoxins; und der gleiche Rezeptor, welcher, solange er an der Zelle sitzt, die Giftwirkung vermittelt, wird zum schützenden und heilenden Antitoxin, sobald er frei im Säftestrom zirkuliert.

Injiziert man Blut, welches Antitoxin in Gestalt frei zirkulierender Rezeptoren enthält, einem Tier gleichzeitig oder kurz vor bzw. nach der Einverleibung des zugehörigen Toxins, so kann man dadurch die Wirkung des Toxins in der Tat aufheben.

Durch Reagenzglasversuche kann man ferner zeigen, daß zwischen Toxin und Antitoxin eine Art chemischer Bindung stattfindet, die durch gelinde Wärme und durch stärkere Konzentration beschleunigt wird. Es erfolgt dabei keine Zerstörung des Toxins; die Toxin-Antitoxinverbindung kann durch gewisse Mittel wieder gelöst werden, und die Toxine sind dann wieder wirksam. Auch durch Toxoide kann in der gleichen Weise Bindung des Antitoxins erfolgen.

Manche Beobachtungen sprechen dafür, daß zunächst eine rasch verlaufende lockere Bindung zwischen Toxin und Antitoxin, und dann allmählich und langsam eine Verfestigung dieser Bindung eintritt. — Auch eine beschränkte Reversibilität der Toxin-Antitoxinvereinigung scheint vorzukommen, so daß es unter Umständen gelingt, mit abgesättigten Gemischen zu immunisieren (s. u. „Diphtherie").

Über die Natur der Antitoxine ist noch wenig bekannt. Sie sind resistenter als die Toxine; vertragen Erwärmen auf 60°, auch Licht und Fäulnis relativ gut. In Flüssigkeiten erfolgt allmählich Dissoziierung.

Der ursprünglichen Annahme, daß die Beziehungen zwischen Toxin und Antitoxin den Gesetzen einfacher Lösungen kristalloider Körper folgen, traten Arrhenius und Madsen entgegen, indem sie zeigten, daß die Art der Neutralisation der Toxine durch Antitoxine dem Guldberg-Waageschen Massengesetze folgt; die Absättigungskurve bildet nicht eine gerade Linie (wie bei der Neutralisation zwischen starken Säuren und Basen), sondern eine Linie, welche sich nur der Abszisse nähert, dann aber dieser parallel läuft, also in gleicher Weise wie bei der Neutralisation zwischen schwachen Säuren (Borsäure) und Basen (Ammoniak). — Ehrlich hat demgegenüber betont, daß die Toxine nicht einheitlich sind und sich außerordentlich leicht verändern. Es entstehen sekundär die verschiedensten Toxoide, unter denen man Protoxoide (mit größerer Verwandtschaft zum Antitoxin als die Toxine), Syntoxoide (mit gleicher Affinität) und Epitoxoide (mit geringerer Affinität) unterscheiden kann. Bei den Diphtherietoxinen müssen außerdem die Toxone unterschieden werden, Stoffe, welche in ihrer Wirkung (Erregung chronischer Nachkrankheiten, oft mit Lähmungen) wesentlich von dem in der Hauptmenge auftretenden Toxin abweichen, und welche vom Antitoxin erst gebunden

werden, nachdem alles Toxin und Toxoid gebunden ist. — Die Eigentümlichkeiten der Bindungsverhältnisse zwischen Toxin und Antitoxin lassen sich ferner auch daraus erklären, daß es sich um kolloidale Reaktionen handelt. Wie alle Antikörper wird man die Antitoxine zu den Kolloiden rechnen müssen; sie kristallisieren und dialysieren nicht und werden durch Elektrolyte leicht und irreversibel verändert. Die Variabilität der kolloidalen Gemenge kann daher den Verlauf der Absättigungskurve erklären. Setzt man zu einer gewissen Menge eines Kolloids *A* eine viel kleinere Menge eines neutralisierenden Kolloids *B*, so wird eben nicht ein Teil von *A* völlig neutralisiert, während der Rest frei bleibt, sondern es entstehen durch eine möglichst weitgehende Verteilung und Verbindung der Kolloidteilchen untereinander lauter nicht völlig neutralisierte Komplexe, und Zahl, Größe und elektrischer Zustand der Teilchen werden entsprechend geändert.

Nicht jede Immunität gegenüber Toxinen beruht auf Antitoxinbildung. So begegnen wir nicht selten angeborener Immunität; z. B. sind Igel und Schweine gegen Schlangengift, Ratten gegen Diphtherietoxin, Hühner und Schildkröten, bei niederer (aber nicht bei höherer) Temperatur auch Frösche, gegen Tetanusgift unempfänglich. Diese angeborene Giftfestigkeit kann darauf beruhen, daß es an geeigneten Rezeptoren für das Gift fehlt. In diesen Fällen bleibt das Toxin lange im Körper nachweisbar, aber die Bildung von Antitoxin bleibt aus. — Bei empfänglichen Individuen ist manchmal nur ein bestimmtes Organ mit geeigneten Rezeptoren ausgestattet. So wird das Tetanospasmin nur an Zellen des Zentralnervensystems verankert; verimpft man nun die Organe eines tetanusvergifteten Tieres auf andere Tiere, so ist eine Giftwirkung mit dem Gehirn nicht zu erzielen, weil hier das Gift fest verankert ist, wohl aber mit den verschiedensten anderen Organen, in welchen das Gift ungebunden blieb. Bei unempfänglichen Individuen braucht es daher nur an geeigneten Rezeptoren in bestimmten Organen zu fehlen. (Histogene Toxinimmunität.)

Die angeborene Immunität kann aber auch auf dem Vorhandensein von fertigem Antitoxin, bzw. darauf beruhen, daß die Zellen des Körpers auf die Einwirkung des Giftes mit reichlichster Neubildung und Abstoßung von Rezeptoren zu reagieren vermögen. Dieser Fall liegt bei der angeborenen Immunität allerdings selten vor.

Die natürlich erworbene Giftimmunität und die absichtliche Immunisierung ist dagegen ausschließlich auf Neubildung von Antitoxin zurückzuführen. Erworbene Giftimmunität tritt ohne absichtliche Eingriffe zutage nach dem Überstehen einer auf Toxinwirkung beruhenden parasitären Krankheit, z. B. der Diphtherie oder des Tetanus. In der Rekonvaleszenz beobachtet man hier im Blutserum stets einen gesteigerten Gehalt von Antitoxin gegenüber dem betreffenden Toxin. Hier sind offenbar durch das in den Organismus vorgedrungene Toxin

Rezeptoren gebunden und abgestoßen; die Zellen haben aber mit Überproduktion neuer Rezeptoren reagiert; freie solche Rezeptoren zirkulieren infolgedessen im Blute und bewirken dessen höheren Antitoxingehalt. — Das frei zirkulierende Antitoxin ist nicht lange haltbar; nach Wochen oder höchstens Monaten findet man starke Abnahme des Antitoxins, zum Teil durch Ausscheidung, hauptsächlich durch Zerfall. Noch rascher erfolgt die Eliminierung (wie bei allen heterologen Eiweißkörpern), wenn das Antitoxin von einer anderen Tierart stammt.

Nach diesen Befunden ist das Vorgehen bei der künstlichen Immunisierung gegen toxinbildende Bakterien klar vorgezeichnet. Es wird sich nicht empfehlen, beim Menschen direkt das betreffende Toxin zu injizieren; angesichts der sehr verschiedenen individuellen Empfänglichkeit würde die Dosis viel zu schwer zu bemessen sein. Man muß daher darauf verzichten, daß der Mensch selbst aktiv das Antitoxin herstellt, sondern man muß das Toxin empfänglichen Tieren in allmählich gesteigerten Dosen injizieren, auf die hin der Körper mit weiter verstärkter Antitoxinbildung reagiert. Schließlich gelingt es, ein an Antitoxin sehr hochwertiges Serum zu erhalten. Den Gehalt des Serums an Antitoxin bestimmt und kontrolliert man, indem im Reagenzglas abgestufte Serummengen mit einer bestimmten Menge Toxin gemischt werden; jede Mischung wird dann durch Tierinjektion darauf geprüft, ob sie noch überschüssiges Toxin enthält (Genaueres s. unter „Diphtherie"). — Auch die Milch säugender immunisierter Tiere kann große Mengen Antitoxin enthalten.

Das reichlich Antitoxin in geprüfter Menge enthaltende tierische Serum läßt sich nun Menschen injizieren, die von dem betreffenden Toxin bedroht oder befallen sind. Diese Art der Immunisierung muß für den Körper der schonendste Eingriff sein. Der Körper wird dabei gar nicht aktiv, er verhält sich völlig passiv; das in ihn eingebrachte vollkommen fertige Antitoxin fängt das Toxin ab und macht es unschädlich = passive Immunisierung. In den Fällen, wo Heilung der durch das Toxin hervorgerufenen Erkrankung angestrebt wird, muß die Einverleibung des Antitoxins möglichst früh erfolgen; ist erst das Toxin fest an den giftempfänglichen Zellen verankert, so ist die nachträgliche Lösung dieser Verbindung durch Antitoxin sehr schwierig.

Von großer Bedeutung ist die Auswahl der für die aktive Giftimmunisierung bestimmten Versuchstiere. Die Affinität zwischen den Rezeptoren verschiedener Tierspezies und dem Gift ist offenbar sehr ungleich. Man wird, um ein Antitoxin mit möglichst gesteigerter Affinität zum Toxin zu bekommen, das vielleicht sogar imstande ist, bereits bestehende Verankerungen an menschlichen Zellen teilweise zu lösen, Tiere wählen müssen, die für das Toxin ganz besonders empfänglich sind.

2. Bakteriolysine (Hämolysine), Cytolysine.

Bakterienzellen, ebenso verschiedenste tierische Zellen, werden durch Blutserum normaler oder mit den betreffenden Zellen vorbehandelter Menschen und Tiere aufgelöst; unter dem Mikroskop kann man beobachten, daß die Bakterien zunächst verblassen, dann entstehen stark glänzende Kugeln (Granula); schließlich quellen auch diese und lösen sich auf. — Beteiligt sind Rezeptoren dritter Ordnung, denen die Fähigkeit zukommt, organisiertes Eiweiß und andererseits geeignete Fermente an bestimmte Zellen zu fesseln und zu assimilieren. Die Rezeptoren müssen zu diesem Zweck mit zwei haptophoren Gruppen ausgestattet sein; die einen passen in haptophore Gruppen von Molekülen

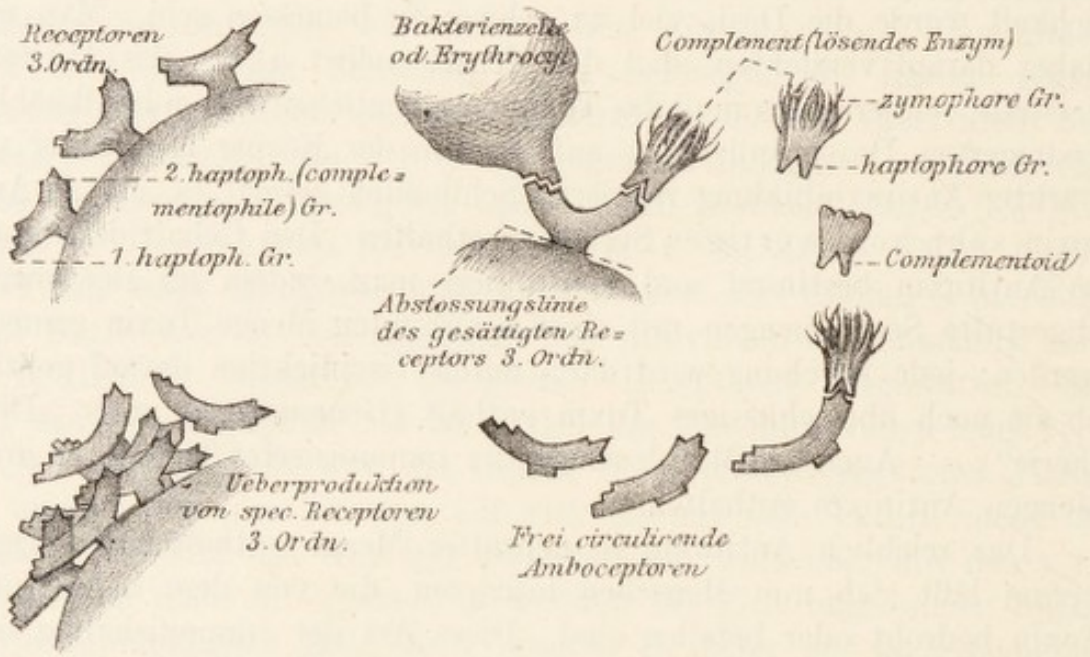


Fig. 163.
Bildungsweise der Bakteriolysine nach EHRLICH.

der Bakterienzelle (oder der Erythrozyten usw.); die anderen passen zur haptophoren Gruppe des Ferments. Die frei zirkulierenden, gelegentlich von den Rezeptoren dritter Ordnung gefesselten Fermente (Zymasen) bezeichnet EHRLICH als Komplemente. Sie wirken vorzugsweise lytisch, auflösend, ähnlich peptonisierenden Enzymen. In jedem normalen Blut sind verschiedene solche Komplemente enthalten, die wenig widerstandsfähig sind; bei längerem Stehen, mäßiger Hitze usw. zerfallen sie, so daß höchstens ihre haptophore Gruppe übrig bleibt („Komplementoid"). — Als Bildungsstätten der Fermente haben wir namentlich die an der Blutbildung beteiligten Organe, Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark anzusehen.

Dem mit zwei haptophoren Gruppen ausgerüsteten Rezeptor, der nach dem Einbringen von Antigen, gerade wie die übrigen Rezeptoren,

gesättigt, abgestoßen und im Überschuß produziert wird, so daß schließlich freie Rezeptoren im Blut zirkulieren, hat Ehrlich die Bezeichnung „Ambozeptor" beigelegt. Ambozeptoren können im Blut kreisend an ihrer einen Haftstelle Komplemente aufnehmen oder schon aufgenommen haben und dadurch vollkommen ausgerüstet sein, um mit ihrer anderen Haftstelle geeignetes Material zu fesseln und aufzulösen. Das Komplement allein ist wirkungslos, weil seine haptophore Gruppe zwar in dem Ambozeptor, aber nicht direkt in die haptophore Gruppe des Eiweißmoleküls bzw. der Bakterienzelle paßt. Die Ambozeptoren spielen daher eine ungemein wichtige Vermittlerrolle für die Wirkung des Komplements. Sie müssen durch eine große Verschiedenheit ihrer freien haptophoren Gruppe ausgezeichnet sein und dadurch den Körper instand setzen, sehr verschiedene Zellmoleküle mit dem gleichen Komplement zu verketten.

Aus dieser Vorstellung heraus lassen sich folgende fundamentale Beobachtungen über die Wirkung des Blutserums auf Bakterienzellen erklären:

1. Das dem normalen, nicht vorbehandelten Tier entnommene Blutserum zeigt im Reagenzglas energische bakterizide Wirkung (Nuttall, Buchner). Das bakterizide Vermögen des gleichen Serums erstreckt sich nicht gleichmäßig auf alle Bakterien; die eine Art wird ausgiebig, andere werden wenig, wieder andere gar nicht abgetötet. Auch das Serum verschiedener Tierspezies verhält sich ungleich. — Erwärmt man wirksames Serum kurze Zeit auf 55°, so verschwindet die bakterizide Fähigkeit und das Serum wird zum guten Nährsubstrat für dieselben Bakterien, die vor dem Erhitzen im Serum zugrunde gingen.

Buchner bezeichnete die Stoffe des Serums, die in dieser Weise wirksam sind, als Alexine. Wir fassen dieselben jetzt auf als frei zirkulierende Komplemente, eventuell in Verbindung mit geeigneten Ambozeptoren, die auch im normalen Serum stets in gewisser Menge und Mannigfaltigkeit vorhanden sind. Die Zellmoleküle vieler Bakterien passen in diese oder jene Ambozeptoren und fallen dadurch der Auflösung anheim. Durch die Erhitzung auf 55° geht die zymophore Gruppe des Komplements zugrunde, und dann bleibt die Auflösung aus.

Die Alexine sind vermutlich bei der angeborenen Immunität wesentlich beteiligt. Oft geht die bakterizide Wirkung des Serums gegenüber einer Bakterienart parallel mit der Unempfänglichkeit der betreffenden Tierspezies. Nicht selten fehlt indes dieser Parallelismus. Solche Abweichungen sind insofern unerheblich, als offenbar nicht der momentane Gehalt des Blutes an Alexinen, der im Reagenzglas zur Beobachtung kommt, für die Immunität von Bedeutung ist, sondern

die Schnelligkeit, mit der im Bedarfsfall Alexine gebildet und mobil gemacht werden können. Aber auch diese Erklärung läßt sich nicht auf alle Krankheitserreger anwenden, so daß sicher nicht jede angeborene Immunität auf Alexine zurückzuführen ist (s. Opsonine und Phagozytose).

2. Ist durch Überstehen einer parasitären Krankheit oder durch absichtliche Einbringung bestimmter Krankheitserreger (mehrfache subkutane oder intraperitoneale Injektion der lebenden Bakterien in 8—10tägigen Intervallen) Immunität erworben, so erhält das Serum spezifische hochgradig auflösende Wirkung gegenüber der betreffenden Bakterienart; eine Infektion mit solchen Bakterien, auf die man vorher eine entsprechende Menge Immunserum hat einwirken lassen, bleibt resultatlos. — Die Wirkung zeigt sich im Reagenzglas aber nur, wenn das Serum ganz frisch ist; sehr bald erlischt sie; und durch Erwärmen auf 55° wird das Serum sofort inaktiv (inaktiviertes Immunserum). Die Wirkung tritt indes wieder hervor, wenn die Mischung von Serum und Bakterien in die Bauchhöhle normaler Meerschweinchen eingebracht wird. (Pfeifferscher Versuch, siehe im „Anhang".) Ferner kann sie auch im Reagenzglas wieder auftreten, wenn man dem inaktiven Serum etwas frisches Peritonealexsudat, Blut oder Blutserum eines normalen Meerschweinchens zusetzt.

Auch dieses Verhalten wird ohne weiteres verständlich, wenn wir annehmen, daß durch die Immunisierung eine einseitige Vermehrung solcher Ambozeptoren stattgefunden hat, welche spezifische Affinität zu den betreffenden Bakterienzellen besitzen. Die offenbar ziemlich resistenten, gut haltbaren „Ambozeptoren" oder „spezifischen Immunkörper" haben auch hier die Funktion, das nichtspezifische Komplement an die Bakterienzellen heranzubringen. Die Komplemente sind aber — wie schon hervorgehoben — sehr wenig widerstandsfähig; in älterem oder erwärmtem Serum fehlt es daher an wirksamem Komplement und nur die spezifischen Ambozeptoren sind erhalten. In der Bauchhöhle des Meerschweinchens, im frisch entnommenen Peritonealexsudat und im normalen Blut sind stets Komplemente vorhanden; sobald daher diese zugefügt werden, vermag die spezifische Bakterienauflösung wieder vor sich zu gehen, das Immunserum ist reaktiviert.

Auftreten spezifischer Bakteriolysine beobachtet man z. B. bei erworbener Immunisierung gegen Cholera, Typhus, Pest, Dysenterie, B. coli, B. pyocyaneus. Man nimmt wohl mit Recht an, daß in diesen Fällen der Gehalt des Blutes an Bakteriolysinen bzw. die gesteigerte Produktionsfähigkeit für solche Stoffe einen wesentlichen Anteil an der

Immunität hat; denn die Vorgänge, die man im immunisierten Körper bei der Infektion beobachtet, entsprechen denen im Reagenzglas.

Selbst dann, wenn die Bakteriolysine an der Immunität wesentlich beteiligt sind, darf man nicht erwarten, daß beim immunisierten Menschen oder Tier der Gehalt des Blutes an Bakteriolysinen (bakterizider oder bakteriolytischer Titer, s. im Anhang) stets dem Immunisierungsgrade parallel geht und als Indikator für diesen benutzt werden kann. Es ist vielmehr von WASSERMANN darauf hingewiesen, daß — ganz wie bei den Alexinen — die Bildungsstätten der spezifischen Bakteriolysine (Milz, Knochenmark usw.) in der Lage sein können, große Mengen davon in kurzer Zeit herzustellen oder im Depot vorrätig zu halten, während der momentane Gehalt des Bluts gering ist und umgekehrt. Man wird also mit Rückschlüssen aus einem hohen bakteriolytischen Titer des Blutes auf hochgradige Immunität vorsichtig sein müssen. Auch bei solchem kommt es zu Rezidiven.

Da die Leibessubstanz der Bakterien aus verschiedenen Komponenten besteht, hat man auch die Antigene und die durch deren Reiz gebildeten Ambozeptoren sich nicht als einfach zu denken, sondern es gibt deren stets eine Mehrzahl, die man als Haupt- und Neben- oder Partialambozeptoren unterscheiden kann. Bei demselben Bakterienstamm variieren außerdem die Nebenantigene; bei verschiedenen Stämmen der gleichen Art kommen noch stärkere Variationen vor. Will man daher durch eine Bakterienart Ambozeptoren in einem Tierkörper erzeugen, die für alle möglichen Angriffsstoffe dieser Bakterienart passen, so muß man möglichst viele Stämme zur Vorbehandlung der Tiere benutzen (polyvalente Sera). Haupt- und Nebenambozeptoren kann man sich zu einem komplexen Immunkörper vereinigt denken.

Auch das Komplement ist offenbar nicht einheitlicher Natur. Jeder tierische Organismus verfügt vermutlich über eine große Zahl von Komplementen; dennoch kommen Differenzen vor, und es fehlt der einen oder anderen Spezies oder manchen Individuen an gewissen Komplementen. Auch dürfen wir uns vorstellen, daß nicht für jedes Komplement ein besonderer Ambozeptor nötig ist, sondern daß die Ambozeptoren häufig mit einer größeren Anzahl von komplementophilen Gruppen ausgerüstet und also für verschiedene lytische Prozesse verwendbar sind. Dasjenige Komplement, das für den einzelnen in Betracht kommenden Fall unbedingt erforderlich ist, bezeichnet man zweckmäßig als dominantes Komplement; erst wenn dieses an einem Arm des Ambozeptors (richtiger Polyzeptors) haftet, kommt die Auflösung zustande, während eine Besetzung der anderen Arme mit anderem Komplement ohne Wirkung ist (Fig. 164). — Näheres über die Natur des Komplements s. unten.

Fig. 164. Ambozeptor mit 5 komplementophilen Gruppen (nach EHRLICH).

Eine eigentümliche Erscheinung tritt zuweilen ein, wenn eine Bakterienaufschwemmung mit steigenden Dosen inaktivierten bakteriolytischen Serums, dem frisches Komplement zugeführt ist, versetzt wird. Bei größeren Dosen zeigt sich alsdann unter Umständen eine weniger ausgedehnte Auflösung der Bakterien, als bei kleineren Dosen. Diesen Vorgang kann man sich in der Weise erklären, daß man annimmt, ein Teil der Ambozeptoren verankert sich sogleich mit den Rezeptoren der Bakterienzellen und weiterhin mit dem Komplement; aber auch diejenigen Ambozeptoren, welche keine Bakterienzellen mehr vorfinden, reißen gleichfalls mit einer gewissen, wenn auch geringeren, Avidität Komplement an sich, und je mehr von diesen freien Ambozeptoren da sind, um so mehr Komplement kommt auf ihren Anteil, während der Anteil der mit Bakterienzellen besetzten Ambozeptoren entsprechend geringer wird (Neisser-Wechsbergsche Komplementablenkung). Dies Verhalten scheint aber keine praktische Bedeutung zu besitzen, insofern im Tierkörper bisher nicht beobachtet ist, daß z. B. bei der Verwendung von Immunserum größere Dosen eventuell keine Steigerung, sondern eine Verminderung der Wirkung herbeiführen.

Eine Verwendung der bakteriziden Eigenschaften des Blutes zur Schutzimpfung läßt sich — wie bei den Antitoxinen — entweder durch aktive oder durch passive Immunisierung erreichen. Bei der aktiven werden die abgeschwächten oder abgetöteten Erreger oder deren lösliche Produkte einverleibt und der Geimpfte bildet selbst aktiv die spezifischen Ambozeptoren (Typhus, Cholera, Pest). Zur passiven Immunisierung werden Tiere aktiv hoch immunisiert; diesen wird das an Ambozeptoren reiche Blut entzogen und zur Injektion bei dem zu schützenden Menschen verwendet. Entgegengesetzt den Erfahrungen mit den Antitoxinen liegt hier aber die Sache so, daß die aktive Immunisierung relativ leicht und sicher gelingt und vielfache Variationen gestattet. Passive Immunisierung durch bakterizides Immunserum ist dagegen schwierig, weil der Gehalt des Blutes an Antikörpern nicht so hoch getrieben werden kann, wie es bei den Antitoxinen möglich ist. Außerdem ist der Vorgang komplizierter durch die notwendige Mitwirkung der Komplemente. Es ist z. B. beobachtet, daß ein Immunserum bei der einen Tierspezies kräftig wirkt, bei anderen aber wirkungslos bleibt, vielleicht weil diesen das passende Komplement fehlt oder (beim Kranken!) nicht in genügender Menge beschafft werden kann; auch eine Zugabe geeigneten Ferments hilft in solchen Fällen nichts. Es empfiehlt sich daher, Tiere zur Vorbehandlung zu wählen, die den passiv zu immunisierenden möglichst nahe stehen; man darf dann am ehesten auf das Vorhandensein des dominanten Komplements rechnen. — Nicht ohne Bedenken ist endlich, daß jede Einverleibung bakteriolytischen Serums mit der Auflösung zahlreicher Bakterien zugleich deren Endotoxine frei macht; das betr. Serum muß daher womöglich gleichzeitig antitoxisch wirken.

Hämolysine.

Nicht nur Bakterienzellen, sondern auch artfremde tierische Zellen verschiedenster Art können bei parenteraler Einverleibung als Antigene wirken und die Bildung von lytischen Antikörpern bewirken. Dahin gehören vor allem die Erythrozyten. Diesen gegenüber haben verschiedenste Substanzen den Effekt, daß das Stroma zerstört wird und Austritt und Lösung des Hämoglobins erfolgt, so daß eine vorher trübe Aufschwemmung von Erythrozyten klar und durchsichtig rot, lackfarben, wird. Zu diesen als „Hämotoxine" oder „Hämolysine" bezeichneten Substanzen gehören destilliertes Wasser; Alkohol; Säuren und Alkalien; Gallensäuren; Pflanzengifte wie Saponine, Ricin, Abrin; Schlangen-, Skorpionengift; die Produkte (Ektotoxine) vieler Bakterien, z. B. der pyogenen Staphylokokken.

Hier interessieren jedoch nur die ebenfalls als Hämolysine bezeichneten Substanzen, die als spezifische Antikörper im Blute von Tieren auftreten, wenn diesen artfremde Erythrozyten eingebracht sind, genau wie spezifische Bakteriolysine nach Vorbehandlung mit bestimmten Bakterien entstehen.

Angeboren finden sich nur kleine Mengen solcher Hämolysine. Man bekommt sie in enorm viel größeren Quantitäten nach Injektion allmählich steigender Dosen fremder Erythrozyten. Zur Gewinnung nimmt man z. B. Hammelblut in sterilen Flaschen mit Glasperlen auf, defibriniert durch Schütteln, füllt das Blut in Zentrifugenröhrchen bis zur Marke, zentrifugiert, gießt oder pipettiert die Flüssigkeit ab, füllt mit Kochsalzlösung bis zur Marke, zentrifugiert und so fort, bis die Erythrozyten dreimal „gewaschen" sind. Dann injiziert man 3—5 ccm der Aufschwemmung Kaninchen in die Ohrvene; nach 6 Tagen folgt die gleiche Injektion; nach 8 Tagen Injektion derselben Menge intraperitoneal. Starke Verdünnungen des so erhaltenen Serums lösen dann Hammelblutkörperchen (nicht aber andere Erythrozyten) bei 30—37° innerhalb 1 Stunde vollkommen auf, eine ungemein deutliche, im Gegensatz zu der Wirkung der Bakteriolysine mit bloßem Auge wahrnehmbare Reaktion. Die Reaktion ist spezifisch, jedoch mit gewissen Einschränkungen; bei nahestehenden Tieren kann sich die Hämolyse auf eine Gruppe von Arten erstrecken.

Quantitativ aufeinander eingestellte Immunsera und Erythrozytenaufschwemmungen bezeichnet man als ein „hämolytisches System". In dem nach der oben gegebenen Vorschrift hergestellten Serum schaltet man zweckmäßig das labile Komplement, das sich im Blute findet, aber fortgesetzt variiert, dadurch ganz aus, daß man das Serum durch Erhitzen (56° $^1/_2$ Stunde) inaktiviert, so daß es nur noch Ambozeptoren enthält. Dann wird eine bestimmte Menge (1 ccm) zentrifugierter, gut gewaschener Erythrozyten (5%ige Aufschwemmung) mit verschiedenen Verdünnungen des inaktivierten Serums versetzt und eine abgemessene gleiche Menge frisches Komplement (frisches Kaninchen- oder Meerschweinchenserum 1:10, 1 ccm) jeder Verdünnung zugefügt. Es wird nun ermittelt, bei welcher Verdünnung vollkommene Hämolyse eintritt (Austitrieren des Ambozeptors), und man sucht diesen Titer auf mindestens 1:1000 zu treiben. Auch die Menge Komplement, welche zur kompletten Wirkung erforderlich ist, muß genau eingehalten werden; wird zu wenig Komplement zugefügt, so kann

dadurch die Hämolyse unvollständig werden (Austitrierung des Komplements). Die austitrierte Ambozeptormenge (z. B. 0·001 ccm) + die austitrierte Komplementmenge (z. B. 0·1 ccm) + 1 ccm 5%ige Erythrozytenaufschwemmung sind die 3 Ingredienzien des hämolytischen Systems, deren Vereinigung nach 2 Stunden bei 37° komplette Hämolyse ergibt. Ein solches hämolytisches System läßt sich in ausgezeichneter Weise zu diagnostischen Zwecken verwerten; s. unten, komplementbindende Antikörper.

Manche interessante Beobachtungen über das Verhalten des Ambozeptors und des Komplements hat man ausschließlich oder doch erheblich leichter und sicherer an den Hämolysinen anstellen können, als an den Bakteriolysinen. So hat z. B. der sog. Kältetrennungsversuch gezeigt, daß die Bindung des thermolabilen Komplements erst bei höherer Temperatur sich vollzieht, während die Vereinigung zwischen Erythrozyten und Ambozeptor schon bei 0° sich vollzieht. Durch Digerieren der Blutkörperchen mit dem Immunserum bei 0°, Zentrifugieren und Waschen erhält man so „sensibilisierte Erythrozyten", die mit dem Ambozeptor schon verbunden sind, aber erst aufgelöst werden, wenn bei 37° Komplement (frisches Normalserum) hinzugefügt wird.

Auch über die Natur des Ambozeptors und des Komplements haben die Hämolysine einige Aufklärung gegeben. Beide gehören zweifellos zu den Kolloiden. Der Ambozeptor ist ausgezeichnet durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Hitze; erst bei längerem Erwärmen auf 70° wird er zerstört. Dadurch ist er von anderen Antikörpern und von dem sehr thermolabilen Komplement unterschieden. — Das Komplement kann nur unter 0°, im Dunkeln, trocken und im Vakuum längere Zeit konserviert werden. Es wird durch die verschiedensten Substanzen mit großer Oberfläche, Tierkohle, Eiweißniederschläge, Hefesuspensionen usw. adsorbiert. — Durch Dialyse kann im Komplement ein in salzfreiem Wasser ausfallender globulinartiger Anteil von einem Albuminteil geschieden werden. Der erstere wird auch als „Mittelstück", der letztere als „Endstück" bezeichnet. Bringt man sensibilisierte Erythrozyten mit dem Endstück zusammen, so erfolgt keine Hämolyse; wohl aber wenn man zunächst das Mittelstück zufügt (= persensibilisierte Erythrozyten) und dann erst das Endstück.

Bordet vertritt die Ansicht, daß zur Auflösung nicht eine wirkliche Vereinigung des Ambozeptors mit der aufzulösenden Zelle und dem Komplement erforderlich sei. Er bezeichnet den Ambozeptor als „substance sensibilitrice", die eine solche Oberflächenänderung an den Zellen bewirke, daß stärkere Adsorption des Komplements erfolgt, ähnlich wie in der Färberei die Beize einen stärkeren Niederschlag der Farbe auf der Gewebsfaser veranlaßt. Die oben angeführten Versuchsresultate werden indes durch diese Auffassung nicht genügend erklärlich.

Außer den Erythrozyten rufen auch andere tierische Zellen bei parenteraler Einverleibung die Bildung solcher Antikörper hervor, welche die spezifische Auflösung der Zellen durch geeignete Fermente vermitteln. Durch Injektion von Leukozyten erhält man im Serum ein Leukolysin; durch Injektion von artfremden Spermatozoen ein Heterospermatolysin, das die fremden Spermatozoen sofort zum Stillstand bringt, nicht aber die der gleichen Spezies; durch Spermatozoen derselben Art dagegen ein spezifisches Isopermatolysin. Auch durch Einverleibung von Parenchymzellen können z. B. Nephrolysin, Neurolysin usw. gebildet werden. Durch die Zytolyse werden übrigens in

vielen Fällen vorgebildete Gifte aus den körperfremden Zellen in Freiheit gesetzt.

Soweit man in der Befähigung zur Auflösung fremder in die Blutbahn eindringender zelliger Elemente eine Schutzeinrichtung des Körpers erblicken kann, erfährt diese Einrichtung noch eine gewisse Erweiterung durch die ABDERHALDENschen „Schutzfermente". Diese richten sich auch gegen allerlei gelöste Stoffe, die etwa ohne vorherige genügende Zerlegung als blutfremde Stoffe in den Kreislauf gelangen, d. h. als solche Stoffe, aus denen die Körperzellen ihre Protoplasmabestandteile nicht zu entnehmen vermögen, und die vielmehr Gift- oder abnorme Reizwirkung auf gewisse Zellgruppen ausüben können. Auch aus erkrankten, zerfallenden Organzellen des eigenen Körpers gelangen unter Umständen derartige Stoffe in den Kreislauf. Gegen alle diese blutfremden Stoffe vermag der Körper rasch Schutzfermente zu bilden, durch die aus ihnen bluteigene Stoffe hergestellt werden. Dringen Eiweißstoffe parenteral ein, so werden sie durch Fermente zu Peptonen abgebaut; Disaccharide werden invertiert usw. Der Nachweis, daß solche Fermente entstehen, wird geliefert, indem die parenteral eingeführte Substanz, mit dem völlig klaren Serum des vorbehandelten Tiers zusammengebracht, den Abbau durch Änderung des optischen Drehungsvermögens erkennen läßt; oder mittels chemischer Reaktionen auf die durch die Fermentwirkung leicht dialysabel gewordenen Substanz. — Die Analogien zwischen Schutzfermenten und Immunsubstanzen sind indessen ziemlich eng begrenzt. Der Umstand, daß auch kristalloide Substanzen für die Schutzfermente in Betracht kommen; das schnelle, schon $^1/_4$ Stunde nach der Einverleibung nachweisbare Auftreten wirksamer Fermente; der Mangel der Spezifität der gebildeten Fermente innerhalb großer Gruppen von Stoffen, sind Differenzen, die vor einem Zusammenwerfen beider Vorgänge warnen müssen. Spezifisch sollen nach ABDERHALDEN gewisse Fermente gegen krankhafte Produkte und namentlich ein peptolytisches Ferment im Blut von Schwangeren sein, das imstande ist, Plazentarbestandteile zu lösen; aber gerade diese Reaktionen konnten bisher nicht allgemeine Anerkennung finden.

3. Opsonine, Bakteriotropine.

Bereits S. 592 ist darauf hingewiesen, daß die Phagozyten zu ihrer schützenden Rolle gegenüber lebenden Bakterien nur befähigt werden durch bestimmte Serumstoffe, welche die Aufgabe haben, die Aggressine der Bakterien (S. 535) zu neutralisieren und dadurch der Phagozytose zugänglich zu machen. NEUFELD und WRIGHT haben diese Stoffe besonders studiert und WRIGHT hat ihnen den Namen „Opsonine" (opsono, ich bereite zur Mahlzeit vor) gegeben. Nach NEUFELD werden manche Bakterien sehr leicht, auch ohne besonderen Serumzusatz, von Leukozyten aufgenommen; andere wie die Staphylokokken, werden ohne Serum nicht gefressen, reichlich nach Zusatz von Normalserum, noch reichlicher aber bei Gegenwart von Immunserum, d. h. Serum von Tieren, die mit den gleichen Bakterien vorbehandelt waren; hochvirulente Streptokokken werden sogar nur bei Gegenwart von solchem Immunserum phagozytiert. Da die Wirksamkeit des Normalserums schon durch mäßiges Erhitzen — 10 Minuten 60° — aufgehoben wird, die des Immunserums in vielen Fällen nicht; da ferner die wirksamen Serum-

stoffe des Normalserums durch verschiedenste Bakterien (und auch durch Kohle usw.) aus dem Serum adsorbiert werden, die des Immunserums dagegen nur durch die spezifischen Bakterien, haben wir Grund anzunehmen, daß die wirksamen Substanzen im Immunserum nicht identisch sind mit den Opsoninen; NEUFELD hat sie daher mit der besonderen Bezeichnung „Bakteriotropine" belegt. — Möglicherweise sind sowohl die opsonischen wie die bakteriotropen Antikörper mit anderen (Alexinen, Bakteriolysinen) identisch oder stehen ihnen sehr nahe.

WRIGHT hat eine besondere Methodik zum Nachweis und zur quantitativen Abschätzung des Opsoningehalts des Serums bei Kranken angegeben:

Mittels dünn ausgezogener Glasrohre wird aus dem umschnürten Finger des Patienten (und ebenso eines normalen Menschen) Blut gewonnen und nach dem Gerinnen zentrifugiert = Serumgewinnung. Dann wird Kaninchenblut, um die Gerinnung zu verhindern, in Lösung von 1·5% zitronsaurem Natron aufgefangen; nach Waschen und Zentrifugieren bilden sich drei Schichten, die Erythrozyten, das Plasma und dazwischen, als rahmartige Schicht, die Leukozyten. Letztere werden in eine Kapillare aufgenommen (mit zahlreichen Erythrozyten, die nicht stören); dazu kommt das Serum des Patienten und drittens Bakterienaufschwemmung (etwa 7—10 Milliarden Keime in 1 ccm). Die drei Teile werden gemischt, und die Mischung 15 Minuten bei 37° gehalten. Dann folgt Ausstrich auf Objektträger, Fixierung, Färbung. Die intrazellulären Bakterien werden in 20—30 Leukozyten gezählt und ihre Durchschnittszahl pro Leukozyt berechnet; diese Zahl ist der phagozytische Index. Außerdem wird angegeben, um wieviel größer oder kleiner dieser ist, als bei normalem Serum. Das Resultat bezeichnet man als opsonischen Index. (Genaueres s. im Anhang.)

Die Bestimmung des opsonischen Index soll nach WRIGHT: 1. die Diagnose unterstützen. 2. Den Verteidigungszustand des Organismus gegenüber Infektionserregern, auch den Wert einer eingeschlagenen Therapie, kennzeichnen. Ist der Widerstand des Körpers gegenüber einer Parasitenart gebrochen, so gibt sich dies durch einen geringeren opsonischen Index kund; bei gesteigerter Resistenz bemerkt man dagegen erhöhten Index. Am eingehendsten nachgewiesen ist dieses Verhalten für Patienten, die an Staphylokokkeninvasion und für solche, die an Tuberkulose leiden. 3. Die Vaccinetherapie kontrollieren. WRIGHT injiziert dem Kranken getrocknete, fein gepulverte oder auch frisch sterilisierte Krankheitserreger (Staphylokokken 100—500 Mill., Streptokokken 5—10 Mill. usw.). Der opsonische Index wird anfangs oft sehr niedrig, zu 0·1—0·8 (der normale Index zu 1·0 gesetzt) gefunden. Nach der Behandlung mit abgetöteten Staphylokokken bzw. Tuberkelbazillen tritt zwar zunächst stets ein Absinken ein, die sogenannte negative Phase, die meist ein bis zwei Tage andauert und deren Intensität von der verwendeten Dosis abhängig ist. Nach der negativen Phase erhebt sich dann aber der opsonische Index wieder und zugleich bessert sich der Zustand der Patienten. Die negativen Phasen dürfen sich nicht summieren und die Reaktionsfähigkeit des Organismus darf nicht zu stark in Anspruch genommen werden. Namentlich bei mehr chronischen Infektionen, wie Acne, Furunculosis, Cystopyelitis usw. scheint die Vaccinetherapie Erfolge aufzuweisen.

Nach BAIL sollen sich besondere Aggressine im Tierkörper am Orte des Eindringens der Bakterien (Subkutis, Bauch-, Plaurahöhle) in Ödemen und Exsudaten finden. Durch Zufügung solchen Exsudats soll es gelingen, untertödliche

Mengen von pathogenen Bakterien tödlich zu machen, und Halbparasiten und Saprophyten die Wucherung im Tierkörper zu ermöglichen (vgl. S. 535). Ferner soll durch Vorbehandlung mit solchem Exsudat eine Antiaggressinimmunität erzeugt werden können, die selbst gegen die infektiösesten Vollparasiten von Erfolg und von der antitoxischen und bakteriolytischen Immunität verschieden sein soll. — Aber die angeblich beweisenden Experimente lassen sich großenteils daraus erklären, daß die Exsudate Toxine enthalten, die bei der Auflösung der Bakterien frei geworden sind, und die auch durch Extraktion und Autolyse von Kulturen gewonnen werden können (vgl. S. 534). Außerdem wirken bei der Immunisierung mit Exsudaten sehr verschiedene Antigene zusammen, solche, die bakterizide und bakteriotrope Antikörper auslösen und auch Substanzen, die auf die Phagozyten schädigend wirken können (z. B. Leukozidine) oder welche die Sekretion der Leukozyten (Leukine) hemmen.

4. Agglutinine.

Setzt man Blutserum mit einem Gehalt an bestimmten Agglutininen Bakterienaufschwemmungen zu, so sieht man häufig nach wenigen Minuten, meist erst nach 1—24 Stunden, und am besten bei etwas erhöhter Temperatur (37—55°), eine Zusammenballung und Häufchenbildung der Bakterien eintreten; die Häufchen setzen sich im Reagenzglas unter Klärung der Flüssigkeit allmählich zu Boden, leichtes Schütteln wirbelt sie aber auf und macht sie als suspendierte grob sichtbare Flocken wieder sichtbar, während nicht agglutinierte Bakterienaufschwemmungen dauernd gleichmäßige Trübung zeigen. Bewegliche Bazillen zeigen zugleich unter dem Mikroskop Einstellung der Beweglichkeit; aber auch bei unbeweglichen Bakterien (Kokken) kann die Agglutination sehr deutlich werden. Eine Veränderung in Gestalt und Färbbarkeit wird bei den agglutinierten Bakterien nicht beobachtet.

Nach der Ehrlichschen Hypothese sind an dieser Blutwirkung Rezeptoren zweiter Ordnung beteiligt, d. h. solche, welche neben der Haftgruppe noch einen Arm tragen, der in eine fermentartig wirkende (agglutinophore, die Zusammenballung verursachende) Funktionsgruppe ausläuft. Trifft agglutinabele Substanz, die ebenfalls eine haptophore und eine Funktionsgruppe führt, mit geeignetem Agglutinin zusammen, so fügen sich die haptophoren Gruppen zusammen, und die beiden Funktionsgruppen wirken aufeinander ein und veranlassen Zusammenballung. Auch hier kommt es beim Ersatz gesättigter Rezeptoren leicht zu solcher Überproduktion, daß ungesättigte Rezeptoren abgestoßen werden und frei im Blut zirkulieren. Diese Rezeptoren sind dann die in dem betreffenden Blut vorrätigen Agglutinine. — Es sind dies relativ widerstandsfähige Substanzen; sie vertragen noch Erwärmung auf 60 bis 65°, aber nicht mehr auf 65—70°. Gegen Säure, Licht, Aufbewahren in dünnen Lösungen sind sie empfindlich. Bei Abwesenheit von Kochsalz bleibt jede Agglutination aus; die notwendigen Zusatzmengen sind aber sehr gering. Bei 0° erfolgt wohl Bindung, aber keine Zusammen-

ballung. — Die zymophore Gruppe ist, wie bei den Toxinen und Bakteriolysinen, die empfindlichere. Es entstehen daher leicht Agglutinoide, welche nur noch die haptophore Gruppe enthalten. Diese sind imstande, die agglutinabele Substanz von Bakterien zu binden und damit deren haptophore Gruppen zu verstopfen, aber ohne daß Zusammenballung eintritt. — Bei Kapselbakterien beobachtet man keine Agglutination, bzw. erst nach Beseitigung der Kapseln. Keine Agglu-

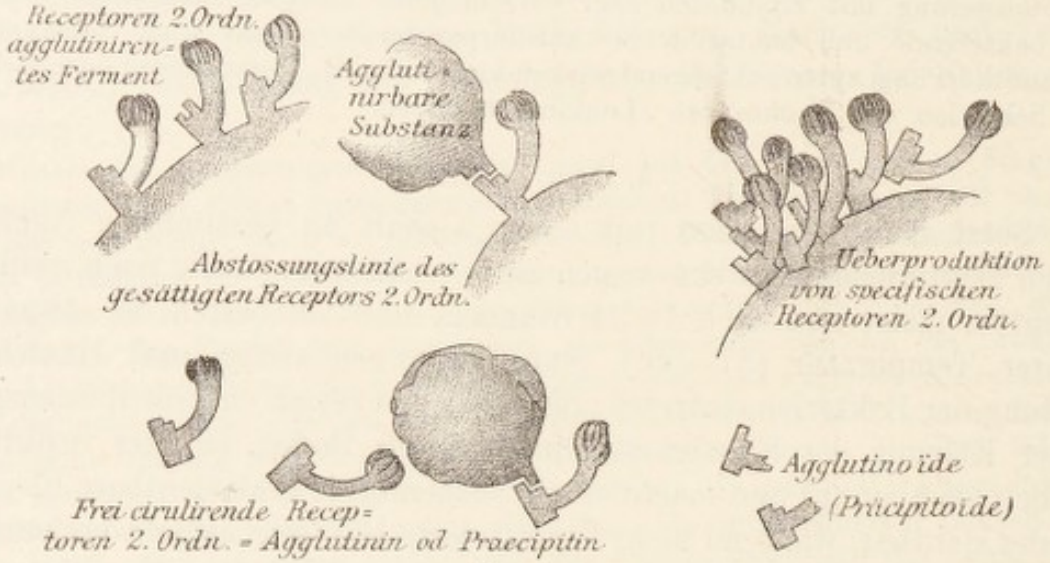


Fig. 165.
Bildungsweise der Agglutinine (und Präzipitine) nach EHRLICH.

tination geben ferner des öfteren solche Bakterien, die frisch aus den Organen isoliert sind (Typhus), ferner solche, die unter ungünstigen Verhältnissen und namentlich unter Zusatz von etwas agglutinierenden Serum zur Kulturflüssigkeit gezüchtet sind.

Daß die zymophore Gruppe fest angelagert ist und nicht etwa wie bei den Bakteriolysinen aus einem Ambozeptor und einem getrennt von diesem bestehenden Ferment besteht, das geht aus Versuchen hervor, bei denen man (z. B. durch Hitze) die Agglutinine wirkungslos macht. Hier müßte man erwarten, daß die allein geschädigte zymophore Gruppe durch ein Hinzufügen neuer zymophorer Moleküle wieder reaktiviert werden kann. Derartiges konnte indes bisher nicht beobachtet werden.

Über die chemische Natur der agglutinabelen Substanz und der Agglutinine wissen wir nichts Sicheres. Sie sind von den Serumweieißstoffen vorläufig nicht zu trennen. — Vermutlich haben wir es auch hier mit einer kolloidalen Reaktion zu tun; die Vereinigung erfolgt nicht in einfachen Proportionen. Ähnliche Erscheinungen zeigt die „Ausflockung" organischer und anorganischer Kolloide. Eine Ausflockung, die mit der Agglutination äußere Ähnlichkeit hat, kommt in Bakterienaufschwemmungen z. B. durch Chrysoidin, Formalin, Safranin usw. zustande, andererseits z. B. mit Mastixsuspensionen und Serum; hier fehlt indes die Spezifizität der Wirkung.

Eine bestimmte Bakterienmenge vermag sehr viel größere Mengen Agglutinine zu binden. Gibt man zu einer bestimmten Bakterienmenge das 1000fache

der Agglutininmenge, die zur vollständigen Agglutination ausreichen würde, so werden noch 97% des Agglutinins gebunden; bei der 100000fachen Menge noch 57% (Eisenberg und Volk). Nach Arrhenius läßt sich für die quantitativen Bindungsverhältnisse eine Formel aufstellen, die schließen läßt, daß bei dem Vorgang die Löslichkeit des Agglutinins in den Bakterien das Wesentliche ist. Nernst-Bilz haben indes gezeigt, daß die Formel auch zu Recht besteht, wenn gelöste Stoffe an der Oberfläche fein verteilter Substanz adsorbiert werden, also wenn die Bindung des Agglutinins durch Oberflächenwirkung zustande kommt.

Von Michaelis ist ermittelt, daß Bakteriensuspensionen ausgeflockt werden bei einem bestimmten Gehalt an Wasserstoffionen (Säureagglutination), und daß für viele Bakterienarten ein charakteristisches Optimum dieses Gehalts besteht. Diese Art Ausflockung steht aber nicht in näherer Beziehung zu der Agglutination durch Immunserum, weil letztere von der Reaktion der Flüssigkeit nur wenig abhängig ist.

Von großer Bedeutung ist der spezifische Charakter der Agglutination. Zwar vermag bei stärkerer Konzentration fast jedes Serum agglutinierend auf verschiedene Bakterienarten zu wirken. Aber sobald man mit Verdünnungen arbeitet und die Grenze der stärksten Verdünnung beachtet, welche noch Agglutination bewirkt, tritt die Spezifität der Reaktion deutlich hervor, so daß diese als wertvolles diagnostisches Hilfsmittel benutzt werden kann.

Im normalen Serum finden wir nur kleine Mengen „Normalagglutinine". Injiziert man aber Tieren Kulturen einer bestimmten Bakterienart (durch intravenöse Injektion steigender Dosen lebender bzw. durch Erhitzen bis 72° oder durch Chloroform abgetöteter Bakterien; oder durch Injektion der Extrakte aus den zerstörten Bakterienleibern in etwa zehntägigen Intervallen); oder erkrankt ein Mensch durch Invasion einer bestimmten Bakterienart, dann bilden sich reichlich spezifische „Immunagglutinine". Bis zum sechsten Tage zeigt sich kein Agglutinin; dann erfolgt steiler Anstieg der Kurve; am zehnten Tage ist das Maximum erreicht, von dem der Gehalt stufenweise abnimmt. Der Gehalt kann so bedeutend werden, daß das Serum einen Agglutinationstiter von 1:100000 zeigt, d. h. daß eine Verdünnung des Serums 1:100000 mit physiologischer Kochsalzlösung noch eine Aufschwemmung von 1 Öse = 2 mg 24stündiger Agarkultur zur Agglutination bringt. Bei zu rascher Folge oder zu großen Impfdosen kann dauernde Abnahme des Gehalts und Kachexie oder plötzlicher Tod eintreten. — Hochgradige erworbene Agglutination beobachten wir namentlich gegenüber Cholera-, Typhus-, Dysenteriebazillen u. a. m.

Neben den Hauptagglutininen, welche genau der haptophoren Gruppe der agglutinabelen Substanz der zur Vorbehandlung benutzten Bakterienart entsprechen, entstehen oft Nebenagglutinine, welche ähnlich gebaute haptophore Gruppen besitzen. Bei manchen Bakterien (Coligruppe) entstehen diese besonders reichlich; dann versagt der spezifische Charakter der Reaktion gegenüber verwandten Bakterienarten insofern, als leicht eine Mitagglutination erfolgt. Sind

z. B. am Typhusantigen die Rezeptoren *a*, *b*, *c*, *d*, *e* vorhanden, so sind vielleicht nur *a*, *b*, *c* spezifisch für Typhus; *d* und *e* kommen auch bei Paratyphus vor, dessen agglutinabele Substanz außerdem die Rezeptoren *f*, *g*, *h* besitzt. Ein Typhusserum mit den Partialagglutininen *A*, *B*, *C*, *D*, *E* wird Typhus durch die Rezeptoren *A*, *B*, *C*, aber auch Paratyphus durch *D* und *E* agglutinieren; ebenso wird ein Paratyphusserum durch die Agglutinine *D* und *E* Typhus mitagglutinieren. Ob im Einzelfall eine solche Mitagglutination oder Mischinfektion durch Invasion mehrerer Bakterienarten vorliegt, das kann unter Umständen entschieden werden durch den CASTELLANIschen Versuch; es werden zunächst in die Serumverdünnung die am stärksten beeinflußten Bakterien bis zur Sättigung eingetragen und dann wird zentrifugiert. Wirkt nun das Serum nicht mehr auf die andere Bakterienart, so hat Mitagglutination vorgelegen, d. h. die Rezeptoren *A*, *B*, *C*, *D*, *E* sind sämtlich durch die Rezeptoren der Typhusbazillen *a*, *b*, *c*, *d*, *e* abgesättigt, und es bleiben keine Agglutinine übrig; handelt es sich dagegen um Mischinfektion, so bleiben die Rezeptoren *F*, *G*, *H* auch nach der Absättigung übrig und geben mit den entsprechenden Rezeptoren der Paratyphusbazillen erneut Agglutination.

Vieles spricht dafür, daß die Immunität gegen parasitäre Krankheiten von dem Agglutiningehalt des Blutes nicht abhängt. Tiere mit angeborener Empfänglichkeit zeigen manchmal ausgesprochene Agglutination gegenüber den betreffenden Erregern (Pferdeblut und Tetanusbazillen). Namentlich aber bei erworbener oder künstlich hervorgerufener Immunität geht diese der Agglutininwirkung des Blutes keineswegs parallel; sogar bei stetig steigendem Agglutiningehalt können Typhusrezidive vorkommen, und andererseits können im ganzen Verlauf eines bakteriologisch sichergestellten Typhus die Agglutinine fehlen. Die Bildung von Agglutininen ist daher im wesentlichen nur als eine den eigentlichen Immunisierungsvorgang oft begleitende Erscheinung aufzufassen.

Außer Agglutininen für Bakterien existieren im Serum vielfach Agglutinine, welche die Erythrozyten anderer Tierspezies zum Zusammenballen bringen. Bildung neuer spezifischer Agglutinine und Steigerung der vorhandenen ist auch hier in hohem Maße möglich durch Behandlung der Tiere mit Injektionen fremder Blutarten. Dabei treten gleichzeitig die unten beschriebenen Hämolysine auf, die aber hitzeempfindlicher sind, so daß sich durch Hitze von 55° die Hämagglutinine von den Hämolysinen trennen lassen. Bei manchen Menschen sind, unabhängig von Rasse oder Krankheiten Isohämagglutinine (Blutkörper der gleichen Tierart zusammenballend) beobachtet; bei Kranken auch Autohämagglutinin.

5. Präzipitine.

Stellt man ein bakterienfreies Kulturfiltrat von einer bestimmten Bakterienart her, so daß dieses nur gelöste Stoffwechselprodukte und Leibessubstanzen der Bakterien enthält, und fügt eine kleine Menge davon einem Immunserum zu, welches nach Behandlung eines Tieres mit denselben Bakterien gewonnen ist, so entsteht eine Fällung in Form einer Trübung oder eines Niederschlags (KRAUS).

Eine solche Fällung kommt auch zustande zwischen Eiweißlösungen und dem Serum eines Tieres, das mit demselben Eiweiß vorbehandelt ist, vorausgesetzt, daß dieses Eiweiß demjenigen des normalen Serums körperfremd, heterolog, ist (Bordet, Tsistowitsch). Jedes heterologe Eiweiß wirkt als Antigen (Präzipitogen) und erzeugt überschüssige, mit passender Haftgruppe versehene Rezeptoren (Präzipitine), die mit der präzipitabelen Substanz sich zum Präzipitat verbinden. Man kann in diesem Verhalten wiederum eine Art Schutzwirkung des Körpers sehen, der fremde Stoffe nicht unverändert zirkulieren läßt. Die Reaktion ist streng artspezifisch, sobald starke Verdünnungen angewendet und die quantitativ festgestellten Verdünnungsgrenzen eingehalten werden; sie ist zum Nachweis präzipitabeler Eiweißstoffe weit empfindlicher als irgendwelche chemische Reaktion. Gegenüber den verschiedenen Eiweißstoffen der gleichen Art ist sie nicht spezifisch; nur durch Vorbehandlung mit Extrakt aus der Kristallinse des Auges, gleichgültig von welchem Wirbeltier, läßt sich spezifisches Linsenpräzipitin gewinnen. Injiziert man z. B. einem Kaninchen Kuhmilch, so treten im Serum Stoffe auf, welche das Kasein der Kuhmilch ausfällen, nicht aber das von Ziegen- und Frauenmilch und umgekehrt. Injiziert man Kaninchen wiederholt Menschenblut oder anderes Menscheneiweiß (3 mal in 5—6 Tagen Intervall 1—3 ccm Serum), so erzielt man 6 Tage nach der letzten Injektion ein Serum, das noch durch größte Verdünnungen von Menschenblut oder anderen vom Menschen stammenden Eiweißkörpern getrübt wird, während Eiweißkörper von anderen Tieren keine Trübung bewirken bzw. erst bei viel höheren Konzentrationen (feiner Nachweis von Menscheneiweiß und Menschenblut nach Wassermann, Uhlenhuth). Muskelextrakt von Pferdefleisch, Kaninchen wiederholt injiziert, gibt ein Serum, das zum Nachweis von Pferdefleisch geeignet ist (s. S. 243). — Das präzipitinhaltige Serum ist nicht zu verdünnen; $^1/_{10}$—$^1/_2$ ccm werden aber mit Präzipitogenverdünnungen bis 1:10000 versetzt. Das Präzipitat hat die Neigung, verschiedenste kolloidale Körper an sich zu reißen und adsorbiert zu halten. Der feine Niederschlag repräsentiert offenbar eine sehr große, zu solchen Adsorptionsleistungen geeignete Oberfläche. Unter anderem werden auch eiweißverdauende Fermente (Komplemente s. unten) begierig adsorbiert. Darauf gründet sich die von Neisser und Moreschi angegebene Verfeinerung der Methode zum Nachweis von artfremdem Eiweiß (s. S. 614). Außerdem vollzieht sich unter dem Einfluß der adsorbierten Fermente ein Eiweißabbau, der mit der Bildung giftiger Produkte einhergehen kann (s. unter Anaphylaxie).

Bei einander sehr nahestehenden Tierspezies versagt die Methode; das Eiweiß der anthropoiden Affen z. B. scheint für den Menschen keinen hinreichend

ausgesprochen heterologen Charakter zu haben. Durch Auswahl möglichst nahestehender Tierarten zur Herstellung des Serums, Hochwertigkeit des letzteren, genaue quantitative Grenzbestimmungen und eventuell Castellanischen Versuch (S. 610) läßt sich die Methode verfeinern.

Physiologisch kommt die Möglichkeit der Präzipitierung in Betracht, z. B. wenn Menschen heterologes Eiweiß in Form von Fleisch, Ei, Milch genießen. Um diese in ein für den Menschen homologes, flüssig bleibendes Eiweiß zu verwandeln, müssen die spezifischen Eigentümlichkeiten des Rinder-, Hühnereiweißes usw. beseitigt werden. Dies geschieht vollständig durch die bei der Verdauung stattfindende weitgehende Zerlegung der Eiweißstoffe.

Durch mäßiges Erhitzen wird das Serum inaktiviert, d. h. die Funktionsgruppe des Präzipitins wird zerstört und es entstehen Präzipitoide, die zwar das entsprechende Eiweiß noch absättigen, aber nicht fällen. Nach der Behandlung mit Präzipitoiden wird die Eiweißlösung auch durch Präzipitine nicht mehr gefällt. — In manchen Fällen gibt das Serum von frisch Erkrankten und Genesenden oder schon lange an der gleichen Krankheit Leidenden (Syphilis) beim Übereinanderschichten einen Präzipitinring. — Sehr eigentümlich ist eine von A. Ascoli und Valenti kürzlich mitgeteilte Methode der Milzbranddiagnose durch Präzipitation. Ein stark präzipitierendes Milzbrandserum (dessen Herstellung aber offenbar schwierig ist und anderen Autoren mehrfach nicht gelang) vermag durch Ringbildung im Extrakt selbst von hochgradig faulen Organen von Milzbrandtieren Präzipitogene, die aus dem Leibe der Milzbrandbazillen stammen, zu einer Zeit nachzuweisen, wo andere Methoden längst versagen.

6. Komplementbindende Antikörper (Reagine).

Wie oben ausgeführt wurde, wird energische Komplementbindung bei den Bakteriolysinen und Hämolysinen beobachtet; der mit dem Antigen vereinigte Ambozeptor hat starke Avidität gegenüber dem Komplement, bindet es und ermöglicht ihm damit, seine auflösende Fähigkeit gegenüber dem Antigen zur Wirkung gelangen zu lassen. Nicht immer besitzt indes ein Immunserum, das deutliche Komplementbindung veranlaßt, bakterizide und schützende Kraft. Es ist daher richtiger, eine besondere Gruppe von komplementbindenden Antikörpern zu unterscheiden, denen man vielleicht den Namen „Reagine“ (Kruse) beilegen kann, weil sie Reaktionen liefern, die uns zu diagnostischen Zwecken von großer Bedeutung sind.

Diese Reaktionen beruhen auf dem S. 603 beschriebenen hämolytischen System, d. h. auf den 3 Ingredienzien: Erythrozyten, hämolytischer Ambozeptor und Komplement, die quantitativ so aufeinander eingestellt sind, daß nach ihrer Vereinigung und nach zweistündigem Aufenthalt bei 37° gerade komplette Hämolyse eintritt. Will man nun prüfen, ob in einer Flüssigkeit komplementbindende Stoffe vorhanden sind, so kann man den einen Bestandteil des hämolytischen Systems, das Komplement, der zu prüfenden Flüssigkeit probeweise zusetzen, es gleichsam den dort etwa vorhandenen beliebigen Antikörpern und Antigenen anbieten; sind aufeinander passende Ambozeptoren und

Antigene vertreten, so werden diese sich vereinigen, das Komplement binden und verbrauchen, und wenn man nachher die beiden anderen Ingredienzien des hämolytischen Systems zufügt, so wird die komplette Hämolyse ausbleiben, weil eben das Komplement ganz oder teilweise verbraucht war. Tritt dagegen volle Hämolyse ein, so ist das ein Zeichen, daß das Komplement nicht begehrt war, daß also Antikörper-Antigenvereinigungen in der zu prüfenden Flüssigkeit nicht existierten.

Bordet und Gengou haben diese Versuchsanordnung zuerst angewendet, um bestimmte Immunstoffe im Blute aufzusuchen. Sie fügten die zu jenen Immunstoffen passenden Antigene in Form einer Aufschwemmung oder eines Extraktes der zugehörigen Bakterien dem Blute zu und prüften, ob dann das Komplement des hämolytischen Systems fixiert wird. War dies der Fall und blieb infolgedessen die Hämolyse aus, so waren die gesuchten Ambozeptoren vorhanden. — Oder man kann behufs Verifizierung verdächtiger Kulturen, z. B. Typhus, der Aufschwemmung oder dem Extrakt sicheres Immunserum (Typhusambozeptoren) zusetzen; wird das Komplement gebunden, so ist damit bewiesen, daß die fragliche Kultur Typhusbazillen enthielt. — Nicht nur mit Bakterien, sondern auch mit Eiweißantigen oder Antieiweißambozeptoren läßt sich die gleiche Reaktion ausführen.

Praktisch hat die Komplementbindung namentlich Verwendung gefunden:

a) Nach Wassermann, A. Neisser, Citron und Bruck zum Nachweis der Antigene bei Lues. Von mit Syphilis vorbehandelten Affen gewinnt man Immunserum und inaktiviert dieses. Bringt man letzteres mit Körperflüssigkeiten (besser Extrakt von Erythrozyten) syphilisverdächtiger Personen zusammen, so werden diese bei begründetem Verdacht Syphilisantigene enthalten, welche sich mit den Ambozeptoren jenes Immunserums verbinden werden. Fügt man nun zu dieser Mischung das Komplement eines hämolytischen Systems, so werden die mit Syphilisantigen besetzten Ambozeptoren einen Teil des Komplements für sich verbrauchen; und fügt man hernach die beiden anderen Bestandteile des hämolytischen Systems hinzu, so tritt nicht mehr vollständige Hämolyse ein, die dagegen eingetreten sein würde, wenn kein Syphilisantigen zugegen und daher kein Komplement verbraucht worden wäre. — Das Verfahren ist komplizierter und weniger sicher als der (jetzt ausschließlich benutzte):

b) Nachweis spezifischer Antikörper bei Lues. Man verwendet von den verdächtigen Patienten Blutserum (oder bei Paralyse und Tabes Spinalflüssigkeit); dieses wird inaktiviert. Als Antigen dient Extrakt aus Leber hereditär luetischer Föten; der klare Extrakt muß in bestimmter Menge mit entsprechender Menge luetischen Serums komplette Hemmung der Hämolyse geben, während mit normalem Serum komplette Hämolyse eintritt. Die Prüfung besteht dann in der Mischung von Serum + Luesextrakt + 1 ccm Komplement 1:10 (s. oben) und nach zweistündigem Aufenthalt bei 37° + 1 ccm hämolytische Ambozeptoren vom Titer 1 : 1000 + 1 ccm 5% Blutkörperchenaufschwemmung. Hemmung der Hämolyse zeigt Lues an. — Zahlreiche Kontrollen (mit normalem

Serum, Extrakt normaler Organe usw.) sind unerläßlich (WASSERMANNsche Reaktion; Genaueres s. im Anhang).

Die Deutung der WASSERMANNschen Reaktion als einer Antigen-Antikörpervereinigung, die komplementgierig ist, ist nach neueren Untersuchungen nicht aufrecht zu erhalten. An Stelle des Extrakts aus luetischer Leber läßt sich als Antigen auch Herzmuskelextrakt von Meerschweinchen, oder Lezithin, oder Seife, namentlich oleinsaures Natron, verwenden; an Stelle luetischen Serums werden mit normalem Ziegen- und Kaninchenserum, oder mit der Euglobulinfraktion normalen Menschenserums positive Ausschläge erzielt. Die Untersuchungen von ELIAS, PORGES, FRIEDEMANN, SCHMIDT u. a. machen es vielmehr wahrscheinlich, daß das Wesentliche für den positiven Ausfall der Reaktion eine abweichende Beschaffenheit der Eiweißstoffe des Serums der Luetiker ist. Im luetischen Serum besteht eine quantitative und vielleicht auch qualitative Änderung der Globuline bzw. der Albumine, der Art, daß die Globuline eine starke Affinität zu Lipoiden und zu dem Extraktkolloid besitzen und äußerst feine Teilchen mit Bildung neuer freier Oberflächen auf dem Extraktkolloid ausfällen. Im Normalserum wird diese Reaktion durch eine Schutzwirkung der Albumine gehemmt. Die Präzipitation hat JACOBSTHAL im Ultramikroskop bei Dunkelfeldbeleuchtung direkt beobachten können. Auch die eigentümliche von KLAUSSNER beobachtete Ausflockung des luetischen Serums durch 3 Teile Wasser ist auf die Änderung der Globuline zurückzuführen. Das durch Kolloidreaktion zustande gekommene Präzipitat bewirkt schließlich die Adsorption des Komplements. — Trotz dieser anderen Erklärung der WASSERMANNschen Reaktion ist ihre Zuverlässigkeit und praktische Bedeutung für die Luesdiagnose die gleiche geblieben.

c) Komplementbindung nach M. NEISSER, SACHS, MORESCHI zum forensischen Blutnachweis: Mit Menschenblut vorbehandeltes Kaninchenblut vermag bekanntlich in größten Verdünnungen von menschlichem Eiweiß Präzipitate zu erzeugen. Diese Präzipitate haben eine starke antikomplementäre Wirkung, indem sie energisch Komplement adsorbieren (s. oben). Der Nachweis des Präzipitats, der sonst auf der Wahrnehmung einer sichtbaren Trübung beruht, läßt sich daher in der Weise verfeinern, daß man ein hämolytisches System zu Hilfe nimmt und damit feststellt, ob Komplementverbrauch durch das präzipitierte Blut stattgefunden hat. Es gelingt in dieser Weise, noch $\frac{1}{10000}$ ccm Menschenserum nachzuweisen; ferner läßt sich das Blut von Affen und Menschen, sowie verschiedener Menschenrassen differenzieren.

7. Überempfindlichkeit erzeugende Antikörper, Anaphylaxine.

Überempfindlichkeit nach Einverleibung von Antigen ist schon früh beobachtet bei der Immunisierung von Pferden mit steigenden Dosen von Diphtherietoxin (v. BEHRING). Hier hatten erneute Injektionen unerwartet heftigste Reaktionserscheinungen zur Folge. Eine Erklärung versuchte man in der Weise, daß man annahm, die Rezeptoren, die nach ihrer Abstoßung als Antitoxin fungieren, seien zur Zeit der erneuten Injektion noch nicht abgestoßen, sondern „sessil"; sie haften noch an der Zelle und vermitteln infolgedessen gerade heftigste Giftwirkung auf die Zelle.

Auch bei wiederholten Invasionen der gleichen Krankheitserreger sind rasche heftige Reaktionen beobachtet, die jetzt als anaphylaktische

Vorgänge gedeutet werden, z. B. die bei Revaccinierten nicht selten auftretenden heftigen Reizerscheinungen nach Einbringung von Kuhpockenvirus (v. Pirquet).

Besonders deutlich tritt aber die Anaphylaxie auf nach wiederholter parenteraler Zufuhr von nicht bakteriellem körperfremdem ungeformtem Eiweiß. Dahin ist das Eiweiß anderer Tierspezies zu rechnen; aber auch arteigenes Eiweiß, das Abweichungen oder gewisse Veränderungen erfahren hat (verbranntes Organeiweiß; jodiertes Eiweiß; Plazentareiweiß; Linsensubstanz usw.). Alle tierischen und pflanzlichen Zellen, Extrakte aus Zellen und Organen; Fermentlösungen, ungereinigte Fette, denen Spuren von Eiweißkörpern oder Nukleoproteiden anhaften, geben Ausschläge. Parenterale Zufuhr gehört dazu, weil der Körper bei enteraler Eiweißzufuhr gegen etwaige giftige Spaltprodukte durch die Zerlegung im Darm und das Darmepithel geschützt ist. — Intravenöse Injektion pflegt die subkutane im Effekt erheblich zu übertreffen.

Gewisse Symptome von Giftbildung beobachtet man zuweilen schon bei einmaliger Eiweißzufuhr (Idiosynkrasie gegen bestimmte Eiweißarten). Regelmäßig deutliche Symptome treten erst auf nach wiederholter Zufuhr. Eine solche lag z. B. den Tierversuchen von Richet (mit Aktinienkongestin) zugrunde; ebenso dem Arthusschen Phänomen, (wiederholte Behandlung von Kaninchen mit Pferdeserum), dem Kretzschen (Toxin-Antitoxingemische) und dem Smithschen Phänomen (Vorbehandlung von Meerschweinchen mit Diphtherie-Toxin-Antitoxinmischungen, nachher normales Pferdeserum).

Auch beim Menschen beobachtet man entsprechende Wirkungen, namentlich nach Injektion von Immun- oder Heilserum. Nach einer einmaligen Injektion können nach einer Inkubationszeit frühestens am 5., spätestens am 12. Tage, Urtikaria, Drüsenschwellungen, Ödeme und leichtes Fieber auftreten; alle Symptome gehen bald wieder zurück. Nur große Dosen haben oft diese Folgen; in den Fällen, wo 100 ccm Serum injiziert war, rechnet man 85%, wenn aber 10 ccm injiziert waren, nur 6% Erkrankungen. Nach einer Reïnjektion des gleichen Eiweißstoffs treten die Erscheinungen stürmischer, zuweilen wenige Stunden nach der Injektion, erheblich verstärkt und vermehrt durch Schwindel, Herzschwäche usw. auf. 3—8 Wochen Intervall zwischen 1. und 2. Injektion ergibt die heftigsten Erscheinungen; aber auch schon nach 12 Tagen und noch nach 1—2 Jahren machen sie sich deutlich bemerkbar. Todesfälle und erhebliche dauernde Erkrankungen sind beim Menschen bisher äußerst selten beobachtet. Aber doch wird man wünschen müssen, daß bei schwerer Skarlatina oder Diphtherie und bei zarten Kindern diese Komplikation vermieden wird. Dies kann geschehen 1. dadurch, daß zur Reïnjektion ein Antiserum von einer anderen Tierspezies

benutzt wird. Die Serumwerke halten z. T. neben dem üblichen Pferdeserum zur Therapie auch Diphtherie-Antitoxin zur Immunisierung vorrätig, das von Rindern gewonnen ist. 2. Durch interkurrente, schon nach kürzerer Frist (8 Tage) mehrfach wiederholte kleine Seruminjektionen, mit deren Hülfe eine Art Gewöhnung eintritt. 3. Durch Beseitigung der Globuline des Serums, die ursächlich beteiligt sind (praktisch noch nicht durchgeführt). — Gut bewährt hat sich 3 bis 4 monatliches Lagern der Sera, da die Anaphylaktogene dann an Menge vermindert sind. Auch Erwärmung auf 55—58° soll diese Substanzen abschwächen.

Weitere Aufklärung durfte man vom Tierexperiment erwarten. Nicht jede Spezies ist für Anaphylaxie empfänglich. Meerschweinchen stehen weitaus an erster Stelle; ziemlich empfänglich ist der Mensch; Kaninchen sind 400mal weniger empfänglich als Meerschweinchen, noch weniger Ziegen, Hunde, Mäuse. — Injiziert man Meerschweinchen von dem für diese Tiere ungiftigen Pferdeserum 0·01 ccm subkutan oder $^1/_{1000}$ Milligramm intravenös als „sensibilisierende" Dosis, und nach 2—3 Wochen vom gleichen Serum eine erheblich größere Menge, subkutan einige Gramm, intravenös einige Milligramm, als „Probe" (l'épreuve), so tritt nach wenigen Minuten der „anaphylaktische Anfall" ein. Zuerst wird das Tier unruhig, es juckt sich an der Nase, dann erfolgt Würgen, zuweilen Erbrechen; schließlich fällt es auf die Seite und unter stärkster Dyspnoe und fühlbarer Abkühlung der Haut geht es zugrunde. Die Sektion zeigt als auffälligsten Befund eine kolossale Lungenblähung infolge einer krampfartigen Kontraktur der Bronchialmuskeln, die das Lumen der kleineren Bronchien ganz verschwinden läßt. Dieser Krampf scheint zentral ausgelöst zu werden; durch gewisse Narkotika, Äther, Chloräthyl, kann er verhindert werden. — Außer dem Absinken der Körpertemperatur beobachtet man noch eine verminderte Gerinnungsfähigkeit des Blutes, Leukopenie, und Schwund des Komplements.

Die Entwickelung des anaphylaktischen Zustandes ist zeitlich eine ähnliche wie die der Immunität. Auch darin besteht eine weitere Analogie, daß sich der anaphylaktische Zustand wie die Immunität passiv durch Serum übertragen läßt (3 Wochen nach der ersten Antigendosis 1—3 ccm Serum dieses Tieres auf ein zweites übertragen, und letzterem nach 24 Stunden die 2. Antigendosis injiziert). Man wird daher im Serum der aktiv überempfindlich gemachten Tiere die Existenz einer Art von Immunkörper, des Anaphylaxins (anaphylaktischen Reaktionskörpers) voraussetzen dürfen. Nur insofern besteht ein Unterschied, als die passive Übertragung nicht ganz so plötzlich den anaphylaktischen Zustand hervorruft, wie die Injektion von Immunserum die Immunität.

Wird der anaphylaktische Anfall überstanden, so ist das Tier für 1—3 Monate antianaphylaktisch, d. h. es reagiert nicht mehr auf die Zufuhr des betreffenden artfremden Eiweißes. — Ebenso wie andere Immunkörper auch im normalen Tierkörper in kleiner Menge vorkommen, wird man auch normale Anaphylaxine erwarten dürfen. In der Tat kann man durch einmalige intravenöse Einspritzung vieler Bakterien anaphylaktische Vergiftung hervorrufen.

Das feine Reagieren der Meerschweinchen mit anaphylaktischen Anfällen kann zu einem äußerst empfindlichen Nachweis eines bestimmten Antigens benutzt werden. Soll z. B. untersucht werden, ob ein Material menschliches Eiweiß enthält, so ist eine Aufschwemmung davon einem Meerschweinchen zu injizieren; und nach 3 Wochen ist eine größere Dosis sicher menschliches Eiweiß nachzuinjizieren; wenn das Material der 1. Injektion Menscheneiweiß enthielt, so muß jetzt ein anaphylaktischer Anfall eintreten.

Der Komplementschwund bei der anaphylaktischen Vergiftung deutet darauf hin, daß, in ähnlicher Weise, wie bei der Bakteriolysinwirkung durch das Zusammentreten des Antigens mit dem Ambozeptor Bindung des Komplements und Auflösung des Antigens erfolgt, so auch hier durch das von der Antigen-Anaphylaxinvereinigung fixierte Komplement ein fermentativer Abbau von Eiweiß und damit Giftbildung zustande kommt.

Es lag der Gedanke nahe, die Bildung des Anaphylatoxins auch im Reagenzglas vor sich gehen zu lassen. In der Tat gelang dies Friedemann, und Friedberger hat den Vorgang genauer studiert. Wenn man Hammelserum Meerschweinchen injiziert, das gewonnene Antiserum mit normalem Serum versetzt, zentrifugiert und nun den Rückstand mit Meerschweinchenkomplement versetzt, so erhält man durch neues Zentrifugieren im flüssigen Anteil ein lösliches Produkt, das bei Meerschweinchen anaphylaktischen Anfall auslöst. Das gleiche gelang mit Bakterien (Tuberkelbazillen, auch Saprophyten) und einem Zusatz der entsprechenden Ambozeptoren und von Komplement bzw. von genügenden Mengen normalen komplementhaltigen Serums.

Friedberger ist der Meinung, daß es auch bei allen natürlichen bakteriellen Invasionen wesentlich ankomme auf das parenteral eingeführte Bakterieneiweiß; dieses veranlasse Antikörperbildung, ferner bilde sich, verschieden je nach Virulenz und Vermehrungsfähigkeit der Bakterien, neues Antigen, und damit seien die Bedingungen gegeben für Entstehung von Anaphylatoxin. Da es sich aber meist um sehr kleine Mengen handele, komme es nicht zum anaphylaktischen Anfall und Temperatursturz, sondern zu Temperatursteigerung, die tatsächlich — wenn auch nicht regelmäßig — mit verschwindend kleinen Mengen von ungeformtem Eiweiß zu erzielen waren, und zwar je nach Dosis und Zeitintervall bald mehr in Form eines remittierenden, bald mehr eines intermittierenden Fiebers. Friedberger glaubt, daß vielleicht nur der Modus der Giftbildung, nicht aber das Gift selbst, bei verschiedenen Infektionserregern verschieden sei, eine Ansicht, mit welcher die doch sehr weit voneinander abweichende Wirkungsweise der einzelnen Endotoxine nicht recht in Einklang zu bringen ist.

Welcher Art die giftigen Abbauprodukte der Eiweißstoffe sind, darüber sind zahlreiche Untersuchungen im Gange. Schon dem käuflichen Pepton kommen gewisse Giftwirkungen (Peptotoxine) zu. Schittenhelm und Weichardt haben statt des unreinen Peptons reinere Abbauprodukte untersucht; sie unterscheiden zunächst 2 Gruppen, erstens hochmolekulare Verbindungen, die nicht dialysabel

sind, Sopor und Temperaturabfall ohne Krämpfe bewirken und als Antigene wirken; daneben niedrig molekulare, dialysabele, nicht zur Antikörperbildung befähigte, hauptsächlich Krämpfe veranlassende Substanzen. In der erstgenannten Gruppe sind die Monaminsäuren unwirksam, die Diaminosäuren (Protamine, Histon) wirken dagegen dem Pepton ähnlich. Sehr wirksam sind die aus den ungiftigen Aminosäuren durch Beseitigung der Karboxylgruppe entstehenden Amine; so wird z. B. aus dem im tierischen Organismus verbreiteten Histidin durch Karboxylenentfernung (z. B. mittels Fäulnis) β-Imidazoläthylamin gebildet, das von DALE und LAIDLOW näher studiert ist und Symptome hervorruft, die denen des anaphylaktischen Anfalls einigermaßen gleichen. Es ist danach wohl möglich, daß ähnliche Gifte auch von manchen Bakterien und in tierischen Organen gebildet, und ohne Komplement und Antikörper wirksam werden können. So erzeugt z. B. das nach FAUST als Oxy-Kadaverin anzusehende Sepsin, das aus faulender Hefe und aus Reinkulturen bestimmter Bakterien hergestellt wurde, beim Meerschweinchen typische anaphylaktische Vergiftung.

Die in vorstehendem geschilderten vielseitigen Schutzvorrichtungen des Körpers beteiligen sich in sehr verschiedenem Grade an der Bekämpfung der einzelnen Parasiten. Manche von diesen Vorrichtungen treten gewiß nur unter den übertriebenen Verhältnissen des Experimentes stärker hervor, ohne im gleichen Maße bei der natürlichen Immunität beteiligt zu sein. Dies gilt sicher von manchen Antitoxinen, aber auch von den Bakteriolysinen. Gelingt es doch bei manchen parasitären Krankheiten wie Pocken, Hundswut, Tuberkulose überhaupt nicht, Bakteriolysine im Tierversuch herzustellen. Andererseits ist es bemerkenswert, daß sich in immunen Tieren und Menschen und bei hohem bakteriolytischen Titer des Blutes noch lange Zeit lebende virulente Erreger vorfinden.

Mit Recht ist auch darauf hingewiesen, daß alle Versuche im Reagenzglas und mit Kulturbazillen mit einiger Reserve aufgenommen werden müssen, da sogenannte „tierische" Bazillen, d. h. Bazillen, welche eine Zeitlang im Tierkörper sich aufgehalten haben, infolge dieses Aufenthalts offenbar eingreifend verändert werden und ihre Agglutinierbarkeit, Auflösbarkeit und Phagozytierbarkeit verlieren können (vgl. S. 590). Besonders lehrreiche Beispiele für das „Festwerden" der Erreger gegenImmunstoffe liefern die Trypanosomen und Spirochäten (s. unten).

Es ist jedenfalls die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß unter den natürlichen Verhältnissen des lebenden Körpers für die Immunität noch andere Momente in Betracht kommen; namentlich ist an ein stärkeres Hervortreten der lokalen oder Organimmunität zu denken, bei welcher eine „Umstimmung" einzelner Gewebe besonders an der Invasionsstelle zustande kommt, die entweder einen Teil des Schutzes übernimmt, oder n anderen Fällen lokale Überempfindlichkeit hervortreten läßt.

B. Die absichtliche Herstellung der Immunität und die Schutzimpfungen.

1. Erhöhung der natürlichen Immunität (allgemeine Resistenz) gegen parasitäre Krankheiten.

Man kann zunächst versuchen, die natürliche Empfänglichkeit gegenüber den verschiedensten Infektionskrankheiten dadurch zu schwächen und die Resistenz des Körpers zu stärken, daß man die nicht spezifischen inneren Schutzeinrichtungen, Phagozyten, Alexine, Opsonine usw. vermehrt und die mit deren Produktion betrauten Organe möglichst funktionsfähig hält.

Experimentell hat man bei Versuchstieren Resistenzvermehrung namentlich durch solche Mittel erzielt, welche stärkere Leukozytose hervorrufen. Injektion von Hefenuklein, Pilokarpin, Zimtsäure; oder Injektion von lebenden oder abgetöteten saprophytischen Bakterien (B. prodigiosus, coli, pyocyaneus usw.); oder auch künstliche Herstellung von örtlicher Hyperämie, sei es durch äußere Applikation von Alkohol, sei es durch Umschnüren (Biersche Stauung), bewirken erschwerte oder verlangsamte Infektion, anscheinend vorzugsweise infolge der erhöhten Tätigkeit der Leukozyten und Opsonine. — Auch ein kurzdauernder Schutz gegen Cholera kann z. B. durch Injektion von normalem Blutserum, Harn, Bouillon usw. in die Bauchhöhle von Meerschweinchen bei diesen ausgelöst werden. Hier greift teils die Leukozytose ein, teils das erhöhte Zuströmen von Komplementen zwecks Verdauung der injizierten Substanzen.

Die Beobachtungen, daß hungernde Tiere empfänglicher werden, daß Überanstrengung (Ratten im Tretrad), Störungen der Wärmeregulierung, künstlicher Diabetes, fortgesetzte Dosen von Chloral, Chloroform usw. die Resistenz gegen eine einzelne oder gegen mehrere Infektionskrankheiten herabsetzen, sind sicher in der gleichen Weise zu deuten; die Sensibilität der Phagozyten und die Produktion von Opsoninen und Alexinen nimmt entsprechend ab, und infolgedessen wächst die Empfänglichkeit des Körpers. — Bereits S. 54 wurde hervorgehoben, daß experimentelle Abkühlung bei Tieren ein Sinken der Leukozytenzahl um mehr als 50%, eine Verringerung der Freßfähigkeit der Leukozyten und eine starke Abnahme des Komplementgehalts des Blutes bewirkt. — In anderen Versuchen hat man eine höhere Alkaleszenz des Blutes als förderlich für die Resistenz erkannt; es steht noch nicht fest, welcher der obengenannten Faktoren hierdurch beeinflußt wird. — Schließlich muß in manchen Fällen die Versorgung eines einzelnen Organs mit Blut, Leukozyten usw. ausschlaggebend sein für die Disposition des Körpers, an einer parasitären Krankheit mit bestimmter Wucherungsstätte der Erreger zu erkranken.

Für den praktischen Zweck einer Steigerung der Unempfänglichkeit des Menschen läßt sich aus diesen Beobachtungen nur folgern, daß eine namentlich in bezug auf Eiweiß ausreichende Ernährung und eine Lebensweise, welche alle als schädigend erkannten Einflüsse möglichst ausschaltet, den normalen Ablauf des Zellebens in allen Organen ermöglicht, und die schützende Rolle der Leukozyten bzw. die Fähigkeit der Zellen zur reichlichen Produktion von Antikörpern unterstützt, am ehesten Schutz auch gegen Infektionen gewähren wird.

Praktisch brauchbare Verhaltungsmaßregeln zur Beeinflussung der „Disposition" gegenüber verschiedensten parasitären Krankheiten lassen sich zurzeit nicht aufstellen. Man muß sich mit den Lehren der allgemeinen Hygiene begnügen und hoffen, daß unter der großen Summe von Lebensregeln, welche diese gibt, auch solche sich befinden, welche die Empfänglichkeit für diese oder jene Infektionskrankheit herabsetzen. Selbstverständlich arbeiten wir auf diese Weise immer mit einem großen, für die Bekämpfung der wichtigsten übertragbaren Krankheiten belanglosen Ballast von Lehren, die auch von der überwiegenden Mehrzahl der Menschen auf die Dauer gar nicht befolgt werden können, und die vielfach auf recht unsicherem Boden stehen. Dagegen ist es erheblich aussichtsvoller, gegenüber der einzelnen parasitären Krankheit eine Beeinflussung der spezifischen Disposition zu versuchen.

2. Spezifische Schutzimpfungen.

Den Ausgangspunkt für die spezifischen Schutzimpfungen bildete die Erfahrung, daß gegen manche parasitäre Krankheiten durch einmaliges Überstehen eine langdauernde Unempfänglichkeit erworben wird. Nicht alle Infektionskrankheiten gewähren diesen Schutz; Pyämie und Sepsis, Gonorrhöe, Malaria, Pneumonie, Diphtherie, Influenza zeigen häufig schon kurze Zeit nach dem Überstehen der ersten Erkrankung Rezidive; einige hinterlassen sogar in ausgesprochener Weise eine gesteigerte Empfänglichkeit des Körpers. Andere Krankheiten bewirken wohl für einige Zeit Immunität, aber nicht ausnahmslos und nicht gleichartig bei den verschiedenen Tierspezies; so z. B. der Milzbrand, der nachweislich bei Menschen und Pferden rezidiviert, während Hammel und Rinder durch einmaliges Überstehen der Krankheit für längere Zeit geschützt werden. Cholera bewirkt in der Regel für einige Monate bis Jahre einen Schutz gegen wiederholte Erkrankung. Eine ausgesprochene, lange Zeit andauernde Immunität tritt gewöhnlich nach einmaligem Überstehen von Pocken, Scharlach, Masern, Flecktyphus und Abdominaltyphus ein. — Die Schutzimpfung kann nach den im

vorstehenden gegebenen Ausführungen entweder in aktiver Immunisierung bestehen, oder in passiver Immunisierung oder in einer Kombination von beiden.

A. Aktive Immunisierung durch Einverleibung der Krankheitserreger oder deren Antigene.

Der Geimpfte stellt nach der Einbringung der Antigene selbst aktiv die Antikörper her. Dabei zeigen sich Reaktionserscheinungen, die sich bis zu erheblicher Krankheit steigern können. Der Impfschutz tritt erst nach 5—10 Tagen ein; dauert aber Monate bis Jahre.

a) Die älteste Methode der Schutzimpfung bestand in der absichtlichen Ansteckung Gesunder an Personen, welcher an einer ansteckenden Krankheit leicht erkrankt waren.

Man hatte die Erfahrung gemacht, daß schwere und leichte Erkrankungen in bezug auf die dadurch gewährte Immunität häufig gleichwertig sind. Außerordentlich leicht verlaufende Fälle von Scharlach, Masern, Abdominaltyphus, Cholera hinterlassen anscheinend einen ebenso vollen Schutz gegen die gleiche Krankheit, wie Erkrankungen der schwersten Art. Infolgedessen versuchte man z. B. in Epidemien von Masern und Scharlach, welche vorzugsweise aus leichten Fällen bestanden und in welchen also mutmaßlich ein wenig virulentes Kontagium die Erkrankungen bewirkte, gesunde Kinder mit den kranken absichtlich in Berührung zu bringen, damit dieselben durch das Überstehen der leichten Erkrankung einen Schutz akquirierten gegen etwaige schwere Formen derselben Krankheit.

b) Schutzimpfung durch absichtliche kutane oder subkutane Einimpfung der vollvirulenten lebenden Krankheitserreger.

Diese Schutzimpfung wurde in großem Maßstabe im vorigen Jahrhundert ausgeführt in der Form der Variolation gegen die Pocken (s. unten). — Den teilweise günstigen Effekt der Variolation kann man sich durch die Annahme erklären, daß die Krankheitserreger an der gewählten Impfstelle ungünstigere Wucherungsbedingungen finden als auf den für gewöhnlich betroffenen Schleimhäuten, und daß dem Körper daher besser Gelegenheit gegeben ist, seine Schutzkräfte gegen die Krankheitserreger zu mobilisieren.

Die gleiche Wirkung ist bei solchen Krankheitserregern beobachtet, welche subkutan überhaupt nicht wuchern und von dort aus keine Allgemeininfektion des Körpers zuwege bringen, wie z. B. Cholerabazillen. Da aber auch nach der Einimpfung vorsichtig abgetöteter Kulturen jener Erreger die gleiche Wirkung beobachtet wird, verwendet man in der Praxis abgetötetes oder abgeschwächtes Material oder läßt wenigstens eine solche Impfung der Verwendung von lebender Kultur vorausgehen.

c) Schutzimpfung mit künstlich abgeschwächten lebenden Krankheitserregern. Die oft bedenklichenFolgen der Einimpfung vollvirulenter Erreger, und andererseits die Beobachtung, daß auch eine Ansteckung durch schwach wirkende Erreger vollen Schutz gegen nochmalige Erkrankung verleihen kann, mußte zu dem Bestreben führen,

womöglich abgeschwächte Erreger zu verwenden bzw. künstlich für die Zwecke der Schutzimpfung herzustellen. Eine solche Abschwächung wurde erzielt:

α) Von Pasteur durch begrenzte Einwirkung schädigender Mittel auf die virulenten Krankheitserreger; z. B. 15 Minuten dauernde Einwirkung von 52°, oder vierstündige Erwärmung auf 47°, oder sechstägige Erwärmung auf 43° usw.; oder durch Trocknen; oder durch verschiedenste chemische Mittel, Lösungen von Kaliumbichromat, Karbolsäure, Alkohol, Glyzerin usw.

Pasteurs erste Experimente betrafen die Hühnercholera. Zwei Vaccins, von denen der erste stärker, der zweite weniger abgeschwächt ist, werden den Hühnern in einem Zwischenraume von 12—15 Tagen eingeimpft. Die Tiere akquirieren hierdurch eine lokale Affektion, nach deren Überstehen sie gegen die Impfung mit virulenten Erregern der Hühnercholera immun sind. — Fernere Präventivimpfungen betrafen den Milzbrand der Schafe und des Rindviehs, sowie den Schweinerotlauf und den Rauschbrand des Rindviehs. Das Verfahren bei diesen Seuchen ist dem vorgeschilderten ähnlich, gewöhnlich werden zwei Vaccins mit einer Pause von etwa 12 Tagen mittels Injektionsspritzen subkutan einverleibt.

Die praktischen Resultate sind bei manchen dieser Schutzimpfungen günstig, bei anderen weniger befriedigend, weil die Virulenz der Impfstoffe nicht gleichmäßig genug ist. Es kommt vor, daß die Tiere schon durch die Impfung schwer erkranken und sterben. Andererseits bewirken zu schwache Impfstoffe keinen genügenden Schutz. Ferner dauert der Impfschutz beschränkte Zeit, und die Impfung muß daher des öfteren wiederholt werden. — Über Pasteurs Schutzimpfung gegen Milzbrand und Hundswut s. Speziellen Teil.

β) Durch Züchtung der Krankheitserreger unter ungünstigen Lebensbedingungen; namentlich fortgesetzte künstliche Kultur auf totem Substrat, z. B. bei Rotz, Streptokokken, Pneumokokken usw. Der Grad der Abschwächung ist auch hier unsicher.

γ) Durch den Durchgang der für eine Spezies virulenten Krankheitserreger durch wenig empfängliche Tiere, wobei eine relativ sichere Abstufung der Virulenz zu erreichen ist. Die Bazillen des Schweinerotlaufs töten z. B. Kaninchen nur ausnahmsweise und nach großen Dosen; nach einigen Passagen durch Kaninchen, bei denen die Erreger für diese virulenter werden, rufen sie beim Schwein nur leichte, aber immunisierende Erkrankung hervor. — Hierher gehört die Schutzimpfung bei Pocken durch den Pustelinhalt von Kuhpocken, ferner die von Koch und Schütz, sowie von Behring versuchte Immunisierung von Rindern gegen Tuberkulose durch vom Menschen stammende Tuberkelbazillen. Näheres s. im Speziellen Teil.

d) Schutzimpfung durch abgetötete Krankheitserreger.

Die Art der Abtötung ist nicht gleichgültig; sie muß möglichst schonend sein, um die Antigene nicht zu zerstören. Einstündiges

Erhitzen auf 50—60°, oder Erhitzen in völlig trockenem Zustande, oder Schütteln mit Chloroform bzw. Äther, sowie verschiedenste Chemikalien, wie Karbol, Glyzerin usw. haben sich bewährt. — Die subkutane Einspritzung, die einmal oder wiederholt mit Zwischenraum von etwa 5—10 Tagen vorgenommen wird, zieht örtliche Entzündungserscheinungen, Fieber, Abgeschlagenheit usw. nach sich; um so weniger, je schonender die Abtötung war. Angewendet z. B. gegen Typhus, Cholera, Pest (s. unten).

e) Schutzimpfung durch Bakterienextrakte.

Die spezifisch wirksamen Antigene lassen sich, wie bereits S. 589 ausgeführt ist, teilweise aus den Bakterienleibern der Kulturen extrahieren und eventuell von unwirksamen oder schädlichen Bestandteilen trennen.

Am einfachsten gelingt die Isolierung der Antigene bei den Bakterien, welche durch Ektotoxine wirken. Diese treten als leichtlösliche Stoffe in die Kultursubstrate über, wie bei Diphtherie-, Tetanusbazillen, Bac. botulinus. Injektion der bakterienfreien Filtrate führt bei geeigneten Tieren zu hochgradiger Immunität. Für den Menschen ist die aktive Immunisierung mit Toxinen im allgemeinen nicht verwendbar, weil die Giftempfänglichkeit sehr verschieden und die Dosierung zu unsiches itr.

Um die wirksamen Bestandteile zu erhalten, welche nicht nach außen diffundieren, sondern in der Leibessubstanz der Bakterien enthalten sind, hat man die verschiedenen S. 534 aufgeführten Verfahren verwendet.

Besonders bewährt haben sich: Autolyse der Bakterien; wäßriger Extrakt aus abgetöteten Bakterien; Schüttelextrakte mit Wasser oder Kochsalzlösung; Extrahieren durch Ammonsulfat, Kalilauge, Antiformin, Glyzerin und viele andere Chemikalien. Oder gewinnt man durch Erhitzen der Kultur auf 60° und Filtration „freie Rezeptoren"; oder die Aufschließung der Leibesbestandteile wird durch mechanische Zertrümmerung, durch Auspressen unter hohem Druck, durch Zerreiben nach dem Gefrieren erreicht. — Handelt es sich um aktive Immunisierung gegen Toxine, so sind die Kulturbedingungen von wesentlichem Einfluß; zur Beseitigung der lebenden Bakterienzellen ist statt des Filtrierens oft deren Abtötung z. B. durch Karbol, oder Ausschleudern empfehlenswert; oft auch noch eine Abschwächung der Toxine durch Erwärmen, JCl_3, Licht usw.

Erwähnt sei noch die zuerst von Metschnikoff verwendete Methode, vollvirulente Erreger in Säckchen aus Schilfhaut oder Kollodium in die zu immunisierenden Tiere einzuführen. Die in Berührung mit den tierischen Flüssigkeiten lebenden Parasiten sollen wirksamere Antigene bilden, als in künstlichen Kulturen; und die fortgesetzte Diffusion kleiner Mengen dieser Antigene soll besser immunisieren, als die zeitweise Einverleibung massiver Dosen. — Auch therapeutisch hat man abgetötete Bakterien oder Bakterienextrakte zu verwenden versucht, die während der Krankheit die Schutzkräfte des Körpers anregen und eine gewisse Immunität hervorrufen sollen (S. 606).

B. Passive Immunisierung durch Verwendung von Serum hochimmunisierter Tiere.

Durch fortgesetzte aktive Immunisierung von Tieren in geeigneten Abständen und unter Steigerung der Antigendosen lassen sich unter Umständen solche Konzentrationen von spezifischen Antikörpern im Serum der Versuchstiere herstellen, daß eine kleine Menge des Serums, nicht mehr als in einer Injektion subkutan einem Menschen einverleibt werden kann, hinreicht, um eine etwaige Invasion der betreffenden Krankheitserreger unschädlich zu machen. Die Übertragung solchen Immunserums mit fertigen Antikörpern ruft keinerlei Reaktion im geimpften Körper hervor; dieser verhält sich passiv und bildet selbst keine neuen Schutzkörper; aber es entsteht relativ rasch, jedenfalls innerhalb 24 Stunden, eine Immunität, die allerdings innerhalb einiger Wochen wieder verschwindet und in diesem wichtigen Punkte erheblich hinter der aktiven Immunisierung zurücksteht. — Derartige Sera lassen sich auch oft therapeutisch benutzen. Sie liefern ferner mehrfach wertvolle Hilfsmittel zur Diagnose der parasitären Erkrankungen.

Es sind zu unterscheiden 1. antitoxische Sera. Wirken ausschließlich durch Antitoxine, welche durch aktive Immunisierung geeigneter Tiere mit leichtlöslichen Ektotoxinen entstanden sind, Diphtherieantitoxin, Tetanusantitoxin, Botulismusantitoxin, Pyocyaneusantitoxin; ferner Ruhrserum (s. unten); Antitoxin gegen ein von Rauschbrandbazillen geliefertes Toxin (Grassberger und Schattenfroh); und das Pollantin (Dunbar), ein Antitoxin gegen das in den Pollen namentlich der Gramineen enthaltene, bei spezifisch disponierten Personen „Heufieber" hervorrufende Toxin.

Auch gegen Schlangengift sind von Calmette antitoxische Sera hergestellt, die prophylaktisch und kurz nach dem Biß gute Resultate zu geben scheinen. Da mit verschiedenen Giften (Neurotoxin namentlich bei den Kolubriden, z. B. bei der Kobraschlange, Hämorrhagien bei den Viperiden) gerechnet werden muß, sind polyvalente Sera zweckmäßig. — Der antitoxische Effekt der Sera wird anscheinend nicht nur dadurch gesteigert, daß man die toxischen Antigene möglichst aufzuschließen versucht, sondern auch dadurch, daß man diese den Versuchstieren durch intravenöse Injektion einverleibt (Besredka).

2. Antiinfektiöse Sera. Enthalten hauptsächlich Bakteriolysine, Bakteriotropine, auch Antiendotoxin, Antiektotoxin und Agglutinin. Werden durch Vorbehandlung mit Antigenen erhalten, die entweder aus löslichen Kulturprodukten gewonnen sind oder aus den frischen Leibern der Erreger. Zum Schluß der Vorbehandlung kann meist die Injektion lebender virulenter Erreger nicht entbehrt werden. — Über die Schwierigkeiten der Gewinnung hochwertiger Sera s. oben S. 602. — In Gebrauch Ruhr-, Pest-, Streptokokkenserum, ferner

gegen Rinderpest, Schweineseuche, Schweinerotlauf usw. Eine Schutzwirkung tritt häufig nur unvollkommen zutage, und es bedarf großer Serummengen. Therapeutisch sind, außer bei Ruhr, Milzbrand, Schweinerotlauf und Hühnercholera, befriedigende Resultate kaum zu verzeichnen. Wo kräftigere Schutzwirkung, namentlich aber meßbare heilende Wirkung hervortritt, da handelt es sich anscheinend um ein Serum mit entsprechendem Gehalt an Antiendotoxinen.

3. Agglutinierende und präzipitierende Sera; mittels Injektion abgetöteter Bakterien (lebende pflegen hier keine besseren Resultate zu ergeben) bzw. präzipitogener Substanzen gewonnen. Nur zu diagnostischen Zwecken. Über die Anwendungsweise bei Cholera-, Typhus-, Pest-, Meningitisdiagnose s. im Anhang. — Über komplementbindende und anaphylaktisierende Sera s. S. 612 u. 616.

C. Kombinierte aktive und passive Immunisierung.

Es liegt nahe, die Vorteile beider Immunisierungsmethoden zu vereinigen und ihre Nachteile erheblich zu verringern dadurch, daß man nacheinander in gewissem Intervall oder gleichzeitig (Simultanmethode) durch (event. abgeschwächte) Krankheitserreger aktiv und durch Serum immuner oder spezifisch immunisierter Tiere passiv immunisiert. Das Serum bewirkt, daß der Schutz sofort eintritt und daß die infolge der aktiven Immunisierung auftretenden Reaktions-(Krankheits)erscheinungen geringer werden; letztere gewährt dagegen eine erheblich längere Dauer des Impfschutzes. — Oder nach der „Mischungsmethode“ werden Virus und Immunserum gemischt und dann injiziert; hauptsächlich in der Form, daß die durch Hitze abgetöteten Bazillen mit Immunserum versetzt werden und somit „sensibilisierte“ Bazillen entstehen (Besredka). — Im allgemeinen sind die Schwierigkeiten, gleichmäßige Impfresultate zu erzielen, bei der kombinierten Methode relativ groß; Antigen und Antikörper müssen in richtigem Verhältnis stehen, und da beide leicht Schwankungen unterworfen sind, wird ein ungünstiges Überwiegen des einen oder anderen Bestandteils um so leichter eintreten.

Bewährt hat sich die kombinierte Methode bei einigen Tierkrankheiten: bei Schweinerotlauf (gleichzeitige Einimpfung von wenig abgeschwächten Bazillen und „Susserin“); bei Rinderpest (durch Galle der gefallenen Tiere, welche Antikörper und abgeschwächte Erreger nebeneinander enthält, mit eventueller Nachimpfung mit Rinderpestblut; oder nach der „Simultanmethode“, virulentes Blut + Serum); neuerdings bei Milzbrand. Auch bei Maul- und Klauenseuche scheint ein Gemisch von wirksamer Lymphe aus den Blasen kranker Schweine mit Serum hochimmunisierter Pferde bzw. Rinder, dem später Lymphe allein folgt, guten Erfolg zu haben (Loeffler). Auch für menschliche Infektionskrankheiten, Pest, Typhus, Cholera, Ruhr ist kombinierte Impfung

namentlich nach der Mischmethode vielfach versucht, aber nicht immer mit entsprechendem Erfolg.

Außer der „Serovaccination" kommt bei den durch Ektotoxine wirkenden Erregern als kombinierte Methode auch die „Serotoxinimpfung" in Betracht; die Giftlösungen werden mit antitoxinhaltigem Serum gemischt und dadurch abgeschwächt oder neutralisiert. Auch bei vollständiger Absättigung des Toxins durch Antitoxin kann im Körper eine beschränkte Trennung erfolgen (s. S. 595). Smith, Babès u. a. haben das Verfahren für Diphtherie ausprobiert; auch bei Tetanus und Rauschbrand ist es anwendbar. — Neuerdings hat v. Behring auch für die aktive Immunisierung von Menschen gegen Diphtherie die kombinierte Methode empfohlen (s. unten).

Trotz der guten Resultate mancher neuerer Immunisierungsverfahren dürfen wir nicht hoffen, alle oder auch nur die meisten Infektionskrankheiten ausschließlich durch Schutzimpfungen zu bekämpfen. Allgemeine Schutzimpfungen sind z. B. nicht angebracht bei Krankheiten wie Erysipel, Gonorrhöe, Pneumonie, die nach dem Überstehen der Erkrankung leicht rezidivieren; ebensowenig bei Krankheiten, wo nur passive Immunisierung anwendbar ist und deshalb der Impfschutz nur kurze Zeit dauert. Bei wieder anderen parasitären Krankheiten, wie z. B. bei Cholera und Abdominaltyphus, sind die zur Verhütung der Übertragung geeigneten prophylaktischen Maßregeln relativ einfach und unter vorgeschrittenen Kulturverhältnissen leicht durchführbar; daher sind ausgedehnte Schutzimpfungen hier meist nicht in Betracht zu ziehen, wohl aber bei Personen oder Gruppen von Personen, welche der Ansteckung besonders exponiert sind (Pflegepersonal; Truppenteile im Kriege, Expeditionen in unzivilisierte Länder). Tritt in Orten oder Stadtteilen eine stärkere Häufung von Diphtheriefällen hervor, so kann es auch zweckmäßig sein, die Schulkinder in größerem Umfang zu immunisieren; fast stets wird es angezeigt sein, in den Familien, wo ein Diphtheriefall vorkommt, die Angehörigen und namentlich die übrigen Kinder mit Schutzimpfung zu versehen. — Ebenso ist beim Ausbruch von Pest mit Schutzimpfungen von Angehörigen, Ärzten, Krankenwärtern, Desinfekteuren usw. zu rechnen.

Für eine allgemeine, regelmäßige Impfung der ganzen Bevölkerung eignen sich dagegen bis jetzt eigentlich nur die Pocken. Gegenüber dieser Krankheit versagen unsere sonstigen prophylaktischen Maßregeln so sehr und die Impfung ist so gefahrlos und von so sicherer und langanhaltender Wirkung, daß sie hier unbedingt den besten und rationellsten Schutz repräsentiert.

IV. Die örtliche und zeitliche Disposition zu Infektionskrankheiten.

Bei näherer Betrachtung der im vorstehenden aufgezählten mannigfaltigen Infektionsquellen, Transportwege und Empfänglichkeitsgrade ergibt sich ohne weiteres, daß diese keineswegs bei jeder Ausbreitung einer Infektionskrankheit in gleicher Weise in Funktion treten können, sondern daß vielfache Variationen — der Art, daß bald diese bald jene Infektionsquellen eine große Rolle spielen, während andere fehlen; daß dieser Transportweg offen, jener verschlossen ist usw. — selbstverständlich sind. Demnach dürfen wir auch von vornherein keinerlei gleichmäßige Ausbreitung der Infektionskrankheiten erwarten, sondern müssen uns diese Ausbreitung als etwas so Wechselndes und oft von kleinlichen Zufälligkeiten Abhängiges vorstellen, daß weder eine hartnäckige Lokalisation, noch ein scheinbar unvermittelter Sprung der Krankheit, noch eine Pandemie auf einen neuen, außerhalb der stets beteiligten und bekannten Faktoren gelegenen Einfluß hindeutet.

Allerdings begegnen wir gewissen auffälligen Gesetzmäßigkeiten in der örtlichen und zeitlichen Verbreitung mancher Infektionskrankheiten. Die eine Stadt bzw. das eine Land zeigt sich regelmäßig stärker ergriffen als das andere; gewisse Zeitabschnitte gehen mit einer besonderen Häufung von Krankheiten zusammen, andere mit einer Verminderung. Diese gesetzmäßigen Differenzen haben seitens der „Lokalisten" zur Annahme einer lokalen und zeitlichen Disposition geführt; diese soll ihren Grund in besonderen, von einer natürlichen Beschaffenheit der Örtlichkeit ausgehenden, zeitlich wechselnden Einflüssen auf die Krankheitserreger haben, so daß nicht mehr der Kranke und die von ihm ausgehenden Infektionsquellen, sondern eben jene Beschaffenheit der Örtlichkeit für die Ausbreitung der Krankheit ausschlaggebend wird.

Örtliche Differenzen dieser Art beobachtet man zwischen den verschiedenen Klimaten; oft aber auch innerhalb desselben Klimas und dann angeblich vorzugsweise als Folge einer verschiedenen Bodenbeschaffenheit. Zeitlich sich wiederholende Schwankungen sollen teils mit besonderen Witterungsverhältnissen, teils wiederum mit zeitlich wechselnden Bodenverhältnissen zusammengehen.

Es ist indes bereits in einem früheren Kapitel ausgeführt, daß Klima und Witterung nur bei wenigen Krankheiten einen unmittelbaren Einfluß ausüben; ebenso wurde früher gezeigt, daß auch die übrigen natürlichen Lebenssubstrate, insbesondere der Boden, nur ausnahmsweise geeignet sind, die Verbreitung der Infektionserreger zu beeinflussen. Jedenfalls werden wir daher diese Momente erst dann zu einer Erklärung örtlicher und zeitlicher Differenzen heranziehen

dürfen, wenn einige andere bei dieser wechselnden Verteilung der Infektionskrankheiten sicher und zweifellos mitwirkende Faktoren zur Erklärung nicht ausreichen.

Nun ist es ganz zweifellos, daß die Verbreitung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die individuelle Empfänglichkeit sich außerordentlich verschieden gestalten, je nach den Verkehrsverhältnissen eines Ortes und Landes, nach den Sitten und Lebensgewohnheiten, nach der Beschäftigungsweise, der durchschnittlichen Wohlhabenheit, nach den Wohnungs- und Ernährungsverhältnissen, endlich nach dem Grad der Durchseuchung der Bevölkerung; alle diese Momente lassen ausgeprägte örtliche und zeitliche Differenzen im Auftreten der Infektionskrankheiten als selbstverständlich erscheinen.

So sind Handels- und Verkehrszentren den Infektionsquellen exponierter als abgelegene Orte. Eine in überfüllten Wohnungen und in Fabrikräumen in steter enger Berührung lebende, schlecht genährte Bevölkerung gewährt ungleich bessere Bedingungen für die Ausbreitung der Infektionsquellen, als eine zerstreut wohnende, vorzugsweise im Freien beschäftigte, wohlhabende Bevölkerung. An dem einen Orte können gute Einrichtungen zur Entfernung der Infektionsquellen (Wasserleitung, Kanalisation, Schlachthäuser) bestehen, während in anderen Städten oder Ländern eine Reinhaltung der Wohnung, Kleidung und Utensilien von Infektionserregern auf viel größere Schwierigkeiten stößt. Selbst scheinbar bedeutungslose Einrichtungen und Gewohnheiten sind oft von erheblichem Einfluß. Beispielsweise dient vielleicht in der einen Stadt ein vielseitig benutzter Fluß zur Aufnahme aller Abfallstoffe, gleichzeitig aber zum Reinigen der Wäsche. In wieder anderen Städten bewirken gewisse Gewerbe ein Zusammenströmen zahlreicher infektionsverdächtiger Wäschestücke und Lumpen u. dgl. mehr.

Ebenso unterliegen die Transportwege örtlichen und zeitlichen Schwankungen. An einem Orte ist eine geeignete Krankenpflege eingerichtet, die Bevölkerung ist zu Reinlichkeit erzogen, die Nahrung wird sorgfältig zubereitet und in gekochtem Zustand genossen, für tadelloses Wasser ist Sorge getragen. In anderen Ländern, Städten und Stadtteilen ist eine Isolierung des Kranken unmöglich; es existiert kein geschultes Pflegepersonal; an regelmäßige Reinigung der Hände und der Kleidung ist die Bevölkerung nicht gewöhnt; die Nahrung wird oberflächlich zubereitet, verunreinigtes Wasser wird zum Trinken, zum Reinigen der Eß- und Trinkgeschirre usw. benutzt.

Auch die natürliche und die erworbene Disposition oder Immunität ist für die Verbreitungsweise der Infektionskrankheiten äußerst bedeutungsvoll. Oft zeigt eine ganze Bevölkerung eine durchschnittlich höhere Empfänglichkeit gegen vom Darm aus eindringende Infektionserreger, als die Bevölkerung einer anderen Stadt, weil schlechte Ernährung, Neigung zu Exzessen u. dgl. dort vorherrschen und die natürlichen Schutzvorrichtungen des Körpers schwächen. Das Erlöschen von

Epidemien und ihr vorzeitiges Verschwinden ist nicht selten auf die Durchseuchung und die dadurch erzielte Immunität eines Teils der Bevölkerung zurückzuführen. Überspringt eine Epidemie einzelne Bezirke, so erklärt sich dies oft daraus, daß vor nicht langer Zeit an dieser Stelle ein Hauptherd derselben Seuche bestanden hatte und daß zur Zeit der neuen Invasion wenig empfängliche Individuen vorhanden waren. — Masern und Scharlach treten bei uns als Kinderkrankheiten auf, weil ihre verbreiteten Keime gewöhnlich schon in der Jugend akquiriert werden, dann aber eine lange dauernde Immunität hinterlassen. Das Auftreten dieser Krankheiten wird indessen ein völlig anderes, wenn sie etwa unter einer vorher noch nicht durchseuchten Bevölkerung Platz greifen; auch die Erwachsenen erliegen dann ebensowohl wie die Kinder (Masernepidemien auf abgelegenen Inseln).

Auch zeitliche Differenzen kommen in ähnlicher Weise zustande. Das Leben der Bevölkerung in der warmen Jahreszeit bietet durch den langen Aufenthalt im Freien, die Gelegenheit zum Baden, die Erleichterung der Reinigung von Wäsche und Wohnung weit weniger Chancen für die Ausbreitung gewisser Kontagien als der Winter. Eine bestimmte Jahreszeit äußert vielleicht auf die Frequenz gewisser Krankheiten dadurch Einfluß, daß in dieser Zeit die Gruben und Tonnen geräumt und die Fäkalien, und mit diesen Infektionserreger, vielfach verbreitet werden. Auch die Ernte von Nahrungsmitteln, die in oberflächlichem, mit menschlichen Exkrementen gedüngtem Boden gewachsen sind, kann in demselben Sinne wirken. Ferner kommt die zeitlich sehr bedeutend wechselnde Menge der Insekten in Frage. Endlich veranlaßt die individuelle Disposition starke Differenzen der zeitlichen Verbreitung, insbesondere liefern die in der warmen Jahreszeit grassierenden Verdauungsstörungen eine ausgesprochene Disposition für Typhus, Cholera und Ruhr.

Am wenigsten werden noch diejenigen Infektionskrankheiten, welche sehr kontagiös sind und stets über reichlichste Infektionsquellen und zahlreichste Transportwege verfügen, von diesen zeitlichen und örtlichen Schwankungen betroffen werden, weil beim Fehlen der einen Infektionsgelegenheit immer noch andere Gelegenheiten zur Genüge vorhanden sind. Dennoch beobachtet man selbst bei den akuten Exanthemen ausgeprägte gesetzmäßige Schwankungen. S. 63 wurde bereits die jahreszeitliche Schwankung der Pocken betont und erklärt. Aber auch starke lokale Differenzen fehlen nicht. So sind, während in Europa im Laufe dieses Jahrhunderts stets Scharlachepidemien grassierten und während manche dieser Epidemien fast von Ort zu Ort zogen, einzelne Städte jahrzehntelang völlig verschont geblieben, obgleich sie zweifellos im Verkehr mit infizierten Orten gestanden hatten. In Münster hat eine solche

scharlachfreie Zeit 50 Jahre lang gedauert; in Tuttlingen 35 Jahre, in Ulm 17 Jahre; auffällig lange Pausen sind in Lyon, ferner im ganzen Departement Indre-et-Loire beobachtet.

In weit stärkerem Grade müssen aber derartige zeitliche und örtliche Schwankungen hervortreten bei denjenigen Infektionskrankheiten, welche nicht so exquisit kontagiös sind, wie die akuten Exantheme, sondern bei welchen die Infektionsquellen, die Transportwege, die Invasionsstätten beschränkt sind und wo nur bei einem gewissen Zusammenwirken äußerer Umstände eine weitere Ausbreitung der Infektion resultiert.

Typhus, Cholera, Ruhr, Diphtherie, Pest, Genickstarre u. a. m. gehören zu diesen Krankheiten; und bei ihnen werden daher örtliche und zeitliche Schwankungen am häufigsten und am prägnantesten beobachtet, ohne daß deshalb von vornherein andere Momente zur Erklärung herangezogen werden müssen, als die früher aufgezählten Einflüsse des Verkehrs, der Lebensverhältnisse und der Disposition der Bevölkerung.

Auch für diese Infektionskrankheiten liegt somit zunächst kein Anlaß vor, die Ursache der örtlichen und zeitlichen Schwankungen in geheimnisvollen, am Boden haftenden Einflüssen auf das ektogene Leben der Krankheitserreger zu suchen. Vielmehr werden wir erst spezieller prüfen müssen, ob jene Einflüsse, welche die Ausbreitung vom Kranken aus tatsächlich in erster Linie bestimmen, nicht schon vollkommen hinreichen, um alle beobachteten örtlichen und zeitlichen Schwankungen zu erklären; oder ob noch ein nicht aufzuklärender Rest bleibt, der uns zwingt, andere lokale und zeitliche Einflüsse in Erwägung zu ziehen.

Sicher ist es, daß wir bis jetzt nur eine einzige menschliche Infektionskrankheit kennen, deren Auftreten wirklich an eine bestimmte Lokalität und an eine bestimmte Bodenbeschaffenheit einigermaßen gebunden ist, nämlich die Malaria; aber nur deshalb, weil der Zwischenwirt des Parasiten, Anopheles, ohne feuchten Boden nicht gedeihen kann. Halten wir Kranke mit Malariaparasiten von solchem Boden fern, oder verhindern wir die Fortpflanzung von Anopheles, so vermag von dem „siechhaften" Boden keine Malaria auszugehen.

Im Einzelfalle stößt der Nachweis derjenigen Momente, welche eine örtlich oder zeitlich verschiedene Ausbreitung der Infektion veranlaßt haben, oft auf Schwierigkeit; aber bei aufmerksamer Beobachtung der Sitten, Gebräuche usw. gelingt es doch zuweilen, eine exquisite lokale und zeitliche Disposition in bestimmtester Weise aufzuklären. So war z. B. in einem „unerklärlichen" Fall von örtlich und zeitlich begrenztem Milzbrand die Disposition lediglich dadurch bedingt, daß nur zu einer bestimmten Jahreszeit, nämlich wenn der Futtervorrat auf die Neige ging, dem Futter Milzbrandsporen von dem infizierten Fußboden des Futterraums in einem bestimmten Stallgebäude beigemengt wurden, in welchem

früher ein milzbrandiges Tier abgehäutet war. — Es ist zu hoffen, daß es der Detailforschung noch in zahlreichen weiteren Fällen gelingen wird, die oft versteckten und scheinbar geringfügigen Ursachen für ein eigentümliches örtliches und zeitliches Verhalten der Infektionskrankheiten genauer darzulegen.

Beispiele örtlicher und zeitlicher Disposition liefern uns auch manche größere Parasiten, die gewiß nicht zum Boden in irgendwelcher Beziehung stehen. So kommt die Trichinose beim Menschen in Nordamerika, in Frankreich, im Orient usw. so gut wie gar nicht, in Deutschland dagegen häufig vor; auch hier sind aber einzelne Gegenden besonders exponiert, andere fast frei. Noch stärkere lokale Differenzen zeigt die Verbreitung der Trichinose unter den Schweinen, die z. B. in der Provinz Hannover sehr selten, in der Provinz Posen sehr häufig erkranken. Ferner beobachtet man in vielen Gegenden, besonders in den ländlichen Distrikten, Epidemien von Trichinose wesentlich zum Anfang des Winters. — Diese örtliche und zeitliche Verteilung, die ohne die Entdeckung der Trichinen und ohne die Kenntnis ihres Lebensganges vielleicht auch die Trichinose zu einer Bodenkrankheit gestempelt haben würde, sind einfach in Lebensgewohnheiten der Bevölkerung begründet, die in diesem Falle klar vor Augen liegen. In den immunen Ländern herrscht eben das Verbot, Schweinefleisch zu essen, oder die Sitte, das Schweinefleisch nur in gut gekochtem Zustand zu genießen. In Posen ist es die Verwahrlosung der Schweineställe, die zur stärkeren Verbreitung der Trichinose führt; und zu Anfang des Winters veranlaßt die Gewohnheit der ländlichen und kleinstädtischen Bevölkerung, die gemästeten Schweine in dieser Jahreszeit zu schlachten und zu verzehren, die Häufung der Fälle.

Bekämpfung der örtlichen und zeitlichen Disposition. Da nach den vorstehenden Ausführungen die örtliche und zeitliche Disposition bei allen kontagiösen Krankheiten sich aus Differenzen in der Verbreitung der Infektionsquellen, in der Gangbarkeit der Transportwege und aus Unterschieden der individuellen Disposition zusammensetzt, so beseitigen die gegen diese drei einflußreichen Momente gerichteten Maßregeln auch zugleich die örtliche und zeitliche Disposition. Alle im vorstehenden aufgeführten, speziellen prophylaktischen Verfahren, im großen Maßstabe auf eine ganze Bevölkerung angewendet, müssen daher zu einer Verminderung der an betreffenden Orten beobachteten Frequenz der Infektionskrankheiten führen.

Die Mehrzahl dieser Maßnahmen erfordert von seiten der Kommunen eine fortgesetzte Arbeit und allmähliche Vorbereitung bereits in epidemiefreien Zeiten. Diejenigen Städte, welche zielbewußt diese Arbeiten durchgeführt haben, sind zum Teil in geradezu überraschendem Grade durch eine Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse und durch eine Verminderung der Infektionskrankheiten belohnt worden und liefern ein anregendes Beispiel für diejenigen Städte, welche die modernen hygienischen Einrichtungen bis jetzt noch verschmähen.

Seitens der „Lokalisten“ wird bei Typhus, Cholera, Gelbfieber usw. ausschließlich auf die Beseitigung der lokalen und zeitlichen Disposition im Sinne dieser Schule, d. h. auf eine Reinigung und Drainierung des Bodens, Wert gelegt. Die Beseitigung der kontagiösen Absonde-

rungen, die Desinfektion usw. halten die Lokalisten für irrelevant und die dafür verausgabten Geldsummen für weggeworfen. Dagegen soll durch Kanalisation oder geregelte Abfuhr der Boden so weit von organischen Verunreinigungen befreit werden, daß er nicht mehr zur Entwicklung und Reifung der Krankheitserreger geeignet ist, oder es sollen die Feuchtigkeitsschwankungen des Bodens, die denselben zeitweise zu seiner wichtigen Funktion geeignet machen, durch Kanalisation oder Drainage beseitigt werden. — Es ist bereits mehrfach ausgeführt, daß diese Anschauungen mit unseren heutigen Kenntnissen über die Lebenseigenschaften der Krankheitserreger und mit unseren zweifellosen Erfahrungen über die Kontagiosität der in Rede stehenden Krankheiten durchaus im Widerspruch stehen. Es würde daher nicht zu verantworten sein, wollten wir im Vertrauen auf die Richtigkeit einer unbewiesenen und unwahrscheinlichen Hypothese jene gut begründeten und bewährten Maßnahmen gegen die Infektionskrankheiten unterlassen.

Literatur: 1. Lehr- und Handbücher der Bakteriologie: C. Flügge (mit Kruse u. a.), Die Mikroorganismen, 3. Aufl. 1896. — Kruse, Allgemeine Mikrobiologie, 1910. — Lehmann und Neumann, Grundriß der Bakteriologie, mit Atlas. 5. Aufl. 1912. — Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie, 5. Aufl. — Heim, Lehrbuch der Bakteriologie (bes. Methodik), 4. Aufl. 1911.

2. Lehrbücher der Protozoenkunde: Bütschli, Protozoen, 1882. — Balbiani, Leçons sur les sporozoaires, 1884. — v. Wasielewski, Pathogene tier. Paras., in Rubner-Grubers Handb. d. Hyg. 1913. — Doflein, Lehrbuch der Protozoenkunde, 3. Aufl. 1911. — Braun, Die tierischen Parasiten des Menschen, 4. Aufl. 1908. — v. Prowazek, Handb. d. path. Protoz. 1911ff. — Neumann und Mayer, Atlas und Lehrbuch wichtiger tierischer Parasiten usw. 1914.

3. Speziell für pathogene Mikroorganismen: Kolle und Wassermann, Handbuch der pathogenen Mikroorganismen, 2. Aufl., 8. Bände, 1912ff. — Kolle und Hetsch, Die experimentelle Bakteriologie und die Infektionskrankheiten, 3. Aufl., Wien 1911. Unentbehrliche Nachschlagewerke, auf die auch bezüglich der Literatur zu den im Speziellen Teil aufgeführten einzelnen parasitären Krankheiten verwiesen werden muß. — Mense, Handbuch der Tropenkrankheiten, 2. Aufl. 1914. — Baumgarten, Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den pathog. Mikroorg., von 1885 an.

4. Epidemiologie: Hirsch, Handbuch der histor.-geogr. Pathologie, 1881ff. — v. Behring, Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, hygienischer Teil, 1894. — Bekämpfung s. Handbuch von Kolle und Wassermann. — M. Kirchner, Die gesetzlichen Grundlagen der Seuchenbekämpfung, 1907. — Ewald, Soziale Medizin (Seuchenlehre), 1911. — Müller, Vorles. über allg. Epidemiologie, 1914.

5. Immunität: Metschnikoff, L'Immunité, 1901. — Ehrlich, Gesammelte Arbeiten zur Immunitätsforschung, 1904. — Wright, Studien über Immunisierung, 1909. — v. Wassermann, Hämolysine usw., 1910. — Müller, Vorlesungen über Infektion und Immunität, 4. Aufl. 1913. — Derselbe, Technik der serodiagnostischen Methoden, 3. Aufl. 1910. — Friedemann, Taschenbuch der Immunitätslehre, 1910. — Citron, Methoden der Immunodiagnostik, 1910. —

Kraus-Levaditi, Handbuch der Immunitätsforschung, 2. Aufl. 1914ff. — Dieudonné, Immunität usw., 7. Aufl. 1911. — Marx, Die exper. Diagnostik usw. 1914. — W. Rosenthal, Tierische Immunität, 1914 (klare, kritische Darstellung des gesamten Gebietes). — Zusammenfassende Referate von Sachs, Metschnikoff u. a. in Lubarsch und Ostertag, Ergebnisse usw., 1905, 1906 usw.

Verbreitungsweise und Bekämpfung der einzelnen parasitären Krankheiten.

A. Schimmelpilze als Erreger von Mykosen.

Von den zahlreichen Familien der Schimmelpilze seien hier nur einige angeführt, von denen gewisse Arten beim Warmblüter zu parasitieren vermögen. Ausgeschlossen von dieser parasitären Existenz sind alle Arten, welche bei einer Temperatur von 37° bereits verkümmern und absterben. Es gibt aber einige zum Teil weit verbreitete Arten, welche bei Körpertemperatur gut gedeihen, und unter diesen können manche (nicht etwa alle, so daß die Temperatur allein offenbar nicht ausschlaggebend ist) in der Tat im lebenden Warmblüter wuchern.

Penicillium. An der Spitze der Fruchthyphen tritt ein Quirl von Ästen pinselförmig hervor, und diese tragen Ketten von kugeligen Sporen. P. glaucum, der gemeinste Schimmelpilz. Wuchert selbst in destilliertem Wasser, in vielen Arzneien usw. Flockiges weißes Mycel, nach der Sporenbildung grün. Wächst am besten bei 15—20°, verkümmert bei 38°. Massenhaft in ranziger Butter, im

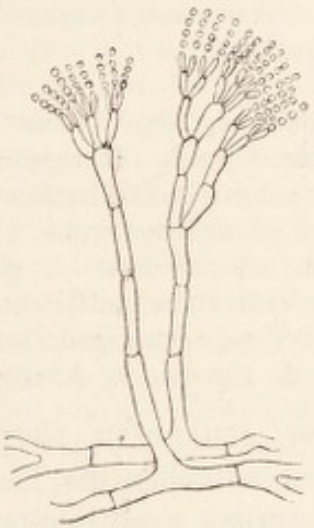


Fig. 166. Penicillium. 200:1.

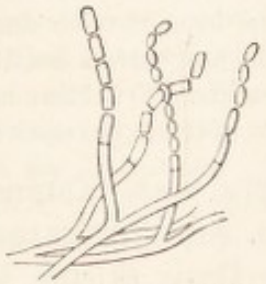


Fig. 167. Oïdium lactis. 200:1.

Roquefortkäse usw. — P. brevicaule, wächst gut auf Brotbrei. Sporen farblos. Bringt man in die Kultur eine Spur arsenhaltiger Flüssigkeit, so entsteht nach Knoblauch riechendes flüchtiges Diäthylarsin, so daß in dieser Weise kleinste Mengen Arsen nachgewiesen werden können. — P. minimum, gelegentlich im äußeren Gehörgang des Menschen schmarotzend.

Oïdium. Als Meltau auf lebenden Pflanzen parasitierend; zahlreiche Arten; oft nur die Oïdienfruktifikation von Arten, die unter anderen Bedingungen Sporen bilden. — Auf totem Substrat namentlich O. lactis, Milchschimmel, Mycel und Sporen weiß. Kurze aufrechte Fruchthyphen mit endständiger Kette von walzenförmigen „Sporen". Findet sich regelmäßig auf saurer Milch. Gedeiht zwischen 19 und 30° am besten, fängt bei 37° an zu verkümmern. — Äußerlich ähnlich sind die unten genannten Erreger der Dermatomykosen des Menschen und des Soor.

Mucor. Familie von zahlreichen Arten. Sporenbildung in Sporangien, die anfangs farblos sind, später meist braune oder schwarze Farbe annehmen. Fruchtträger bei manchen Arten 10—20 cm lang. Die Sporangienhülle platzt leicht, schon bei Berührung mit Wasser, und läßt die Sporen hervorquellen. Am häufigsten kommen saprophytisch und bei niederer Temperatur vor M. mucedo und M. racemosus. Tierpathogen sind M. corymbifer, M. rhizopodiformis, M. ramosus, M. pusillus; M. stolonifer wächst zwar auch bei 37°, ist aber nicht pathogen.

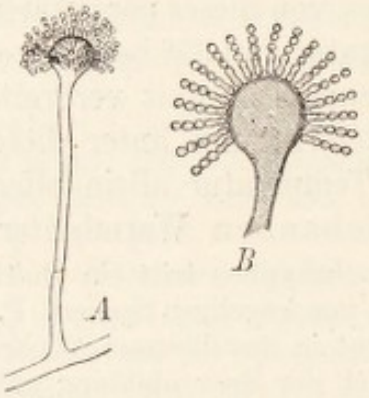


Fig. 168. Aspergillus.
A Fruchtträger mit Sporen. 150:1. *B* Schematischer Durchschnitt des Fruchtträgerkopfs mit Sterigmen und Sporen. 300:1.

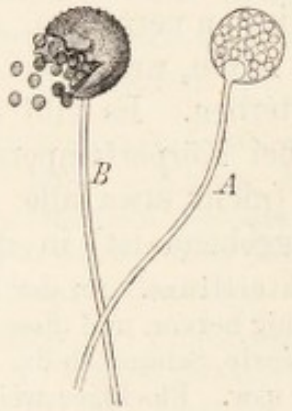


Fig. 169. Mucor mucedo.
200:1. *A* Unreifes, *B* reifes, platzendes Sporangium.

Aspergillus. Bildet Fruchtträger, welche an der Spitze kugelförmig angeschwollen sind, auf dieser entwickeln sich kurze Stiele (Sterigmen) und dann erst die Ketten von runden Sporen (die Eurotium-Fruktifikation kommt für gewöhnlich nicht zur Beobachtung). Das Mycel ist anfangs weiß, nach Eintritt der Sporenbildung je nach der Spezies gelb, grün, schwarz usw. A. glaucus, gelbgrün, gedeiht am besten bei 10—12°, findet sich in Kellern, an feuchten Wänden, auf eingemachten Früchten usw. — Bei höherer Temperatur gedeihen und beim Warmblüter können parasitieren A. fumigatus, A. flavescens, A. niger u. a.

Injiziert man Kaninchen Sporen der genannten tierpathogenen Pilze (nam. Asp. fumigatus) in die Blutbahn, so gehen die Tiere bei ausreichender Dosis (kleine Mengen Sporen werden von Leukozyten umzingelt und dadurch am Auskeimen gehindert) zugrunde und zeigen wuchernde Mycelien, namentlich in den Nieren, bei Aspergillussporen auch in Leber, Herz usw. — Auch eine natürliche Infektion bei Warmblütern kommt nicht selten vor, besonders bei Vögeln. Hauptsächlich erfolgt hier der Eintritt der Sporen durch Inhalation, und es entsteht eine ausgebreitete Bronchopneumomykose.

Beim Menschen kommen ebenfalls, wenn auch seltener, Ansiedlungen dieser Schimmelpilze vor. Mehr als 50 Beobachtungen von Bronchomykosen liegen vor, ein Fall von allgemeiner, vermutlich vom Darm ausgegangener, Mykose. Häufig sind Otomykosen durch Ansiedlung im äußeren Gehörgang; selten Keratomykosen auf der Kornea. Die hier gefundenen Pilze sind hauptsächlich die genannten Mucor- und Aspergillusarten.

Sporen der letzteren sind sehr verbreitet. Läßt man an beliebigem Orte sterile Kartoffelscheiben mit der freien Luft eine Zeitlang in Berührung und setzt dann die Kartoffeln in den auf 37° geheizten Brütofen, so erhält man fast ausnahmslos eine oder mehrere thermophile Schimmelpilzarten. Man könnte daraus eine große Gefahr für die Warmblüter ableiten. Diese besteht indes nicht, weil erst eine größere Zahl von Sporen dazu gehört, um Krankheitserscheinungen im Innern des Körpers auszulösen. Größere Mengen Sporen finden sich aber nur da, wo unter natürlichen Verhältnissen eine Wucherung der Pilze erfolgt; und diese ist geknüpft an ganz abnorm hohe Temperaturen, wie wir sie höchstens in oberflächlichem besonnten Boden, auf Dünger- und Miststätten finden. Von hier aus scheinen namentlich Vögel sich zu infizieren, und zuweilen werden von diesen Stellen aus auch ländliche Arbeiter einer Bronchopneumomykose ausgesetzt sein.

Ferner kommen beim Menschen (zum Teil auch bei Tieren) Dermatomykosen häufig vor, die durch mehrere untereinander verwandte, polymorphe, den Oïdienarten entfernt ähnliche Pilze bedingt sind. Sie bilden in den Kulturen Luftmycelien mit Ektosporen und Versporung des Mycels (Oïdienbildung, s. S. 516).

Man unterscheidet als parasitäre Erkrankungen, die von Mensch zu Mensch (eventuell von Tier zu Mensch) übertragen werden, 1. Favus; gelbe Schlüsselchen und Pilzborken um die Haare der Kopfhaut bildend. Mikroskopisch Mycelhaufen und doppelt konturierte ovale oder rechteckige Sporen, am Rande glänzende Fäden mit keuligen Anschwellungen. Unterschieden werden nach dem Aussehen auf Agarkulturen zwei Typen, der Wachstypus und Flaumtypus. 2. Mikrosporie; M. Audouini, fast nur bei Kindern; Schulepidemien; auf Tiere nicht übertragbar. M. lanosum, nur in einzelnen Familien, wenig kontagiös, auf Meerschweinchen übertragbar, am Kopfhaar von Kindern. 3. Trichophytie; Tr. megalosporon an Kopf, Bart, Nägeln, auf behaarter Haut in Form des Herpes tonsurans; auf Meerschweinchen verimpfbar; hinterläßt hier Immunität. — Daneben sind häufig saprophytische, durch verbreitete Pilze hervorgerufene Dermatomykosen, welche nur oberflächlich auf den äußersten Epidermisschichten sich ausbreiten und für deren Entstehung wesentlich die Disposition entscheidend ist, nämlich: Pityriasis versicolor, Erythrasma. — Eine exakte Differenzierung dieser polymorphen Pilze stößt auf große Schwierigkeiten. Näheres s. in den dermatologischen Lehrbüchern.

B. Actinomyceten als Parasiten.

Der Hauptvertreter der Actinomyceten ist der Actinomyces oder Strahlenpilz.

Bewirkt beim Menschen die verschiedenartigsten Abszesse und Eiterungen und wird besonders häufig beim Rindvieh als Ursache von

Abszessen und Auftreibungen in Zunge und Kiefer beobachtet. Im Eiter derartiger Abszesse findet man gelbe Körnchen, die auf leichten Druck in einzelne Pilzrasen zerfallen. Letztere bestehen aus hyphenähnlichen, gablig verzweigten Fäden, die von einem Zentrum radiär ausstrahlen und nach der Peripherie zu in keulenartige Anschwellungen auslaufen. Innerhalb des Fadengeflechts finden sich kokkenähnliche Körnchen, welche Sporen zu sein scheinen. Die Kolben sind als Degerationsformen anzusehen. Färbung nach GRAM (Kolben GRAM-negativ). — Zuweilen findet man Actinomycesdrusen in den Krypten der Tonsillen, ohne daß Krankheitserscheinungen sich daran knüpfen.

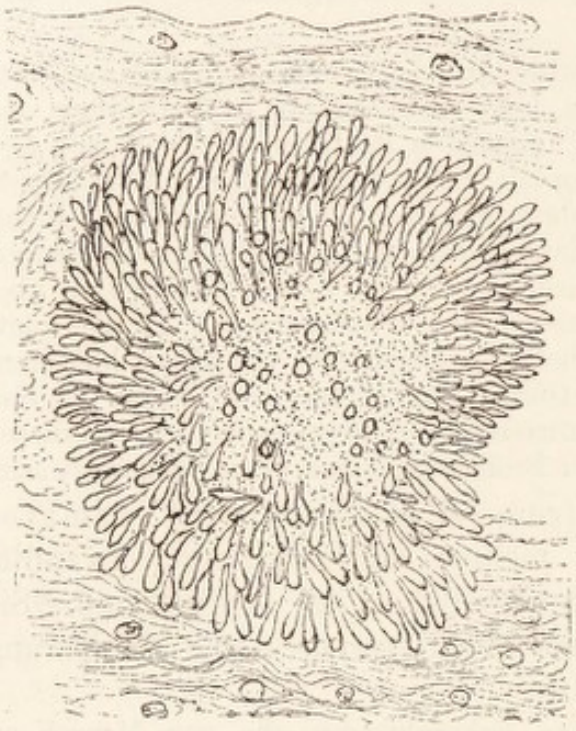


Fig. 170. Actinomyces. 700:1.

Der Pilz scheint auf Gräsern und Zerealien vorzukommen und häufig mit Getreidegrannen in den Körper einzudringen. Als Eintrittspforten betrachtet man vorzugsweise Verletzungen der Mundschleimhaut und kariöse Zähne, ferner die Lunge, wesentlich nach Aspiration von Keimen aus der Mundhöhle; in selteneren Fällen den Darm oder Verletzungen der Haut.

Kulturen gelingen zuweilen auf den verschiedensten Substraten, auf Agar, Blutserum, Kartoffeln und in Bouillon; häufiger sind die Kulturversuche erfolglos. Fortzüchtung gelingt leicht. In den Kulturen nur feine verästelte Fäden in dichtem Geflecht. Impfversuche an Tieren hatten noch kein unzweifelhaftes Ergebnis. — Bemerkenswert ist, daß Kulturen von Tuberkelbazillen, von den diesen verwandten säurefesten Bakterien, und von Rotzbazillen nach gewisser Einverleibung in Tiere, z. B. Injektion in die Niere, Bildungen liefern, die dem Strahlenpilz gleichen.

Actinomyces Israeli (anaërobe Abart des Actinomyces). Aus einigen Fällen von Aktinomykose beim Menschen isoliert. Wächst nur anaërob auf Agar, in Eiern usw. Zeigt in den Kulturen vorzugsweise Stäbchen, die den Diphtheriebazillen ähnlich sind. Durch intraperitoneale Übertragung dieser Kulturen konnten bei Kaninchen und Meerschweinchen Tumoren mit Actinomycesdrusen hervorgerufen werden. — Ferner ist unter den pathogenen Streptothricheen zu erwähnen: Actin. Madurae, Erreger des sog. „Madurafußes", einer lokalen

Entzündung mit Fisteln, aus denen gelbe und schwärzliche, aus starkverzweigten Pilzfäden bestehende Körnchen entleert werden. Kultivierbar. — Auch bei Lungenerkrankungen ist die Ansiedlung von Actinomyceten mehrfach beobachtet.

C. Sproßpilze als Parasiten.

1. Erreger von Soor, Schwämmchen. Weiße Plaques an der Innenseite der Wangen, Zungenspitze und weichem Gaumen; sekundär in Nase, Mittelohr usw. Häufig bei Säuglingen; ferner bei Greisen, Geschwächten. Bei künstlich genährten Säuglingen nicht selten tödlicher Verlauf. Nicht übertragbar auf die gesunde menschliche Schleimhaut; auf tierische Schleimhaut (Kropf von Tauben) erst nach Schwächung (Hungern und Dursten) der Tiere.

Fig. 171. Soorkultur. 250:1.

Als Erreger kommen zwei Varietäten eines Pilzes in Betracht, dessen Zugehörigkeit zu den Schimmel- bzw. zu den Sproßpilzen noch zweifelhaft ist; die erste, häufigere, bildet Mycelfäden und Sprossungen (s. Fig. 171); in den Sproßzellen endogene Sporen, bei dieser Varietät relativ groß. Bierwürze-Gelatine wird verflüssigt. In einfachen Nährstoffen (Glyzerin, Natriumlaktat usw.) und bei Sauerstoffzutritt vorwiegend Hefewachstum, auf zucker-, dextrinhaltigen Nährsubstraten und bei Sauerstoffmangel mehr Fadenbildung. — Die zweite Varietät bildet kleine Sporen, verflüssigt die Gelatine nicht (Fischer und Brebeck). — Bei Kaninchen läßt sich durch intravenöse Injektion tödliche Soormykose erzeugen. Durch entsprechende Vorbehandlung können die Tiere aktiv immunisiert werden; im Blut spezifisches Agglutinin.

2. Sporotrichon Schenkii, erzeugt die weit verbreitete Sporotrichosis, chronische Erkrankung, bei welcher in der Haut oder im Pharynx, Larynx usw. kleine harte Knoten entstehen, die nach 1—2 Monaten aufbrechen und Fisteln bilden. Syphilitischen und tuberkulösen Prozessen ähnlich; aber Allgemeinbefinden wenig gestört. Im Eiter reichliche Sproßzellen. Kultur auf Maltoseagar; schwarze Warzen aus Mycel mit Konidien und Sprossungen. Bei Ratten nach intraperitonealer Injektion multiple Abszesse, namentlich in den Hoden. Im Serum Agglutinin.

3. Erreger von Granulomen. 1894 hat Busse aus einem Knochenabszeß eine Sproßpilzart gezüchtet, welche bei Mäusen und Ratten myxomartige Verdickungen im Fettgewebe, sowie Herde in Lunge, Niere usw. hervorrief. Mikroskopisch zeigten sich die Sproßpilze im Gewebe von dicken Kapseln umgeben.

Später sind, namentlich von Sanfelice, weitere tierpathogene Sproßpilze gefunden, darunter Saccharom. lithogenes (mit häufigen

Verkalkungen im Gewebe), Saccharom. neoformans u. a. m. Mit diesen Hefen wurden Tumoren erzeugt, welche von einigen als maligne Sarkome oder Karzinome gedeutet wurden. Tatsächlich handelt es sich aber stets um Wucherungen der Blastomyceten mit entzündlicher Proliferation des Gewebes, also um chronische Granulome.

D. Spaltpilze als Parasiten.

Eine nach provisorischen Merkmalen (s. S. 542) aufgestellte Systematik ergibt folgende Übersicht der hygienisch interessierenden Arten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

I. Coccaceae, Kokken.

A. Streptococcus: Wachstum in einer Richtung; nach GRAM färbbar. Meist spärliches Wachstum in Kulturen. Unbeweglich.

1. Typus des Diplococcus; in manchen Substraten nur Diplokokken, in anderen (namentlich Bouillon) kurze Ketten bildend. Kokken rund oder lanzettförmig. Pathogen: Diploc. lanceolatus capsulatus (Pneumococcus).
2. Typus des Streptococcus. In Bouillon meist längere Ketten bildend. Häufig in Milch, Käse usw.; in Abwässern von Zuckerfabriken (Froschlaichpilz). Pathogen: Str. pyogenes s. pathogenes.

B. Sarcina: Zellen teilen sich in drei Richtungen des Raums, bilden Pakete. Nach GRAM färbbar. Wachstum auf festem Substrat meist als trockene Häufchen. Oft farbig. In Flüssigkeiten mehrere Arten beweglich und geißeltragend. Zahlreiche Arten, z. B. S. alba, flava, aurantiaca, fulva, rosea. Häufig im Luftstaub. Mehrere Arten auch im Mageninhalt.

C. Micrococcus: Zellen teilen sich unregelmäßig in verschiedenen Richtungen, einzeln oder zu 2 oder 4 oder zu regellosen Haufen vereinigt.

1. Typus Diplococcus. Meist breite Kokken, nicht nach GRAM färbbar, oft schwer züchtbar. Micr. catarrhalis, häufig im Schleim der Nase. Pathogen: Micr. gonorrhoeae; Micr. intracellularis meningitidis.
2. Typus Tetragenus. Kokken bleiben nach der Teilung zu vieren vereinigt; Kapselbildung. Nach GRAM färbbar. Üppig wachsend. M. tetragenus.
3. Typus Staphylococcus. Regellose Haufen bildend. Reine Kugelform. Grampositiv. Leicht wachsend. Weiß oder farbig. M. candicans, aurantiacus, flavus, roseus usw. Pathogen: Staphyl. pyogenes.

II. Bacillaceae, Bazillen.

A. Familie Bacillus, Bazillen, welche endogene Sporen bilden.

1. Gruppe: Heubazillen. Meist große Bazillen, sehr verbreitet; auffällig widerstandsfähige Sporen. Wachsen üppig in Form dicker Häute. Einzelne liefern heftig wirkende Endotoxine (s. S. 209).
2. Gruppe: Milzbrandbacillus.
3. Gruppe: Anaërobe Sporenbildner. Buttersäurebazillen (s. S. 532). Pathogen: Bac. botulinus; Bac. des Rauschbrandes, Bac. des malignen Ödems, Bac. des Tetanus.

B. Familie Bakterium; ohne endogene Sporenbildung.

1. Gruppe: Proteus. Bazillen. Beweglich; meist gramnegativ; Form wechselnd. Fast stets im Anfang der Fäulnis; gelegentlich pathogen durch Toxinwirkung, s. Fleisch- und Fischvergiftung.
2. Gruppe: Fluoreszierende und pigmentbildende Bazillen. Meist kleine Bakterien, erzeugen Pigment in der Kolonie (z. B. rot = B. prodigiosus) oder grünliche Fluoreszenz in der Umgebung der Kolonien auf Gelatine, mit oder ohne Verflüssigung. Gramnegativ. Viele sehr verbreitete Arten; häufig in Wasser. Phosphoreszierende Arten s. S. 531.
3. Gruppe: Kolibakterien. Bakterien mittlerer Größe, gramnegativ, beweglich und geißeltragend. Auf Nährgelatine meist Häute ohne Verflüssigung bildend. — Stets im Dickdarminhalt. Harmlose, aber auch pathogene Arten; nahestehend: Bac. typhi; B. paratyphi usw.
4. Gruppe: Aërogenes-Bakterien. Ähnlich den vorigen, aber unbeweglich. B. der Milchsäure-, der Essiggärung usw. Einige Arten harmlose Darmbewohner, andere pathogen, z. B. der B. der Ruhr.
5. Gruppe: Bazillen der hämorrhagischen Sepsis. Kurze Bazillen, an den Polenden färbbar, gramnegativ, unbeweglich, Gelatine nicht verflüssigend. Vorzugsweise Parasiten. B. der Pest. B. der Kaninchensepsis, der Wildseuche, der Hühnercholera usw. Oft Übergänge zur 3. und 4. Gruppe.
6. Gruppe: Influenzabacillus. Sehr kleine Bazillen, gramnegativ, wachsen nur auf hämoglobinhaltigem Nährsubstrat.
7. Gruppe: Rotlaufbacillus. Sehr feine schlanke Bazillen, in Gelatine feine Fäden bildend ohne Verflüssigung; grampositiv. B. des Rotlaufs der Schweine; B. der Mäuseseptikämie.
8. Gruppe: Rotzbacillus. Schlanke, sporenfreie, gramnegative Bazillen. B. des Rotzes.
9. Gruppe: Diphtheriebacillus. Keilförmige, grampositive Bazillen, ältere Indiv. Keulen bildend oder zerfallend. B. diphtheriae; B. der Pseudodiphtherie; B. der Xerose.
10. Gruppe: Tuberkelbacillus. Sporenfreie, schlanke Bazillen, „säurefest", langsam wachsend, in Kulturen schleimige oder trockene faltige Häute. B. tuberculosis des Menschen, der Rinder, der Vögel, der Kaltblüter; in Milch, auf Gräsern usw. vorkommend verwandte Arten.

Die Bazillen der drei letzten Gruppen werden, weil sie verästelte Fäden bilden können, von manchen Autoren unter den Actinomyceten beschrieben (s. S. 517).

III. Spirillaceae, Spirillen.

A. Familie Vibrio. Kurze, starre, kommaartig gekrümmte Zellen, zuweilen in schraubenartigen Verbänden. Eine (selten zwei) endständige Geißel. Gramnegativ. Zahlreiche saprophytische Arten namentlich aus Wasser, auch aus Käse, Erde, Darmschleim usw. Pathogen: V. cholerae; V. Metschnikovii.

B. Familie Spirillum. Zellen lang, korkzieherartig, starr; Geißelbüschel. Gramnegativ. Verschiedene Arten in Faulflüssigkeiten, Kot usw. Sp. rubrum, tenue, Undula, Rugula, volutans (2—3 μ dick, 30—40 μ lang!).

C. Familie Spirochaete. Biegsame, zugespitzte, spiralig gewundene Fäden. Von den meisten Autoren jetzt den Protozoen zugerechnet, s. dort.

In der folgenden Beschreibung der einzelnen pathogenen Spaltpilze sind — soweit nicht Abweichungen angezeigt erscheinen — zuvörderst die morphologischen und biologischen Eigenschaften des Erregers geschildert, dann der Verlauf des Tier- oder Menschenexperiments; darauf die natürliche Verbreitungsweise, abgeleitet teils aus den Fundorten der Erreger, teils aus den epidemiologischen Beobachtungen; schließlich die Bekämpfung der Infektionsquellen, der Infektionswege und der individuellen Disposition.

1. Staphylococcus pyogenes.

Der häufigste Eitererreger, wird in mehr als 50% aller eiternden Wunden, Abszesse usw. gefunden. Fast regelmäßig als einzige Bakterienart in Aknepusteln, Furunkeln, Panaritien, Phlegmonen; ferner bei Ekzemen; bei Osteomyelitis; in vielen Fällen von Sepsis und Pyämie (Puerperalfieber). In Mischinfektionen oft neben Tuberkelbazillen, Actinomyces, Diphtheriebazillen, in Pockenpusteln usw.

Im mikroskopischen Präparat findet man kleine, unter 1 μ messende, in regellosen Haufen (Trauben, daher Staphylococcus) liegende Kokken; Gram-positiv. — Wächst leicht auf Gelatineplatten; bei 60facher Vergrößerung junge tiefe Kolonien rund oder oval, scharfrandig, feinkörnig, dunkelgelb bis braun. Oberflächliche Kolonien verflüssigen die Gelatine (eiweiß- und leimlösende Fermente), bewirken Einziehungen und Löcher mit steilen Rändern. Auf Kartoffeln üppiger Belag; in Milch reichliches Wachstum unter Gerinnung (starke Säurebildung). In Bouillon gleichmäßige Trübung.

Fig. 172. Staphylococcus pyogenes. Kulturpräparat. 800:1.

Auf Kulturflächen, welche der Luft ausgesetzt sind, bilden die pyogenen Staphylokokken oft Farbstoffe (mit Alkohol, Äther usw. extrahierbar). Aus Eiterungen wächst meist der St. pyog. aureus mit goldgelber Farbe; selten der St. pyog. citreus mit zitrongelber Farbe; häufig treten als Begleiter pigmentfreie Kolonien des St. pyog. albus auf. Letzterer wird besonders häufig von normaler Haut und Schleimhaut erhalten; selbst in tieferen Hautschichten ist er vorhanden. Wasser, Luft, Staub liefern gleichfalls öfter weiß, selten farbig wachsende Staphylokokken. Diese dürfen nicht ohne weiteres als den pyogenen Stämmen gleichwertig angesehen werden (s. unten).

Für kutane Übertragung der Kulturen sind Versuchstiere ungeeignet Bei intraperitonealer Einverleibung (Kaninchen) entsteht eiterige Peritonitis; am sichersten gelingt die Tierinfektion durch intravenöse Injektion; selbst kleine Dosen verursachen Kokkenherde in Nieren und Herzmuskel, Tod meist durch embolische Nephritis. Werden nach intravenöser Injektion schwacher Dosen Knochen der Tiere gebrochen oder gequetscht, so entsteht Osteomyelitis. — Beim Menschen führen Einreibungen auf die normale Haut zu Aknepusteln, Furunkeln und Phlegmonen.

Die Effekte im Tierkörper sind zum großen Teil Folge der Toxine, welche der Pilz produziert. Diese bestehen 1. in einem Hämolysin, das die Erythrozyten energisch auflöst. In vitro nachweisbar, am besten mit filtrierter

Bouillonkultur, die 10—14 Tage alt ist (Nachweis von Antihämolysin S. 643). 2. Leukolysin (Leukozidin); die Leukozyten erleiden blasige Degeneration und Kernschwund. Ebenfalls in vitro demonstrabel durch die bioskopische Methode (M. Neisser): Frische Leukozyten werden mit einer schwachen Methylenblaulösung und Leukozidin in fallenden Mengen versetzt; lebende Leukozyten reduzieren das Methylenblau zu einer Leukoverbindung, in den mit ausreichend Leukozidin versetzten Gläsern bleibt die blaue Farbe bestehen. 3. Nekrotisierende Gifte, welche Gewebszellen, namentlich in der Niere (Nephrotoxin) und im Unterhautbindegewebe, zerstören. 4. Die schwach toxischen aber stark Leukozyten anlockenden Bestandteile der Bakterienleiber, die namentlich beim Absterben frei werden. 5. Chronisch wirkende Toxine, welche Marasmus der Tiere und oft amyloide Degeneration verursachen.

Der mit diesen Giften ausgerüstete Erreger verursacht zunächst heftige Entzündung; dann tritt gegenüber den chemotaktisch angelockten Leukozyten das Leukolysin, gegenüber den Gewebszellen nekrotisierendes Gift in Funktion. Unter Umständen erfolgt Einbruch in die Blutbahn, Festsetzen und Wuchern der Staphylokokken in gewissen Gefäßbezirken, bis ein verstopfender Thrombus entsteht; in dessen Umgebung wieder Einschmelzung des Gewebes und Abszeßbildung; von einem Thrombus aus oft Verschleppungen in andere Gefäße. Metastasen namentlich in Nieren, Herz (Endokarditis), Gelenken.

Die Widerstandsfähigkeit des Staphylococcus ist sehr erheblich, jedoch bei verschiedenen Stämmen außerordentlich schwankend. Es gibt solche, welche zweistündiges Erhitzen auf 70°, 5% Karbolsäure 13 Minuten, 1 Promille Sublimat 30 Minuten und länger ohne Schaden aushalten; relativ empfindlich sind sie gegen 50—60%igen Alkohol. Meistens tritt bei fortgesetzter künstlicher Kultur Virulenzverlust ein.

Natürliche Verbreitungsweise. Fundorte für die Staphylokokken sind außer den oben aufgezählten krankhaften Veränderungen die normale Haut, die Schleimhäute, namentlich der Nase und des Mundes, die Kleider, Wohnungsstaub usw. Wie oben hervorgehoben, begegnet man an diesen saprophytischen Fundorten allerdings vorzugsweise der weißen Varietät; aber es kommen auch pigmentierte Kolonien zur Beobachtung und andererseits ist der Staph. albus häufig in Eiterungen usw. gefunden.

Bisher hatte man daraufhin sich die Vorstellung gebildet, daß die Infektion einer Wunde mit pyogenen Staphylokokken unter natürlichen Verhältnissen kaum zu vermeiden ist; diese sind ubiquitär, sitzen in der Haut, werden aufs leichteste durch die Finger von Nase oder Mund aus auf eine Wunde übertragen. Auch Furunkel u. dgl. entstehen durch mechanisches Einreiben der in der Haut schon vorhandenen Staphylokokken. Bei manchen Menschen kommt offenbar eine gesteigerte Disposition zu Hilfe (Diabetiker). Der an Staphylokokken Erkrankte scheint demgegenüber für die Ausbreitung der Kokken ganz in den Hintergrund zu treten.

Neuere Untersuchungen (Kolle und Otto, Schottmüller u. a.) haben indes ergeben, daß zwischen den Staphylokokken aus menschlichen Eiterherden und solchen, die von normaler Haut oder Schleimhaut usw. stammen, Unterschiede bestehen. Nur erstere liefern reichlich Hämolysin und Leukolysin; sie werden außerdem durch Serum, das mittels Vorbehandlung von Tieren mit den von erkrankten Menschen stammenden Staphylokokken gewonnen ist, in stärkerer Verdünnung agglutiniert, die Kokken saprophytischer Provenienz dagegen nur durch Serum, das aus solchen saprophytischen Kokken hervorgegangen ist. Der Nachweis der Pyogenität gelingt durch intravenöse Injektion beim Kaninchen und durch Herstellung des Staphylolysins. — Danach würde der staphylokokkenkranke Mensch weit mehr, als man bisher annahm, das Zentrum für die Verbreitung darstellen.

Die Bekämpfungsweise wird von der Entscheidung dieser Frage durchaus abhängig sein. Sind wirklich nur krankhafte Exkrete zur Verbreitung geeignet, so würde größere Vorsicht gegenüber diesen, desinfektorisches Vorgehen, abschließende Verbände bei Furunkeln, Ekzemen usw. am Platze sein. Dagegen wird man bei ubiquitärer Verbreitung von solchen Maßregeln wenig erwarten können.

Nach neueren Versuchen von Geisse gelingt es allerdings, saprophytische Staphylokokken durch fortgesetzte Passage der in Kollodiumsäckchen in die Bauchhöhle von Meerschweinchen eingebrachten Kulturen in Stämme mit allen Merkmalen der pathogenen Staphylokokken überzuführen. Ob auch bei der Ansiedlung in Wunden usw. des Menschen saprophytische Kokken eine solche Umwandlung erfahren können, ist noch zweifelhaft; die von vornherein pathogenen wird man einstweilen jedenfalls als die gefährlicheren ansehen müssen.

Viele neuere Versuche betreffen die Immunisierung und Serumtherapie bei Staphylomykosen. — Aktive Immunisierung gelingt bei Kaninchen durch Infektion erst abgetöteter, dann abgeschwächter, schließlich lebender Staphylokokken; Mißerfolge sind häufig. Es bilden sich Agglutinin, Bakteriolysin, komplementbindende Antikörper, vor allem aber Bakteriotropin, das die Staphylokokken so beeinflußt, daß sie leichter von den Phagozyten aufgenommen werden. — Beim Menschen hat Wright in Fällen chronischer Furunkulose usw. abgetötete Kokken injiziert mit angeblich günstigem Erfolg und mit Ansteigen des opsonischen Index. Ferner scheint das Histopin (v. Wassermann), ein mit Karbol und Gelatine konservierter Schüttelextrakt von Staphylokokken, bei lokalen Affektionen günstig zu wirken.

Das von aktiv immunisierten Tieren gewonnene Immunserum kann ziemlich hohen Agglutinationstiter (1:1200) zeigen, aber geringe bakteriolytische Kraft; auch Komplementzugabe hilft nichts. Trotzdem hat es für Tiere schützende Wirkung (darf aber erst 3 Wochen nach der letzten Immunisierung benutzt werden, sonst enthält es noch zu viel

Toxine). Die Schutzwirkung beruht vermutlich auf dem Bakteriotropingehalt und der Begünstigung der Phagozytose. Injiziert man einem 24 Stunden vorher mit Immunserum behandelten Tier Staphylokokken intraperitoneal, so sind nach 30—60 Minuten alle Kokken anfangs in große mononukleäre, später in kleine polynukleäre Leukozyten aufgenommen, während im Kontrolltier die meisten Staphylokokken noch frei sind. — Beim Menschen sind befriedigende Resultate noch nicht erzielt. Vielleicht bietet vor nicht aseptischen Operationen (am Darm usw.) ein Mobilmachen von Leukozyten durch Nukleïnsäure und daneben Injektion von Immunserum Aussicht auf Erfolg.

Ein Hinweis auf verborgene chronische Staphylokokkenherde kann dadurch gegeben werden, daß das Blut des Kranken Antihämolysin enthalten muß, wenn Herde vorhanden sind. Bei Zusatz solchen Blutes wird daher Hemmung der durch Staphylokokkenkultur im Reagenzglas eintretenden Hämolyse zu beobachten sein.

2. Streptococcus pathogenes.

Ebenfalls häufig im Wundeiter; ferner fast regelmäßig auf den normalen menschlichen Schleimhäuten, auf der Rachenschleimhaut bei 80% der Untersuchten. Wird außerdem als Krankheitserreger angesehen bei Lymphangitis, Erysipel, Puerperalfieber und anderen septischen Erkrankungen; bei nicht diphtherischer Angina (normale Rachenschleimhaut ergibt häufig den gleichen Befund) Endokarditis, Otitis, Meningitis; bei gewissen Darmkatarrhen der Säuglinge in den Dejekten und in der entzündeten Darmschleimhaut. Vielfach mischt er sich anderen Krankheitserregern bei, so bei Diphtherie, Phthise, Gelenkrheumatismus (vielleicht von Streptokokken-Angina verschleppt), Pocken, Scharlach usw. und verursacht hier oft schwere, nicht selten tödliche Komplikationen.

Fig. 173. Streptococcus pathogenes longus. Kulturpräparat. 800:1.

Diplokokken und Ketten von mehr als 8 Gliedern. Die einzelnen Kokken oft abgeplattet; manchmal schlecht färbbar, länglich (Involutionsformen). Zuweilen Kapselbildung. Grampositiv. — Wachstum in Kulturen viel schwächer als beim Staphylococcus; am besten bei über 30° liegender Temperatur und auf deutlich alkalischem Substrat, dem Traubenzucker und Aszitesflüssigkeit oder Menschenserum (Plazentarblut) zugesetzt ist. Zarte Kolonien, bei 60facher Vergrößerung grob granuliert; Strichkulturen nicht konfluierend. — Wachstum in Bouillon in Form eines Bodensatzes von langen Ketten.

In Kulturen rasch absterbend. Bei fortgesetzter Kultur meist Virulenzabnahme, dagegen üppigeres Wachstum. — Im übrigen ziemlich widerstandsfähig, namentlich in einhüllenden Sekretschichten; verträgt dann auch Austrocknen gut. Resistenz der einzelnen Stämme sehr verschieden.

Noch schwankender ist die Virulenz. Alle größeren Tiere sind refraktär. Manche Stämme sind gegen Mäuse und Kaninchen stark tiervirulent und können durch fortgesetzte Passage durch Tiere der gleichen Art immer virulenter werden. Ein milliontel Kubikzentimeter einer solchen Kulturbouillon kann noch akute Sepsis hervorrufen (Aronson). — Lösliche Toxine und Endotoxine finden sich in den Kulturen nur in geringer Menge; jedoch ist im Tierkörper die Toxinbildung wahrscheinlich erheblicher. Hämolysin ist in den Kulturen nachweisbar, weniger als bei den Staphylokokken (s. unten).

Die Verschiedenheit der Erkrankungen, die der Pilz hervorruft, hat früher zu der Annahme geführt, daß eine Reihe von verschiedenen, durch Kulturmerkmale und andere biologische Eigenschaften differenzierte Arten oder Varietäten von Streptokokken bestehen, von denen die eine diese, die andere jene Erkrankung veranlaßt. Es war aber fraglich, ob diese Differenzen konstant genug sind, um distinkte Varietäten aufrecht zu erhalten. Bei einzelnen Stämmen hat man nur kurze Ketten (mit weniger als 8 Gliedern) beobachtet (Str. brevis); bei anderen eine (aber nicht für einen einzelnen Stamm charakteristische) Neigung zur Bildung zusammengeballter Flocken in Bouillon (Str. conglomeratus); wieder andere Stämme sollen Neigung zeigen zu besonderen Lokalisationen im Körper (in den Gelenken die bei Gelenkrheumatismus gezüchteten Kokken); nicht selten sind anaërobe Stämme gefunden (Vagina). Nach ihrer Hämolysinbildung hat Schottmüller verschiedene Varietäten unterschieden; man muß dann auf einem Blutagar züchten, der 2 Teile Menschenblut auf 5 Teile Agar enthält. Hier bilden 1. lange Str. aus Krankheitsherden, sogenannte Erysipelkokken, = weißgraue Kolonien, die nach 12 Stunden glashelle Höfe zeigen. Blutbouillon burgunderrot. 2. Str. mitior s. viridans = graue Kolonien mit grünem Pigment. Dahin gehörig der Str. longissimus (Thalmann), saprophytisch auf den Tonsillen. 3. Str. mucosus = schleimige Kolonien, mit grüner Verfärbung des Nährsubstrats (Methämoglobinbildung). — Aber alle diese Merkmale sind bei fortgesetzter Kultur nicht konstant. Außerdem geht die Virulenz gegenüber Tieren keineswegs parallel der Virulenz gegenüber Menschen; der gleiche Stamm hat sogar auf verschiedene Menschen ganz ungleiche Wirkung. Ob daher im Einzelfall Erysipel, oder Angina, oder Sepsis durch Streptokokken hervorgerufen wird, das hängt nicht von der Tier- oder Menschenvirulenz der Kokken, sondern einmal von der Eingangspforte und der Zahl der Erreger, dann von der Virulenz der Kokken gegenüber dem befallenen Individuum und von der Empfänglichkeit des letzteren für den einzelnen Streptokokkenstamm ab.

Unsere Vorstellungen über die Verbreitungsweise der Streptokokken müssen, wie bei den Staphylokokken, ganz davon abhängen, ob die saprophytisch auf den normalen Schleimhäuten lebenden, ubiquitär verbreiteten Streptokokken ebenfalls zur Krankheitserregung befähigt sind (wenigstens dann, wenn die Sekrete abnorm geworden sind, z. B. das Vaginalsekret alkalisch statt sauer), oder

ob diese Eigenschaft ausschließlich bzw. in höherem Grade den aus menschlichen Krankheitsherden stammenden Kokken zukommt, die namentlich durch Kokkenträger Verbreitung finden können. Unter den saprophytisch wuchernden Streptokokken findet man oft solche, die nur kurze Ketten bilden (Str. brevis), die Gelatine verflüssigen, gramnegativ und höchstens für Tiere pathogen sind (Mastitis der Kühe). Diese lassen sich wohl als eine besondere Art abzweigen. Aber oft begegnet man auch saprophytischen langen Streptokokken, die in allen wesentlichen Eigenschaften mit den aus Krankheitsherden gezüchteten übereinstimmen (Milchsäurebildner in Milch, s. S. 206), und vielleicht nur anfangs Differenzen in der Hämolysinbildung aufweisen. — Von großer Bedeutung ist unter diesen Umständen ein Mittel, den Virulenzgrad herausgezüchteter Streptokokken zu bestimmen. Am besten eignet sich dazu die Methode von Bürgers. Sie beruht darauf, daß die virulenten Streptokokken von normalen menschlichen Leukozyten schlecht, die avirulenten erheblich besser gefressen werden. Es wird daher mit einer 1·5%igen Natriumzitratlösung eine Emulsion der Streptokokken hergestellt, diese ana mit normalem Menschenblut gemischt, 10 Min. bei 37° gehalten, dann ausgestrichen, gefärbt. Man zählt unter 100 Leukozyten die, welche nicht gefressen haben; diese Ziffer ist die Virulenzzahl. Bei avirulenten beträgt sie 0 bis 30, bei virulenten 50 bis 100.

Die Bekämpfung wird mit tunlichsten Isolierungsmaßregeln gegenüber den zweifellos gefährlichen streptokokkenhaltigen Krankheitsherden rechnen müssen. Da aber eine gewisse ubiquitäre Verbreitung immerhin möglich ist, wird die Bekämpfung vor allem auch auf Immunisierung und Serumtherapie gerichtet sein. Aktive Immunisierung läßt sich bei Kaninchen, Ziegen, Eseln, Pferden durch Injektion wiederholter steigender Dosen vom Bodensatz von Bouillonkulturen erreichen. Das erzielte Immunserum hat deutliche Schutzwirkung bei Tieren derselben Art und gegen die homologen Bakterien, d. h. den Stamm, mit welchem die Tiere aktiv immunisiert sind. Auch Heilung kann noch 24 Stunden nach der Infektion mit der 100fachen Immunisierungsdosis erreicht werden. Beim Menschen ist Vaccinetherapie nach Wright mit dem homologen Stamm versucht.

Das Immunserum hat auch agglutinierende Eigenschaften. Im ganzen läßt sich die Agglutination bei Streptokokken nicht gut beobachten, weil die Ketten leicht spontan zusammenkleben. Ausnahmsweise hat man hochgradige Agglutination (bis 1:4000) gegenüber homologen Stämmen beobachtet, gegenüber anderen nur 1:4 bis 1:200. Die aus Scharlachangina, Scharlachblut usw. gezüchteten Streptokokken sollen von einem mit diesen hergestellten Serum viel höher agglutiniert werden als andere Stämme; ähnlich sollen sich die bei Gelenkrheumatismus aus den Tonsillen gezüchteten Streptokokken verhalten. Damit ist nicht erwiesen, daß die betreffenden Streptokokken als spezifische Erreger bei jenen Krankheiten fungieren, sondern nur daß es sich um homologe Stämme handelt, die bei dem gleichen Krankheitsprozeß erleichterte Bedingungen zur Mitinfektion finden. Ausnahmen sind daher häufig.

Bakteriolysine sind im Immunserum nicht enthalten; wohl aber Bakteriotropine, welche die Phagozytose unterstützen. — Im ganzen sind therapeutische Erfahrungen nicht günstig. Notwendig ist

entweder Herauszüchtung des „eigenen" Stammes des Patienten und Herstellung des Serums mit diesem; oder polyvalentes Serum, d. h. ein aus verschiedenen Stämmen gemischtes Serum, das der Mannigfaltigkeit im Bau des Rezeptorenapparats bei den Streptokokken entspricht. Marmorek, Denys, Aronson haben vorzugsweise tiervirulente Stämme zur Herstellung des Serums benutzt (obwohl die Tiervirulenz nicht maßgebend ist für die Menschenvirulenz); Tavel, Moser (Scharlachserum), Menzer (Gelenkrheumatismusserum) menschenvirulente Stämme. Bei letzteren Seris entsteht die neue Schwierigkeit, daß ihr Titer nicht an Tieren geprüft werden kann. Ruppel hat daher bei der Vorbehandlung tiervirulente Stämme zugefügt, um dadurch wenigstens gewisse Anhaltspunkte für die Prüfung zu gewinnen. Bei puerperalen, noch nicht zu vorgeschrittenen Prozessen scheinen wenigstens die noch nicht ergriffenen Organe vor der Infektion geschützt zu werden; auch prophylaktische Injektionen vor Operationen sollen günstig gewirkt haben. Weitere Erfahrungen sind abzuwarten.

3. Diplococcus lanceolatus (Pneumococcus, Lanzettcoccus).

Bei kruppöser Pneumonie fast regelmäßig im rostfarbenen Sputum und auf Schnitten der erkrankten Organteile. Häufig auch bei Lobulärpneumonien, meist mit Strepto- und Staphylokokken gemischt. Sekundäre Ansiedlungen rufen Pleuritis, Meningitis, Endokarditis, Otitis media usw. hervor. Einwanderung erfolgt offenbar von der Mund- und Rachenhöhle aus, wo man den Diplococcus bei gesunden Menschen hauptsächlich im Oberflächenepithel stets, wenn auch im abgeschwächten Zustand, antrifft. Von da aus kann auch ohne Pneumonie an den verschiedensten Stellen Entzündung, z. B. Otitis, Endo- oder Perikarditis usw. hervorgerufen werden. Ferner findet man die Kokken bei der im Frühjahr oft epidemisch auftretenden Conjunktivitis. Bei Verletzungen der Kornea veranlassen die Lanzettkokken das Ulcus corneae serpens.

Fig. 174. Diplococcus Pneumoniae. (Fränkel). Mäuseblut 800:1.

Pneumonie wird gelegentlich durch andere Bakterieninvasionen bewirkt; so durch Streptokokken, Influenza-, Pestbazillen. Zuweilen treten allein oder neben den Pneumokokken dicke Bazillen in den Vordergrund, die früher von Friedländer als Erreger der Pneumonie ausgesprochen wurden, und die im Präparat Kapseln erkennen lassen, üppig in Form eines dicken schleimigen Belags auf künstlichem Nährsubstrat wachsen und den Ozaena- sowie den Rhinosklerombazillen nahe stehen.

Die Pneumokokken haben Ei- oder Lanzettform (s. Fig. 174); sie sind nach Gram färbbar; in Präparaten aus dem erkrankten Menschen oder Tier, namentlich da, wo frische Krankheitsherde vorliegen, zeigen sie deutliche Kapseln, die ungefärbt oder schwach gefärbt die kräftig gefärbten Kokkenpaare umgeben.

In künstlichen Kulturen gedeihen sie schwer; am besten bei 35—37° auf Aszitesagar, Blutagar oder Blutserum und namentlich Eieragar. Sie bilden tautropfenähnlichen, nicht konfluierenden Belag. Auf Blutagar verhalten sie sich wie der Str. mucosus. Wie dieser ist der Pneumococcus löslich in frischer Lösung von gallensauren Salzen (1 ccm 10%ige Lösung von taurochols. Na mit 1 ccm Bouillonkultur vermischt); Unterschied gegenüber den pathogenen langen Streptokokken. Im Kulturpräparat finden sich außer Diplokokkenformen Ketten von höchstens 6 Gliedern; man hat daraufhin den Dipl. pneum. auch als Streptococcus brevis bezeichnet. — Die Kulturen sterben rasch ab, schon durch Austrocknen; in schleim- und eiweißhaltiger Hülle halten sich die Kokken aber erheblich länger. Überimpft man die Kulturen häufig, so kann man sie zwar am Leben erhalten, aber sie verlieren dann rasch ihre Virulenz.

Will man die Kokken lebend und virulent erhalten, so muß man Blut von infizierten Mäusen an Fäden getrocknet oder Organstücke (Milz, Herz) trocken im Exsikkator aufbewahren (Haltbarkeit 6 Mon.); oder fortgesetzt auf empfängliche Tiere übertragen. Die meisten Tiere sind wenig empfänglich, in hohem Grade aber Mäuse und Kaninchen. Oft schon nach subkutaner Einimpfung kleiner Dosen, sicher nach Injektion in die Blutbahn, entsteht bei diesen Tieren starke Vermehrung der Kokken im Blute, Septikämie, die rasch zum Tode führt, oft mit entzündlichen Prozessen in den verschiedensten Organen, Pleuritis, Endokarditis usw.

Bei der geringen Haltbarkeit der Kokken können wir nicht annehmen, daß sie aus der toten Umgebung des Menschen diesen befallen. Vielmehr wuchern sie auf normalen menschlichen Schleimhäuten als Epiphyten, gelangen von da vermutlich öfter in Bronchien und andere erkrankungsfähige Organteile, werden aber für gewöhnlich durch die Schutzkräfte des Körpers, insbesondere die Phagozytose, in Schranken gehalten. Erst wenn z. B. durch sog. Erkältung, Katarrhe, Läsionen u. dgl. eine besondere Organdisposition hergestellt ist, bringen es die Kokken zur Ansiedlung und Wucherung. Diese wird begünstigt durch einen hohen Virulenzgrad, der den gewöhnlich im Mundsekret gefundenen Erregern nicht anhaftet, sondern nur besonderen Stämmen, wie sie auf den Schleimhäuten von Pneumonikern und bei Leuten aus deren Umgebung vorkommen. Kokkenträger spielen, ähnlich wie bei der Genickstarre, die Hauptrolle bei der Verbreitung. Dadurch wird es verständlich, daß es 1. endemische Herde von Pneumonie gibt; daß 2. die Häufigkeit pneumonischer Erkrankungen auch bei Erwachsenen bis zu einem gewissen Grade der Häufigkeit der akuten Infektionsfieber des Kindesalters parallel geht (Kruse); und daß 3. kleine Epidemien von Pneumonie auftreten, bei denen eine Übertragung von Person zu Person mit Bestimmtheit nachweisbar ist.

Die Bekämpfung kann daher nicht auf die Beseitigung der Erreger, sondern muß vorzugsweise auf Immunisierung und Serumtherapie hinausgehen. — Aktive Immunisierung bei Menschen erfolgt bis zu einem gewissen Grade durch das Überstehen einer Pneumonie; jedoch

ist der Schutz unsicher und von wechselnder Dauer. Mit dem Serum von Rekonvaleszenten sind bei Tieren Schutzwirkungen erreicht; angeblich soll dasselbe auch beim erkrankten Menschen zuweilen therapeutischen Erfolg gehabt haben. — Bei Tieren läßt sich durch Vorbehandlung zunächst mit abgetöteten Kulturen oder Kulturextrakten, schließlich mit hochvirulenten lebenden Kulturen aktive Immunisierung bewirken; auch Verwendung von sensibilisierten Kokken wird empfohlen. Das Serum solcher Tiere zeigt kein deutliches Antitoxin, auch wenig bakterizide Stoffe, dagegen Opsonine, die die Phagozytose erleichtern. Tiere lassen sich durch solches Serum schützen; bei Menschen scheint die Wirkung unsicher zu sein. Auch bei Ulcus corneae serpens sind die Heilerfolge zweifelhaft; dagegen ist die Schutzwirkung des Serums sogleich nach der Akquirierung von Verletzungen der Kornea anerkannt (Römer). Das Serum muß womöglich ein polyvalentes sein, ähnlich wie beim Streptokokkenserum. — Eine Art Agglutination kommt durch solches Serum zustande, wenn homogene Kulturaufschwemmungen in verdünntes Immunserum eingebracht werden, die Kokken bilden dann lange Ketten und verschlungene Knäuel. Die diagnostische Verwendbarkeit der Reaktion wird bestritten.

Die pyogenen Staphylokokken, Streptokokken und Lanzettkokken sind beim Menschen die häufigste Ursache von Eiterung, Septikämie und Pyämie. Eiterung kann im Experiment und ausnahmsweise auch beim Kranken ohne lebende Bakterien, z. B. durch freigewordene Toxine, bewirkt werden; in der Regel kommen aber nur lebende Erreger, außer den genannten Kokken gelegentlich auch andere Bakterien, z. B. Bac. coli, Micr. tetragenus usw. in Betracht.

Zu arger Verwirrung der ätiologischen Begriffe hat die Bezeichnung „Blutvergiftung“ für die mit hohem Fieber einhergehenden Allgemeinerkrankungen geführt, die sich oft an kleine und unscheinbare Verletzungen der Haut oder an Schleimhautwunden anschließen. Hier ist niemals das Eindringen eines Giftes von außen in den Körper beteiligt, wie z. B. giftige Farbe, Leichengift, Phosphor, Tinte usw., sondern diese Krankheitserscheinungen sind stets auf die Ansiedlung und Wucherung von lebenden Mikroorganismen zurückzuführen. Entweder können auf einer größeren Schleimhautwunde Bakterien sich ansiedeln, welche zwar nicht in das Blut des Wirts eindringen bzw. sich dort nicht vermehren können, welche aber durch Toxine den Körper schädigen (Toxämie). Oder es erfolgt von kleinsten Läsionen z. B. des Rachens, der Tonsillen aus, oder auch innerhalb einer Lymphdrüse, die vergeblich versucht hat, die Erreger aufzuhalten und zu vernichten, ein Einbruch von virulenten Bakterien in die Blutbahn; diese vermehren

sich dann im Blute und durchwuchern die Gefäße eines einzelnen Organs oder des ganzen Körpers in kurzer Zeit (Sepsis, Septikämie, hervorgerufen durch Streptokokken, Lanzettkokken, Pest-, Typhus-, Colibazillen u. a. m.). Findet bei der Vermehrung der Bakterien im Blut vorwiegend Bildung von Thromben und Metastasen statt, so bezeichnet man die resultierende Krankheit auch wohl als Pyämie.

Schließen sich diese Erkrankungen an eine äußere Verletzung an, so sind die Erreger häufig auf der Haut schon vorhanden, ehe die Verletzung erfolgt; oder die Erreger können, unabhängig von der Verletzung, erst nachträglich durch Berührung mit dem Finger, mit Speichel, Verbandszeug u. dgl. in die Wunde gelangen.

---

4. Micrococcus Gonorrhoeae (Gonococcus).

Regelmäßig im gonorrhoischen Sekret. Diplokokken und Kaffeebohnenform. Der Teilungsspalt nicht von geraden, sondern etwas ausgebuchteten Linien begrenzt. Nach Gram nicht färbbar. Liegen bei frischer Erkrankung in Haufen auf den Epithelien, in protrahierten Fällen fast nur extrazellulär, während der akuten Krankheitsperiode hauptsächlich in den polynukleären Leukozyten. Das gramnegative Verhalten unterscheidet den Gonococcus von ähnlichen Kokken, die in der normalen Harnröhre vorkommen, aber grampositiv sind (s. Anhang). — In künstlicher Kultur ziemlich schwierig zu züchten. Wächst nur bei 35 bis 37° auf Serumagar, der mit menschlichem Serum oder mit Schweineserum und Nutrose, oder mit Aszitesflüssigkeit bereitet ist. Häufige Überimpfung erforderlich. Resistenz, auch gegen Austrocknen, sehr gering.

Versuchstiere sind sämtlich für die Infektion unempfänglich; höchstens lassen sich gewisse Wirkungen (Infiltrationen und Nekrosen) durch die hitzebeständigen Endotoxine der Kokken erzielen. Beim Menschen auf verschiedenen Schleimhäuten wachstumsfähig, namentlich in der Urethra, im Rektum und bei jugendlichen Individuen in der Vagina und auf der Konjunktiva. Verbreitung durch den Blutstrom und Metastasenbildung (Endokarditis) wird beobachtet. — Übertragung der Krankheit fast nur durch direkte Berührung, vorzugsweise durch den Coitus. Zuweilen durch Handtücher, Wäsche, Schwämme, Badewasser (Epidemien in Kinderspitälern). Keine Immunität durch Überstehen der Krankheit; es kann sogar während einer chronischen Gonorrhoe eine neue akute erworben werden. Serum von aktiv immunisierten

Fig. 175. Micrococcus der Gonorrhoe. 800:1 (nach Bumm). *a* = frei liegende Kokken. *b* = Kokken in Eiterzellen. *c* = Epithelzelle mit Kokken.

Tieren kann die Giftwirkung bei Tieren aufheben, enthält spezifisches Agglutinin und komplementbindende Antikörper. Bei Erkrankten ohne Erfolg. Gegen Komplikationen bessere Resultate durch Wrightsche Vakzine. — Gegen die Blennorhoea neonatorum wird eine Prophylaxis durchgeführt, indem die Hebammen angewiesen sind, in allen irgendwie verdächtigen Fällen unmittelbar nach der Geburt einige Tropfen Höllensteinlösung (nach v. Herff besser das schonendere Silberpräparat Sophol) in den Konjunktivalsack der Neugeborenen einzuträufeln. — Über die bei „Einschlußblennorrhoeen" vorkommenden Körperchen s. unter „Trachom". — Bestimmungen des Preußischen Seuchengesetzes wie bei Syphilis (s. dort).

5. Micrococcus intracellularis meningitidis (Meningococcus).

Meningitis kann durch syphilitische und tuberkulöse Prozesse (Basilarmeningitis) entstehen, ferner durch Streptokokken und — relativ häufig — durch Lanzettkokken. Letztere Erkrankungen zeigen auch zuweilen eine Häufung, ohne daß indes eine wirkliche Epidemie sich entwickelt. Tritt Meningitis in stärkerer Verbreitung auf, so handelt es sich vielmehr fast immer um den Meningococcus als Krankheitserreger.

Ausgedehntere Epidemien sind 1854—1875 in Europa beobachtet; dann 1885 in der Rheinprovinz, in den folgenden Jahren namentlich in den Vereinigten Staaten; 1904—1905 kamen in dem Industriegebiet Oberschlesiens etwa 3000 Erkrankungen mit fast 2000 Todesfällen, 1906—1907 in den Reg.-Bez. Düsseldorf, Arnsberg usw. ähnlich zahlreiche Erkrankungen vor. Die Epidemien beginnen meist im zweiten Teil des Winters und erreichen im Frühling und Frühsommer ihren Höhepunkt. Vorwiegend wird die ärmere Bevölkerung befallen, und unter dieser namentlich Kinder.

Als bemerkenswerte Krankheitserscheinungen seien genannt: Rachenröte; hohes Fieber, heftiger bohrender Kopfschmerz, Genickstarre (Opisthotonus mit Steifheit der Nackenmuskeln), Erbrechen. Häufig Seh- und Gehörstörungen. Die Krankheit verläuft meist tödlich, zuweilen in wenigen Stunden; nach der Genesung hinterbleibt oft Erblindung oder Taubheit.

Die Erreger sind semmelförmige Doppelkokken, den Gonokokken sehr ähnlich; stets gramnegativ. Meist in Leukozyten eingelagert. — Züchtung gelingt nur bei 37° auf besonderen Nährböden, am besten auf Aszitesagar. Die Kolonien auf solchen Platten sind zart, schleierartig; bei 60facher Vergrößerung erscheinen die tiefliegenden Kolonien gelbbraun, oval und ganz grob granuliert, die oberflächlichen strukturlos, mit sehr feiner Granulierung; ältere Kolonien zeigen kristallinische Auflagerungen. Ein mikroskopisches Abstrichpräparat zeigt die Kokken in

ungleichmäßiger Verteilung und weist zahlreiche Verschiedenheiten der Einzelkokken in bezug auf Größe, Lagerung (oft zu vieren) und Färbbarkeit auf. — Eine sichere Unterscheidung der Kultur gegenüber ähnlichen im Rachenschleim und gelegentlich auch in den Meningen vorkommenden Kokken ist schwierig. In Betracht kommen namentlich der M. catarrhalis (s. unten), der Diploc. crassus (ein Teil der Kokken pflegt sich grampositiv, ein Teil negativ zu verhalten), der Diploc. flavus und die sog. S-Stämme. Eine gewisse Unterscheidung gewährt das Vergärungsvermögen gegenüber Kohlehydraten, auch die Löslichkeit durch gallensaure Salze. Zuverlässig gelingt sie indes nur durch agglutinierendes

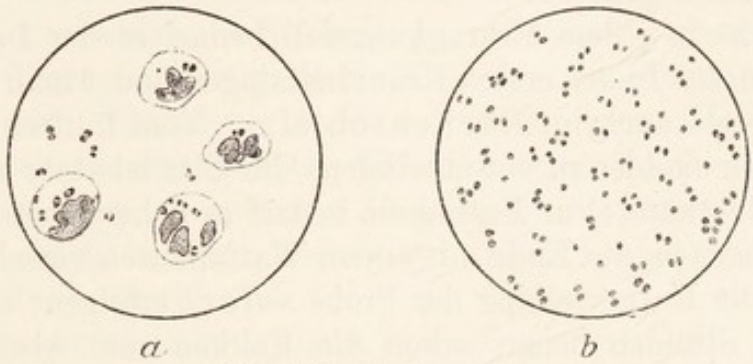


Fig. 176. Meningococcus.
a in Lumbalpunktionsflüssigkeit. *b* Reinkultur. 600:1.

Serum von mit Meningokokken vorbehandelten Tieren. Solches Serum agglutiniert Meningokokkenstämme nach 24 Stunden bei 55° in einer Verdünnung von 1:50 bis 1:200 und mehr; während Kulturen der ähnlichen Kokken höchstens in einer Verdünnung von 1:10 bis 1:20 agglutiniert werden. Auch spezifische Präzipitine sind diagnostisch verwertbar. — Die Kulturen sterben leicht ab und müssen oft frisch übertragen werden. Die Resistenz des Coccus ist überhaupt eine sehr geringe; Austrocknen, schwaches Erhitzen, desinfizierende Lösungen usw. töten ihn rasch ab.

Übertragung auf Versuchstiere ist nicht gelungen. Es tritt wohl eine Wirkung der Endotoxine zutage; nach längerer Behandlung mit steigenden Dosen gehen die Tiere oft marastisch zugrunde. Angeblich geglückte Übertragungen auf Ziegen usw. sind nicht mit Meningokokken, sondern mit grampositiven Kokken ausgeführt. Nur bei Mäusen scheinen manche Stämme nach längerer Kultur in Blutbouillon virulent zu sein.

Die Erreger finden sich im Eiter der Meningen. Bei der Sektion findet man im subarachnoidalen Raum des Gehirns und des Rückenmarks seröses, mit Eiterflocken durchmischtes Exsudat. Hier liefern manche, aber keineswegs alle Präparate, reichliche intrazelluläre, gramnegative Kokken. Indes ist die Untersuchung des Leichenmaterials unsicher. Wird die Sektion nicht kurz nach dem Tode ausgeführt, so sind die Meningokokken bereits zugrunde gegangen; und kurz vor dem Tode kommt es oft zur Einwanderung ähnlicher, schwer unterscheidbarer Kokken.

Am einfachsten gelingt der Nachweis mit Lumbalflüssigkeit, die dem Kranken intra vitam durch Quinckesche Lumbalpunktion entnommen ist (Einstich mittels Troikarts im 3. oder 4. Zwischenwirbelraum, in der Mittellinie oder etwas nach außen von dieser, zwischen zwei Dornfortsätzen; Kontrolle durch Manometer, daß der Überdruck nicht zu stark absinkt!). In den eitrigen Flocken dieser Flüssigkeit findet man oft reichliche gramnegative Meningokokken, zum großen Teil in die Leukozyten eingelagert; ein solcher mikroskopischer Befund sichert für sich allein die Diagnose. Sind die Kokken spärlich oder nur extrazellulär vorhanden, so ist Kultur anzulegen und diese durch Agglutination zu differenzieren.

Aber nicht in jedem Erkrankungsfall bedarf es der Lumbalflüssigkeit zur Diagnose. In den ersten Krankheitstagen findet man die Meningokokken fast stets auch im Rachenschleim. Vom fünften Krankheitstage ab pflegen sie hier zu verschwinden. Ihr Sitz ist stets an der oberen hinteren Rachenwand; zur Entnahme bedarf es daher einer rechtwinklig aufwärts gebogenen, am Ende mit einem Wattebausch versehenen Sonde. Ferner muß die Untersuchung der Probe sofort erfolgen; ein Transport von wenigen Stunden bringt schon die Kokken zum Absterben. Das mikroskopische Präparat ist in diesem Falle niemals beweisend; nur Kultur und Agglutinationsprobe kann gegen Verwechslung mit anderen, im Rachen stets vorhandenen ähnlichen Kokken schützen.

Ferner kann auch an einer Blutprobe des Kranken durch die höhere Meningokokken agglutinierende Fähigkeit des Serums die Diagnose gestellt werden (s. im Anhang). Jedoch bildet sich der höhere Agglutinationstiter des Blutes relativ spät aus, meist erst in der Rekonvaleszenz.

Verbreitungsweise der Krankheit. Da die Untersuchungen über den Meningococcus ergeben haben, daß derselbe sehr wenig resistent ist, durch Austrocknen und jeden Aufenthalt in der toten Umgebung rasch zugrunde geht, kann seine Verbreitung nur direkt von Mensch zu Mensch erfolgen. Beim Kranken ist aber die einzige mit außen kommunizierende Ansiedlungsstätte der Rachen; und an dieser Stelle verschwinden die Kokken relativ früh. Wichtiger für die Verbreitung der Seuche ist offenbar der Befund, daß im Rachen zahlreicher (bis zu 70%) gesunder Menschen aus der näheren Umgebung des Kranken Meningokokken in reichlicher Menge und während einer Zeit von etwa drei Wochen vorkommen; namentlich im Anfang der Epidemien werden häufig Träger gefunden, später seltener, vermutlich weil schon bei vielen die Erkrankung abgelaufen ist. Diese „Kokkenträger" zeigen entweder gar keine Krankheitserscheinungen oder nur die Symptome einer Pharyngitis. Zu Zeiten und in Gegenden, wo Genick-

starreerkrankungen fehlen, sind bei Massenuntersuchungen von Gesunden Meningokokken im Rachen sehr selten gefunden. Unter den „Trägern" verbreiten sich die Kokken anscheinend durch direkte Berührungen, oder durch beim Husten und Sprechen verspritzte Sekrettröpfchen, gemeinsames Eß- und Trinkgeschirr, Taschen- und Handtücher. Die Kokkenträger sind durch ihre große Zahl und durch ihren freien Verkehr viel mehr geeignet, die Erreger zu verbreiten als die Kranken. Durch sie erfolgt gewöhnlich die Einschleppung an einen neuen Ort, und ebenso die Ausbreitung innerhalb der Ortschaft. Aus der großen Zahl der Pharyngitiskranken werden stets nur wenige disponierte Individuen von Genickstarre befallen; anscheinend namentlich Kinder von sogen. lymphatischer Konstitution. — Auch die epidemiologischen Erhebungen stehen mit dieser hervorragenden Rolle der Pharyngitiskranken und Kokkenträger im Einklang. Der Meningitiskranke tritt als Zentrum für die Ausbreitung ganz zurück; Übertragungen von diesem auf Ärzte, Pflegerpersonal oder an anderen Krankheiten Leidende sind fast nie beobachtet. Auch in stark bewohnten Häusern und in kinderreichen Familien bleibt es gewöhnlich bei einer vereinzelten Erkrankung; ausnahmsweise gehäufte Fälle erklären sich aus einer zufällig vorhandenen ausgebreiteteren Disposition.

Für die Bekämpfung der Krankheit ist daher die Isolierung des Meningitiskranken ziemlich belanglos; von Desinfektion ist wenig zu erwarten, weil die Erreger sowieso schon in der äußeren Umgebung nicht haltbar sind. Trotzdem wird man, da die Ausstreuung von Erregern durch den Kranken immerhin möglich ist, für Absperrung Sorge tragen; und die Aufnahme ins Krankenhaus wird schon wegen der sachgemäßeren Pflege zu empfehlen sein. Hauptsächlich müssen aber die Kokkenträger berücksichtigt werden, zu denen jeder zu rechnen ist, der mit dem Kranken vor dessen Erkrankung oder mit anderen mutmaßlichen Kokkenträgern in nahem persönlichen Verkehr gestanden hat. Gurgelungen und Pinselungen sind bei der akuten und chronischen Pharyngitis bisher ohne Erfolg gewesen; Eingießen von Pyocyanase wird neuerdings gerühmt. Isolierung wäre das wünschenswerteste, ist aber selten durchführbar. Es bleibt daher nur übrig, daß die Kokkenträger durch geeignete Merkblätter zur Vorsicht im Verkehr mit anderen Menschen angehalten werden, und daß die übrige Bevölkerung auf die Gefahr, die von den Trägern ausgeht, hingewiesen wird. Schulkinder, die im Verdacht stehen, Kokkenträger zu sein, sollten drei Wochen vom Schulbesuch ferngehalten werden. — Vermutlich ist gegen Ende einer Epidemie die Zahl und namentlich die Virulenz der Kokken bei den Trägern eine geringere, so daß die Weiterverbreitung seltener erfolgt.

Eine Berücksichtigung der Disposition ist empfohlen in dem Sinne, daß Kinder mit geschwollenen Lymphdrüsen, hypertrophischer Rachentonsille usw. durch geeignete Behandlung möglichst von ihrer Disposition befreit werden. — Über Immunisierung von Tieren konnten mangels einer Empfänglichkeit gegenüber den Meningokokken Erfahrungen nicht gesammelt werden. Durch Vorbehandlung mit abgetöteten und lebenden Kulturen ist ein Serum hergestellt, das zu Agglutinationszwecken Verwendung findet. Dies Serum enthält aber auch lytische Ambozeptoren und Bakteriotropine, deren Menge durch den opsonischen Index bzw. durch Komplementbindung bestimmt wird, und bei Benutzung toxischer Stämme auch Antitoxine; mit solchem Serum scheinen in der Tat therapeutische Erfolge erzielt zu sein (Jochmann, Wassermann und Kolle, Kraus).

Das Preußische Seuchengesetz vom 28. August 1905 bzw. die zu diesem Gesetz erlassenen Ausführungsbestimmungen enthalten bezüglich der Anzeigepflicht bei Genickstarre nichts Besonderes. Beim Ermittelungsverfahren soll womöglich eine bakteriologische Untersuchung des Schleims aus dem Nasenrachenraum, des Blutes und des Liquor cerebrospinalis des Erkrankten veranlaßt werden. Die Schutzmaßregeln sind die S. 560 aufgeführten; speziell hervorgehoben ist, daß den Personen der Umgebung des Kranken angeraten werden soll, den Schleim aus dem Nasenrachenraum wiederholt bakteriologisch untersuchen zu lassen. Bei positivem Resultat sollen sie aufgefordert werden, sich in ärztliche Behandlung zu begeben, sowie ihre Wäsche und Gebrauchsgegenstände sorgfältig reinigen und desinfizieren zu lassen. Ferner sollen die Zöglinge von Pensionaten usw., in denen die Krankheit aufgetreten ist, täglich mehrmals Rachen und Nase mit einem desinfizierenden Mundwasser ausspülen. Bei der Desinfektion sollen besonders der Nasen- und Rachenschleim, sowie die Gurgelwässer des Kranken berücksichtigt werden. — Fast alle diese Maßregeln bieten keine entsprechende Hilfe; tatsächlich ist die Rachenschleimuntersuchung bisher meist erfolglos; wirksame desinfizierende Ausspülungen des Rachens sind ebenfalls bisher nicht bekannt.

---

6. Micrococcus catarrhalis, dem vorigen sehr ähnlich, auch oft in Leukozyten liegend, meist etwas größer; entschieden gramnegativ. Üppigeres Wachstum auf zucker- oder serumhaltigen Nährböden, als das der Meningokokken. Im Sekret der Luftwege, bei Coryza, Bronchitis, jedoch nicht so häufig, daß er als Erreger angesprochen werden könnte. — Nicht tierpathogen.

Fig. 177. Micrococcus tetragenus. Milzausstrich. 500:1.

7. Micrococcus tetragenus. Bildet Tafeln von zwei oder vier Kokken, die von einer nicht färbbaren Kapsel umschlossen sind. Grampositiv. Wächst leicht in milchweißen Auflagerungen auf Gelatine usw. Erzeugt Eiterung, bei weißen Hausmäusen (und bei Meerschweinchen) tödliche Sepsis, graue Hausmäuse und Feldmäuse sind immun. Im Sputum des Menschen (Kaverneninhalt) häufig.

8. Micrococcus Melitensis. Erreger des in den Mittelmeerländern und in Indien und China verbreiteten Maltafiebers, das durch mehrfach rezidi-

vierende Fieberperioden von 1—2 Wochen Dauer, durch allmähliche Anämie und Erschöpfung, heftige Neuralgien und Fehlen von Darmsymptomen gekennzeichnet ist. Bei der Sektion finden sich im Blut, namentlich in Milz und Leber, sehr kleine elliptische, unbewegliche, gramnegative Bakterien, nicht eigentlich Kokken, so daß die Bezeichnung „Bakterium Melitense" richtiger erscheint (Saisawa), die in künstlicher Kultur nur spärlich wachsen. Durch die Kulturen lassen sich bei Affen ähnliche Krankheitserscheinungen auslösen; ebenso bei Ziegen, die an der natürlichen Verbreitung der Krankheit sehr beteiligt sind, da z. B. auf Malta in 10% der Ziegenmilch der Erreger enthalten ist. Mehrfach sind im Laboratorium Übertragungen auf Menschen erfolgt. Die Invasion scheint sich von den Schleimhäuten oder von kleinsten Hautverletzungen aus zu vollziehen. — Durch Vorbehandlung von Tieren wird ein Serum gewonnen, dem angeblich therapeutische Erfolge zukommen. Außerdem enthält dasselbe spezifische Agglutinine und kann zur Verifizierung der Kulturen benutzt werden. Intra vitam ist bakteriologische Diagnostik möglich durch reichliche Blutaussaat auf Agarplatten oder durch Prüfung des Blutserum auf agglutinierende Fähigkeit (mindestens 1:500).

9. Bacillus anthracis (Milzbrandbazillus).

Findet sich bei den an Milzbrand erkrankten Menschen in dem Exkret des Karbunkels bzw. im Sputum oder in den Dejekten; bei an Milzbrand gefallenen Tieren im Blut namentlich der inneren Organe.

Stäbchen von 5—20 μ und 1—1·25 μ Breite; ohne Eigenbewegung. Grampositiv. Nach Alkoholfixierung der Präparate in den Fäden Lücken zwischen den einzelnen die Fäden zusammensetzenden Bazillen, und die Enden der Bazillen leicht verdickt (Bambusstäbe). Bei Organausstrichen lassen sich meist mittels einfacher Färbung ungefärbte Kapseln darstellen.

Fig. 178. Milzbrandbazillen. Mäuseblut (nach Koch). 700:1.

Fig. 179. Milzbrandbazillen. Meerschweinchenblut (nach Koch). 650:1.

Im lebenden Tierkörper und im uneröffneten Kadaver erfolgt nur fortgesetzte Vermehrung durch Teilung und höchstens Bildung von Scheinfäden. Nach Eröffnung eines Kadavers (Abziehen der Felle) kann an den Stellen, zu welchen der Luftsauerstoff Zutritt hat, und bei einer zwischen 16 und 42° liegenden Temperatur (am besten bei 25—30°), unter den gleichen Bedingungen auch in künstlichen Kulturen, Sporenbildung eintreten.

Die Bazillen wachsen dabei zunächst zu Fäden aus und in diesen bilden sich in perlschnurartiger Reihe glänzende Sporen (Fig. 180, 181), in jedem Bazillus eine Spore. Schließlich zerfällt der Faden, die Sporen werden frei und können unter günstigen Bedingungen wieder von neuem zu Bazillen auskeimen. — Unter gewissen Verhältnissen, z. B. geringem Karbolzusatz zum

Nährsubstrat, bilden sich asporogene Rassen aus. — Die Sporen zeigen erheblich größere Resistenz als die Bazillen, ertragen Dampf von 100° bis zu 15 Minuten; jedoch variieren sie hierin stark und es gibt Sporen, die nur 2 Minuten oder noch weniger Siedehitze vertragen.

Die Bazillen wachsen leicht auf Nährgelatine; sie bilden auf Platten nach 24—28 Stunden kleine weiße Pünktchen, welche sich bei 80facher Vergrößerung

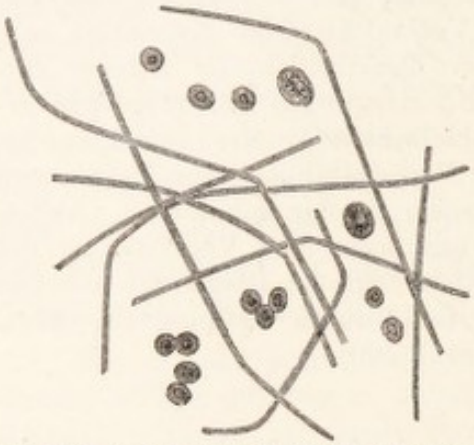


Fig. 180. Milzbrandfäden, drei Stunden alte Kultur von Meerschweinchenblut in humor aqueus (nach Koch). 650:1.

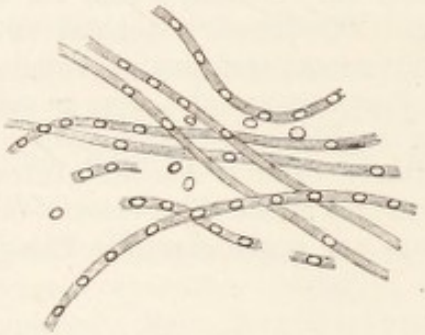


Fig. 181. Milzbrandfäden mit Sporen. 24stündige Kultur (nach Koch). 800:1.

als ein unregelmäßig konturiertes Knäuel aus gewellten Fadensträngen darstellen. Erreicht die Kolonie die Oberfläche, so treten die einzelnen lockigen Fadenstränge am Rande deutlicher hervor (Fig. 182) und wuchern auf weite Strecken über die Gelatine hin. Gleichzeitig tritt in der Umgebung der Kolonie langsame Verflüssigung ein. Dies mikroskopische Bild der Milzbrandkolonie ist so charakteristisch, daß dasselbe für die Diagnose verwertet werden kann. — Auf Kartoffeln wachsen die Bazillen in Form einer weißlichen Auflagerung; in Bouillon entstehen wolkige Massen am Boden des Gefäßes. — In Kulturen tritt meist Abnahme der Virulenz ein.

Fig. 182. Milzbrandkolonie. 60:1. Bei *a* der Rest der tiefliegenden Kolonie, *b* oberflächliche Ausbreitungen.

Impft man Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen die minimalsten Mengen einer Kultur in eine Hautwunde, so sterben sie nach 22 bzw. 40 bzw. 48 Stunden an Milzbrandsepsis. Nach dem Tode des Tieres findet man alle Kapillaren der Leber, Milz, Nieren, Lunge usw. wie austapeziert mit enormen Mengen von Milzbrandbazillen, so daß meistens Ausstrichpräparate, namentlich aus der Milz, schon mit Rücksicht auf die Masse gleichartiger Bazillen die Diagnose auf Milzbrand gestatten.

Auch auf größere Tiere, Rinder, Schafe, Pferde, Schweine, läßt sich Milzbrand leicht übertragen; Kaltblüter, Vögel sind nahezu immun; wenig empfänglich Hunde und gewisse Rassen von Hammeln. — Unter den genannten landwirtschaftlichen Nutztieren kommt es nicht selten zu ausgebreiteten Epizootien; gelegentlich auch unter Hirschen, Rehen und Hasen. Der Milzbrand verläuft bei den Tieren meist tödlich unter

den Erscheinungen allgemeiner Sepsis. Die Aufnahme der Erreger erfolgt entweder von Verletzungen der Haut (Stechfliegen, Wunden an den Extremitäten), oder häufiger vom Darm aus. Da die Erreger mit dem Kot und Harn in Menge ausgeschieden werden und auf den Weideplätzen leicht Sporen bilden, gelangen sie in widerstandsfähiger Form auf Futterkräuter, durch welche die Weidetiere sich infizieren. Durch Überschwemmungen kann sich die Krankheit von verseuchten Weideplätzen aus auf tiefer gelegene verbreiten. Auch von Verscharrungsplätzen für die Kadaver, wo eine Verunreinigung der Bodenoberfläche mit infektiösem Material und nachträgliche Sporenbildung leicht eintreten kann, sowie durch Überschwemmungswasser von Flüssen, an denen Gerbereien liegen, kann Verseuchung von Weideplätzen erfolgen.

Beim Menschen kommt die Infektion von der Haut, oder von der Lunge, oder vom Darm aus zustande. An Hautmilzbrand erkranken namentlich Viehknechte, Fleischer, Abdecker, Gerber; ferner Pinsel- und Bürstenmacher, Tapezierer usw., welche mit Haaren von milzbrandigen Tieren zu tun haben. Die Infektion erfolgt an Stellen, wo sich kleine Verletzungen finden, oft durch Kratzen mit infizierten Fingern (z. B. am Kopf), gelegentlich durch Insektenstiche (Schmeißfliegen). In diesen Fällen entstehen zunächst Milzbrandkarbunkel. — Viel seltener ist Lungenmilzbrand infolge von Einatmung von Milzbrandsporen; er ist hier und da bei Lumpensortierern, Roßhaararbeitern beobachtet (vgl. S. 508). Noch seltener kommt Darmmilzbrand durch Verzehren rohen infizierten Fleisches vor.

Die bakteriologische Diagnose kann selten aus dem mikroskopischen Präparat gestellt werden, da häufig saprophytische Bazillen von ähnlicher Form vorkommen. Sicherer ist es, mit Gewebssaft möglichst aus der Tiefe des Karbunkels (eventuell mit dem Sputum oder den blutigen Dejekten) Mäuse zu impfen, und außerdem — da die Mäuse auch an malignem Ödem zugrunde gehen und dann ein dem Milzbrand bis zu einem gewissen Grade ähnliches Bild aufweisen können — aërobe Kulturen, am besten Gelatineplatten, anzulegen. Für den Transport von Material empfehlen sich Gipsstäbchen, die mit Blut oder Gewebssaft imprägniert werden (gebrauchsfertig bei Lautenschläger, Berlin). — Zum Nachweis von Milzbrandsporen an Tierhaaren werden die Proben in ClNa-Lösung von 80° gründlich gewaschen, die Spülflüssigkeit nochmals auf 80° erhitzt, zentrifugiert, das Sediment mittels Kultur und Tierversuch geprüft. — Über die Präzipitinreaktion Ascolis s. S. 612.

Prophylaxe. Epizootien sind dadurch zu verhüten, daß die Anzeigepflicht, die für milzbrandverdächtige Erkrankungen besteht, streng gehandhabt wird. Milzbrandkadaver müssen mit allen Vorsichtsmaßregeln der Abdeckerei überwiesen (s. S. 431) oder 3 m tief (in dieser Tiefe ist die Temperatur so niedrig, daß Sporenbildung nicht mehr eintreten kann) verscharrt werden; die Bodenoberfläche an dem Verscharrungsplatz muß reichlich mit Kalkmilch begossen werden. Verseuchte Weide-

plätze sind zu meiden; Überflutungen mit verdächtigem Wasser (s. oben) tunlichst zu verhüten. — Um Milzbrandinfektion von Menschen zu hindern, müssen Fleischer, Abdecker usw. kleinste Verletzungen der Hände beachten und eventuell behandeln lassen. Gerber müssen gegenüber den sogenannten Wildhäuten (aus dem Ausland importierten Häuten) besonders vorsichtig sein. Zur Desinfektion solcher Häute hat sich die sog. Pickelflüssigkeit bewährt; 1 Kilo Häute wird für 24 Stunden in 10 Liter 1% Salzsäure + 10% Kochsalz eingelegt (Grassberger und Schattenfroh). Importierte Tierhaare sollen vor der Eröffnung der Ballen einer Dampfdesinfektion unterzogen werden, die aber vielfach entweder nicht tief genug eindringt oder die Ware unbrauchbar macht.

Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist bei landwirtschaftlichen Nutztieren von Toussaint und namentlich von Pasteur nach dem S. 625 beschriebenen Verfahren durchgeführt. Der Impfverlust durch individuell zu virulenten Impfstoff beträgt etwa 1 Promille; die Dauer des Schutzes 1 Jahr. In Frankreich werden nach diesem Verfahren jährlich etwa 300000 Schafe und 40000 Rinder geimpft. — Auch mit sog. Aggressin, keimfreiem Peritonealexsudat von Milzbrandtieren, hat Bail kräftige Immunisierung erzielt. — Durch fortgesetzte aktive Immunisierung wird von Rindern ein Serum gewonnen, das in Menge von 20—200 ccm Hammel, Rinder und Pferde gegen die Infektion für einige Wochen bis Monate schützen soll. Auch therapeutisch sollen mit diesem Serum bei erkrankten Tieren und Menschen Erfolge erzielt sein. — Das Serum enthält keine Agglutinine, keine deutlichen Bakteriolysine; wahrscheinlich spielen bei der Milzbrandimmunität Phagozytose und Bakteriotropine die Hauptrolle. — Sobernheim hat für Tiere kombinierte aktive und passive Immunisierung empfohlen; 5 ccm Serum und 0·5 ccm Vaccin II werden an beiden Halsseiten injiziert: Der Schutz tritt sofort ein und dauert mindestens 1 Jahr; die Impfverluste betrugen in Südamerika bei mehr als 200000 Impfungen nur 0·1‰. — Therapeutisch hat sich Salvarsan im Tierversuch und auch beim Menschen bewährt.

Das preußische Seuchengesetz schreibt Anzeigepflicht vor; die Ermittelung soll im Einvernehmen mit dem beamteten Tierarzt erfolgen; an Milzbrand erkrankte Personen sind abzusondern und erforderlichenfalls in ein Krankenhaus zu überführen. Im übrigen sind einige von den allgemeinen abweichende Anordnungen namentlich in §§ 7 und 18 der Ausführungsbestimmungen enthalten. Diese lauten:

§ 7. Die Ermittelungen sind auf die Art, den Stand und die Ursache der Krankheit zu erstrecken; auch ist eine bakteriologische Untersuchung der flüssigen Absonderungen aus dem Karbunkel, des Lungenauswurfes oder Darminhaltes, womöglich auch des Blutes des Erkrankten, zu veranlassen. Wenn irgend ausführbar, ist sofort am Orte ein Versuchstier (weiße Maus, Meerschweinchen) mit milzbrandverdächtigem Material zu impfen.

Der beamtete Arzt hat genau zu ermitteln, wie lange die verdächtigen Krankheitserscheinungen schon bestanden haben, sowie wo und wie sich der Kranke vermutlich angesteckt hat. Insbesondere ist im Einvernehmen mit dem beamteten Tierarzt nachzuforschen, ob der Kranke in den letzten 8 bis 14 Tagen vor Beginn der Erkrankung mit krankem oder gefallenem Vieh, insbesondere Schafen, Rindern, Pferden, Schweinen oder Wild in Berührung gekommen ist, ob er mit der Sortierung oder der Verarbeitung von Fellen, Roßhaaren, Schafwolle, Lumpen u. dgl. beschäftigt gewesen, und ob auf seiner Arbeitsstätte verdächtige Erkrankungen vorgekommen sind, bei Darmmilzbrand auch, ob er ungenügend gekochtes Fleisch von milzbrandverdächtigen Tieren genossen hat, woher diese Nahrungsmittel stammten, und ob in den betreffenden Ställen verdächtige Tiererkrankungen vorgekommen sind.

§ 18. Für Ortschaften und Bezirke, welche von Milzbrand befallen sind, können hinsichtlich der gewerbsmäßigen Herstellung, Behandlung und Aufbewahrung, sowie hinsichtlich des Vertriebes von Gegenständen, welche geeignet sind, die Krankheit zu verbreiten, eine gesundheitspolizeiliche Überwachung und die zur Verhütung der Verbreitung der Krankheit erforderlichen Maßregeln angeordnet, auch können Gegenstände der bezeichneten Art vorübergehend vom Gewerbebetriebe im Umherziehen ausgeschlossen werden.

Von den hierhergehörigen Betrieben kommen namentlich Abdeckereien, Schlächtereien, Gerbereien, Roßhaarspinnereien, Wollsortierereien, Bürsten- und Pinselfabriken, Lumpenhandlungen und Papierfabriken in Betracht.

10. Bacillus typhi abdominalis (Typhusbazillus).

Bei dem durch Schwellung und Geschwürsbildung in den Peyerschen Plaques und den solitären Follikeln des unteren Dünndarms, sowie durch Schwellung der Mesenterialdrüsen und der Milz charakterisierten Abdominaltyphus findet man bei der Sektion namentlich in Milz, Leber und Mesenterialdrüsen Typhusbazillen; während der Krankheit im Blut, in den Roseolen, seltener in den Dejekten und im Harn.

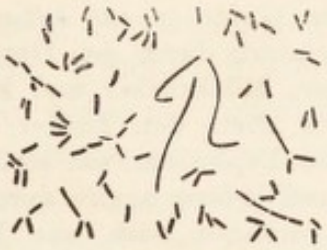


Fig. 183. Typhusbazillen aus Gelatinekultur (nach Loeffler). 600:1.

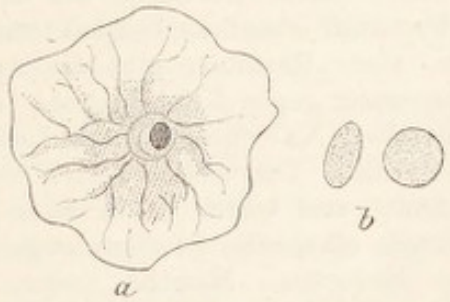


Fig. 184. Typhuskolonie. 60:1. *a* oberflächliche, *b* tiefliegende.

Die Typhusbazillen liegen auf Schnitten der Milz in kleinen Nestern außerhalb der Gefäße, von schmaler nekrotischer Zone umgeben. Sie erscheinen hier als kurze, plumpe, an den Enden abgerundete Stäbchen. In Kultur erscheinen sie je nach den Züchtungsbedingungen von verschiedener Länge und Dicke; oft bilden sie längere Fäden. Bei

der Färbung mit Anilinfarben bleiben zuweilen helle Lücken, die aber nicht als Sporen aufzufassen sind. Sie sind gramnegativ. Im hängenden Bouillontropfen zeigen sie lebhafte Eigenbewegung; durch die Geißelfärbung lassen sich an jungen Bazillen je 8—12 um die ganze Peripherie angeordnete lange Geißeln sichtbar machen. — Die Züchtung gelingt leicht auf den verschiedensten Nährsubstraten (auch bei schwach saurer Reaktion).

Auf Gelatineplatten erscheinen bei 60facher Vergrößerung die tiefliegenden, jüngsten Kolonien rund, oval oder wetzsteinförmig und von grüngelblicher Farbe. An der Oberfläche bilden sie dünne irisierende Häutchen, bei schwacher Vergrößerung von grauweißlicher Farbe, mit einem System von Furchen und Faltungen, die sich nach dem Rande zu verästeln (weinblattartige Zeichnung); nur in der Mitte pflegt noch ein Rest der tiefen Kolonie mit dunklerer Färbung hervorzutreten.

Im übrigen ist das Verhalten des Typhusbazillus in den Kultursubstraten hauptsächlich von dem Gesichtspunkte einer Trennung und Unterscheidung der Typhusbazillen von anderen ähnlichen Bakterien, namentlich Coli- und Aërogenesarten, studiert. Dazu eignet sich einmal die relative Unempfindlichkeit des Typhusbazillus gegen einige, die übrigen Bakterien und namentlich Coliarten stärker schädigende Mittel, Säure, Koffeïn, Kristallviolett, Malachitgrün, Galle; zweitens seine Abneigung gegen Assimilierung und Zerlegung von Kohlehydraten, so daß Milchzucker weder Säure noch Gas bildet, Traubenzucker und Mannit kein Gas und nur sehr wenig Säure.

Zu der ersten Gruppe von Verfahren gehört z. B. die Vorkultur des Materials in einer 3% Pepton, 0·6% Koffeïn und etwas Kristallviolett enthaltenden Flüssigkeit, in welcher die Colibakterien durch das Koffeïn viel stärker gehemmt werden als die Typhusbazillen (Ficker). Ferner die Vorkultur und weitere Züchtung auf Malachitgrünagar (Lentz, Löffler), da dieser Farbstoff ebenfalls Colibakterien erheblich stärker schädigt als Typhusbazillen. Gute Resultate gibt die Anreicherung in Galle (s. im Anhang). — Der Abneigung gegen Kohlehydrate trägt man Rechnung durch den Drigalski-Conradischen Nährboden, der Lackmus, Nutrose, Milchzucker und Kristallviolett enthält. Die Colibakterien verarbeiten vor allem den Zucker, produzieren Säure und bilden daher rote Kolonien; die Typhusbazillen stellen aus der Nutrose alkalische Stoffwechselprodukte her und liefern blaue tautropfenähnliche Kolonien. Manche andere Bakterien verhalten sich wie Typhus, sollen aber durch den Kristallviolettzusatz gehemmt werden. — Oder man verwendet den von Endo empfohlenen Fuchsinagar; derselbe wird mit alkoholischer Fuchsin- und mit Natriumsulfitlösung versetzt; nach dem Erkalten ist der Agar farblos, weil die Säurekomponente des Fuchsins durch das Sulfit reduziert ist. Colibakterien liefern durch ihre Herstellung neuer Säure Kolonien mit roten Zentren, während Typhuskolonien hell, glasig erscheinen.

Zur genaueren Differenzierung züchtet man die verdächtige Kultur noch auf Kartoffeln; Typhusbazillen wachsen in Form einer Haut, welche über die ganze Fläche sich hinzieht, aber kaum wahrnehmbar ist, weil sie die Farbe der gekochten Kartoffeln ungeändert läßt und nur einzelnen Stellen stärkeren

Glanz verleiht; ferner in Traubenzuckerbouillon (kein Gas); in Milch (keine Koagulation); in Bouillon oder Peptonlösung (kein Indol, Nachweis s. S. 531); in Neutralrotagar (keine Farbenveränderung); in Milchzucker-Nutrose-Lackmuslösung (unverändert); in Traubenzucker-Nutrose-Lackmuslösung (wird rot); in Lackmusmolke (geringe Umwandlung des violetten Tons in einen rötlichen); ferner in Langes polytropem Nährboden, der Nutrose, Milchzucker, Mannit, Lackmus und Neutralrot enthält und im Garkölbchen (s. S. 532) beimpft wird; Typhus gibt kein Gas, aber Trübung und Rosafärbung in beiden Schenkeln.

Als beste und feinste Differenzierungsverfahren kommen hinzu die Agglutinierbarkeit durch spezifisches Typhusserum, und die spezifische Auflösbarkeit der Typhusbazillen im Pfeifferschen Versuch (s. unten).

Die Resistenz des Typhusbazillus ist trotz des Fehlens von Sporen sehr erheblich. Austrocknen verträgt er für längere Zeit; er kann sogar mit etwas gröberen Stäubchen durch Luftströmungen transportiert werden (s. S. 97). In Wasser ist er, namentlich an Flußufern, im Schlamm usw. lange lebensfähig; auch in Konkurrenz mit zahlreichsten Saprophyten, im Dünger, in Ackererde kann er monatelang am Leben bleiben. Die üblichen desinfizierenden Lösungen müssen mindestens $^1/_2$ Stunde einwirken, Hitze von 50—60° 1 Stunde.

Übertragung auf die üblichen Versuchstiere ist nicht gelungen. Insbesondere sind Fütterungsversuche ergebnislos verlaufen. Bei subkutaner Injektion von Versuchstieren entsteht vorzugsweise Intoxikation durch Endotoxine; erhitzte Kulturen leisten annähernd das gleiche, filtrierte wirken nicht so stark, weil hauptsächlich Endotoxine in Frage kommen. Bei Injektion sehr großer Dosen lebender Kulturen kommt es vor dem Tode auch zu einer Vermehrung der Bazillen. Chantemesse will eine allmähliche Umwandlung in eine tiervirulente Varietät beobachtet haben, so daß schließlich selbst per os Infektion eintritt. Nach Metschnikoff gelingt dagegen eine Erzeugung von wirklichem Ileotyphus per os nur bei anthropoiden Affen.

Beim Menschen sind absichtliche Übertragungen der Kultur per os nicht versucht; unfreiwillige Laboratoriumsinfektionen sind aber in größerer Zahl vorgekommen, auch solche, bei denen Infektion auf anderem Wege sicher auszuschließen war. — Subkutane Injektionen abgetöteter Kulturen sind beim Menschen vielfach vorgenommen zum Zweck aktiver Immunisierung (s. unten).

Verbreitungsweise und Bekämpfung. Obwohl der Abdominaltyphus in Preußen nur mit 1—2 Todesfällen auf 10000 Lebende beteiligt ist, so ist doch das gelegentliche Auftreten der Krankheit in Epidemien geeignet, große Beunruhigung in der Bevölkerung hervorzurufen. Energische Bekämpfung ist daher unerläßlich.

Als Infektionsquellen kommen die Dejektionen und der Harn des Kranken (selten das Sputum) in Betracht, und zwar vor allem in

den ersten gar nicht in ärztliche Behandlung gelangenden Stadien, ferner von leicht Kranken (Kinder!), die oft erst nach Wochen oder überhaupt nicht bettlägerig sind, drittens von sog. „Typhusträgern", entweder Rekonvaleszenten, die in ihren Dejekten und im Harn noch nach Monaten und Jahren Typhusbazillen ausscheiden oder unempfänglichen infizierten Individuen, die nicht erkranken, in denen aber die Typhusbazillen sich gleichwohl längere Zeit aufhalten. Bei größeren Enqueten haben 2—3% der Typhusrekonvaleszenten noch längere Zeit, die Hälfte von diesen über 3 Monate („Dauerausscheider") Typhusbazillen in den Dejekten gehabt. Auffällig viel Träger findet man in Irrenanstalten (1% der Insassen). Unter den Dauerausscheidern finden sich vorwiegend ältere Frauen, während die Zahl der Träger sich auf beide Geschlechter und alte und junge Individuen ziemlich gleich verteilt. Bei den Dauerausscheidern sind meist frühere Erkrankungen der Gallenwege, Gallensteine usw. zu konstatieren; der Vegetationsort der Bazillen scheint meist die Gallenblase zu sein. Die Virulenz der von Trägern ausgeschiedenen Bazillen geht aus nachgewiesenen Übertragungen unzweifelhaft hervor. Therapeutische Maßnahmen zur Beseitigung der Bazillen, auch operative Entfernung der Gallensteine, waren bisher ohne recht befriedigendes Ergebnis.

Da die Typhusbazillen sowohl im trockenen Zustande wie namentlich auch in flüssigen Substraten in Gemeinschaft mit Saprophyten mehrere Monate lebensfähig bleiben, erstrecken sich die Infektionsquellen erheblich weiter als z. B. bei der Cholera; nicht nur Wäsche, Kleider (Beinkleider) usw. können infektiös sein, sondern auch der Tonnen- und Grubeninhalt, in welchen Typhusinjektionen gelangt sind, die Bodenoberfläche, Rinnsteine, Ackererde usw. Von der Bodenoberfläche aus oder durch das Spülwasser der Wäsche können die Bazillen ferner in Schachtbrunnen geraten und das Trinkwasser infizieren; noch leichter erfolgt diese Infektion, wenn das Trink- und Brauchwasser aus einem Flusse bezogen wird, welcher die Abwässer aus Wohnungen oder von Schiffern aufnimmt. — Ferner können Teilchen der Dejekte durch Kontakte oder durch infiziertes Wasser auf Nahrungsmittel gelangen; z. B. in Milch durch Hantierungen oder durch das zum Reinigen benutzte Wasser, auf Gemüse wiederum durch Hantierungen oder durch Besprengen mit infiziertem Wasser; auch Fliegen können dabei eine wichtige Rolle spielen. In den meisten Fällen gehen erfahrungsgemäß die Infektionen der Milch und sonstigen Nahrungsmittel von Dauerausscheidern aus.

Als Transportwege fungieren zunächst Berührungen von Infektionsquellen einerseits, des Mundes andererseits. Bei Wärtern und Angehörigen bestehen erhebliche Chancen für diesen Infektionsmodus;

man beobachtet infolgedessen nicht selten, daß das Wartepersonal der Typhusstation in Hospitälern und ebenso die Wäscherinnen, welche die Wäsche der Typhuskranken zu besorgen haben, infiziert werden. Kommen solche Fälle schon bei einem geschulten Personal und in gut eingerichteten Krankenhäusern vor, so ist kein Zweifel, daß in Privatquartieren diese Art der Übertragung außerordentlich viel häufiger sich ereignen und geradezu einen erheblichen Prozentsatz der Infektionen veranlassen wird. Bei dichter Bewohnung, schlechter Entfernung der Abfallstoffe, Verunreinigung der Bodenoberfläche in der Nähe der Wohnung können sich sehr umfangreiche, rasch ansteigende Kontaktepidemien entwickeln, die dem Verlauf von Wasserepidemien ähnlich sind. — Besonders leicht gehen infizierende Kontakte aus von Trägern und Dauerausscheidern. Köchinnen sind auf Grund zahlreicher Feststellungen eine große Gefahr für die Familien, bei denen sie tätig sind. Auch Krankenschwestern, die häufig in Ausübung ihres Berufs einen Typhus durchgemacht haben, können als Dauerausscheider zahlreiche ihrer Pflege überantwortete Menschen infizieren.

Bei einer zweiten Kategorie von Epidemien werden die Typhusbazillen übertragen durch ein vielen Menschen gemeinsames Vehikel, namentlich Nahrungsmittel. Nur roh genossene kommen in Betracht, an denen Teilchen von gedüngtem Boden haften oder die mit infiziertem Wasser in Berührung gekommen sind; in erster Linie Salat und Erdbeeren (in Italien häufig), ferner Radiese, Austern. Durch diese Nahrungsmittel kommen gelegentlich wohl auch größere Ziffern von Erkrankungen vor, aber plötzliche größere Epidemien sind fast stets zurückzuführen auf Trinkwasser oder Milch von Sammelmolkereien. Werden zentrale Wasserleitungen infiziert, wozu wiederum Flußwasserleitungen besonders disponiert sind, so können gleichzeitige Masseninfektionen von enormem Umfang entstehen (Liegnitz, Gelsenkirchen). Oft werden kleinere, scharf begrenzte Gruppenerkrankungen beobachtet, bei welchen konstatiert ist, daß alle Erkrankten aus dem gleichen, gegen verdächtige Einflüsse nicht genügend geschützten Brunnen getrunken hatten. Nicht selten kommt es zur Infektion bisher unverdächtiger Brunnen und Quellen durch abnorm starke Niederschläge, Schneeschmelze, Überschwemmungen, welche ein Einsickern von Oberflächenwasser bewirken. — Ganz ähnliche Verhältnisse werden durch Infektion der Milch an einer Zentralstelle bewirkt. Versorgungsbereich der Molkerei bzw. der Verkaufsstelle und Ausbreitungsgebiet des Typhus decken sich bei solchen Epidemien oft auf das genaueste. — An die steil aufsteigende Kurve der durch Wasser oder Milch verursachten Erkrankungen schließt sich nach Ablauf von etwa 2 bis

4 Wochen meist eine neue Erhebung der Kurve an, die durch Kontakte von den zahlreichen Ersterkrankten aus verursacht ist.

Bei vielen Ärzten und Laien besteht die Neigung, alle Typhusinfektionen ohne weiteres auf Rechnung des Wassers zu setzen. Soll dies bewiesen werden, so sucht man entweder zu zeigen, daß die am Typhus Erkrankten ihr Wasser sämtlich aus einem bestimmten Brunnen bezogen haben und daß sonst nichts den Kranken Gemeinsames und der Infektion Verdächtiges vorgelegen hat; also die Übereinstimmung der lokalen Begrenzung der Epidemie mit der lokalen Begrenzung des Versorgungsbereichs des Brunnens bildet das Argument. Dieser Beweis ist aber schon deshalb nicht immer fehlerfrei, weil man dabei auf die Aussagen zahlreicher Menschen angewiesen ist, die gewöhnlich derartigen Erhebungen ein großes Mißtrauen entgegenbringen und oft nicht die Wahrheit sagen. Namentlich aber würde es völlig unrichtig sein, wollte man sich etwa nur auf die Aussagen der Erkrankten beschränken. Ist der Versorgungsbereich des Brunnens sehr groß, haben z. B. 500 Menschen daraus getrunken und 3 oder 4 sind erkrankt, so spricht das noch nicht für Infektiosität des Wassers, die vielleicht durch ausschließliches Befragen der Erkrankten wahrscheinlich geworden wäre. — Eine andere Art der Beweisführung stützt sich darauf, daß der verdächtige Brunnen geschlossen wurde und daß dann nach einiger Zeit die Epidemie aufhörte. Da wir aber wissen, daß die Typhusepidemien fast stets einen zeitlich begrenzten Verlauf haben, auch ohne daß irgend etwas am Brunnen geschieht, und da sehr häufig die Schließung des Brunnens erst nach längerer Dauer der Epidemie zur Ausführung gelangt, zu einer Zeit, wo auch ohne jeden Eingriff ein Aufhören der Epidemie wahrscheinlich war, so ist es keineswegs ohne weiteres zulässig, in dem Brunnenschluß den Grund für die Beseitigung der Infektionsquelle zu erblicken.

Diese Skepsis, die für die wissenschaftliche Beweisführung unerläßlich ist, darf natürlich nicht hindern, daß in der Praxis jeder Brunnen als verdächtig bezeichnet und einstweilen geschlossen wird, in den möglicherweise infektiöse Abwasser gelangen können. Tatsächlich gelingt eine sichere Aufklärung der Ätiologie beim Typhus schon wegen der langen Inkubationszeit (2—4 Wochen) nur in etwa 50% der Fälle; und von den aufgeklärten Epidemien sind 70% auf Kontakte, der Rest auf Wasser und Milch bzw. andere Nahrungsmittel etwa zu gleichen Teilen zurückzuführen.

Die individuelle Disposition scheint ähnlich wie bei der Cholera von großer Bedeutung zu sein. Sie ist zwischen dem 15. und 30. Lebensjahre am größten. Gastrizismen, Obstipation befördern anscheinend die Entstehung der Krankheit; Gemütsbewegungen wohl nur insofern, als sie leicht zu Gastrizismen und zu großer Sorglosigkeit in der Nahrungsaufnahme führen. — Nach einmaligem Überstehen der Krankheit bleibt eine Immunität gewöhnlich für lange Zeit zurück; zuweilen sind Rezidive nach 5—10 Jahren beobachtet.

Eine ausgesprochene örtliche Disposition zeigt der Abdominaltyphus insofern nicht, als immune Länder nicht existieren. In Island, Finnland, Mittel- und Südeuropa, Indien, Kochinchina, China, Australien, Kapland, Nord-, Mittel- und Südamerika kommt Abdominaltyphus in großer Ausdehnung vor. Länder, die man früher wohl für immun gehalten hat, wie Indien, Algier, haben seither schwere Typhusepidemien durchgemacht. — Eine vermeintliche

Immunität einzelner Städte besteht immer nur für einige Jahre; wir sehen, daß gerade der Abdominaltyphus ungemein starke Schwankungen der Frequenz an demselben Orte zeigt und daß Perioden größerer und geringerer Typhusmortalität abwechseln. Diese Schwankungen erschweren die Vergleichung verschiedener Städte bedeutend und lassen eine solche nur innerhalb sehr langer Zeiträume zulässig erscheinen. Übrigens sind gewisse Differenzen der örtlichen Frequenz auch nach Stadtgegenden selbstverständlich, da je nach der Wohlhabenheit, Wohndichtigkeit, nach der Art des Wasserbezugs, der Entfernung der Abfallstoffe usw. die Infektionsgelegenheiten erheblich variieren. — Typhushäuser sind entweder solche, welche eine dichtgedrängte, ärmere und vielfach wechselnde Bevölkerung enthalten; oder wo Defekte in der Wasserversorgung und Entfernung der Abfallstoffe vorliegen; oder wo zufällig sog. „Dauerausscheider" (s. oben) ihre Wohnung haben.

Auch eine deutliche zeitliche Disposition macht sich beim Auftreten des Abdominaltyphus nicht überall bemerkbar. Die für ganze Länder erhobenen Zahlen zeigen so gut wie keine jahreszeitliche Schwankung. In der Mehrzahl der Städte zeigt sich aber eine Steigerung der Typhusfälle im Herbst; in München und Prag liegt die Akme im Winter. Die Steigerung der Frequenz im Herbst ist dem Abdominaltyphus mit den verschiedensten Erkrankungen der Verdauungsorgane gemeinsam und vermutlich zum Teil auf die gesteigerte Disposition zu allen Verdauungskrankheiten zurückzuführen. Auch die in dieser Jahreszeit besonders starke Verunreinigung der Bodenoberfläche mit infektiösen Keimen, sowie Gebräuche bei der Feld- und Gartenarbeit, das Aufbringen des Düngers und das Einholen der Gemüse mögen von gewissem Einfluß auf die herbstliche Akme sein.

Nach v. Pettenkofer ist die Typhusfrequenz in vielen Städten vom Grundwasserstande abhängig. In der Tat ist in München, Salzburg, Frankfurt a. M., Berlin usw. regelmäßig ein Zusammenfallen der höchsten Frequenz mit dem Absinken des Grundwassers beobachtet, und diese Koinzidenz ist um so auffallender, als sie an einigen Orten unbekümmert um die Jahreszeit auftritt; in Berlin im Spätsommer und Herbst, in München im Winter. S. 124 ist dargelegt, weshalb trotzdem die von v Pettenkofer gezogenen Folgerungen einer bedeutungsvollen Rolle des tieferen Bodens und des Grundwassers nicht als richtig anerkannt werden können. Vielmehr verweist uns dieser Zusammenhang lediglich auf eine gewisse Bedeutung der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, wenn nicht die eigentümliche Koinzidenz in völlig anderer Weise durch abweichende Sitten und Gebräuche ihre schließliche Erklärung findet.

Vor allem würde es aber durchaus unrichtig sein, wenn man den Schluß ziehen wollte, daß die gesamten Typhusfälle vom Grundwasserstande abhängig seien. Die Steigerung, welche die Zahl der Typhusfälle in dem Quartal mit niedrigstem Grundwasserstand über die durchschnittliche Zahl der anderen Quartale erfährt, beträgt nur 10—20% der gesamten Typhusfälle (in Berlin 17%). Liegt wirklich in dem Sinken des Grundwassers ein die Ausbreitung des Typhus begünstigendes Moment, so wirkt dasselbe demnach jedenfalls nur auf einen kleinen Bruchteil aller Typhusfälle, und der ganze große Rest kommt auch ohne diese Mitwirkung und trotz Ansteigens und Hochstandes des Grundwassers zustande.

Die Bekämpfung des Typhus muß damit einsetzen, daß bei den unter verdächtigen Erscheinungen Erkrankten die Diagnose

gesichert wird. Auf Grund klinischer Symptome kann dies häufig nicht geschehen; namentlich nicht bei leichten Erkrankungen und bei abnormem Verlauf des Typhus. Hier muß die bakteriologische und serologische Untersuchung zur Hilfe herangezogen werden (Genaueres s. im Anhang).

Bakteriologisch gelingt die Diagnose am sichersten durch Kultur der Bazillen aus größeren Blutmengen, der Armvene entnommen, oder auch mit Blut und Gewebssaft aus Roseolaflecken; oder durch Züchtung aus den Dejekten oder aus dem (trüben) Harn (s. im Anhang). Mit den letztgenannten Methoden gelingt der Nachweis der Typhusbazillen bei Rekonvaleszenten höchstens in 30% der Fälle, bei Kranken etwas häufiger.

Die serologische Untersuchung erfolgt am einfachsten und häufigsten durch die Widalsche Probe auf die agglutinierende Fähigkeit des Serums des Erkrankten (Genaueres s. im Anhang). Ist das Resultat bei 1:50 schon negativ, so ist noch nicht zu folgern, daß kein Typhus vorliegt; die spezifischen Agglutinine werden meist erst am 7. bis 10. Krankheitstage, zuweilen noch später, gebildet. Es muß dann womöglich wiederholte Untersuchung vorgenommen werden. — Ist das Resultat bei 1:75 und 1:100 positiv, darüber hinaus negativ, so ist zu bedenken, daß diese Steigerung des normalen Wertes auch bei anderen Erkrankungen (Ikterus, Pneumonie) vorkommen kann; ferner bei Menschen, welche (leichten) Typhus vor weniger als Jahresfrist durchgemacht haben. Außerdem ist es möglich, daß ein Wert von 1:100 nur durch Mitagglutination bedingt ist, während die verwandten Erreger des Paratyphus und der Fleischvergiftung viel höher agglutiniert werden; letzteres ist durch besonderen Versuch zu entscheiden. Agglutination in stärkerer Verdünnung als 1:100 spricht entschieden für Typhus.

Von Chantemesse ist eine „Ophthalmoreaktion" zur Diagnose empfohlen. Von einer sehr verdünnten Lösung von Typhustoxin (Kulturextrakt mit Alkohol gefällt usw.) wird ein Tropfen in das untere Augenlid eingeträufelt. Bei Gesunden soll eine nach 4—5 Stunden verschwindende leichte Conjunctivitis auftreten, bei Typhuskranken eine viel heftigere, die bis zum folgenden Tage andauert.

Sehr wichtig ist es, durch vorstehende Untersuchungen Anfangsstadien, leichte, ambulante Fälle, die namentlich bei Kindern viel häufiger vorkommen, als man früher gedacht hatte, sowie Typhusträger und Dauerausscheider aufzufinden.

Nach der Sicherung der Diagnose und der polizeilichen Meldung muß die Isolierung des Erkrankten erfolgen. Da zweifellos der Kranke das Zentrum der Ausbreitung der Krankheit ist, sind Vorsichtsmaßregeln gegen ein Verschleppen des Kontagiums unerläßlich. In dichtbewohnten Häusern und bei der ärmeren Bevölkerung pflegen die hierzu erforderlichen Maßnahmen (s. S. 582) in den Wohnungen der Kranken nicht durchführbar zu sein; hier empfiehlt sich vielmehr die Überführung der Kranken in ein Krankenhaus. In diesem soll derselbe womöglich verbleiben, bis er keine Typhusbazillen mehr ausscheidet. Besondere Vorsicht ist auch anzuwenden, wenn die Erkrankung

in einem Betriebe vorkommt, in welchem eine Infektion von Nahrungsmitteln möglich ist. — In jedem Falle ist für geschultes Pflegepersonal und für sorgfältige Desinfektion während der Krankheit zu sorgen; nach Ablauf der Krankheit hat die übliche Schlußdesinfektion zu erfolgen. — Von Anfang an sind die Angehörigen des Kranken, besonders Schulkinder in zwangloser Weise zu überwachen und im Verdachtsfall bakteriologisch zu untersuchen. — Sehr schwierig ist das Vorgehen gegen die Bazillenträger. Dieselben können nicht für Jahre in ihrer Freiheit beschränkt werden; es bleibt daher nur übrig, die Träger auf die Gefahr, die sie anderen Menschen bringen können, hinzuweisen und sie tunlichst zu Desinfektion ihrer Dejekte und namentlich zur Reinigung und Desinfektion ihrer Hände anzuhalten.

Ein völliges Tilgen des Typhus wird von diesen gegen die vom Erkrankten ausgehende Gefahr gerichteten Maßnahmen nicht zu erwarten sein. Ein Teil der Erkrankungen wird stets unerkannt bleiben; zu schroffes Vorgehen würde nur die Verheimlichung begünstigen. Stets kommen außerdem neue Einschleppungen an einem Ort dadurch zustande, daß bereits infizierte Fremde zureisen oder daß Einheimische auf Reisen sich die Infektion zuziehen; sind solche erste Fälle leicht oder atypisch, so werden sie nicht erkannt oder erst, nachdem längst weitere Ausstreuung stattgefunden hat. Gegenden mit stark fluktuierender Bevölkerung, Industriezentren, Zeiten, wo die sogenannten Sachsengänger ziehen oder wo Wallfahrten, Messen u. dgl. stattfinden, sind besonders gefährlich. — Ist eine Gegend stark verseucht gewesen, so folgen Jahre geringer Typhusfrequenz, weil es an disponierten Individuen fehlt. Nur Kinder und neu Zuziehende können erkranken; letztere um so leichter, als zahlreiche Dauerausscheider für Verbreitung des Kontagiums sorgen. Eine zurzeit geringe Typhusfrequenz spricht daher nicht ohne weiteres dafür, daß das Gebiet wenig Infektionsgefahr bietet.

Von größter Wichtigkeit ist es, daß man versucht, die plötzlichen Explosionen zu vermeiden, die hauptsächlich Schaden verursachen und Besorgnis erregen. Dies gelingt durch Verbesserung der Wasserversorgung und der Entfernung der Abfallstoffe in der Weise, wie es im 4. und 7. Kapitel beschrieben ist. Zweifellos haben viele Städte allein durch derartige Einrichtungen sich ein Freisein von epidemischen Ausbrüchen des Typhus verschafft. — Aber auch eine Einschränkung der Kontaktinfektionen gelingt zweifellos durch diese hygienischen Maßnahmen. Namentlich auf dem Lande und in den durch Entwickelung der Industrie plötzlich zu großer Bevölkerungsdichtigkeit gelangten Gegenden ist die Anlage gut gedeckter

Abortgruben, die Pflasterung und Entwässerung der Höfe, die Reinlichkeit in der Umgebung des Hauses und auf der Straße ein wichtiges Mittel, um die jetzt noch vielfach übliche Ausstreuung von Kontagium zu verhüten.

Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist prophylaktisch bei englischen in Indien, Ägypten und Südafrika stehenden und der Typhusinfektion stark ausgesetzten Truppenteilen, bei einem Teil der deutschen nach Südafrika geschickten Truppen und im Heere der Vereinigten Staaten von Nordamerika versucht.

Die Herstellung des Impfstoffes erfolgte ursprünglich (1896) nach den Angaben von Pfeiffer und Kolle durch Erhitzen von Agarkulturaufschwemmung in Kochsalzlösung $1^1/_2$ Stunden auf 60°. Später sind viele Modifikationen probiert: von Neisser-Shiga und von Wassermann Autolysate; von Brieger und von Levy Schüttelextrakte; beiden wird vorgeworfen, daß die Impfstoffe nicht gleichmäßig genug ausfallen. Dasselbe gilt von dem Vincentschen (Autolysat, mit Äther abgetötet, polyvalent) und dem Besredkaschen Vaccin (sensibilisierte Bazillen). Letzterer kann auch zur Entstehung von Typhusträgern Anlaß geben. Castellani hat Impfung zuerst mit abgetöteten, dann mit lebenden Bazillen empfohlen; ebenfalls gefährlich und zu unsicher. — Von Wright und Leishmann in England und von Russell in den Vereinigten Staaten ist Erhitzung der Bazillen bei möglichst niedriger Temperatur empfohlen, um die lokalen Reaktionserscheinungen zu verringern; auch Fornet betont, daß keine Abbauprodukte von Eiweißstoffen vorhanden sein dürfen und entfernt letztere durch Dialyse vor dem Erhitzen.

Die besten Resultate sind bisher erzielt mit Bazillen, die 1 Stunde auf 53° erhitzt waren. Die Kulturmasse von zehn 24 Stunden alten Agarkulturen (1 Schrägagarkultur = 10 Ösen à 2 mg) wird mit je 4·5 ccm steriler Kochsalzlösung abgeschwemmt, durch Gaze filtriert, $1^1/_2$ Stunden auf 53° erhitzt und zu den 45 ccm Flüssigkeit 5 ccm einer 5%igen Karbollösung zugesetzt. Proben müssen völlige Sterilität ergeben. — Die Einspritzungen erfolgen oberhalb der linken Brustwarze, nachmittags. Bei der ersten Einspritzung 0·5 ccm; nach 7 Tagen zweite und nach abermals 7 Tagen dritte Injektion von je 1 ccm. Danach tritt Frösteln, Unbehagen, Schmerz an der Impfstelle ein, die Temperatur erhebt sich meist bis auf 38·5°. Nach 48 Stunden normales Befinden. Das Serum zeigt nach 11 Tagen einen Agglutinationstiter von 1:500, einen bakteriolytischen Titer von 0·01 und weniger (d. h. ein Zentigramm schützt ein Meerschweinchen von 250 g gegen 1 Öse oder 2 mg lebender virulenter 20stündiger Agarkultur in 1 ccm Bouillon).

Die Erfolge sind — wie meist bei Schutzimpfungen mit abgetöteten Erregern — keine absoluten. Erkrankungen und auch Todesfälle an Typhus unter den Geimpften kommen vor. Aber es scheint, als ob beide doch eine beträchtliche Abnahme im Vergleich zu den Nichtgeimpften aufweisen, soweit die schwierig in fehlerfreier Weise anzustellende Statistik solche Folgerungen zuläßt. — Daß trotz des hohen bakteriolytischen Titers des Blutes noch Empfänglichkeit bestehen kann, darf, wie schon S. 601 betont wurde, nicht wundernehmen, da das Wesentliche für die Immunität nicht der Titer des Blutes, sondern die Sensi-

bilisierung der Immunstoffe bildenden Organe ist. Nach Metschnikoff erkranken Affen trotz Schutzimpfung (angeblich mit alleiniger Ausnahme der Besredkaschen) und trotz reichlicher Bakteriolysine ebenso wie nicht vorbehandelte Tiere. — Die Dauer des Schutzes soll im Mittel ein Jahr betragen. Auch therapeutisch sind, um die Bildung der Immunstoffe kräftig anzuregen, während der Krankheit wiederholte kleine Injektionen von abgetöteten Typhusbazillen (eventuell mit Beigabe von Immunserum) versucht. Einige andere Bakterien (Pyocyaneus) sollen den gleichen Reiz ausüben.

Bei Tieren (Ziegen, Hammeln usw.) ist hochgradige Immunisierung erreicht durch subkutane oder intravenöse Injektion erst abgetöteter, dann lebender Bazillen in steigender Dosis. Der Agglutinationstiter erreicht leicht 1 : 1000—1 : 5000, der bakteriolytische 0·001 und weniger. Versuche, diese Sera, die zu diagnostischen Zwecken vorzügliche Dienste leisten, auch zur Serumtherapie auszunutzen, sind meist fehlgeschlagen; man fürchtet von ihnen sogar eine ungünstige Wirkung, insofern die Auflösung von Typhusbazillen durch das Serum ein schädigendes Freiwerden von Toxinen im Körper veranlassen könnte. Auch möglichste Aufschließung der Endotoxine und Herstellung eines mehr antitoxischen Serums für therapeutische Zwecke ist versucht (Mac Fadyan; Chantemesse; Conradi, Jeź). Die Erfolge scheinen aber bei allen Verfahren noch zweifelhaft zu sein.

Preußisches Seuchengesetz: Anzeigepflicht wie S. 559; Ermittelung: bei Typhus und Typhusverdacht bakteriologische Untersuchung der Ausleerungen (Kot und Harn) sowie womöglich des Blutes (Agglutination). Auch bei Typhusverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden, insoweit der beamtete Arzt dies zur Feststellung der Krankheit für erforderlich hält, in der Regel aber nur dann, wenn die bakteriologische Untersuchung der Absonderungen und des Blutes dazu nicht ausreicht oder nicht ausführbar ist. Maßregeln sind zu treffen, „wenn der Ausbruch des Typhus festgestellt oder der Verdacht der Krankheit begründet ist". Krankheitsverdächtige Personen (d. h. solche, welche unter Erscheinungen erkrankt sind, die den Ausbruch des Typhus befürchten lassen) können einer schonenden Beobachtung (s. S. 560) unterworfen werden, so lange, bis eine mindestens zweimalige bakteriologische Untersuchung negativ ausgefallen ist. Auf zureisende Personen, welche sich innerhalb der letzten 4 Wochen in Typhusgegenden aufgehalten haben, ist besonders zu achten; der Regierungspräsident kann für bestimmte Bezirke anordnen, daß solche Zureisende gemeldet werden. Absonderung in üblicher Weise, jedoch ist bei Typhus die Absonderung nicht eher aufzuheben, als bis die Ausleerungen bei zwei durch eine Woche getrennten bakteriologischen Untersuchungen sich als frei von Typhusbazillen erwiesen haben. Ist dies jedoch 10 Wochen nach Beginn der Erkrankung noch nicht der Fall, so ist die Absonderung aufzuheben und der Kranke als Bazillenträger zu behandeln. Auch Krankheitsverdächtige können der Absonderung unterworfen werden; bei dringendem Verdacht muß die Absonderung stattfinden. Sobald als möglich ist mit allen Mitteln

festzustellen, ob der Verdacht begründet ist. Typhuswohnungen können durch gelbe Tafel (gelbe Laterne) kenntlich gemacht werden. Belehrung des Haushaltungsvorstands, Beschränkungen für das Pflegepersonal wie oben. Für letzteres und für Ärzte kann nach § 22 die Schutzimpfung in Frage kommen, jedoch nur mit Zustimmung der zu Impfenden. Bazillenträger sind auf die von ihnen ausgehende Gefahr hinzuweisen und zur Befolgung der erforderlichen Desinfektionsmaßregeln anzuhalten. — Die Benutzung von Brunnen, Wasserläufen, Badeanstalten usw. kann verboten oder beschränkt werden. — Auch ist unter Umständen eine Wohnung oder ein Gebäude von den Gesunden zu räumen. Bei epidemischer Ausbreitung kann durch den Regierungspräsidenten die Abhaltung von Märkten, Messen usw. verboten oder beschränkt werden. Schließlich ist unter den „Vorbeugungs- und Vorbereitungsmaßregeln" Überwachung der Einrichtungen für Wasserversorgung und Fortschaffung der Abfallstoffe empfohlen; Abtrittsgruben in Typhushäusern dürfen erst nach Desinfektion entleert werden; Höfe, Dungstätten usw. sind von frischen menschlichen Dejekten möglichst frei zu halten.

11. Krankheitserreger in den Gruppen B. aërogenes und B. coli.

Der Typhusbazillus weist außerordentlich viele Ähnlichkeiten auf mit zahlreichen Bazillenarten, denen man gemeinsam die obige Bezeichnung gegeben hat. Zur Gruppe des B. aërogenes rechnet man verschiedene Arten, Varietäten und Stämme, die dadurch gekennzeichnet sind, daß sie im Gegensatz zum Typhusbazillus unbeweglich sind und daß sie (auf Gelatineplatten ohne Verflüssigung) meist als dickere, porzellanweiße Tröpfchen wachsen. Einzelne Arten bilden indes auch flache häutchenartige Auflagerungen. Aërogenesarten kommen regelmäßig im Darm vor. Ferner gehört hierher ein Erreger der Milchsäuregärung, der bei Blutwärme unter den spontan in der Milch sich entwickelnden Gärungserregern in den Vordergrund tritt.

Auch pathogene Wirkungen gehen von Aërogenesarten aus. Namentlich gehören die häufigsten Erreger von Cystitis und die Erreger der bazillären Dysenterie (s. unten) zu dieser Gruppe.

Einige Arten zeichnen sich dadurch aus, daß die Bazillen im Tier- und Menschenkörper mit sog. Kapseln auftreten; gleichzeitig pflegen sie üppiger zu wachsen und dicke schleimige Auflagerungen in den Kulturen zu bilden. Zu diesen „Kapselbakterien" gehören z. B. der Pneumobazillus Friedländers (s. S. 646), die Ozaena- und Rinosklerombazillen.

Zur Gruppe B. coli rechnet man zahlreiche Arten, die darin übereinstimmen, daß sie plumpe oder schlanke kurze, bewegliche Stäbchen bilden, mit mehreren perithrichen Geißeln, ohne Sporen, nach Gram nicht färbbar. Im Gegensatz zum Typhusbazillus, der eigentlich ebenfalls zu dieser Gruppe gehört, und einigen ihm nahestehenden Arten vergären die Colibazillen Traubenzucker und meist auch Milchzucker

unter Säure- und Gasbildung. Auf Gelatineplatten bilden die Kolonien flache Auflagerungen, meist etwas dicker als bei den Typhusbazillen, stärker gefärbt und ohne deutliche weinblattartige Zeichnung. Jedoch kommen starke Annäherungen an das Aussehen der Typhuskolonien vor. Auf Kartoffeln bilden sie gelbbräunliche Auflagerungen; in Bouillon liefern sie Indol; Milch wird koaguliert; traubenzuckerhaltige feste Nährböden werden durch Gasbildung zerklüftet; Neutralrot wird reduziert; auf Drigalski-Platten entstehen große, dicke Kolonien von himbeerroter Farbe (vgl. S. 147). — Unterscheidung der Stämme durch Agglutination gelingt nicht recht; ein Serum pflegt den homologen Stamm und daneben einige andere Stämme zu agglutinieren, andere wieder nicht; zuweilen treten statt agglutinierter Haufen lange Fäden auf (Pfaundler). Die Schwierigkeit der Differenzierung wird dadurch erhöht, daß bei den Stämmen dieser Gruppe leicht biologische Variationen eintreten.

Coliarten findet man regelmäßig im Darm des Menschen, selbst in den Fäzes der an der Brust genährten Säuglinge, und der Tiere. Bei den verschiedensten Darmaffektionen des Menschen zeigen die Dejekte fast Reinkultur von Colibakterien, so bei Cholera nostras, Cholera asiatica, Typhus usw., ohne daß daraus eine ätiologische Bedeutung für die betreffende Krankheit gefolgert werden dürfte. Manchen Varietäten kommt aber zweifellos pathogene Wirkung (Eiter- und eventuell sogar Sepsiserregung) zu, wenn sie von ihrer gewöhnlichen Wohnstätte in empfänglichere Gebiete verschleppt werden; so können sie Katarrh der Gallenwege, Gallenstauung, Gallensteinbildung veranlassen; ferner Peritonitis nach Darmperforation oder nach Operationen am Darm. Auch Cystitis können sie, wenngleich weniger häufig als Aërogenesstämme, bewirken.

Einige Coli- und Aërogenesabarten müssen als die Erreger bestimmter epidemisch auftretender Krankheiten genauer besprochen werden; dahin gehören die Erreger des Paratyphus und der Fleischvergiftung und die Erreger der Ruhr.

12. Bacillus paratyphi und B. enteritidis.

Als Paratyphus-B bezeichnet man eine Erkrankung, die mit dem Typhus sehr viel Ähnlichkeit hat. Klinisch tritt häufiger ein leichter Verlauf ein, als bei Typhus; die Mortalität ist geringer, Rezidive seltener. Erscheinungen von Dickdarmkatarrh treten in den Vordergrund. Auch pathologisch-anatomisch unterscheidet sich der Paratyphus vom Typhus dadurch, daß meist die Veränderungen im Dünndarm ganz oder fast ganz fehlen, während der Dickdarm stärker ergriffen

ist. Indessen kommen auch Erkrankungen vor, die ganz wie Typhus verlaufen. — Eine zweite Abart, Paratyphus-A, kommt selten und hauptsächlich in warmen Ländern vor.

Der Paratyphus-B-bazillus ist ein sehr lebhaft bewegliches Stäbchen, dem Typhusbazillus im Verhalten ähnlich, jedoch dadurch unterschieden, daß er 1. in Lackmusmolke anfangs rote, später blaue Färbung bewirkt; 2. in Milch stark alkalische Reaktion und Gelbfärbung; 3. in Neutralrotagar Gasbildung und Reduktion; 4. im LANGEschen Nährboden Gelbfärbung im geschlossenen Schenkel und eine kleine Gasblase; im aëroben Schenkel graublaue Färbung (vgl. S. 661); 5. durch Paratyphusserum in großer Menge agglutiniert wird. — Zur Züchtung aus den Dejekten empfiehlt sich Vorkultur auf Malachitgrünplatten, dann Endo- oder DRIGALSKI-Platten. Zur Diagnose ist auch die WIDALsche Probe verwendbar; im Blut der Kranken zeigt sich gewöhnlich kräftige Agglutination von Paratyphusbazillen, daneben viel schwächere Agglutination von Typhusbazillen (Mitagglutination, s. S. 609). Bei beiderseitig hohem Titer ist der CASTELLANIsche Versuch anzustellen. — Die Paratyphusbazillen zeigen größere Resistenz als die Typhusbazillen. Träger kommen vor, aber weniger Dauerausscheider.

Von Versuchstieren sind Mäuse und Meerschweinchen sehr empfänglich. Landwirtschaftliche Nutztiere sind dagegen unempfänglich.

Natürliche Verbreitung und Bekämpfung wie bei Typhus. Übertragung hauptsächlich durch Nahrungsmittel (sog. Fleischvergiftungen), gelegentlich durch Wasser und Kontakte.

In den Ausführungsbestimmungen zum Preußischen Seuchengesetz ist in der „Anweisung für die Bekämpfung des Typhus" in § 1 hinter Unterleibstyphus hinzugefügt „auch in der Form des Paratyphus". Der Paratyphusbazillus ist aber ungleich verbreiteter als der Typhusbazillus. Dejekte von gesunden Schweinen, Mäusen, auch Menschen (von 400 gesunden Soldaten bei 13 gefunden) enthalten ihn häufig; in Oberflächenwasser, Roheis usw. wird er gefunden. Es ist daher fraglich, ob die Gleichstellung von Typhus und Paratyphus im Seuchengesetz sich aufrecht erhalten läßt.

Bei der Fleischvergiftung ist vielfach eine andere Varietät als Erreger anzusprechen, der Bac. enteritidis GÄRTNER, ein sich kulturell wie Paratyphus verhaltender Bazillus, der von Paratyphusserum nicht agglutiniert wird (s. S. 239).

Paratyphusbazillen sind auch bei Schweinepest, Mäusetyphus, Papageienkrankheit usw. beobachtet. Die Schweinepest (Hogcholera, peste du porc, Pneumoentérite infectieuse) bewirkt vorwiegend im Dickdarm diphtherische Prozesse, später Sepsis. Die Krankheit ist auf Mäuse, Kaninchen, Schweine übertragbar. Als Erreger wurde früher der Bac. suipestifer angesprochen, der vom Paratyphusbazillus nicht zu unterscheiden ist, insbesondere auch nicht durch Agglutination. Aktive Immunisierung schien zu gelingen mit dem (zur Vertilgung von Mäusen praktisch verwendeten) Mäusetyphusbazillus, der von vielen nur als ein an Mäuse angepaßter und für diese hochvirulenter Stamm des Paratyphusbazillus angesehen wird. Serumtherapie war ohne Erfolg.

DORSET, BOLTON, SALMON, UHLENHUTH u. a. haben aber gezeigt, daß bakterienfrei filtriertes Blut von Schweinepest-Tieren die Krankheit zu übertragen vermag und daß der Bac. suipestifer nur die Rolle eines sekundären Ansiedlers spielt. — Die Schweinepest ist nicht zu verwechseln mit der Schweine-

seuche (Swine-plague, Pasteurellose du porc), bei welcher multiple mortifizierende Pneumonie in den Vordergrund tritt, und deren Erreger der Bac. suisepticus ist, ovoide Bakterien mit Polendenfärbung, unbeweglich, die hauptsächlich auf dem Inhalationswege den Körper infizieren, und gegen die ein polyvalentes Serum gute Erfolge ergeben hat.

13. Dysenterie- und Pseudodysenteriebazillen (Ruhrbazillen).

a) Neben der hauptsächlich in tropischen Ländern endemischen, mehr chronisch verlaufenden Amöbenruhr (s. unten) kommt es in unseren Breiten oft zu kleineren oder größeren Epidemien von Ruhr, deren Erreger von KRUSE und SHIGA beschrieben sind. Man findet den Bazillus bei der Sektion, entsprechend dem Sitz der Erkrankung, in der entzündeten und Epithelnekrosen, Geschwüre und diphtherische Auflagerungen aufweisenden Schleimhaut des Dickdarms; intra vitam im Schleim der Dejekte, oft in Menge in Leukozyten eingelagert.

Der Bazillus ist plump, unbeweglich; wächst in zarten typhusähnlichen Kolonien, verhält sich allen Differenziernährböden gegenüber wie Typhus, nur tritt in Lackmusmannitnährböden keine Rötung, sondern höchstens Hellerwerden der blauen Farbe durch Reduktion ein; ferner ist er durch agglutinierendes Ruhrserum (von vorbehandelten Ziegen, Hammeln usw. durch intravenöse Injektion abgetöteter Ruhrbazillen erhalten) sicher zu diagnostizieren. — Zum Nachweis in den Dejekten kann man zunächst ein mikroskopisches Präparat anfertigen. Daneben unbedingt Kultur auf Endo- und DRIGALSKI-Platten (s. im Anhang). Die WIDALsche Reaktion ist sehr oft schon vom 5. Tage an positiv (1:50 und mehr) und gerade bei dieser Form der Ruhr diagnostisch wertvoll.

Die Resistenz des Bazillus ist etwas geringer als die des Typhusbazillus. Übertragungen auf Tiere durch Fütterung gelingt nicht. Bei Injektion tritt namentlich an Kaninchen starke Giftwirkung zutage durch ein hitzeempfindliches Toxin, das schon in den frischen Bazillenleibern vorhanden und aus ihnen durch Ausziehen in der Wärme leicht zu gewinnen ist, in älteren Bouillonkulturen aber von selbst in die Flüssigkeit übertritt, so daß man es ebensogut als Endo- wie als Ektotoxin bezeichnen kann. Kaninchen erkranken nach intravenöser Einspritzung unter Lähmungen, nicht selten auch mit hämorrhagischer Entzündung des Dickdarms. Außerdem bilden die Bazillen ein hitzebeständiges Endotoxin, das Meerschweinchen (wie Cholera- und Typhusgift) unter Temperaturabfall tötet. — Beim Menschen bewirkt subkutane Injektion kleiner Mengen abgetöteter Kultur ebenfalls heftige Reaktionserscheinungen, so daß aktive Immunisierung recht unangenehme Beschwerden verursacht.

Verbreitung ganz vorzugsweise durch Kontakte. Chronische Formen mit Dauerausscheidung scheinen wie beim Typhus in Betracht zu kommen. Zuweilen Übertragung durch Nahrungsmittel, sehr selten durch Brunnenwasser. Wasserleitungsinfektionen und überhaupt Ex-

plosionen sind nicht beobachtet. Bekämpfung wie beim Kontakttyphus; Desinfektion der Fäzes (nicht des Harns), der Aborte, Höfe usw. besonders wichtig; prophylaktisch namentlich gute Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe. — Aktive Immunisierung ausgeschlossen (s. oben); dagegen besitzt das Ruhrserum (aus Bazillenleibern oder alten Bouillonfiltraten vom Pferde gewonnen) sowohl antitoxische als bakterizide und bakteriotrope Wirksamkeit und hat sich prophylaktisch (für kurze Zeit) und therapeutisch bewährt.

b) Von den „echten", zuerst gefundenen und gefährlicheren Dysenteriebazillen zu unterscheiden sind die von Kruse sog. Pseudodysenteriebazillen, die in der Literatur z. B. auch unter dem Namen „Dysenteriebazillen vom Typus Flexner" oder „Y" (Hiss-Russell) geführt werden. Sie haben in Kulturen die gleichen Eigenschaften, nur röten sie Lackmusmannitagar (wie die Typhusbazillen). Im Tierversuch (an Kaninchen) zeigen sie sich ferner wenig giftig. Durch echtes Dysenterieserum vom Tier und Menschen werden sie nicht agglutiniert, wohl aber durch Serum von Tieren, die mit ihnen geimpft waren, und öfter auch durch das Blut von Menschen, bei denen sie Krankheitserreger sind. Leider ist diese letztere Reaktion aber schlecht zu gebrauchen, weil nicht selten auch normales Blut Pseudodysenteriebazillen agglutiniert.

Die durch diese Bazillen verursachte Krankheit ist eine Ruhr, die sich von der echten meist nur durch ihren viel milderen Verlauf unterscheidet. Sie kommt sporadisch, aber auch oft genug epidemisch z. B. beim Militär und bei Kindern (als sog. Enteritis follicularis) vor und herrscht außerdem endemisch in vielen Irrenanstalten („Dysenterie der Irren").

Die Abarten der Pseudodysenteriebazillen lassen sich trennen durch Agglutination mit spezifischem Serum; ihr Verhalten zur Maltose und Saccharose (s. im Anhang) ist unbeständiger und oft bei deutlich verschiedenen Abarten gleich. Am häufigsten ist bei uns, namentlich auf Truppenlagerplätzen, der Typus Y.

Preußisches Seuchengesetz. Die Bestimmungen sind konform denen bei Typhus, nur daß die Anzeige und Absonderung der Krankheitsverdächtigen, sowie die Ermächtigung, eine Öffnung der Leiche vorzunehmen, fortfällt. Bei dem einzusendenden Untersuchungsmaterial kommen nur Dejekte und Blut, nicht Harn, in Betracht.

14. Bazillen der hämorrhagischen Sepsis (Erreger der Hühnercholera, Wildseuche usw.).

Die Erreger der Hühnercholera sind kurze, oft Mikrokokken-ähnliche Bazillen, die sich zum Teil nur an den Polenden färben. Gramnegativ, sporenfrei, unbeweglich. In Kulturen zarte Auflagerungen. In alten Kulturen viel

Involutionsformen. Virulenz schwankend. Frisch gezüchtete Bazillen töten Hühner, Gänse, Enten, Fasanen durch Einimpfung kleinster Mengen und durch Verfütterung; Kaninchen nur durch ersteren Modus. Tod meist in 1—2 Tagen an echter Sepsis mit massenhafter Verbreitung in Blut; im Darm, Lunge usw. Hämorrhagien. — Natürliche Verbreitung unter dem Geflügel durch die Fäzes und Aufnahme der Bazillen per os. — Von Pasteur, dem Entdecker des Erregers, wurde eine aktive Immunisierung eingeführt (s. S. 622). Neuerdings ist auch passive Immunisierung mit von Pferden gewonnenem Serum versucht; kurzdauernder Schutz.

Fig. 185. Bazillen der Kaninchenseptikämie aus Sperlingsblut (nach Koch). 700:1.

Sehr ähnliche Bakterien mit gleichen Wirkungen sind bei Wildseuche, Kaninchenseptikämie, Schweineseuche (s. S. 673) u. a. m. gefunden. — Zu dieser Gruppe von Erregern gehört:

15. Bacillus pestis (Pestbazillus).

Bei Pestkranken zuerst von Yersin nachgewiesen. Die Bazillen finden sich bei Bubonenpest in der die Infektionsstelle darstellenden Pustel und im Inhalt des künstlich eröffneten Bubo; bei Pestsepsis im Blut; bei Pestpneumonie im Sputum. Es sind kurze, plumpe, unbewegliche, sporenfreie Stäbchen; meist nur an den Polenden die Farbe behaltend, so daß in der Mitte eine ungefärbte Lücke bleibt (vgl. oben die B. der Hühnercholera). Nicht nach Gram färbbar. Häufig Involutionsformen, auch in den Bubonen und in der Leiche.

Fig. 186. Ausstrich von Pestbubo. 800:1.

Fig. 187. Involutionsformen der Pestbazillen auf Salzagar. 800:1.

Fig. 188. Pestkolonien auf erstarrter Gelatine. 100:1.

In Bouillonkulturen Ketten- und unter Umständen Stalaktitenbildung. — Leicht zu züchten, am besten bei 30°, aber auch bei 37° und bei 5° wachsend. Die Kolonien auf Agar sind wenig charakteristisch; auf Gelatineplatten zeigen sich bei 60facher Vergrößerung warzenförmige nicht verflüssigende Kolonien, die von einer unregelmäßig gezackten, hellen, fein granulierten Randzone umgeben sind. In den Kulturen fehlt die Polfärbung; zuweilen entstehen Fäden, unter anderen Verhältnissen Ketten von ganz kurzen Gliedern. Auf Agar mit 1—2% ClNa-Zusatz bilden die Bazillen aufgequollene Degenerationsformen, die in gleichem Grade bei anderen Bakterien nicht beobachtet werden.

Die Resistenz der Bazillen ist gering. In flugfähigen trockenen Staub können sie nicht lebend übergehen; unter schützenden Schichten

von Sputum, Schmutz u. dgl. können sie dagegen Wochen und Monate infektiös bleiben. Durch Hitze (60° 1 Stunde) und Chemikalien (1 Promille Sublimat weniger als 1 Minute) werden sie leicht abgetötet.

Empfängliche Versuchstiere findet man unter den Nagern, aber auch unter anderen Tiergattungen. Epizootien kommen namentlich vor unter den Ratten und bei einer sibirischen Abart von Murmeltieren (Arctomys bobac, Tarbaganen); künstlich übertragbar ist die Krankheit auf Meerschweinchen, Mäuse, Kaninchen, Affen usw. — Die Virulenz nimmt leicht ab bei fortgesetzter Züchtung; die Stämme verhalten sich aber sehr verschieden. Ektotoxine werden nicht produziert, nur im Tierkörper und beim Absterben der Bazillen in Kulturen werden aus den Leibern Endotoxine frei. — Mehrfach haben Übertragungen auf Menschen unabsichtlich durch Kulturen im Laboratorium stattgefunden, stets mit tödlichem Ausgang. Zu Tierexperimenten zu diagnostischen Zwecken eignen sich am besten Meerschweinchen und Ratten.

Meerschweinchen sterben nach intraperitonealer oder subkutaner Einbringung kleinster Bazillenmengen oder nach kutaner Verreibung des Materials auf die rasierte Bauchhaut (besonders geeignet bei stark verunreinigtem Material) an Sepsis; in den regionären Lymphdrüsen, in der von Knötchen durchsetzten Milz, in Lunge, Leber usw. finden sich Massen von Pestbazillen. Bei chronischem Verlauf entstehen in Milz und Lunge größere tuberkelähnliche Knoten. Ratten werden durch Einstiche mit einer infizierten Nadel an der Schwanzwurzel sicher infiziert. Ferner gelingt hier fast stets die Infektion durch Verfütterung. Auch Aufstreichen auf die unverletzte Konjunktiva oder Nasenschleimhaut führt zum Ziele; ebenso Inhalation von Bazillenaufschwemmung. Mäuse, Kaninchen sind weniger empfänglich. Zu beachten ist, daß bei Ratten pestähnliche Erkrankungen auch durch andere Bakterien der Hühnercholera-Gruppe hervorgerufen werden. — Als Material zur Untersuchung dient je nach der Form der Erkrankung Pustelinhalt, Drüsensaft des uneröffneten Bubo, Blut, Sputum, Harn; bei der Sektion ein primärer Bubo, Blut, Milz- und Lungenteile. Das Blut zeigt spezifische Agglutinine unregelmäßig und meist erst vom neunten Krankheitstage ab, die Vidalsche Probe ist daher bei Erkrankten zur Diagnose nicht geeignet, wohl aber eventuell zur Feststellung abgelaufener Fälle. Dagegen ist das Serum vorbehandelter Tiere durch seinen hohen Agglutinationstiter für die Differenzierung von Pestbazillen sehr wertvoll. — Näheres s. im Anhang.

Epidemiologie. Die Beulenpest (Bubonenpest) ist in Europa seit dem sechsten Jahrhundert bekannt. Im Mittelalter forderte sie in fortgesetzten Epidemien ungezählte Opfer; erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts macht sich eine Abnahme bemerklich, von der Mitte des 18. Jahrhunderts ab ist von Europa nur noch der Südosten, die Balkanhalbinsel, häufiger ergriffen. Im Anfang des 19. Jahrhunderts ist die Pest in der Türkei heimisch und mehrmals von dort aus verschleppt; allmählich erlischt sie auch dort; 1841 ist sie noch einmal in Kon-

stantinopel aufgetreten, um dann von Europa zu verschwinden. 1843 wurde sie zuletzt in Ägypten beobachtet, 1841 in Syrien, so daß seit der Mitte dieses Jahrhunderts auch die an Europa grenzenden Teile Vorderasiens und Afrikas von Pest frei blieben. Dafür entwickelten sich neue Pestherde in Arabien (1853 und 1874), Tripolis, Persien (1863, 1870, 1876—78), Mesopotamien (1866, 1873—77). Von Mesopotamien aus wurde die Seuche im Oktober 1878 in unaufgeklärter Weise nach Wetlianka und einigen anderen Wolgadörfern im Gouvernement Astrachan verschleppt, wo sie sich bis zum Januar 1879 hielt und etwa 600 Opfer forderte. 1893—94 erfolgte ein Vorstoß an die chinesische Küste und nach Hongkong; 1896 trat die Pest in Bombay, Karachee, Nagpur und anderen Teilen Indiens auf, wo sie bis heute etwa 7 Millionen (!) Todesfälle verursacht hat, 1898—99 auf Madagaskar, Mauritius, in Bona, Alexandrien; dann in Südamerika (Santos); ferner wurde sie in den letzten Jahren mehrfach nach Europa eingeschleppt, so nach Porto, Lissabon, Plymouth, Triest, Hamburg usw. — Genauere Nachforschungen haben ergeben, daß zurzeit endemische Zentren existieren im westlichen Himalaya; in Tibet; in Ägypten; in Kisiba in der äußersten Nordwestecke von Deutsch-Ostafrika, in Südamerika. Von diesen Zentren aus scheint die Pest immer wieder gelegentlich in die Nachbarländer verschleppt zu werden. Warum in den letzten Jahren eine stärkere und weitere Ausbreitung stattgefunden hat, ob dieselbe nur durch Zufälligkeiten bedingt ist oder ob etwa eine Steigerung der Virulenz der Erreger stattgefunden hat, das läßt sich einstweilen nicht entscheiden. Die letzte Ausbreitung betraf die Mandschurei, wohin sie aus den endemischen Transbaikalherden verschleppt war (Tarbaganenpest).

Der Erreger dringt in den meisten Fällen von der Haut aus ein, verursacht primäre Pusteln oder Furunkeln an der unteren oder oberen Extremität, oder an Hals, Kopf, Mund; auch von der Mund- oder Nasenschleimhaut (namentlich Tonsillen) aus kann die Infektion erfolgen. Von da aus entwickelt sich in den zugehörigen Lymphdrüsen ein Pestbubo als schmerzhafte, teigige, nicht zirkumskripte Geschwulst. Diese Form der Erkrankung kann in 30—50% der Fälle in Heilung ausgehen, indem sich der Bubo zerteilt oder aufbricht. Auch im letzteren Fall gelangen keine Pestbazillen nach außen, da im Eiter lebende Erreger stets vermißt werden. — Bei Aufnahme des Kontagiums in die Blutbahn (direkt oder durch insuffiziente Drüsen) entsteht Pestsepsis, von schlechterer Prognose, oft mit Pneumonie und zuweilen mit Darmpest einhergehend. — Drittens entsteht durch Einatmung der Erreger primäre Pestpneumonie von schlechter Prognose; Genesung oft mit sehr protahierter Rekonvaleszenz.

Während der an Bubonenpest Erkrankte kaum Infektionsquellen liefert, scheidet der septisch Erkrankte in den verschiedenen Exkreten Pestbazillen aus. Vor allem ist aber der an primärer oder sekundärer Pestpneumonie Erkrankte dadurch gefährlich, daß er beim Husten Sputumtröpfchen mit Pestbazillen in die Luft verschleudert. Dasselbe geschieht bei dem terminalen Lungenödem, mit dem tödlich verlaufende Sepsisfälle zu enden pflegen. Auch im Rekonvaleszentenstadium vermag der Pneumoniker noch solche Ausstreuung zu bewirken. — Ferner kann das ausgeschiedene Sputum lebende Bazillen enthalten; im Auswurf von Rekonvaleszenten wurden noch 76 Tage nach Beginn der Erkrankung virulente Erreger nachgewiesen. In Form von flugfähigem Staub kann das Sputum zwar nicht infizierend wirken, da die Erreger die hierfür unerläßliche vollständige Austrocknung nicht vertragen. Wohl aber kann es in dickeren Schichten an Teilen der Wohnung, an Kleidern, Wäsche usw. haftend noch nach Wochen durch Kontakte infizieren. Auch können z. B. durch Fliegen Sputumteile auf Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände verschleppt werden.

Fernere gefährliche Infektionsquellen liefern die Hausratten. Sie sind für Pestbazillen außerordentlich empfänglich und pflegen fast stets die Ersterkrankten zu sein; die Erkrankungen von Menschen treten erst auf, wenn bereits eine Rattenepidemie eine Zeitlang bestanden hat. Die Ratten erkranken nicht nur an Pestsepsis, sondern sehr häufig an primärer Darmpest und können per os infiziert werden. Harn und Fäzes enthalten reichlich Pestbazillen; die Krankheit verbreitet sich unter den Ratten dadurch, daß die gesunden Tiere mit den überall verstreuten Fäzes der kranken in Berührung kommen, daß sie die toten Tiere annagen, und daß Flöhe die Erreger von letzteren auf die gesunden Tiere übertragen. Da die erkrankten Ratten die Scheu vor den Menschen verlieren, kommt es sehr leicht dazu, daß sie Teile der Wohnung, Staub und Schmutz mit ihren gefährlichen Exkreten infizieren. — In Europa ist die Hausratte durch die viel scheuere und weniger gefährliche Wanderratte verdrängt, während in Indien die Hausratte vorherrscht.

Die Infektionswege sind 1. Berührungen der genannten Infektionsquellen. Die Berührung der vom Kranken ausgeschiedenen Erreger ist bei einiger Vorsicht sehr leicht zu vermeiden. Beim Wärter- und ärztlichen Personal kommen daher in solcher Weise Übertragungen überhaupt kaum vor. Viel gefährlicher sind unbewußte Berührungen der von Pestratten verstreuten Erreger. Daher der gute Effekt der Überführung der Kranken in Spitäler und der Evakuierung der von Ratten okkupierten Häuser. 2. Einatmung der beim Husten der

Pestpneumoniker oder beim Lungenödem der Sterbenden verstreuten Tröpfchen. Übertragungen auf das Pflegepersonal scheinen fast ausschließlich in dieser Weise zustande zu kommen. In Indien tritt bei den Eingeborenen die Pest im Sommer gewöhnlich als Beulenpest, im Winter infolge des dichten Zusammenwohnens als Lungenpest auf. — 3. Stechende Insekten, die vom erkrankten Menschen oder von Ratten aus auf den Gesunden übergehen. Für die Verbreitung der Ratten- und Menschenpest in Indien wird einer Flohart (Pulex cheopis) eine bedeutsame Rolle zugeschrieben; gelegentlich können auch der Menschenfloh, der Hunde- und der Katzenfloh eine Infektion vermitteln.

Die individuelle Disposition zeigt wenig Unterschiede, auch bezüglich des Alters. Nach einmaligem Überstehen der Krankheit tritt ausgesprochene Immunität ein; zweimalige Erkrankung ist sehr selten.

Eine örtliche Disposition tritt insofern in ausgeprägter Weise hervor, als die Krankheit Neigung zeigt, sich in einzelnen Häusern festzusetzen. Die Krankheit erlischt unter den Insassen, wenn sie das Haus verlassen; sie tritt wieder auf bei erneuter Bewohnung. Offenbar sind derartige Häuser Rattenhäuser, in denen durch erkrankte Ratten das Kontagium stark verbreitet ist und immer wieder neu eingeschleppt wird. Eine gründliche Desinfektion, welche zugleich die Ratten vertilgt und verscheucht, beseitigt die Disposition eines solchen Hauses.

Die Einschleppung der Seuche in Europa erfolgt wohl fast immer durch Schiffe und durch die mit diesen transportierten kranken Ratten. Waren, die z. B. mit Exkrementen kranker Ratten verunreinigt sein können, oder sog. Chinawatte aus den Kleidern von Chinesen, Haare von Pestleichen, Tarbaganenfelle usw. spielen praktisch nach allen Erfahrungen keine Rolle. Meist erfolgt die Einschleppung in Häfen, und hier geht eine verdächtige Sterblichkeit unter den Schiffsratten der Übertragung auf Menschen voraus. — Die weitere Entwickelung der Seuche ist stets eine langsame; nicht durch Explosionen, wohl aber durch zähes Haften und häufiges Wiederaufflackern ist sie ausgezeichnet. — Zwischen Ansteckung und neuer Erkrankung liegt eine Inkubationszeit von 7—10 Tagen.

Die Bekämpfung hat zunächst die Hinderung der Einschleppung der Erreger ins Auge zu fassen. Maßgebend hierfür sind die S. 557 besprochenen Bestimmungen der Pariser Sanitätskonferenz von 1903, wonach nur dann, wenn verdächtige Erkrankungen vorgekommen sind, Schiffe einer 10tägigen Quarantäne unterworfen werden. Verdächtig ist ein Schiff auch, wenn in auffälliger Zahl tote Ratten gefunden werden; diese sind sofort bakteriologisch zu untersuchen. — Eine

Überwachung des Reiseverkehrs zu Lande erscheint nicht angezeigt, höchstens des kleinen Grenzverkehrs mit einem verseuchten Nachbarlande. Ferner kann die Einfuhr von Lumpen und getragener Wäsche verboten werden.

Nach der Einschleppung einer verdächtigen Erkrankung hat vor allem die bakteriologische Sicherung der Diagnose zu erfolgen. Diese ist nur in besonderen „Pestlaboratorien" auszuführen; das Material ist nicht einzusenden, sondern von dem Leiter oder Assistenten des Laboratoriums am Ort der Erkrankung zu entnehmen (s. Anhang).

Weiter muß die Isolierung des Kranken in üblicher Weise erfolgen; Häuser mit mehrfachen Erkrankungen sollen eventuell evakuiert und dann einer gründlichen, auch auf die Vernichtung der Ratten abzielenden Desinfektion unterzogen werden. Das Pflegepersonal ist womöglich zu immunisieren. Sorgfältige fortlaufende wie Schlußdesinfektion ist selbstverständlich. — Schon prophylaktisch sind die Ratten zu bekämpfen.

Auf Schiffen hat sich in Hamburg Ausräuchern mit unexplosibelem Generatorgas (5% CO, 18% CO_2, 77% N) am besten bewährt. Andere empfehlen SO_2 (CLAYTON-Apparate) oder Piktolin (flüssige SO_2 + CO_2); als vorläufige Maßregel Auslegen von Ackerlon, eines Meerzwiebel enthaltenden, für Hunde, Katzen und Vögel unschädlichen Präparats. Zu Lande ist systematisches Auslegen von Phosphorbrei, Ackerlon und dgl. namentlich in den Kanälen zu versuchen. Die Vernichtung durch rattenpathogene Bakterien ist schwierig, weil die Virulenz der Bakterien und die Empfänglichkeit der Wanderratten stark schwankt.

Immunisierung und Serumtherapie. — Aktive Immunisierung läßt sich bei empfänglichen Tieren am besten durch abgeschwächte Erreger herstellen; jedoch ist die Abschwächung so unregelmäßig, daß das Verfahren für Menschen vorläufig nicht zulässig ist. Beim Menschen entsteht nach dem Überstehen der Krankheit eine ausgesprochene, meist mehrere Jahre anhaltende Immunität. Künstlich kann sie durch subkutane Injektion vorsichtig abgetöteter Kulturen hervorgerufen werden.

Hauptsächlich sind drei Verfahren empfohlen: a) HAFFKINE erhitzt 4 Wochen alte Kulturen in Butterbouillon auf 70°; davon wurden $^1/_2$—3 ccm, nach 8 Tagen ebensoviel injiziert. Impfschutz vom siebenten Tage an; Dauer 6 Monate. b) Die Deutsche Pestkommission benutzt Agarkulturen, die in Kochsalzlösung 1 Stunde auf 65° erhitzt und dann mit $^1/_2$% Phenol versetzt sind. $^1/$—1 Kultur injiziert. c) LUSTIG: Extrakt mit schwacher Kalilauge aus den Kulturen, neutralisiert, filtriert, getrocknet. — Nur mit dem HAFFKINEschen Verfahren sind in großem Umfang Versuche angestellt; 4—20% der Geimpften sind erkrankt, 2—8% sind an Pest gestorben, was immerhin eine erhebliche Schutzwirkung bedeuten würde. Über die anderen Verfahren liegt ein ähnlich großes Zahlenmaterial nicht vor.

Trotz der unvollständigen Wirkung empfiehlt sich die Schutzimpfung bei besonders exponierten Personen, Krankenpflegern usw. — Passive Immunisierung: Von Pferden, die 1—1½ Jahr vorbehandelt sind, zunächst mit abgetöteten, schließlich mit lebenden virulenten Kulturen, wird ein Serum gewonnen, welches einen hohen Agglutinationstiter und bakteriolytische Eigenschaften hat, letztere jedoch nur gegenüber schwach virulenten Bazillen im Pfeifferschen Versuch; Wirkung vermutlich durch Baktriotropine und Antiendotoxine. Schutzwirkung nach Injektion von 10—20 ccm ist meist — aber nicht immer — deutlich vorhanden; sie tritt sofort ein, dauert aber nur 3—4 Wochen.

Im Handel sind Pariser und Berner Serum, beide ungefähr in gleicher Weise bereitet; Lustigsches Serum von Pferden, die mit seinem Vaccin vorbehandelt sind; von Markl ein ausgesprochen antitoxisches Serum; von Terni-Bandi Serum von Maultieren und Rindern. Therapeutische Wirkung nur in leichten Fällen, angeblich am besten bei dem Lustigschen Serum (am 1. Tage 20 ccm intravenös, an den folgenden Tagen je 40 ccm subkutan). Die erstgenannten Sera sind zur Verifizierung verdächtiger Kulturen durch Agglutination von Wert. — Vollständigere Immunisierung wird vielleicht durch Kombination von aktiver Immunisierung und Seruminjektion gelingen.

Maßgebend für die Bekämpfung der Pest ist das Reichsgesetz vom 30. Juni 1900, das gegenüber Erkrankungen an Cholera, Gelbfieber und Pest ungefähr gleichlautende (S. 557 wiedergegebene) Bestimmungen enthält. Speziell für Pest ist § 20 eingefügt, wonach Maßregeln zur Vertilgung und Fernhaltung von Ratten, Mäusen und anderem Ungeziefer angeordnet werden können.

16. Bac. malleï (Rotzbazillus).

Bei Pferden und Eseln kommt Rotz häufig (90% in chronischer, 10% in akuter Form); bei Ziegen, Hunden, Katzen gelegentlich vor. Verlauf akut oder chronisch. — Beim Menschen ist Rotz fast stets tödlich; die hervorstechendsten Symptome sind unregelmäßiges Fieber, Geschwüre auf der Nasenschleimhaut und anderen Schleimhäuten, kleine Abszesse im Unterhautbindegewebe.

Löffler hat zuerst in frischen Rotzknoten die Rotzbazillen nachgewiesen; sie sind etwas länger und dicker als Tuberkelbazillen, lassen sich schwierig färben, nicht nach Gram; die gefärbten Bazillen zeigen unregelmäßige Lücken. In Kulturen kommen verzweigte Formen vor (Actinomyzeten, s. S. 517). Sie sind unbeweglich; wachsen, am besten bei 33—37°, auf erstarrtem Blutserum in Form von glasigen Tropfen, auf Kartoffelscheiben als anfangs gelber, später brauner Belag. Unter 25° nur spärliches Wachstum. Aus mindestens 2 Wochen gewachsenen Kulturen in Glyzerinbouillon wird durch Einengen und Filtrieren das Mallein gewonnen, das viele Analogien bietet mit dem Tuberkulin. Bei fortgesetzter Kultur nimmt die Virulenz der Bazillen ab. In trockenen Kulturen bleiben die Bazillen einige Wochen, in dickeren Eiterschichten länger lebensfähig. In Wasser von 60° gehen sie in 2 Stunden, in

solchem von 70° in 1 Stunde sicher zugrunde; gegen die üblichen chemischen Desinfizienten zeigen sie mittlere Resistenz. Zur Stalldesinfektion eignet sich Schwefelsäure, Kresol, Kalkmilch, Chlorkalk.

Die Erzeugung von Rotz durch Einimpfung der Kulturen gelingt bei zahlreichen Versuchstieren, leicht bei Ziegen und Katzen, unregelmäßig bei Hunden und Kaninchen; am sichersten bei Meerschweinchen, Feldmäusen und Zieseln. Bei männlichen Meerschweinchen tritt nach subkutaner Impfung namentlich eine entzündliche, später eitrige Infiltration in der Tunica vaginalis des Hodens auf, welche den Hoden nach außen deutlich hervortreten läßt; bei der Sektion finden sich außerdem Milz, Lunge und Leber von gelblichen Knötchen durchsetzt (Hodenschwellung allein kommt auch durch andere Bakterien zustande). Der Tod der Tiere tritt nach $1^1/_2$—6 Wochen ein. — Übertragung auf Menschen ist mehrfach im Laboratorium erfolgt; die Infektion scheint von der Haut aus statthaben zu können, auch ohne daß sichtbare Wunden vorhanden sind. Es ist daher beim Arbeiten mit Rotz besondere Vorsicht nötig.

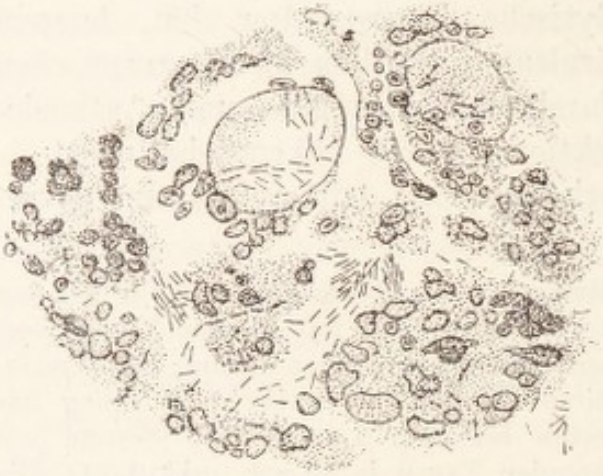


Fig. 189. Rotzbazillen. Schnitt aus einem Rotzknoten. 700:1.

Die Diagnose gelingt fast nie durch mikroskopische Präparate der Exkrete; dagegen durch Verimpfung der letzteren auf männliche Meerschweinchen oder Kultur mit Verifizierung durch Agglutination (Serum durch Vorbehandlung von Pferden mit abgetöteten und zerriebenen Bazillen gewonnen). — Außerdem ist eine Widalsche Reaktion mit dem Serum der verdächtigen Tiere und Menschen möglich; jedoch werden nicht lebende, sondern abgetötete Rotzbazillen zur Prüfung verwendet. Die Mischung von Serum und Testflüssigkeit bleibt 24 Stunden im Brütofen. Die Niederschlagbildung muß mindestens noch in einer Serumverdünnung 1:500 auftreten, wenn auf Rotz geschlossen werden soll. Auch Präzipitation (Aufschichten von Mallein auf das Serum), sowie Komplementbindung (verdächtiges Serum + autolysierte erwärmte Kochsalzaufschwemmungen von Agarkultur) sind zur Diagnose geeignet.

Ferner ist noch eine Diagnose möglich mittels des Malleïns, das, subkutan appliziert, bei rotzigen Tieren in sehr kleinen Dosen Fieber, Allgemeinreaktion (Abgeschlagenheit, Freßunlust) und Lokalreaktion hervorruft. Die erforderliche Dosis muß für jedes Präparat durch Versuche an gesunden Tieren festgestellt werden (meist 0·2—0·4 ccm); Temperaturerhöhung um 1·5° ist beweisend für Rotz. Auch kutane und namentlich konjunktivale Anwendung kann die Diagnose sichern.

Aktive Immunisierung durch abgeschwächte Erreger ist noch nicht gelungen, weil Impfstoffe mit konstantem Abschwächungsgrade

nicht hergestellt werden konnten; ebensowenig durch Bazillenextrakt (Malleïn). Im Serum der vorbehandelten Tiere hat man nur Agglutinine (Präzipitine) konstatieren können. Die Bekämpfung der Krankheit ist daher hauptsächlich auf frühzeitige Diagnose angewiesen.

Das Preußische Seuchengesetz bestimmt, daß die Ermittelung im Benehmen mit dem beamteten Tierarzt erfolgt; die bakteriologische Untersuchung soll sich auf Eiter, Nasenschleim, Auswurf und womöglich Blut (zur Agglutinationsprobe) erstrecken. Bei Rotzverdacht kann eine Öffnung der Leiche polizeilich angeordnet werden, jedoch nur dann, wenn die Untersuchung der Exkrete, des Bluts usw. zur Diagnose nicht ausreicht. Krankheitsverdächtige Personen können einer Beobachtung, aber auch ebenso wie die Erkrankten einer Absonderung unterworfen werden. Liegt dringender Verdacht vor, so muß die Absonderung stattfinden. Außer den üblichen Vorschriften bezüglich des Pflegepersonals und der Desinfektion können für Rotz auch Vorsichtsmaßregeln bei Bestattung der Leichen angeordnet werden.

17. Bac. diphtheriae (Diphtheriebazillus).

Man unterscheidet verschiedene Formen von Angina:

1. A. tonsillaris oder follicularis; gekennzeichnet durch meist multipele gelbe oder weißliche Flecke namentlich auf den Tonsillen, gelegentlich auch auf den Gaumenbögen usw.; ferner meist durch hohes Fieber, aber von kurzer Dauer. In der Regel rasche Genesung; protrahierter Verlauf, wenn Drüsenschwellungen eingetreten sind; zuweilen Übergang in Sepsis. Als Erreger bezeichnet man in diesen Fällen gewöhnlich Streptokokken, die sich in großen Mengen im Belag finden. Da man diese aber ebenso oft aus der Mundhöhle gesunder Menschen züchten kann, ist ihre Rolle als ursprüngliche Erreger unsicher, sie kommen vielleicht erst sekundär als Erreger von Mischinfektion in Betracht. In vielen Fällen treten andere Bakterien in den Vordergrund, so Staphylokokken, Influenzabazillen, spindelförmige, lückenhaft färbbare, anscheinend anaërobe Bazillen (Bac. fusiformis bei Angina Vincenti), feine Spirochäten usw. Zuweilen beobachtet man bei solchen Anginen Übertragungen von Mensch zu Mensch. Die sogenannte Streptokokkenangina tritt ferner besonders häufig zu anderen Krankheiten hinzu, namentlich zu Scharlach; seltener zu Masern und Typhus; häufig zu der gleich zu beschreibenden diphtherischen Angina.

2. Angina diphtherica. Grauer, festsitzender Belag, meist von einer Stelle eines Gaumenbogens, des Zäpfchens, einer Tonsille vorschreitend. Mäßiges Fieber, aber verhältnismäßige Prostration. Tod durch Herzlähmung, Kehlkopfstenose oder Sepsis durch Streptokokken, die unter dem Einfluß des diphtherischen Giftes vordringen. Oft noch in der Rekonvaleszenz Lähmungen des Gaumensegels, der Schlund- und Augenmuskeln usw. Leicht übertragbar auf empfängliche Gesunde, daher häufig in Familien- und Hausepidemien auftretend. Bei der letztbeschriebenen Form von Angina findet man regelmäßig den Bac. diphtheriae (Löffler).

Dieser ist nicht so sehr durch sein kulturelles Verhalten als vielmehr durch Form und Lagerung der Einzelindividuen charakterisiert. Es sind zwei Stadien zu unterscheiden: die jungen Bazillen, d. h. solche,

die auf gutem Nährboden in 5—8 Stunden gewachsen sind; und die älteren Individuen, 9—24 Stunden alt.

Die Gestalt der jungen Individuen ist die eines kurzen Keils, das eine Ende ist häufig deutlich, zuweilen nur andeutungsweise dicker als das andere. Oft zeigt dabei der Bazillus eine leichte Krümmung. Die Lagerung verschiedener Individuen ist fast stets so, daß sie divergieren oder sich kreuzen; in Haufen sind sie regellos durcheinander geworfen, nur ausnahmsweise parallel aneinander gereiht. Nicht selten lagern sich die Bazillen in V-Form, oder gar in Y-Form.

Die älteren Individuen sind ähnlich gelagert; der einzelne Bazillus zeigt aber größere Länge, stärkere keulige Auftreibung des einen Endes oder beider, manchmal auch Verdickungen an anderen Stellen, oft aber auch Zerfall in einzelne Segmente.

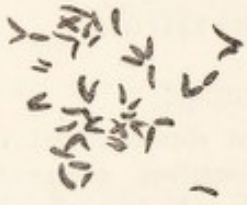


Fig. 190. Diphtheriebazillen, junge Kultur. 800:1.

Fig. 191. Diphtheriebazillen, ältere Kultur. 600:1.

Fig. 192. Diphtheriebazillen, NEISSERsche Doppelfärbung. 600:1.

Die Bazillen sind unbeweglich, bilden keine Sporen. Sie sind mit den gewöhnlichen Färbemitteln (besonders gut mit Fuchsin), ferner auch nach GRAM färbbar. In älteren Kulturen treten nach Behandlung mit essigsaurem Methylenblau und Chrysoïdin im braun gefärbten Leib der Bazillen blaue metachromatische Körnchen auf, die zur Diagnose verwertet werden können (NEISSERsche Doppelfärbung, s. im Anhang). — Verzweigungen, aus welchen die Zugehörigkeit zu den Streptothricheen hervorgeht, kommen wie bei Rotzbazillen vor.

Die Kultur gelingt leicht bei einer Temperatur über 25° auf verschiedenen Nährböden. Auf Platten von Glyzerin-Agar entstehen Kolonien, die bei 60facher Vergrößerung unregelmäßig begrenzt und ganz grob gekörnt erscheinen, an verstreuten Schnupftabak erinnernd. Am schnellsten wachsen sie auf LÖFFLERscher Blutserummischung (3 Teile Serum + 1 Teil Dextrose-Peptonbouillon), die in flachen Schälchen durch Erhitzen auf 100° zum Erstarren gebracht ist, und auf welcher das Untersuchungsmaterial oberflächlich ausgestrichen wird. Schon nach 4—6 Stunden bilden die Diphtheriebazillen kleine graue Tröpfchen. Dieser „elektive" Nährboden kann daher zum Herauszüchten der Diphtheriebazillen aus Gemengen besonders gut benutzt werden (s. im Anhang). — Für die Diagnose eignen sich als weitere kulturelle Merkmale: 1. die starke Säurebildung in Bouillon, die später in alkalische Reaktion übergeht. 2. gutes anaërobes Wachstum. 3. Säuerung in Dextrose, Fruktose, Mannose-haltigem Nährboden. 4. kräftige Reduktion (schwarze Kolonien auf Tellurplatten). 5. Toxingehalt der Kultur. — Genaueres s. im Anhang.

Die Resistenz der Bazillen gegen schädigende Einflüsse ist gering. Starkes Eintrocknen, so daß sie in Staubform durch die Luft trans-

portabel werden, tötet sie ab; in dickeren Schichten und gegen Licht geschützt, können sie dagegen monatelang lebendig bleiben. Hitze und chemische Desinfizientien vernichten sie sehr rasch.

Die Übertragung der Kulturen auf Versuchstiere gelingt bei Kaninchen, Tauben usw., wenn die Trachea geöffnet und die Kultur auf die Schleimhaut eingerieben wird. Es entstehen dann ausgebreitete Membranen, aber oft auch schwere Allgemeinerscheinungen und bei chronischem Verlauf Lähmungen. — Bei Meerschweinchen genügt die subkutane Einimpfung einer kleinen Kulturmenge (1 ccm Bouillonkultur), um die Tiere innerhalb 3—4 Tagen zu töten; bei der Sektion findet sich Ödem an der Impfstelle, oft pleuritische Ergüsse, regelmäßig Hyperämie der Nebennieren usw. — In den inneren Organen finden sich, ebenso wie nach tödlichem Verlauf beim Menschen, meist keine Bazillen (Ausnahmen nicht selten), und ähnliche Wirkungen werden durch die keimfreien Kulturfiltrate erzielt. Die Krankheitserscheinungen sind daher wesentlich auf Rechnung der löslichen Toxine zu setzen, die von den lediglich an der Impfstelle gewucherten Bazillen sezerniert werden, und welche teils die Infiltrationen, Nekrosen usw. bewirken, die im Tierversuch in den Vordergrund treten, teils auf das Herz wirken, teils (Toxone) Nerven paralysieren.

Epidemiologie. Die Frequenz der Diphtherieerkrankungen beträgt in den größeren Städten 0·2—0·4 Promille der Lebenden und mehr. Für eine genauere Verfolgung örtlicher und zeitlicher Einflüsse ist das ältere statistische Material ungeeignet, weil die Unterschiede zwischen diphtherischer und nicht diphtherischer Angina nicht genügend berücksichtigt wurden. — Der sehr ungleiche Verlauf der Krankheit in verschiedenen Epidemien läßt darauf schließen, daß die Erreger in ihrem Virulenzgrade beträchtliche Differenzen aufweisen können. In den Tierversuchen treten entsprechende Virulenzunterschiede nicht hervor, so daß Tier- und Menschenvirulenz offenbar nicht parallel gehen.

Durch die Erfahrung steht unzweifelhaft fest, daß die Diphtherie durch Ansteckung von Mensch zu Mensch verbreitet wird. Ärzte, Krankenwärter, Angehörige werden häufig nachweislich durch einen Kranken infiziert. Die Inkubationszeit bis zum Ausbruch der Krankheit beträgt gewöhnlich 2—3 Tage. — Als die wesentlichste Infektionsquelle haben wir den erkrankten Menschen anzusehen, solange er in seinem Munde Diphtheriebazillen beherbergt. In der Rekonvaleszenz sind meist bis zu 4 Wochen, zuweilen monatelang, virulente Diphtheriebazillen nachweisbar. Ferner ist erwiesen, daß Erwachsene und unempfändliche Kinder Diphtheriebazillen beherbergen und übertragen können, obwohl sie gar keine Krankheitserscheinungen (Bazillenträger) oder nur die einer leichten Angina

darbieten. Solche Befunde sind jedoch keineswegs bei beliebigen Personen erhoben, sondern stets nur bei solchen, die mit Diphtheriekranken in Verkehr gestanden haben. Von einer ubiquitären Verbreitung der Diphtheriebazillen kann daher nicht die Rede sein. — In zweiter Linie kommen leblose mit ausgehusteten Membranen, Sputis, Speichel usw. verunreinigte Gegenstände in Betracht. In dicken Schichten angetrocknet, bleiben die Erreger 3—4 Monate, bei unvollständigem Austrocknen bis zu 7 Monaten lebendig. Besonders gefährlich sind die von den Kranken und Rekonvaleszenten benutzten Eß- und Trinkgeschirre, Löffel, Taschentücher usw.

Die diphtherieartigen Erkrankungen, die bei verschiedenen Tierspezies (Kälbern, Tauben, Hühnern, Katzen usw.) vorkommen, können menschliche Diphtherie nicht nervorrufen.

Die Infektionswege für das Diphtherievirus bilden vorzugsweise Berührungen der Infektionsquellen (Mund des Kranken, Eß- und Trinkgeschirre, Wäsche usw.) einerseits, des eigenen Mundes anderseits. Bei Kindern findet ein solcher Transport besonders häufig statt; daher viele Übertragungen in Schulen und Kindergärten. — Auch durch Küsse, ferner durch direktes Anhusten der mit Untersuchung oder Pinseln des Rachens Beschäftigten kommen Infektionen zustande. Die Luft gibt nur in der Nähe des Kranken und nur dann zu Übertragungen Anlaß, wenn kurz zuvor Tröpfchen des Mundsekrets verspritzt sind.

Die individuelle Disposition nimmt vom 6. Jahre ab allmählich, vom 13. Jahre an sehr rasch ab. Daß eine zarte, leicht verletzbare, und eventuell eine katarrhalisch affizierte Rachenschleimhaut (hypertrophische Tonsillen) zur Erkrankung disponiert, wird von den meisten Ärzten angenommen und ist auch durch Tierexperimente wahrscheinlich gemacht.

Eine ausgesprochene örtliche und zeitliche Disposition tritt bei der Verbreitung der Diphtherie nicht hervor. Differenzen der Frequenz werden bei der Vergleichung verschiedener Länder und Städte allerdings beobachtet, sind aber inkonstant und gehen nicht über die bei jeder kontagiösen Krankheit vorkommenden Schwankungen hinaus. — Auch die jahreszeitliche Schwankung ist unbedeutend.

Die Bekämpfung erfordert die Ermittelung der Krankheit im frühen Stadium möglichst durch bakteriologische Untersuchung, da die klinischen Symptome im ersten Beginn einer Angina nicht zur ätiologischen Diagnose ausreichen. Das Resultat der bakteriologischen Untersuchung kann in positiven Fällen meist 6—8 Stunden nach der Probenahme bekannt gegeben werden. — Darauf erfolgt Meldung der Krankheit und Isolierung des im Zentrum der Verbreitung stehenden Kranken, tunlichst für 4 Wochen, d. h. die Zeit, während welcher noch

Diphtheriebazillen im Munde zu sein pflegen. Die Isolierung ist oft auch im Hause genügend durchzuführen. — Daneben ist die Desinfektion während der Krankheit sorgfältig zu beachten; sie soll sich namentlich auf Eß- und Trinkgeschirr, Taschentücher und sonstige Wäsche, sowie Spielzeug erstrecken. Die Schlußdesinfektion braucht eigentlich nur die nähere Umgebung des Krankenlagers zu berücksichtigen, besonders wenn Desinfektion während der Krankheit stattgefunden hat. Zur größeren Sicherheit erfolgt aber gewöhnlich volle Wohnungsdesinfektion. — Die Geschwister erkrankter Kinder sind vom Schulbesuch und Verkehr mit anderen Kindern zurückzuhalten, da sie im ersten Anfang der Erkrankung sich befinden oder Bazillenträger sein können. Aus letzterem Grunde sollen sich auch Erwachsene aus der Umgebung von Diphtheriekranken Vorsicht im Verkehr, namentlich mit Kindern, auferlegen. Beseitigung der Bazillen durch Mundspülwasser und Gurgelungen gelingt nicht. Eingießungen von Pyocyanase soll in manchen Fällen Erfolg gehabt haben.

Von großer Bedeutung ist die Immunisierung gegen Diphtherie. Aktive Immunisierung von Menschen ist wegen der wechselnden Empfindlichkeit gegenüber dem Diphtherietoxin schwierig. Wohl aber lassen sich Tiere (Pferde, Affen) durch vorsichtig gesteigerte Gaben von Diphtherietoxin aktiv immunisieren, bis ihr Serum solche Mengen Antitoxin enthält, daß ein kleines Quantum Serum genügt, um Menschen passiv zu immunisieren (v. Behring).

Jungen Pferden wird zuerst Diphtherietoxin (3 Wochen alte, filtrierte Bouillonkultur) injiziert, das durch Jodtrichlorid oder Jodlösung oder Antitoxinzusatz abgeschwächt ist. Nach je 3—8 Tagen, nach Abklingen der lokalen Infiltration und des Fiebers, allmähliche Steigerung; der Antitoxingehalt des Serums wird fortdauernd geprüft; es muß ein sehr hoher Antitoxingehalt erreicht werden, damit das zur passiven Immunisierung verwendete Serum kein zu großes Volum repräsentiert. — Bei der Prüfung benutzt man in Deutschland die S. 597 geschilderte Mischungsmehode. Früher ging man hierbei aus von einem Diphtherienormalgift, d. h. von einer Giftlösung, welche in 0·01 ccm ausreichend Gift enthält, um ein Meerschweinchen von 250 g in 4—5 Tagen zu töten. 1 ccm dieser Giftlösung ist also = + 250000 M., d. h. kann 100 Meerschweinchen von je 250 g Gewicht töten. Blutserum, von welchem 0·1 ccm die Wirkung von 1 ccm Normalgift aufhebt, bezeichnet man als Normalserum; 1 ccm desselben enthält eine Immunisierungseinheit (I.-E.). Ein hundertfaches Normalserum enthält in 1 ccm 100 I.-E. — Da aber das Toxin nicht einheitlich zusammengesetzt ist, sondern wechselnde Mengen Toxoid und Toxon (s. oben) enthält, benutzt man jetzt ein Normal-Antitoxin als Ausgangspunkt für die Kontrolle, d. h. 2 g trockenes Serum von genau bekannten I.-E. (Standard-Serum), das, vor Luft, Licht und Feuchtigkeit geschützt, aufbewahrt und im Bedarfsfalle in 200 ccm einer Glyzerin-Kochsalzlösung gelöst wird. Enthält das Trockenserum, wie das erste so hergestellte, z. B. 1700 I.-E., so enthält die Lösung 17 I.-E. in 1 ccm, und 1 ccm einer weiteren 17fachen Verdünnung 1 I.-E. Mittels dieser Verdünnung wird die Giftigkeit einer durch langes Lagern

zu fast völliger Giftkonstanz gelangten Giftlösung gemessen und zwar wird nach Ehrlich bestimmt 1. die Giftdosis, die durch 1 I.-E. genau neutralisiert wird, so daß das Gemisch keine Giftwirkung mehr auslöst, der Limes$_0$; 2. die Giftdosis, die trotz Zusatz von 1 I.-E. Meerschweinchen von 250 g am vierten Tage tötet, also eine tödliche Giftdosis im Überschuß enthält, der Limes$_\dagger$. Mit der so ermittelten Testgiftdosis L$_\dagger$ kann man nun den Wert jedes Serums bestimmen, indem man verschieden starke Verdünnungen von ihm bereitet, und je 1 ccm mit dem L$_\dagger$ mischt und Meerschweinchen von 250 g injiziert. Tritt der Tod der Tiere am vierten Tage z. B. bei der 200fachen Verdünnung des fraglichen Serums ein, so enthält es 200 I.-E.; tritt er früher ein, so enthält es weniger; bleiben die Tiere am Leben, so enthält es mehr.

Um eine tödliche Dosis Toxin zu erhalten, muß man übrigens zu dem neutralen Gemisch von Toxin + Antitoxin meist erheblich mehr als eine einfache tödliche Dosis zusetzen. Die Ursache sind die im Toxin enthaltenen weniger giftigen Substanzen, Toxone, die geringere Avidität gegenüber dem Antitoxin besitzen. Sind Toxon-Antitoxinverbindungen vorhanden, so werden sie durch Toxin zerlegt und letzteres lagert sich an Stelle des Toxons an das Antitoxin. Erst von dem Augenblick ab, wo kein Toxon-Antitoxin mehr vorhanden ist, wirkt daher weiterer Toxinzusatz giftig.

Roux, Kraus u. a. haben darauf hingewiesen, daß auch die Qualität des Antitoxins im Wirtskörper in Betracht komme; es könne hier sehr verschiedene Avidität äußern, und speziell das von hoch immunisierten Tieren gewonnene Antitoxin besitze eine geringere Avidität. Die Prüfung im Reagenzglas trage dem nicht Rechnung, und deshalb müsse die Prüfung dadurch erfolgen, daß man eine bestimmte Menge Toxin und abgestufte Serummengen getrennt Versuchstieren injiziert, also die Toxin-Antitoxinvereinigung im Tierkörper vor sich gehen läßt. Die Ehrlichsche Schule hat indes diese Einwände gegen die bisher geübte Wertbestimmung als unbegründet zurückgewiesen.

Um den meist sehr geringen Gehalt an Toxin bzw. Antitoxin im Blut von Kranken oder Rekonvaleszenten nachzuweisen bzw. auszuwerten, ist von Römer ein sehr empfindliches Verfahren in der intrakutanen Impfung in die Bauchhaut von Meerschweinchen angegeben. Selbst ein Toxingehalt, der 500mal geringer ist als die tödliche Dosis, bewirkt nach 24 Stunden eine Schwellung an der Injektionsstelle, die nach 2—3 Tagen in Hautnekrose übergeht.

Zur Immunisierung empfiehlt es sich, mindestens 200 I.-E. zu injizieren. Der Schutz hält 3—4 Wochen an. Gesundheitsstörungen werden gewöhnlich nicht beobachtet. Hier und da bewirken die Bestandteile des normalen Pferdeserums vorübergehend Urticaria und Gelenkschwellung und bei wiederholten Injektionen können anaphylaktische Erscheinungen auftreten, die jedoch äußerst selten tödlich enden. Sie werden am einfachsten vermieden durch Verwendung von Antitoxin in Rinderserum zur ersten Injektion, s. S. 616. — Die Schutzimpfung erscheint angezeigt gegenüber den Familienmitgliedern (namentlich Kindern) des Erkrankten; in größerem Umfange für alle Kinder, z. B. bei endemischem Auftreten der Diphtherie in kleineren Ortschaften.

Wegen der kurzen Dauer des Schutzes und wegen der störenden Wirkungen des Pferdeserums hat sich v. Behring neuerdings bemüht, eine kombinierte aktive und passive Immunisierung einzuführen. Toxin und Antitoxin werden zu diesem Zwecke so gemischt, daß die Mischung im Meerschweinchenversuch

keine Wirkung mehr zeigt. Anscheinend besteht dann für andere Tierarten noch eine gewisse Giftigkeit. Am Rücken soll zunächst eine intrakutane Impfung erfolgen, nach acht Tagen eine zweite. Der Antitoxingehalt des Bluts steigt merklich; $^1/_{20}$ Antitoxineinheit pro 1 ccm Blut schützt genügend. Die Dauer des Schutzes soll sich bis zu 1 Jahr erstrecken. — Die Reaktionen fallen infolge individuell verschiedener Empfänglichkeit der Kinder ungleich aus. Daher ist vorläufig das Verfahren noch nicht allgemein anwendbar.

Ausgezeichnet bewährt hat sich die möglichst frühe therapeutische Verwendung des Serums in frischen Fällen (1500—3000 I.-E., in schweren Fällen viel höhere Dosen).

Wenn auch der allgemeine Rückgang der Diphtherie (Todesfälle in Preußen 1889—1894 = 14·4 pro 10000 Lebende, 1895—1900 = 6·5, 1907—1911 = 2·5) nicht lediglich auf die 1894 erfolgte Einführung des Heilserums bezogen werden darf, so ist diese doch stark daran beteiligt. Sehr deutlich hat ferner die Letalität der Diphtherie abgenommen; sie ist in den Krankenhäusern 1894 in schroffem Abfall von 27% auf 13% gesunken. Noch eindrucksvoller ist diese Wirkung, wenn berücksichtigt wird, an welchem Krankheitstage die Serumbehandlung eingesetzt hat. Erfolgte diese am 1. Tag, so sind Todesfälle überhaupt nicht beobachtet; erfolgte sie am 2. Tag, so sind 4% Todesfälle registriert, am 3. Tag 12, am 4. Tag 22, am 6. Tag 52%.

Preußisches Seuchengesetz. Abweichungen von den üblichen Bestimmungen bestehen erstens darin, daß die Polizeibehörde mit der Ermittelung und Feststellung des ersten Falles in einer Ortschaft nicht den Kreisarzt, sondern einen Arzt (in der Regel den nächsterreichbaren) zu beauftragen hat. Zweitens darf die Überführung von Kindern in ein Krankenhaus gegen den Widerspruch der Eltern nicht angeordnet werden, wenn nach Ansicht des beamteten oder des behandelnden Arztes eine ausreichende Absonderung in der Wohnung sichergestellt ist. — Im übrigen sind Verkehrsbeschränkungen für das Pflegepersonal, Überwachung gewisser Betriebe, Fernhaltung vom Schulbesuch, Desinfektion, Vorsichtsmaßregeln bezüglich der Leichen usw. wie bei den meisten anderen übertragbaren Krankheiten angeordnet. Personen aus der Umgebung des Kranken soll angeraten werden, ihren Rachenschleim bakteriologisch untersuchen zu lassen. Bazillenträger sind auf die Gefahr aufmerksam zu machen, und (nach den Ausführungsbestimmungen) aufzufordern, daß sie regelmäßig den Rachen mit desinfizierendem Mundwasser ausspülen (?) und ihre Wäsche und Gebrauchsgegenstände reinigen und desinfizieren lassen.

18. Bacillus tuberculosis, Tuberkelbazillus.

Tuberkulose wird beim Menschen am häufigsten in der Lunge beobachtet; seltener am Darm, in der Haut, in Knochen, Gelenken, Lymphdrüsen, Gehirn usw. Überall, wo der tuberkulöse Prozeß im frischen Vorschreiten begriffen ist (dagegen oft nicht mehr in den nekrotischen und verkästen Teilen), findet man seit R. Kochs Entdeckung (1882) die Tuberkelbazillen als schlanke, meist leicht gekrümmte Bazillen von 1·3—3·5 μ Länge. Sie sind charakterisiert durch das Verhalten

gegen Anilinfarben; diese dringen ohne besondere Zusätze schwer in die von einer wachsartigen Hülle umgebenen Tuberkelbazillen ein, dagegen leichter, wenn ihnen Alkali, Anilin oder Karbolsäure zugefügt ist und die Einwirkung längere Zeit hindurch oder bei Siedehitze erfolgt. Die einmal eingedrungenen Farbstoffe haften dann aber sehr fest und widerstehen lange Zeit der Entfärbung z. B. durch Säure, Alkohol usw. (Säurefestigkeit der Tuberkelbazillen). Färbt man zuerst mit alkalischem Farbstoff und läßt dann Säure einwirken, so bleiben alle anderen Bakterien ungefärbt, mit Ausnahme der Tuberkelbazillen; die übrigen Bakterien und die Zellkerne können dann mit einer Kontrastfarbe nachgefärbt werden (s. Anhang). — In den gefärbten Bazillen

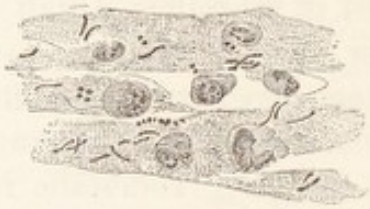


Fig. 193. Sputum mit Tuberkelbazillen (und vereinzelten Diplo- und Streptokokken). 600:1.

Fig. 194. Kolonien von Tuberkelbazillen auf Blutserum (nach Koch). 700:1.

treten oft mehrere ungefärbte Stellen auf (Degenerationserscheinung); außerdem an den Enden 2—3 stark lichtbrechende und sich intensiver färbende Körnchen, die aber nicht auf Sporenbildung zu beziehen sind.

Much hat eine besondere „Granula"-Form der TB beschrieben, die am besten durch eine modifizierte Gramfärbung (Färbung mit Karbol-Methylviolett, dann Jodlösung, kurz Mineralsäuren, Azeton-Alkohol und Gegenfärbung mit Fuchsin) hervortreten sollen. Sie finden sich aber fast nie ohne die Bazillen und sind dann wiederum nicht charakteristisch genug für eine diagnostische Verwertung. — Viele Autoren haben in den letzten Jahren Tuberkelbazillen auch im strömenden Blut des Kranken nachgewiesen. Einige derartige Befunde, die sich auf einwandfreie Tierversuche stützten, sind nicht anzuzweifeln. Beim mikroskopischen Nachweis, der nach Stäubli-Schnitter dadurch geliefert wird, daß man das Blut in Essigsäure schüttelt, dann dem Sediment 15%ige Antiforminlösung zufügt, zentrifugiert, das Sediment mit Wasser wäscht, wiederum zentrifugiert, dann ausstreicht und färbt, täuschen Fibrinteilchen, Leukozyten-Granula usw. leicht Tuberkelbazillen vor. Einwandfrei gelungen ist hier der Nachweis nur bei wenigen Kranken in vorgeschrittenem Stadium.

Die Kultur der Tuberkelbazillen gelang Koch auf erstarrtem Blutserum, aber nur bei 37°, und auch dann zeigte sich erst nach 10—14 Tagen deutliches Wachstum in Form von trockenen Schüppchen und Bröckchen. Da Platten nicht anwendbar sind und da die Kultur so lange Zeit gebraucht, bis die Tuberkelbazillen sich ausbreiten, läßt sich für gewöhnlich kein Material zu Züchtungsversuchen

verwerten, welches noch andere saprophytische und schneller wachsende Bakterien enthält; diese okkupieren sonst das ganze Nährsubstrat längst, ehe die Tuberkelbazillen sich zu vermehren beginnen. Am besten geht man daher zum Zwecke der Anlage von Kulturen nicht von Sputum, sondern von Leichenteilen aus, welche mit allen Kautelen entnommen sind, oder noch besser von den Organen infizierter und nach einigen Wochen getöteter Tiere.

Später sind viele Nährsubstrate konstruiert, auf welchen die Tuberkelbazillen schneller und üppiger wachsen. Besonders empfiehlt sich ein Zusatz von 4% Glyzerin zu Agar oder Bouillon. Ferner wirken Zusätze von Eidotter, Gehirn (Ficker), Nährstoff Heyden (Hessescher Nährboden) günstig. Mit solchen Gemischen gelingt sogar die Kultur aus Sputum von Phthisikern, wenn man den inneren eitrigen Kern des Sputums erst mehrfach in sterilisiertem Wasser abspült und dann auf dem zu Platten ausgegossenen Nährboden ausstreicht. Besser ist vorherige Behandlung mit Antiformin (s. Anhang). — Auch auf pflanzlichem Nährboden (Kartoffeln) wachsen die Tuberkelbazillen gut; ferner genügt ein künstliches Gemisch, welches nur Ammonsalze, 1·5% Glyzerin, Wein- oder Milchsäure und Magnesiumsulfat und Kaliumphosphat enthält (Proskauer und Beck). — Häufig zeigen die Tuberkelbazillen in den Kulturen Neigung zur Bildung von Fäden mit Verzweigungen und keulenförmigen Enden (s. S. 517).

Mit den Kulturen läßt sich bei Versuchstieren Tuberkulose hervorrufen und damit der sicherste Beweis für die ätiologische Rolle der Tuberkelbazillen führen. Am empfänglichsten sind Meerschweinchen; weniger empfänglich Kaninchen, Hunde, Katzen, manche Vögel (über die Wirkung auf Rinder, Schafe, Schweine und Ziegen s. unten). Die kleinsten Kultur- und Sputumdosen braucht man bei Meerschweinchen bei subkutaner Applikation; ein einziger oder einige wenige Bazillen genügen zur tödlichen Infektion. Nach subkutaner Impfung am Bauche schwellen zunächst die zugehörigen Lymphdrüsen; nach 6—8 Wochen gehen die abgemagerten Tiere zugrunde; etwa vom 30. Tage an ist die Milz, vom 40. Tage ab die Leber von reichlichen Tuberkeln durchsetzt; in den Lungen finden sich spärliche und am spätesten entwickelte Tuberkel. Fast ebenso kleine Dosen genügen bei Inhalationsversuchen mit versprayten Aufschwemmungen von Kultur oder Sputum (am besten der „Buchnerspray" mit zahlreichen Tröpfchen von 40 μ Durchmesser und weniger). 200 eingeatmete Bazillen, von denen etwa 50 in die feineren Bronchien gelangen, ergeben schon nach 20 Tagen eine Durchsetzung der Lunge mit mehr als stecknadelkopfgroßen Tuberkeln; nach 4—5 Wochen erfolgt der Tod unter ganz vorzugsweiser Beteiligung der Lungenaffektion. Oft beobachtet man Schwellung der Hals- und Mesenterialdrüsen, herrührend von den Anteilen der inhalierten Bazillen, welche im Nasenrachenraum abgefangen und eingewandert oder verschluckt und vom Darm aus vorgedrungen waren. Diese Einwanderung bleibt aber in solchen Fällen ohne weitere

Folgen, weil der in die feineren Bronchien und Alveolen gelangte kleinere Anteil der inhalierten Bazillen sehr viel schneller zur tödlichen Lungenaffektion führt. — Inhalation trockenen tuberkelbazillenhaltigen Staubes führt erst bei größeren Dosen und nicht so sicher zur Infektion. — Durch Verfütterung von Nahrung mit Tuberkelbazillen (am leichtesten mit Milch oder wenigstens mit Nahrung von dünnbreiiger Konsistenz) gelingt die Infektion der Versuchstiere ebenfalls, jedoch erst mit sehr viel höheren Dosen als bei den Inhalationsversuchen und mit langsamerem Verlauf der Erkrankung. Stets erkranken hier zuerst die Hals- und die Mesenterial- oder Portaldrüsen. Erst nach etwa 50 Tagen, nachdem aus verkästen Mesenterialdrüsen ein Einbruch in die Blutbahn stattgefunden hat, zeigen die Lungen (und die Abdominalorgane) eine Durchsetzung mit kleinen Tuberkeln. Bei einmaliger Fütterung (in Mohrrübenbrei) beträgt die erforderliche Dosis für Meerschweinchen 10 mg Kultur = 400 Millionen Bazillen, also 10 Millionen mal mehr als bei Inhalation wirksam ist. Durch häufige Wiederholung gelangt man zu kleineren wirksamen Dosen; z. B. infiziert 50malige Verfütterung von 0·1 mg Kultur. Ist ausnahmsweise einmal frühe Lungenaffektion bei Verfütterungsexperimenten erfolgt, so ist der Verdacht begründet, daß Verschlucken und direkte Aspiration in die Lunge vorgekommen ist. — Bei intravenöser Einverleibung homogener Aufschwemmungen von Tuberkelbazillen versagen kleine Dosen; mittlere bewirken allgemeine Tuberkulose; große erzeugen toxische Effekte und kachektisches Zugrundegehen der Tiere (s. unten). — Für manche Beobachtungen eignet sich besonders die Impfung in die vordere Augenkammer; nach 10 bis 14 Tagen entsteht Iristuberkulose, später allgemeine Tuberkulose.

Die pathogene Wirkung der Tuberkelbazillen beruht hauptsächlich auf der Bildung von Ekto- und Endotoxinen. Die leicht extrahierbaren Ektotoxine, wie sie im Alt-Tuberkulin (s. unten) vorliegen, wirken namentlich fieber- und entzündungserregend; die Endotoxine rufen Nekrose und Verkäsung hervor, und außerdem eine allmähliche Kachexie, welcher Versuchstiere nach Einverleibung größerer Dosen in 2—3 Wochen erliegen. Die Endotoxinwirkungen treten auch nach vorheriger Abtötung der injizierten Bazillen zutage.

Die Tuberkelbazillen sind trotz des Fehlens von Sporen sehr resistent. Austrocknen vertragen sie in Form des Sputums 9 Monate und länger. Dem Übergang in die Luft im lebenden Zustand steht insofern nichts im Wege. Aber das Zerlegen des angetrockneten mucinhaltigen Sputums in feinste flugfähige Teile gelingt sehr schwierig; meist entstehen nur gröbere Partikel, die für kurze Zeit wohl aufgewirbelt werden, aber sich nicht als schwebende Stäubchen halten können. —

Diffuses Tageslicht tötet die Tuberkelbazillen nach drei Tagen in dünnen Sputumschichten ab, ebenso Sonnenlicht in $^1/_2$—3 Stunden; für dickere Schichten dagegen ist intensivste Besonnung mindestens 20 Stunden lang nötig. — Hitze tötet in Wasser oder Wasserdampf die Tuberkelbazillen ab: bei 85° in 1 Minute, 78° 2 Minuten, 73° 3 Minuten, 70° 5 Minuten, 65° 15 Minuten. — Von chemischen Desinfizientien muß Karbol 5% 24 Stunden einwirken; Sublimat 5 Promille 2 Stunden. Formaldehyddampf in üblicher Konzentration desinfiziert dünnere Sputumschichten nach vorausgegangener Aufweichung durch Wasserdampf sicher.

Modifikationen und Abarten des Tuberkelbazillus. Der Tuberkelbazillus hat anscheinend eine gewisse Neigung, auf Änderung der äußeren Bedingungen mit Modifikation seines morphologischen und biologischen Verhaltens zu reagieren und so Abarten zu bilden; Abweichungen vom Typus werden demgemäß bei manchen Kulturen beobachtet (L. Rabinowitsch; Englische Kommission bei Lupusstämmen). Unter den gleichen Verhältnissen gezüchtet, beobachtet man keine Variierung; wird er von Mensch zu Mensch durch eine unendliche Reihe von Jahren fortgepflanzt, so sind seine Eigenschaften offenbar sehr stabil geworden. Ähnlich verhält es sich mit dem fort und fort von Rind zu Rind, von Huhn zu Huhn übertragenen Bazillus.

Es bestehen daher mindestens 3 Typen des TB.; von Smith sind 1898 die menschlichen und die bovinen Bazillen als morphologisch, kulturell und durch Tierversuch unterscheidbare Varietäten erkannt; und schon vorher (1889) hatte Maffucci die Verschiedenheit der Erreger der Hühnertuberkulose von denen der menschlichen Tuberkulose betont. Dazu kommen noch verbreitete, dem TB. nahestehende und säurefeste Bazillen, die bei niederer Temperatur wachsen und von denen einige bei Kaltblütern wuchern können. — Die verschiedenen Typen lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

1. Typus humanus. Bei Rindern, Schafen, Ziegen nie beobachtet; selten bei Schweinen; häufiger bei Hunden, ferner bei Tieren in zoologischen Gärten, bei Papageien (nie bei Hühnern); fast immer beim tuberkulösen Menschen.

2. Typus bovinus. Bei allen Tuberkulosen des Rindes, der Schafe und Ziegen; fast stets bei Schweinen; selten beim Menschen. Die experimentell festgestellten Unterschiede lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (Kossel):

Typus humanus:

Die Kultur auf Serum und Glyzerinbouillon zeigt schlanke Bazillen, gleichmäßig lang und gefärbt; oft gekrümmt.

Auf Glyzerinserum leicht züchtbar. Von da auf Glyzerinbouillon (amphoter) übertragen, nach 3—4 Wochen dicke faltige Haut über die ganze Fläche (eugonisches Wachstum der Engl. Kommission).

Bei Kaninchen nach subkutaner Injektion von 0·01 g Kulturmasse von Glyzerinbouillon nach 3 Monaten nur lokale Affektion; ebenso bei jungen Rindern nach 0·05 g.

Typus bovinus:

Die Serumkultur zeigt viel plumpe, kurze, fast punktförmige Formen; von Glyzerinbouillon Stäbchen von ungleicher Länge und Färbung, oft körnig.

Wächst in erster Generation auf Glyzerinserum spärlich; auf Glyzerinbouillon langsam dünne Häutchen mit einzelnen warzigen Verdickungen (dysgonisches Wachstum der Engl. Kommission).

Nach 0·01 g Kultur von Glyzerinbouillon subkutan erkranken Kaninchen, nach 0·05 g junge Rinder an generalisierter Tuberkulose.

Von Park sind zur Unterscheidung beider Typen mit Erfolg auch Eier-Nährböden benutzt. Auf dem von Lübbenau angegebenen Nährboden aus Eigelb + Glyzerinbouillon, bei 70° sterilisiert, wächst T. humanus gut, bovinus schlecht oder gar nicht; auf Dorsets Nährboden aus zerschütteltem ganzen Ei + etwas ClNa-Lösung, bei 90° sterilisiert, wächst T. bovinus, aber humanus nicht.

3. Bazillen der Hühnertuberkulose, Typus gallinaceus. Morphologisch noch pleomorpher als der Perlsuchtbazillus. Wachsen noch gut bei 45—50°. Rascher wachsend, feuchter Belag. Meerschweinchen sind wenig empfänglich. Vielfach Abweichungen (Rabinowitsch).

4. Bazillen der Kaltblütertuberkulose. Bei Fischen gefunden, auf Frösche, Blindschleichen usw. übertragbar. Wachsen schon bei 20°, ein Stamm aus Schildkröte auch bei 37° (Friedmann), Warmblüter refraktär. Vermutlich zu der folgenden Gruppe gehörig.

5. Saprophytische säurefeste Bazillen. In Ackererde, auf Gräsern (Timothee); von da in Kuhexkremente, Milch, Butter übergehend (Moeller). Verschiedene Abarten; alle bei 20° gut wachsend; feuchter Belag, oft gelb oder rötlich. Nach Injektion größerer Mengen, namentlich bei Gegenwart von Fett (Butter) entstehen bei Meerschweinchen Tuberkulose-ähnliche Affektionen, jedoch nicht bei Impfung in die vordere Augenkammer (Herr). — In den Ventilen aller Blasinstrumente finden sich säurefeste Stäbchen in großen Mengen, sog. Trompetenbazillen, die auch bei höherer Temperatur wachsen.

Die phylogenetische nahe Verwandtschaft aller dieser Abarten des Tuberkelbazillus ergibt sich daraus, daß das Serum der mit einer dieser Abarten behandelten Tiere auf aufgeschwemmte fein zerriebene Tuberkelbazillen präzipitierend wirkt; ferner daraus, daß die mit den verschiedenen Bazillen behandelten Tiere alle auf Tuberkulin reagieren. Auch andere serologische Proben geben keine rechten unterscheidenden Ausschläge, was aber daran liegen kann, daß die Ausbildung von Antikörpern bei Tuberkulose meist mangelhaft ist.

Epidemiologie. Die Tuberkulose ist in der gemäßigten Zone die verbreitetste Infektionskrankheit; 12% aller Todesfälle, etwa 30% aller Todesfälle im Alter von 15—60 Jahren, sind durch Phthise bedingt; zahlreiche Todesfälle kommen außerdem durch Darmtuberkulose, Hirntuberkulose usw. vor; in mehr als der Hälfte aller Leichen — bei einem gewissen Industriebetrieben entstammenden Sektionsmaterial sogar in 90% — findet man tuberkulöse Herde, großenteils in ausgeheiltem Zustand. Die Beteiligung der Lebensalter an den Todesfällen an Tuberkulose erhellt aus Fig. 195. Die Krankheit ist für die sozialen Verhältnisse um so bedeutsamer, als sie so chronisch verläuft und gewöhnlich bereits sehr lange vor dem Tode die Kranken erwerbsunfähig macht. — Der ursprüngliche Erreger der Tuberkulose ist stets der Tnberkelbazillus. In vorgeschrittenen Stadien der Phthise sind andere Bakterien, namentlich Streptokokken, Influenzabazillen, Pneumokokken usw., an dem Zerstörungswerk und an den Symptomen (hektisches Fieber) wesentlich beteiligt.

Infektionsquellen und Infektionswege.

a) Kontaktinfektion. In erster Linie kommt der erkrankte Mensch in Betracht. Jeder Phthisiker liefert während der langen Dauer seiner Krankheit große Mengen von tuberkelbazillenhaltigem Sputum, das oft auf den Fußboden gespuckt oder ins Taschentuch aufgenommen, teilweise an Kleider und andere Gegenstände verschmiert wird und dort antrocknet. Mit solchem frischen, feuchten oder mit angetrocknetem Sputum können durch Berührungen und Einführen der Finger

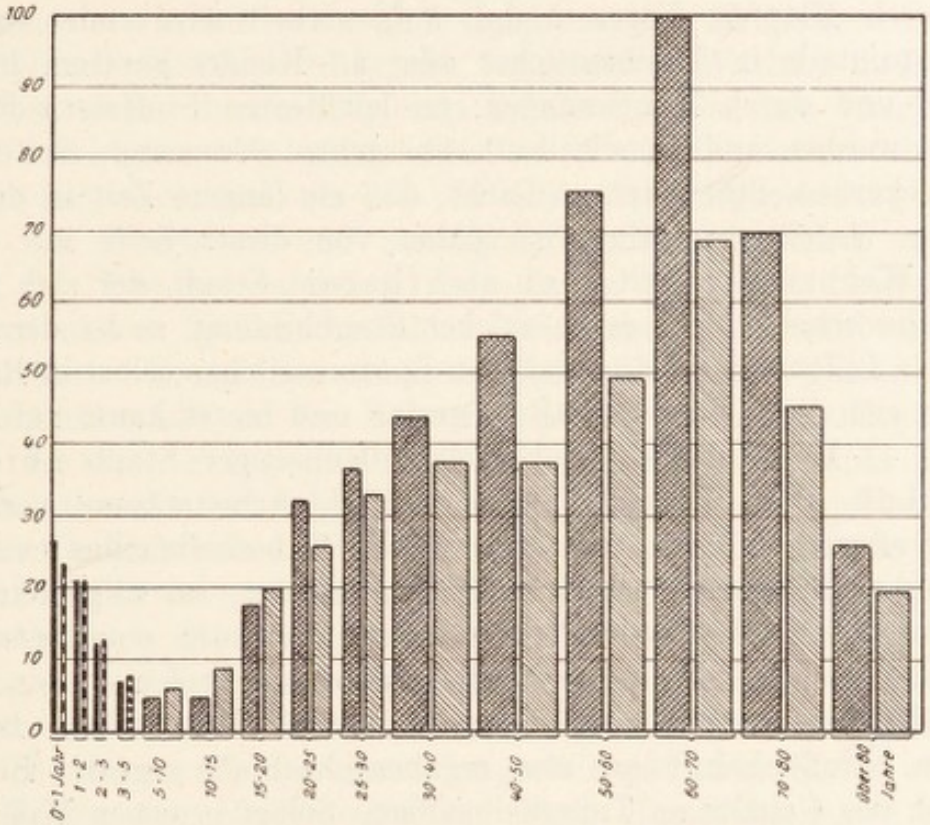


Fig. 195. Tuberkulosesterblichkeit auf 10000 Lebende nach Altersklassen (nach CORNET). (Preußen, 16jähriger Durchschnitt).

Die dunkleren Linien bedeuten das männliche, die helleren das weibliche Geschlecht. Die Dicke der Striche bemißt sich nach der Anzahl der zu einer Gruppe zusammengefaßten Lebensjahre.

in den Mund Gesunde infiziert werden. Ganz besonders sind in der ärmeren Bevölkerung und bei unreinlichen Gewohnheiten Kinder exponiert, die auf dem Fußboden kriechen, alles anfassen und die Finger fortgesetzt in den Mund stecken (Schmutz- und Schmierinfektion, namentlich Halsdrüsentuberkulose hervorrufend). Bei Wohlhabenden und Reinlichen kommt diese Art der Infektion weniger in Betracht, ebenso bei allen Erwachsenen. Gelegentliche, nicht öfter wiederholte Transporte kleiner Sputummengen bewirken vom Darm aus selten Infektion, weil die erforderliche Dosis für intestinale Infektion zu hoch liegt.

b) Inhalation von Sputumstaub. Nach dem vollständigen Eintrocknen und Zerkleinern des Sputums können flugfähige Stäubchen entstehen, die in die Luft übergehen und eventuell eingeatmet werden. Jedoch kommt es schwer zur Bildung von feinsten, zu längerem Schweben und zur Inhalation geeigneten Partikeln. Wird der Auswurf in irgendeinem Spucknapf aufgefangen, so erleidet er eine für die Inhalation geeignete Zerkleinerung niemals. Diese erfolgt vielmehr nur dann, wenn das Sputum auf den Fußboden oder Teppich gerät, dort eintrocknet, von den Füßen fein zerrieben und dann durch Klopfen, Fegen u. dgl. aufgewirbelt wird; oder dadurch, daß Sputumteile in Taschentücher oder an Kleider geraten, hier antrocknen und durch Hantierungen, an leichtesten Stoffasern haftend, abgelöst werden und in die Luft übergehen (Cornet). Selten sind diese infektiösen Stäubchen so leicht, daß sie längere Zeit in der Luft schweben. Infektionsgefahr wird daher von dieser Seite nur drohen in einer Wohnungsluft mit grob sichtbarem Staub, der sich bis zu Kopfhöhe erhebt; fehlt es an solcher Staubbildung, so ist der Gehalt der oberen Luftschichten an trockenen Sputumteilchen selbst in Räumen, in denen sich Phthisiker aufhalten, gering und bietet kaum Infektionschancen. — Keineswegs ist tuberkelbazillenhaltiger Staub ubiquitär in der Luft aller Straßen, Verkehrsmittel, Arbeitsräume verbreitet. Auch Straßenstaub kann wohl gelegentlich Tuberkelbazillen enthalten; aber hier tritt, wenn Staubaufwirbelung erfolgt, im allgemeinen sogleich eine solche Verdünnung ein, daß die Passanten einer ernstlichen Gefahr nicht ausgesetzt sind (s. S. 99). Zahlreiche Proben von in Kopfhöhe abgelagertem lockerem Staub aus Wartesälen, Bureaus, Fabriken, Straßenbahnwagen usw. ergaben gleichfalls negative Resultate bezüglich des Gehalts an Tuberkelbazillen. Selbst in engen Wohnungen von Phthisikern wurden unter 60 Proben von Staub, der in mindestens 1 m Höhe gelagert war, keine Tuberkelbazillen gefunden; und nur in Phthisiker-Krankensälen war unter 60 Proben dreimal der Staub tuberkelbazillenhaltig (Heymann, Gotschlich).

c) Inhalation von Sputumtröpfchen. Eine bedeutungsvollere Infektionsquelle liefern die vom Phthisiker beim Husten verstreuten feinen (40 μ und weniger messende) tuberkelbazillenhaltigen Exkrettröpfchen. Auf Glasplatten, die in 50—80 cm Entfernung von dem Hustenden aufgehängt werden, lassen sich diese Tröpfchen und die in ihnen enthaltenen Tuberkelbazillen mikroskopisch nachweisen. Sie finden sich periodisch bei jedem Phthisiker, zuweilen in großer Menge, ausnahmsweise bis zu 20000 Tuberkelbazillen, oft 20—400 Tuberkelbazillen in $^1/_2$ Stunde, also zweifellos in einer für die Infektion ausreichenden Menge. Die Hauptmenge von Tröpfchen findet sich in der

Luft aus der nächsten Nähe des Kranken; 80 cm vom Hustenden entfernt sind nur noch vereinzelte Tuberkelbazillen, und auch diese selten, nachweisbar. Die Menge der in dieser Form verstreuten Tuberkelbazillen ist um so größer, je mehr der Kranke hustet, je reicher das Sputum an Tuberkelbazillen ist, und je mehr die Art des Patienten zu husten, eine Verstreuung befördert.

Die Gefahr, Tröpfchen mit Tuberkelbazillen gelegentlich durch Inhalation aufzunehmen und sich auf diese Weise zu infizieren, muß sehr groß für diejenigen Menschen sein, welche sich dauernd in der Nähe eines stark hustenden und verspritzenden Phthisikers befinden. Die phthisische Mutter wird bei der fortgesetzten Wartung ihres Kindes dieses fast sicher durch Tröpfchen infizieren. Daneben können auch Kontakte wirksam sein; aber meist wird die Inhalationstuberkulose sich rascher ausbilden als die Infektion auf irgendeinem anderen Wege. Bei Ehegatten und sonstigen Familienmitgliedern wird die Gefahr der Tröpfcheninfektion ganz davon abhängen, inwieweit ein dauernd naher Verkehr besteht. Auch Arbeiter, Bureaubeamte usw. können unter Umständen durch Tröpfcheninfektion gefährdet sein, ebenso Schüler, die in der Nähe des phthisischen hustenden Lehrers sitzen. Kurzes, gelegentliches Zusammensein führt wohl niemals zur Inhalation der zur Infektion nötigen Mengen von Tröpfchen, zumal wenn der Gesunde sich nicht direkt im Bereich der Hustenstöße befindet.

d) Aufnahme von bovinen Bazillen. Außer den aufgezählten vom erkrankten Menschen stammenden Infektionsquellen sind Infektionsgelegenheiten von größerem Umfang gegeben in der Milch (Butter) tuberkulöser Kühe und im Fleisch tuberkulöser Tiere. In der Milch und in der aus dieser hergestellten Butter finden sich sehr große Mengen von Tuberkelbazillen, wenn Eutertuberkulose vorliegt; ist dies nicht der Fall, so wird die Milch nur in geringem Grade durch tuberkelbazillenhaltige Kotteilchen infiziert. Die Tuberkelbazillen gelangen bei der Verarbeitung zu einem großen Teile in Sahne, Butter, Magermilch; die Butter erscheint dadurch, daß sie roh genossen wird, besonders gefährlich. Indes gewährt die hohe Dosis, in welcher intestinale Infektion erst zu positiven Resultaten führt, doch einen gewissen Schutz; und dieser wird noch verstärkt durch die vermutlich vorhandene geringe Virulenz der Perlsuchtstämme gegenüber dem Menschen.

Seit Koch 1901 die von bovinen Bazillen ausgehende Infektionsgefahr als unerheblich bezeichnet hat, sind zahlreiche Untersuchungen angestellt, um die Beteiligung des humanen und des bovinen Typus an den Tuberkuloseerkrankungen des Menschen klarzulegen. In dieser Tendenz sind 1902—1912 1602 menschliche Tuberkulosen untersucht; diese ergaben 1464mal T. humanus, 126mal T. bovinus, 9mal Mischinfektion von T. humanus und bovinus, 3mal T. gallinaceus. Bei dieser Untersuchung kommt aber insofern die richtige Verteilung

nicht zutage, als gewisse seltenere Formen der Tuberkulose, bei denen gerade T. bovinus eine größere Rolle spielt, stärker herangezogen sind, als es den natürlichen Verhältnissen entspricht. Unter den tödlichen Tuberkulosen verhalten sich im allgemeinen die Lungentuberkulosen zu den anderen Formen wie 11:1; bei jener Enquete aber nur wie 2:1. — Auf Lungentuberkulose beschränkte Untersuchungen betrafen in Deutschland 147 Fälle; davon war 145mal nur T. humanus vertreten, 2mal neben diesem spärlich T. bovinus. In England, Japan usw. sind 653 Fälle untersucht; dabei fand sich 650mal nur T. humanus, 3mal nur bovinus.

Bovine Erkrankungen sind am stärksten vertreten bei Kindern. Wählt man aber hier tödliche Fälle aus, so fanden sich (115 untersuchte Fälle) 95·5% T. humanus und nur 5·5% T. bov. Bei tödlicher Miliartuberkulose waren 20% T. bov., bei Meningitis 11%, bei letal verlaufener Knochen- und Gelenktuberkulose 5%. — Unter den leichten, oft ausheilenden Tuberkulosen der Kinder war bei Halsdrüsentuberkulose T. bov. in 40% der Fälle vertreten, bei primärer Darm- und Mesenterialdrüsentuberkulose etwa ebensooft. — Bei Lupus sind in der Hälfte der Fälle bovinus, in der Hälfte humanus, aber beide mit etwas abweichenden Eigenschaften, gefunden.

Im ganzen ist also in der Tat die vom T. bovinus ausgehende Gefahr gering. Allerdings ist behauptet, daß der im Kindesalter aufgenommene Bovinus sich allmählich in den Humanus umwandeln und dann als solcher bei der schließlich sich ausbildenden Lungentuberkulose des Erwachsenen auftreten könne. Die bisherigen Beobachtungen und Experimente sprechen aber gegen eine solche Umwandlung. Oehlecker fand bei einem Kinde mit Knochentuberkulose durch T. bovinus in den im Laufe von 5 Jahren wiederholt entnommenen Proben keine Änderung des Typus; andere haben ähnliche Beobachtungen gemacht. Weber hat T. hum. 685 Tage lang durch 4 Rinder, 576 Tage durch 8 Ziegen geschickt, ohne daß irgendwelche Änderungen sich zeigten. Die englische Kommission hatte das gleiche Resultat bei 247 bis 512 Tage dauernder Passage durch 2—7 Kälber; sie erklärt, daß eine Umwandlung des einen Typus in den anderen nicht angenommen werden könne. Kürzlich hat Eber angeblich eine Umwandlung des T. hum. in T. bov. durch Rinderpassage erhalten. Aber es ist bei diesem Versuch, wie bei allen Versuchen an Rindern, nicht auszuschließen, daß eine bovine Infektion sich eingeschlichen und die Umwandlung vorgetäuscht hat. Schließlich mögen hier und da Stämme vorkommen, welche die Fähigkeit haben, erheblicher zu variieren; nach allen Beobachtungen gehört dies aber doch zu den seltenen Ausnahmefällen, und noch seltener wird eine natürliche Fortsetzung solcher Varietäten stattfinden.

Das gesamte Ergebnis ist somit das, daß Tuberkulose bovinen Ursprungs beim Menschen vorkommt, leichte Erkrankungen an Halsdrüsentuberkulose und Darmtuberkulose bei Kindern in einem relativ großen Bruchteil hervorruft, bei schweren tuberkulösen Affektionen dagegen selten, bei Phthise fast gar nicht beteiligt ist. Würde die Infektion durch T. humanus sich ganz beseitigen lassen, so würde die Tuberkulose keine verderbenbringende Volkskrankheit mehr bilden, sondern nur eine geringe Anzahl von Erkrankungen ohne größere soziale Bedeutung veranlassen. Dagegen bleibt die Tuberkulose nach dem Ausscheiden der bovinen Infektion die gleiche gemeingefährliche Seuche wie wir sie heute kennen; denn alle Enqueten in Ländern oder Bevölkerungs-

klassen, wo Milch und Milchprodukte überhaupt nicht verzehrt werden (Japan, Türkei, Grönland, die Berber in Ägypten usw.), zeigen, daß dort trotzdem ungefähr die gleiche Frequenz an Tuberkulose vorhanden ist, wie in den Ländern, wo Milch reichlich genossen wird.

Die Gefahr, welche die vom Menschen gelieferten Infektionsgelegenheiten, unter Berücksichtigung der im Tierexperiment festgestellten leichteren oder schwierigeren Gangbarkeit der Infektionswege, bei der natürlichen Verbreitung der menschlichen Tuberkulose bieten, läßt sich schwer quantitativ abschätzen. Nur das läßt sich sagen, daß die Kontakte mit frischem und angetrocknetem Sputum bei Kindern in engen unreinlichen Wohnungen wohl mehr als die Hälfte aller Übertragungen ausmachen. Der Rest entfällt größtenteils auf Inhalation tuberkelbazillenhaltiger Tröpfchen, nur etwa 5% auf die Aufnahme boviner Bazillen. Allgemein gültige Zahlen lassen sich schon deshalb nicht aufstellen, weil die Infektionsgelegenheiten nach Lebensalter, Sitten und Gebräuchen, Wohlhabenheit usw. stark variieren.

Individuelle Disposition.

Die überaus verbreitete Empfänglichkeit des Menschen gegenüber der Tuberkulose erhellt aus einigen neueren Statistiken (Nägeli, Burckhardt) über die Befunde bei Sektionen, die mit möglichster Sorgfalt ausgeführt sind. Z. B. fanden sich unter 1262 Sektionen von Menschen zwischen dem 18.—60. Lebensjahre nur 9% ganz frei und 37·5% nur mit Residuen einer inaktiven latenten Tuberkulose. Bei 37% war letale und bei 16·6% latente, aber aktive Tuberkulose vorhanden. Infektion war also bei 90% erfolgt. Die große Verbreitung der Infektionsgelegenheit erklärt sich aus dem verarbeiteten Krankenhaus-Material, von dem man annehmen kann, daß es fast durchweg der Aufnahme von Bazillen exponiert war. Von den Infizierten waren zweifellos über 50% disponiert; und auch unter den 37·5% mit inaktiver schließlich ausgeheilter Tuberkulose sind gewiß noch viele, die zeitweise disponiert waren; denn wir sehen oft, daß bei chronischem Verlauf der Phthise die Empfänglichkeit starken zeitlichen Schwankungen unterworfen ist. — Für die Erkennung der Disposition zu Phthise, d. h. zu der am häufigsten vorkommenden und als Volkskrankheit am meisten gefürchteten chronischen Form der Lungentuberkulose, bei welcher der Prozeß an der Lungenspitze beginnt und von da allmählich nach abwärts schreitet, haben wir in den letzten Jahren einige Anhaltspunkte gewonnen. Früher war wohl bekannt, daß lymphatische Konstitution, chronische Bronchialkatarrhe, Diabetes, Mißverhältnis zwischen dem zu kleinen Herzen und der zu voluminösen Lunge, so daß die Blutversorgung der letzteren auf Schwierigkeiten stößt (Brehmer), zu Phthise

disponieren. Das eigentlich ursächliche Moment in diesen disponierenden Zuständen ist aber anscheinend in einer Hemmung der Lymphbewegung und namentlich des Lymphabflusses in der Lungenspitze zu suchen. Eine solche kommt nach Bacmeister zustande 1. durch Verkürzung des ersten Rippenknorpels und Stenosierung der oberen Brustapertur, wie sie bei flachem, langem Thorax mit abstehenden Schulterblättern häufig gefunden wird (Freund, Hart). Es wird dann ein Druck auf die Lungenspitze in der Gegend der Schmorlschen Furche ausgeübt und dadurch der Lymphabfluß gehemmt. Bacmeister konnte experimentell bei Tieren durch eine künstliche entsprechende Kompression die Lungenspitze zur Ansiedlungsstätte von Tuberkelbazillen machen. 2. durch eine Senkung der Aperturebene infolge von Muskelschwäche des Schultergürtels (Haltungsanomalie), wie sie bei schwächlichen, viel sitzenden Individuen gefunden wird. 3. durch Atmungsanomalien infolge von chronischen Katarrhen, erschwerter Nasenatmung (skrophulöse Kinder), fortgesetzter Staubinhalation (Steinhauer).

Ein besonders wichtiges disponierendes Moment für die Entwickelung einer chronischen Phthise ist ferner in der unvollkommenen Immunität gegeben, die in verseuchten Gegenden und bei dichter Bevölkerung anscheinend von fast allen Kindern erworben wird (Römer). Die Prüfung mit der Pirquetschen Kutireaktion (s. unten) hat ergeben, daß bis zur Pubertät nahezu 100% der städtischen Kinder infiziert sind; während in unserer ländlichen Bevölkerung nur 40—60% der älteren Kinder reagieren, und in wenig bewohnten Gegenden (Steppen, Campagna, Landbevölkerung in Palästina, Chile) nur wenige positive Reaktion zeigen. Das Tierexperiment hat nun gelehrt, daß das Bestehen einer tuberkulösen Infektion eine relative Immunität gegen eine zweite Infektion gewährt; und das gleiche müssen wir bezüglich des infizierten Menschen annehmen, da bei diesen die Halsdrüsen, der Darm usw. oft lange Zeit von tuberkulösen Prozessen frei bleiben trotz vielfachen Kontakts mit Tuberkelbazillen, ebenso andere Teile der Lunge, obwohl durch Einatmung der eigenen Hustentröpfchen massenhaft Gelegenheit zur Infektion gegeben ist. Andererseits muß angenommen werden, daß die erworbene Immunität im Kindesalter einen unvollständigen Schutz gewährt und daß gelegentlich Reïnfektion durch massiven Import entweder von eigenen Herden aus oder exogen von der Umwelt aus erfolgen kann. In diesen Fällen entsteht dann typische Phthise mit protrahiertem Verlauf, zumal auch bei solchen Kindern Haltungs- und Atmungsanomalien infolge von Muskelschwäche, chronischen Katarrhen usw. sehr verbreitet sind. — Fehlt die Durchseuchung im Kindesalter, dann sehen wir bei später eintretender Infektion meist eine anders verlaufende Tuberkulose auftreten, mit stark letaler Tendenz, in Form

der käsigen Pneumonie oder sog. galoppierenden Schwindsucht, wie dies von METSCHNIKOFF in der Kalmückensteppe, von WESTENHÖFER in Chile beobachtet ist.

Auch äußeren Verhältnissen wird oft ein erheblicher Einfluß auf die Disposition zu Phthise eingeräumt. Vielfach wird Armut, schlechte Wohnung, kurz ungünstige soziale Lage als ausschlaggebend für die Disposition bezeichnet. Um hierüber ein Urteil zu gewinnen, muß man aber beachten, daß zweierlei Einflüsse von der äußeren Umgebung ausgehen; einmal erstrecken sich diese auf die Ausbreitung des Kontagiums und zweitens auf die individuelle Disposition. Der erstere Einfluß ist der bedeutungsvollere. Er ist namentlich mit den Wohnverhältnissen und speziell mit der Dichtigkeit der Bewohnung verknüpft. Damit soll nicht gesagt sein, daß die Wohnung als solche bleibend beteiligt ist. Wie S. 292 ausgeführt ist, hat man früher fälschlicherweise den Licht- und Luftgehalt einer Wohnung als maßgebend für die Gefahr der Haltbarkeit und der Verbreitung des Kontagiums angesehen. Die Beschaffenheit der Wohnung nach dieser Richtung ist aber relativ belanglos; dagegen ist die Art der Benutzung der Wohnung, die Zahl von disponierten Individuen, die zurzeit mit einem Kranken auf einem bestimmten Flächenraum sich zusammendrängen, von großer Bedeutung. Daneben spielt allerdings noch das Verhalten des Kranken und seiner Umgebung und die Sorgfalt des Kranken in bezug auf die Verhütung der Infektionsgefahr eine Rolle. Selbst bei geringer Wohndichtigkeit können die Insassen infizierenden Verkehr unterhalten, wenn sie die Sicherungsvorschriften bezüglich der Sputumbehandlung und der Tröpfcheninfektion ignorieren.

Zweitens haben schlechte Wohnungsverhältnisse auch auf die Disposition Einfluß, indem z. B. abnorme Feuchtigkeit, Dunkelheit, stagnierende Luft die Entstehung von Haltungs- und Atmungsanomalien begünstigt. Aber hierbei konkurrieren stets noch andere bedeutsame Faktoren, wie Unterernährung, Mangel an Bewegung im Freien, schädigende Beschäftigung usw., und diese sind für die Entstehung der Disposition meist so ausschlaggebend, daß es unberechtigt ist, von einem besonders hervorragenden Einfluß der Wohnung auf die Disposition zu Phthise zu sprechen und die Phthise daraufhin sogar als eine Wohnungskrankheit zu bezeichnen. Auch unter besten sozialen und speziell Wohnungsverhältnissen ist oft Disposition genug vorhanden, und wenn hier nur eine gewisse Nachlässigkeit in bezug auf die Verhütung der Ausstreuung des Kontagiums vorliegt, so kommt massenhaft Phthise zustande, wie die Überflutung zahlreichster teuerer Kurorte und Sanatorien mit Phthisikern aus günstigsten sozialen Verhältnissen in eindringlicher Weise lehrt.

Da die Empfänglichkeit für Phthise einen schwer greifbaren und zeitlich bei jedem Individuum wechselnden Faktor darstellt, ist die oft gehörte Bezeichnung ganz falsch, daß es beruhigend wirken muß, wenn man annimmt, daß die Tuberkelbazillen ubiquitär verbreitet sind und von jedem aufgenommen werden, daß aber für die Erkrankung nur die Disposition entscheidend ist. Eine Ubiquität besteht gar nicht; die Tuberkelbazillen sind nicht allgemein, gleichsam saprophytisch verbreitet, sondern stets an den Bereich des phthisischen Menschen und an den nahen Verkehr mit diesem gebunden. Sind aber sehr zahlreiche Phthisiker vorhanden und ist in manchen Kreisen der nahe Verkehr mit dem Phthisiker fast für niemand zu meiden, so ist die Ansteckungsgefahr zwar sehr ausgebreitet, aber nach wie vor bildet der kranke Mensch das Zentrum, und wo dieser zufällig fehlt, fehlt auch die Gelegenheit zur Infektion. — Könnten wir uns aber wirklich vor dem Bazillus überhaupt nicht schützen und wären ganz auf die „Disposition" angewiesen, so wäre uns damit in keiner Weise geholfen. Denn wir kennen kein Mittel, um eine sichere und dauernde Unempfänglichkeit unseres Körpers herzustellen oder auch nur uns darüber zu vergewissern, ob zurzeit ein Körper empfänglich ist oder nicht. Dagegen können wir tatsächlich gegen die Infektionsgefahr, eben weil sie nicht ubiquitär ist, sehr vieles tun und dadurch wirksamen Schutz verschaffen.

Bezüglich der örtlichen und zeitlichen Disposition ist bereits S. 69 und 72 die völlige Immunität großer Höhen, die relative Immunität mäßiger Höhen und der Seeküsten, sowie die Akme der Todesfälle im Winter und Frühjahr hervorgehoben und erläutert. Im übrigen treten zwischen einzelnen Ländern, Provinzen und Städten noch vielfach Differenzen hervor, die aber keineswegs auf Einflüsse der Bodenbeschaffenheit usw. hindeuten, sondern in Verschiedenheiten der Wohnweise, der Wohlhabenheit, der Beschäftigungsweise usw. ihre volle Erklärung finden.

Bekämpfung der Tuberkulose.

Nachdem die neueren Untersuchungen mit voller Deutlichkeit gezeigt haben, daß vorzugsweise der Kranke die wesentlichste Infektionsgefahr bietet, muß auch die Bekämpfung der Phthise sich in erster Linie gegen den Kranken wenden.

Wie bei anderen kontagiösen Krankheiten kommt zunächst die Erkennung der Krankheit, dann die Meldepflicht und die Isolierung des Kranken in Frage.

Zur Erkennung dient 1. der mikroskopische Nachweis von Tuberkelbazillen im Sputum, eventuell unter Zuhilfenahme der Homogenisierung des

von mehreren Tagen gesammelten Auswurfs nach Lorenz, bzw. der Meerschweinchenimpfung nach Bloch (s. Anhang);

2. die Prüfung mit Tuberkulin; auf das Einbringen kleiner Mengen dieses Kulturextraktes tritt bei Tuberkulösen eine Überempfindlichkeit zutage, die sich durch entzündliche Reaktion an der Impfstelle äußert; bei subkutaner Injektion entsteht eine solche auch an der Stelle des tuberkulösen Herdes, außerdem etwas Fieber usw. Man sucht sich diesen Vorgang dadurch zu erklären, daß bei Tuberkulösen durch die Tuberkelbazillen fortgesetzt Tuberkulin produziert und daß daraufhin Antituberkulin gebildet ist und namentlich in den Herden, in kleiner Menge in vielen Körperzellen sich findet. An dieses Antituberkulin wird das eingespritzte Tuberkulin fixiert, gleichzeitig wird Komplement absorbiert und es entstehen toxische Abbauprodukte. Bei fortgesetzter Behandlung mit Tuberkulin kann der Körper Tuberkulinimmunität erwerben, indem freies Antituberkulin im Säftestrom so reichlich zirkuliert, daß es das ganze Tuberkulin mit Beschlag zu belegen vermag. — Angewendet wird das Tuberkulin zur Diagnose hauptsächlich in folgender Form:

Kuti-(Kutan-)reaktion nach v. Pirquet. Mittels Impfbohrers 3 Skarifikationen auf dem Oberarm, 2 auf Stellen mit 1 Tropfen Alttuberkulin (Koch), 1 ohne solches.

Perkutanreaktion nach Moro, Petruschky. Salbe von Tuberkulin und Lanolin āā $^1/_2$ Minute verrieben.

Intrakutanreaktion (Römer), Einspritzung von verdünntem Tuberkulin in die Haut. Empfindlichste Reaktion.

Die vorgenannten Methoden zeigen auch „passive" Herde an. Die Reaktion ist sehr abhängig von der Konzentration des Tuberkulins, die (wie bei allen serologischen Reaktionen) nicht zu hoch gewählt werden darf, um nicht die Spezifität einzubüßen. Zu warnen ist vor wiederholten Applikationen, da deren erste Sensibilisierung hervorrufen kann.

Ophthalmoreaktion (Calmette, Wolff-Eisner). 1 % Tuberkulin 1 Tropfen auf die Konjunktivalschleimhaut des unteren Lides. Nicht ohne Gefahr wegen schwererer Affektionen, die gelegentlich eintreten.

Subkutane Tuberkulinprobe (Koch). Zuerst 1 mg, bei Kranken und Kindern 0·1 mg. Nach einigen Tagen Wiederholung.

Die beiden letztgenannten Reaktionen zeigen bei positivem Ausfall aktive Tuberkuloseherde an.

3. Opsonischer Index des Serums nach Wright (s. S. 606). Umständlich.

4. Komplementfixierung mit Serum des Kranken und Tuberkulin. Unsicher, nur bei einer kleinen Zahl von Kranken positiv.

5. Anaphylaktischer Versuch. Serum des Kranken intraperitoneal injizieren = passive Anaphylaxie; nach 1—2 Tagen Tuberkulin. Unsicher, wie 4.

6. Kobragift-Aktivierung (Calmette). Kobratoxin löst Pferde-Erythrozyten nur bei Gegenwart von Lezithin (Bildung eines hämolytisch wirksamen Toxolezithids). Serum Tuberkulöser ist besonders reich an Lezithin (arm an Cholesterin, das hemmend wirkt); daher bei Tuberkulose positive Hämolyse. — Nicht spezifisch genug und deshalb unbrauchbar.

Ist Tuberkulose festgestellt, so läßt sich zwar nicht für jeden Fall von beginnender, wieder ausheilender oder sich über viele Jahre hinziehender Phthise die Meldepflicht und die Isolierung des Kranken verlangen. Aber doch wäre es von größter Wichtigkeit, wenn wir eine gesetzliche Handhabe bekämen, um in solchen Fällen, wo der Phthisiker

in evidentem Maße eine Gefahr für seine Umgebung bildet, besondere Vorsichtsmaßregeln in Anwendung zu ziehen. Diese könnten in zeitweiser tunlichster Isolierung bestehen; oder in dem Untersagen einer Tätigkeit, durch welche zahlreiche Menschen mit Ansteckung bedroht werden (Lehrer); oder wenigstens darin, daß der Kranke angehalten wird, das Anhusten seiner Mitbewohner zu unterlassen und das Sputum vorschriftsmäßig zu sammeln und zu desinfizieren; endlich darin, daß die von dem Phthisiker verlassene Wohnung und dessen Kleidung desinfiziert wird. Vor allem aber wird es erforderlich sein, Asyle für vorgeschrittene Stadien zu gründen und durch deren Ausscheidung die schlimmsten Infektionsquellen nach und nach zu beseitigen. In Norwegen ist man bei der Durchführung eines derartigen gesetzlich sanktionierten Vorgehens auf keine erheblichen Schwierigkeiten gestoßen.

In Deutschland ist die erforderliche Isolierung nur zu einem kleinen Teile verwirklicht durch die zahlreichen Lungenheilstätten, die nicht die vorgeschrittenen, sondern Anfangsstadien aufnehmen, bei diesen den Verlauf der Erkrankung günstig beeinflussen und allerdings außerdem die Kranken zu einem Verhalten erziehen, durch das späterhin die Gefahr für die Umgebung herabgemindert wird. — Auch Rekonvaleszentenheime, ländliche Arbeiterkolonien nehmen einen Teil der bereits gebesserten Phthisiker auf und sorgen dafür, daß der Verstreuung des meist noch vorhandenen Kontagiums vorgebeugt wird. Einen ähnlichen Zweck erfüllen die Walderholungsstätten, in denen Phthisiker sich den ganzen Tag über aufhalten und wo sie ebenfalls ein die Gefahr für ihre Umgebung möglichst herabsetzendes Verhalten erlernen. Nach dem „Bericht des Deutschen Zentral-Komitees zur Errichtung von Heilstätten für Lungenkranke“ sind in Deutschland 1913 147 Heilstätten mit 15278 Betten, 27 Kinderheilstätten für tuberkulöse Kinder, 103 Kinderheilstätten für Vortuberkulose, Skrofulose usw., 22 Heilstätten für Knochen- und Gelenktuberkulose, 114 Tages-Erholungsstätten, außerdem 28 Genesungsheime in Betrieb. — Außerdem bestehen in Deutschland 825 Polikliniken (Dispensaires) für Lungenkranke, die mit einer Fürsorgestelle verbunden sind. Hier sollen nach der poliklinischen Feststellung des Leidens die häuslichen Verhältnisse des Patienten ermittelt werden, und falls die Gefahr der Kontagiumverstreuung erheblich befunden wird, sucht man entweder den Kranken in eine der vorgenannten Anstalten zu überführen, oder sorgt dafür, daß Betten, Wäsche, Spucknäpfe usw. unentgeltlich geliefert, daß für die Kinderpflege, Reinigung usw. Hilfskräfte gestellt, Kinder eventuell zeitweise in anderen Familien untergebracht werden; dazu kommt eine fortgesetzte Belehrung des Kranken über ein zweck-

entsprechendes Verhalten; in besonderen Fällen werden auch Mittel gewährt, um ein Zimmer zuzumieten. Offenbar kann durch diese Einrichtungen der Ausstreuung des Kontagiums wirksam entgegengearbeitet werden. — Für die wichtigsten Kontagiumverbreiter, die Lungenkranken in vorgeschrittenem Stadium, sind 144 besondere Pflegeheime oder Spezialabteilungen bei allgemeinen Krankenhäusern vorhanden, die aber zum großen Teil den zu stellenden Anforderungen nicht entsprechen.

Gegen die einzelnen Infektionsgelegenheiten muß in der Weise vorgegangen werden, daß bezüglich des Auswurfs Warnungen vor dem Entleeren auf den Fußboden von geschlossenen Räumen erlassen werden (auch in Restaurants, Wartehallen, Bahnwagen usw.); auf der Straße ist ein solches Verbot schwer durchzuführen und nicht entfernt von gleicher Bedeutung, weil hier ernste Infektionschancen durch den Auswurf doch nicht zustande kommen. In geschlossenen Räumen sollen stets Spucknäpfe zur Aufnahme des Auswurfs bereit stehen.

Meistens schreibt man die Füllung der Spucknäpfe mit Wasser, Karbolsäure u. dgl. vor und warnt vor trockener Füllung. Diese Warnung ist unbegründet; zu einem Verstäuben von Tuberkelbazillen aus einem Spucknapf heraus kommt es auch bei Füllung mit Sand, Kaffeesatz, Lohe, Sägespänen u. dgl. nachweislich niemals, außer wenn man unnatürlichste Versuchsbedingungen einführt. Trockene Füllung ist aus praktischen Gründen sogar meist vorzuziehen. — Die Entleerung, Desinfektion und Reinigung der Spucknäpfe bereitet viel Schwierigkeiten. Eine wirksame Desinfektion erfolgt nur durch starke (5‰ige) Sublimatlösung; ferner durch Kochen (Kirchners Sputumdesinfektor). Einfacher, billiger und für das Personal angenehmer ist die Verwendung von verbrennbaren Karton-Spucknäpfen (von Fingerhut & Co. in Breslau zu sehr geringen Preisen geliefert).

Ist ein Spucknapf nicht erreichbar, so soll der Kranke entweder ein Spuckfläschchen (nach Knopf oder Dettweiler) bzw. ein verbrennbares Kartonspuckfläschchen benutzen; oder der Auswurf ist ausnahmsweise in das Taschentuch zu entleeren. Die hierzu verwendeten Taschentücher, ebenso die Tücher, welche mit heftigem Husten vor den Mund gehalten, oder mit welchen Sputumreste von Mund und Bart abgewischt waren, sind höchstens einen Tag zu benutzen, weil sonst solches Austrocknen stattfinden kann, daß sich Fasern mit trockenen Sputumteilchen leicht ablösen. Die Taschentücher sind demnächst zu desinfizieren. Empfehlenswert ist die tunlichste Benutzung von Papiertaschentüchern (bei Fingerhut & Co. 10 Stück für $3^1/_2$ Pfg.), die nach dem Gebrauch verbrannt werden. — Sputumreste finden sich bei den meisten Kranken noch an den Kleidern (Taschenеingang) und an den Fingern. Letztere sind so häufig als möglich (unbedingt nach merklicher Beschmutzung mit Sputum) zu

reinigen; die Kleider sind von Zeit zu Zeit zu desinfizieren (Formalinschrank). — Selbstverständlich ist ferner Staubentwickelung in Räumen mit Phthisikern nach Möglichkeit zu vermeiden; die Reinigung ist stets feucht vorzunehmen; statt der Teppiche sollen abwaschbare glatte Auflagen den Fußboden bedecken. — Von Phthisikern verlassene Wohnungen (Bureaus) sind nach den oben gegebenen Vorschriften zu desinfizieren.

Die Tröpfcheninfektion soll dadurch vermieden oder möglichst eingeschränkt werden, daß der Phthisiker sich während der Hustenstöße auf Armlänge von anderen Menschen fernhält und den Kopf von diesen abwendet oder das Taschentuch vor den Mund hält. In Arbeitsräumen, Bureaus u. dgl. betrage der Abstand zwischen den Köpfen der Arbeitenden mindestens 1 Meter. An Schreibpulten läßt sich eine trennende Glaswand von $^1/_2$ Meter über Kopfhöhe zwischen den einander gegenübersitzenden Schreibenden anbringen, zwischen benachbarten Arbeitern seitlich trennende Zwischenwände. — Auch im Krankenzimmer ist die Abgrenzung des Bettes durch einen durchsichtigen oder undurchsichtigen glatten Vorsetzer oft von Vorteil. Die Hauptsache bleibt indes stets die richtige Erziehung des Kranken zu einem die Umgebung möglichst wenig gefährdenden Hustenmodus und zu vorschriftsmäßiger Beseitigung des Sputums.

Gegen die Infektion durch bovine Bazillen sind vor allem die S. 214 aufgeführten Verfahren zur Sterilisierung von Milch bzw. zur Herstellung von Butter aus pasteurisiertem Rahm allgemein durchzuführen. — Weiter ist eine möglichste Tilgung der Rindertuberkulose anzustreben.

Diese soll nach Kochs Vorschlag dadurch erfolgen, daß eine Abschlachtung aller auf Tuberkulin reagierenden Kühe vorgenommen wird. Dabei sind indes die Verluste zu groß. — Nach dem Bangschen Verfahren sind die auf Tuberkulin reagierenden Tiere zu trennen und erst allmählich abzuschlachten; nur die nicht reagierenden sind zur Aufzucht zu verwenden. — Ostertag merzt nur die Rinder mit offener Tuberkulose (Darm-, Uterus-, Eutertuberkulose) aus auf Grund der Untersuchung von Kot, Scheidenschleim und Milch. Kälber verdächtiger Herkunft werden mit auf 85° erhitzter Milch aufgezogen und später mit Tuberkulin geprüft. — Auch aktive Immunisierung ist von vielen Autoren empfohlen, z. B. nach v. Behring mit Bovovaccin, nach Koch und Schütz mit Tauruman, nach Heymann und Klimmer mit Antiphymatol — sämtlich Impfstoffen, die aus abgeschwächten menschlichen Bazillen bestehen. Die Immunität ist bei allen unsicher, die eingebrachten Bazillen halten sich lange und bedingen dadurch Gefahr für den Menschen. — Beim Schwein erfolgt die Infektion stets durch Verzehren von Milch und Molkereiabfällen. Der Zentrifugenschlamm muß daher vernichtet werden, die Magermilch darf nur erhitzt von den Molkereien abgegeben werden.

Eine Bekämpfung der Disposition kann durch hygienische Lebensweise, gute, namentlich eiweißreiche, Nahrung und viel Aufent-

halt im Freien, versucht werden. Ein sicherer Schutz kann jedoch dadurch nicht erreicht werden (s. S. 620).

Über spezifische Immunisierung sind in der Neuzeit sehr zahlreiche Untersuchungen angestellt, die hier nur auszugsweise mitgeteilt werden können:

Aktive Immunisierung beim Menschen a) mit lebenden Kulturen. Moeller experimentierte an sich mit Kaltblüterbazillen; Perlsuchtbazillen wurden von Baumgarten und von Klemperer (an sich selbst) versucht. Inwieweit ein Schutz erreicht wurde, läßt sich nicht feststellen. b) mit Kulturextrakten. Hierher gehört das Kochsche Alt-Tuberkulin; im wesentlichen ein Glyzerin-Wasser-Extrakt aus 7 Wochen alten Kulturen; dasselbe hat — neben der diagnostischen Erkennung der Tuberkulose — bei einer mit kleinsten Dosen beginnenden und lange fortgesetzten Therapie nach allen neueren Berichten in frühen Stadien der Krankheit ausgezeichnetes geleistet. — Beim Kochschen Neu-Tuberkulin werden die ganzen Kulturen getrocknet und dann trocken sehr fein verrieben; durch Aufschwemmen in Wasser und Zentrifugieren erhält man zwei Schichten, oben (TO) die löslichen Bestandteile, unten (TR) den unlöslichen Rückstand; gerade letzterer soll von Bedeutung sein und die relativ weitgehendste Immunität bei Versuchstieren ergeben. Auch die kombinierte Anwendung beider Anteile in Form Emulsion der zerriebenen Bazillen wird mit Erfolg angewendet. — Ähnliche Präparate sind von Landmann, Buchner, Hahn, v. Behring, Spengler, Klebs, Maragliano und vielen anderen wesentlich für therapeutische Zwecke hergestellt.

Zur passiven Immunisierung und namentlich zur Serumtherapie werden auch Sera benutzt, z. B. das nach Maragliano's Vorschrift von Pferden gewonnene, die mit Toxalbuminen der Tuberkelbazillen und Tuberkulin vorbehandelt waren; oder das Marmorek'sche Serum von Pferden, die mit den Antigenen ganz junger Tuberkelbazillen behandelt sind. Die Ansichten über die Erfolge sind geteilt.

Eine sichere und dauerhafte Immunisierung ist zurzeit nicht einmal bei Versuchstieren möglich, geschweige denn beim Menschen, dessen Empfänglichkeit gegen Tuberkulose offenbar sehr groß ist. Beim Menschen hinterläßt auch das Überstehen schwerer tuberkulöser Erkrankungen meist keine dauernde Immunität, sondern es wird höchstens so lange ein gewisser Schutz gegen Neuinfektion gewährt, als der alte Herd noch besteht und der Neuansiedelung von TB. entgegenwirkt.

Erfolge der Tuberkulosebekämpfung. Die in Fig. 196 wiedergegebene Kurve der Tuberkulosesterblichkeit in Deutschland zeigt deutlich, daß seit dem Jahre 1886 eine erhebliche Abnahme der Todesfälle an Tuberkulose stattgefunden hat. Dies Resultat ist vielfach ohne weiteres als Folge unserer Bekämpfungsmaßregeln und speziell der Heilstättenbewegung bezeichnet. So berechtigt und erfolgreich aber diese Bewegung zweifellos ist, so erscheint ihr Einfluß auf die Frequenz der Todesfälle doch nicht einwandfrei erwiesen. Wir sehen, daß in England und Schottland die gleiche Abnahme schon viel früher einsetzt und sogar noch stärker fortschreitet. Andere Länder, in denen

die Heilstättenbewegung voll gewürdigt ist, wie Österreich, Frankreich, Norwegen, Schweden zeigen diese Abnahme nicht; ebenso liefert Irland eher eine aufsteigende Kurve. NEWSHOLME hat den Unterschied zwischen England und Irland namentlich darauf zurückgeführt, daß die der Armenpflege anheimfallenden Phthisiker in vorgeschrittenen Stadien in England (und Schottland) geschlossenen Anstalten überwiesen und in diesen asyliert werden, während sie in Irland mit Geld unterstützt werden

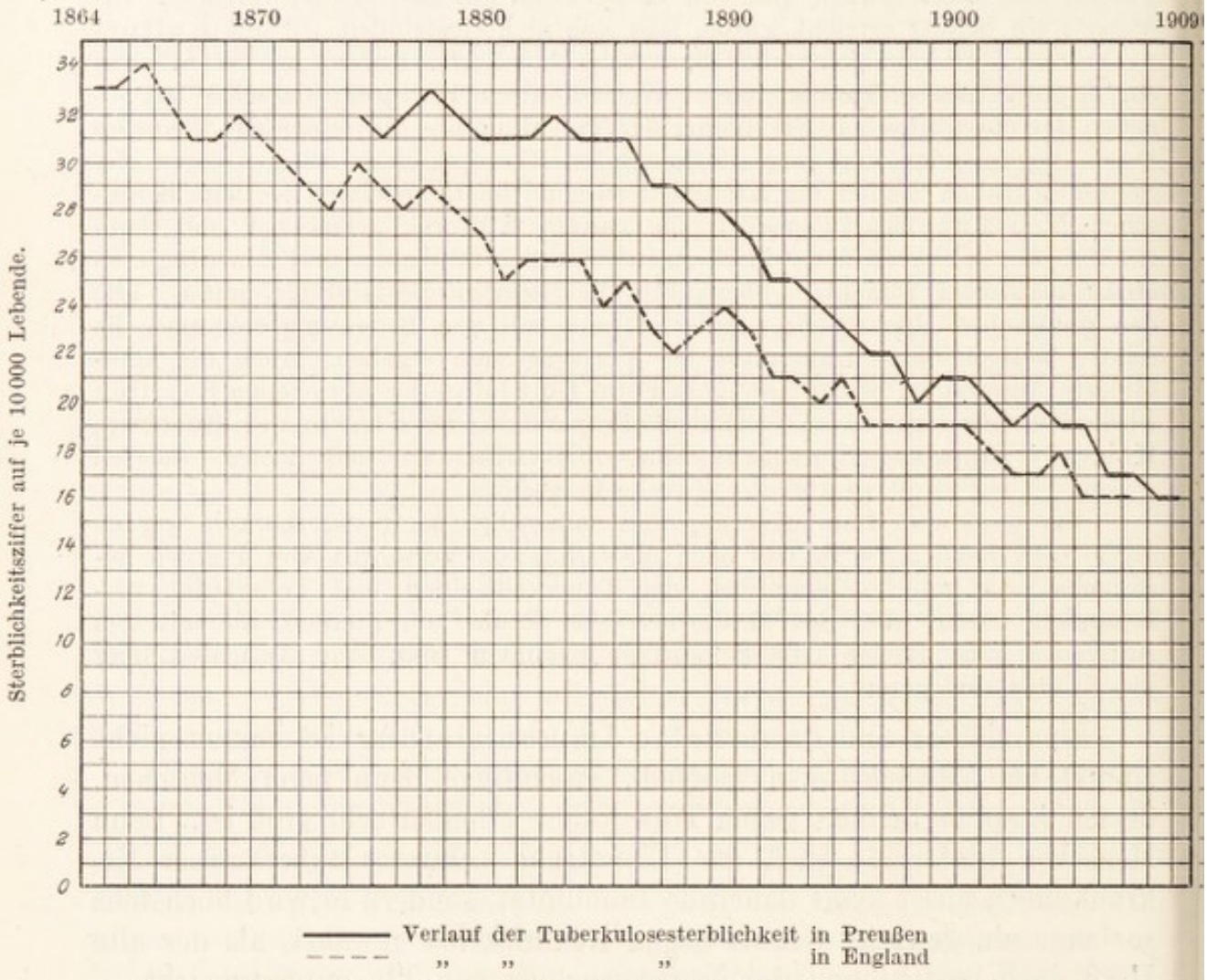


Fig. 196. Verlauf der Tuberkulosesterblichkeit in Preußen und England (nach A. KAYSERLING).

und in den Familien verbleiben. England zeigt infolgedessen eine Abnahme der Tuberkulose auch für die jüngeren und jüngsten Altersklassen; diese werden eben durch die Herausnahme der Phthisiker aus den Familien vor dem Kontagium wirksam geschützt. In Deutschland zeigt sich bei der Zerlegung der Gesamtkurve nach Lebensaltern, daß in den Altern bis 15 Jahre fast gar keine, bis 40 Jahre sehr geringe Abnahme erfolgt ist, stärker dagegen erst zwischen dem 40. und 60. Jahre. Hier liegt vielleicht ein Einfluß der früher sehr mangelhaften Registrierung

der Todesursachen vor, ähnlich wie dies von KRUSE schon bezüglich der Pneumonie im Kindesalter hervorgehoben ist. Wie stark sich die Tuberkulose als Todesursache durch ärztliche Leichenschau verschiebt, geht aus dem Beispiel der Stadt Posen hervor, wo 1907, im ersten Jahre nach Einführung der Schau, die Zahl der Kindertuberkulosen auf das 20fache hinaufschnellte. Es ist daher nicht unmöglich, daß tatsächlich auch bei uns in den jüngeren Lebensaltern eine Abnahme der Tuberkulosetodesfälle eingetreten ist, die aber durch die viel zu kleinen Ziffern der früheren Jahre verwischt wird. — Bei der Abnahme der Todesfälle im höheren Lebensalter wird man an eine Wirkung der 1883—85 erlassenen Versicherungsgesetze denken müssen, die dem älteren Phthisiker eine bessere ärztliche Behandlung und Pflege schaffen und sein Leben protrahieren. Hierfür kommen namentlich die allgemeinen Krankenhäuser in Betracht, die jetzt etwa 80000 Phthisiker mehr in Pflege nehmen, als vor 30 Jahren, und dadurch die Gesunden weit mehr vor ausgestreutem Kontagium bewahren. Die Heilstätten sind von diesem hygienischen Gesichtspunkt aus nicht von gleicher Bedeutung, weil sie nur Anfangsstadien heraussuchen, bei denen die Behandlung noch Erfolge bezüglich der Arbeitsfähigkeit verspricht; sie nehmen die Kranken auch nur für $^1/_4$ Jahr auf. Damit wird erzielt, daß die Phthisiker wohl länger am Leben erhalten werden, aber auch um so länger ihre Familien und speziell die Kinder gefährden, selbst wenn man in Rechnung zieht, daß bei einem Teil der aus den Heilstätten Entlassenen das erlernte Verhalten im Verkehr mit anderen vor einer Ausstreuung des Kontagiums schützen wird. Die Hygiene muß offenbar das Hauptgewicht auf die Asylierung der vorgeschrittenen Stadien und das Unschädlichmachen des Kontagiums legen. Erst durch Ausdehnung der darauf bezüglichen Maßnahmen werden wir allen Lebensaltern Schutz gegen die Infektion gewähren können.

Eine ausreichende Erklärung für den starken Abfall der Sterblichkeitskurve in Deutschland und den gleich starken, aber 40 Jahre früher einsetzenden in England geben im Grunde weder die Heilstättenbewegung, noch die Versicherungsgesetze, noch die bessere Asylierung. Dagegen ist vermutlich noch in Betracht zu ziehen die stärkere Durchseuchung der städtischen Bevölkerung, die nach RÖMER zu einem chronischen Verlauf der Tuberkulose führt und die erst mit dem raschen Wachstum der städtischen Bevölkerung (s. S. 289) in erhöhtem Maße um sich gegriffen hat. Der gleiche mächtige Zuzug in die Städte und Industriezentren hat etwa 40 Jahre früher in England stattgefunden; und auch hier sehen wir als Folge die stärkere Durchseuchung und damit den chronischeren Charakter der Tuberkulose eintreten. Dagegen nehmen Länder, in denen die Verschiebung der ländlichen und städtischen Be-

völkerung gar nicht oder nicht in dem Maße sich vollzogen hat (Irland, Norwegen), an der Durchseuchung und deshalb auch an der Abnahme der Tuberkulosetodesfälle nicht teil.

Auffällig ist auch das verschiedene Verhalten mancher Städte in bezug auf die Tuberkuloseabnahme. Breslau und Plauen z. B. machen die gewohnte Senkung der Kurve nicht mit. Aus besonderen sozialen Verhältnissen, geringerer Möglichkeit der Krankenbehandlung usw. ist dies schwer zu erklären. Dagegen muß man sich bewußt bleiben, daß die einer solchen Statistik zugrunde liegenden Urzahlen vielfach angreifbar sind, vollends da, wo noch nicht ärztliche Leichenschau besteht; aber selbst da, wo Ärzte, die den Kranken nicht behandelt haben, an der Leiche die Diagnose präzisieren sollen. Da nach dem Seuchengesetz die Diagnose „Tuberkulose" z. B. Desinfektion nach sich zieht, wird sie nach Möglichkeit vermieden und nur in völlig klar liegenden Fällen angegeben werden. Man kann sagen, daß je sorgfältiger ein städtisches statistisches Amt die Todesursachen festzustellen bemüht ist und je mehr die Leichenschauer auf genaue Rückfragen eingehen, um so größer vergleichsweise die Tuberkulosesterblichkeit registriert werden wird.

Preußisches Seuchengesetz. Die Todesfälle an Lungen- oder Kehlkopftuberkulose sind meldepflichtig. Es kann in diesen Fällen Desinfektion der Wohnung des Verstorbenen angeordnet werden. — Diese Bestimmungen genügen den oben begründeten Desideraten nicht. Durch Ministerialverfügung vom 9. Juli 1907 wurden sie wenigstens für die Schulen noch in folgender Weise ergänzt:

§ 4. Lehrer und Schüler, welche an Lungen- und Kehlkopftuberkulose leiden, dürfen, wenn und solange Tuberkelbazillen in dem Auswurf enthalten sind, die Schulräume nicht betreten.

§ 10. Es ist darauf zu halten, daß Lehrer und Schüler, welche unter Erscheinungen erkrankt sind, die den Verdacht der Lungen- und Kehlkopftuberkulose erwecken, — Mattigkeit, Abmagerung, Blässe, Hüsteln, Auswurf usw. — einen Arzt befragen und ihren Auswurf bakteriologisch untersuchen lassen. — Es ist Sorge dafür zu tragen, daß in den Schulen an geeigneten Plätzen leicht erreichbare, mit Wasser gefüllte Speigefäße in ausreichender Anzahl vorhanden sind. Das Spucken auf den Fußboden der Schulzimmer, Korridore, Treppen, sowie auf den Schulhof ist zu untersagen und nötigenfalls zu bestrafen.

19. Bacillus leprae (Aussatzbazillus).

Bei allen Formen des Aussatzes finden sich in den erkrankten Organen, z. B. in den Tumoren der Haut und auf den ulzerierenden Schleimhäuten (besonders der Nase), außerordentlich zahlreiche Bazillen, meist in Haufen gelagert und oft in eigentümliche große rundliche Zellen eingebettet. Die Bazillen messen 3—6 μ, nehmen Farbstoffe auch ohne Alkalizusatz auf, widerstehen aber der Entfärbung in ähnlicher Weise, wenn auch nicht so energisch wie die Tuberkelbazillen. In künstlichen Kulturen kommt kein Wachstum, oder Wachstum nicht säurefester Bazillen zustande, deren Identität mit Leprabazillen nicht völlig gesichert ist. Auch bei Übertragungen auf Tiere hat man bisher nur ausnahmsweise ein undeutliches Wachstum der eingebrachten Knoten beobachtet. — Aus der Verbreitung der Bazillen in den erkrankten Organen, aus der Konstanz und Ausschließlichkeit ihres Vorkommens dürfen wir trotzdem auf ihre ätiologische Bedeutung schließen.

Epidemiologie. Im Altertum und noch im Mittelalter war der Aussatz in Europa sehr stark verbreitet; jetzt findet man ihn in größerer Ausdehnung nur noch in Norwegen und in verschiedenen außereuropäischen Ländern, in Indien, China, Japan, Südamerika usw. Die Erreger gelangen am reichlichsten von den Geschwüren der Nasenschleimhaut aus durch Niesen und Husten nach außen. Die Einatmung oder auch einfache Berührungen reichen aber augenscheinlich noch nicht zur Infektion aus; Ärzte, Pfleger werden selten ergriffen. Eine im engsten Verkehr zustande kommende Masseninfektion oder eine besondere Disposition gehören dazu, um die noch nicht völlig aufgeklärte Übertragung zu bewirken.

Fig. 197. Leprabazillen im Unterhautzellgewebe. 500:1.

Zur Bekämpfung hat sich die Isolierung der Erkrankten in „Leprosorien" am besten bewährt. Der starke Rückgang der Lepra in Europa ist offenbar auf diesem Wege erreicht. Auch in Norwegen sind seit den vor etwa 50 Jahren erfolgten strengen Isoliermaßregeln nur wenig neue Fälle zu verzeichnen. — In Deutschland gelten für Lepra die Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes. Etwa 30 Lepröse leben in dem bei Memel eingerichteten Leprösenheim.

20. Bacillus tetani, Tetanusbazillus.

Schlanke, gerade, gramnegative Bazillen, beweglich durch zahlreiche peritriche Geißeln. Am einen Ende entsteht eine Spore, zunächst kuglig, später unter Dünnerwerden des Stäbchens oval, den Durchmesser des Bazillus erheblich überragend. Nur unter anaëroben Bedingungen wachsend. Kolonien zeigen ein dichtes Zentrum und feinen Strahlenkranz; in zuckerhaltigem Substrat erfolgt starke Gasbildung. Gleichzeitige Anwesenheit anderer, den Sauerstoff absorbierender Bakterien erleichtert das Wachstum. Die Sporen sind ziemlich resistent, halten Trockenheit sehr lange aus, 80° 1 Stunde, 100° in Wasser oder Dampf 5 Minuten. — Mit der Kultur gelingt es, die Krankheit bei Mäusen, Meerschweinchen, Kaninchen usw. durch subkutane Impfung hervorzurufen, am sichersten, wenn ein steriler Holzsplitter oder Wattebausch mit Kultur in eine tiefere Hauttasche eingeführt wird; dadurch sind die erforderlichen anaëroben Existenzbedingungen gewährt, die übrigens durch die Wucherung der Eitererreger unterstützt werden. Die Versuchstiere erkranken nach 24—36 Stunden an rasch vorschreitendem und tödlich endendem Tetanus. — Hühner und Kaltblüter sind immun. — Die Tetanusbazillen finden sich in den verendeten Tieren

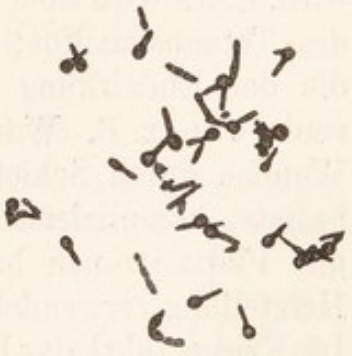


Fig. 198. Tetanusbazillen, sporentragend, aus Agarkultur (nach KITASATO). 1000:1.

meist nur an der Impfstelle; sie können daher nur durch dort produzierte lösliche Toxine wirken.

Die Toxine erhält man getrennt von den Bazillen in Bouillonkulturen, die durch Tonfilter geschickt sind; 2 Milliontel ccm solcher Giftlösung können schon eine Maus töten. Durch Fällung mittels Ammonsulfat, Trocknen des Niederschlags im Vakuum kann man die Toxine noch konzentrieren; von Reindarstellung bleibt man indes weit entfernt. Nach der Wirkung läßt sich in der gewonnenen Substanz ein „Tetanospasmin" unterscheiden, das durch den Achsenzylinder, auch wohl durch das Peri- und Endoneurium der peripheren Nerven zum Zentralnervensystem geleitet, hier verankert wird und nach einer gewissen „Inkubationszeit" die Krämpfe auslöst. Daneben kommt ein hämolytisch wirkendes Tetanolysin vor, das indes praktisch kaum von Belang ist.

Epidemiologie. Der Tetanusbazillus ist in der Außenwelt weit verbreitet. Die beste Wucherungsstätte scheint er im Blinddarm der Pflanzenfresser zu finden. Mit dem Kot dieser Tiere (namentlich Pferdekot) gelangt er in Ackererde, Gartenerde usw. Dort findet man seine Sporen fast regelmäßig; Einimpfung von etwas gedüngter Erde in eine Hauttasche ruft bei den Versuchstieren Tetanus hervor. Mit Erde, Wohnungs- und Kleiderstaub kann der Bazillus gelegentlich in geeignete Hautwunden beim Menschen und bei landwirtschaftlichen Nutztieren eindringen und Tetanus hervorrufen; Pferde (Kastration) werden am häufigsten befallen.

Bei der großen Verbreitung der Tetanussporen und andererseits der Häufigkeit kleiner Hautwunden des Menschen muß es eigentlich wundernehmen, daß der Mensch nicht öfter von Tetanus befallen wird. Dies wird aber erklärlich durch die anaëroben Lebensbedingungen des Tetanusbazillus; nur solche Wunden gestatten ihm Wucherung, die der Einwirkung des Sauerstoffs der Luft einigermaßen entzogen sind; also z. B. Wunden in Form von Stichkanälen, Schußwunden, Wunden durch Schiefer und Splitter, namentlich wenn an diesen Erde haftete, komplizierte Frakturen durch Überfahren usw. Auch Schüsse mit Platzpatronen haben früher oft Tetanus veranlaßt, weil das zur Herstellung verwendete Material Tetanussporen enthielt (v. Schjerning). Im Kriege führt das Liegen der Truppen auf dem Boden im Feuergefecht und das Leben in den Schützengräben zu bedenklicher Imprägnierung der Kleider mit Erde, von der aus Schußwunden leicht mit Tetanussporen infiziert werden. — Gelegentlich scheinen auch Schleimhautwunden als Eingangspforte in Betracht zu kommen (idiopathischer Tetanus).

Prophylaktisch ist eine allgemeine Vernichtung der Erreger nicht diskutabel. Nur in gewissen Fällen kann das Hineingelangen der Erreger in Wunden verhütet werden, wie z. B. durch Verwendung sterilen Materials zu den Platzpatronen. Im übrigen muß namentlich

bei „anaëroben“ Wunden die ernste Tetanusgefahr beachtet werden, in erhöhtem Maße, wenn Erde oder Staub in den Wundkanal gelangt ist. Herstellung aërober Lebensbedingungen durch Offenlegen der Wunde und kräftige Antisepsis können versucht werden, kommen aber meist schon zu spät. Um so wichtiger ist die Beeinflussung der:

Individuellen Empfänglichkeit. Wie bei den Diphtheriebazillen, die durch lösliches Ektotoxin wirken, ist auch bei Tetanus eine passive Immunisierung bzw. Therapie durch Antitoxin besonders aussichtsvoll.

Pferde werden zunächst aktiv immunisiert, indem man anfangs stark abgeschwächtes Toxin oder Mischungen von Toxin und Antitoxin, später vorsichtig steigende Dosen von vollwirksamem Gift injiziert. Prüfung durch die Mischungsmethode; als Grundlage dient trockenes Testgift. 20 Antitoxin-Einheiten genügen beim Menschen zur Immunisierung, 100 Einheiten werden therapeutisch verwendet.

Prophylaktische Schutzimpfung hat günstige Resultate zu verzeichnen; die Indikation für ihre Anwendung ist gegeben, sobald frische, in der oben beschriebenen Weise disponierte Wunden vorliegen. Die Seruminjektion muß möglichst früh (im Felde schon durch die Sanitätskompagnien) geschehen und nach 8 Tagen wiederholt werden. Nach dem ersten Beginn der tetanischen Symptome kann intrazerebrale, intralumbale oder intraneurale Antitoxininjektion versucht werden; namentlich letztere scheint zuweilen noch Erfolg zu haben. Im ganzen besteht therapeutisch wenig Aussicht. Auch im Tierversuch zeigt sich, daß das Toxin nicht mehr neutralisiert werden kann, wenn einige Zeit seit seiner Einverleibung verflossen und feste Verankerung des Gifts an die Zellen des Zentralnervensystems eingetreten ist.

21. Bazillus des malignen Ödems.

Bazillen etwas schlanker als Milzbrandbazillen, Enden mehr abgerundet, Fäden biegsamer. Grampositiv, beweglich, zahlreiche Geißeln. Sporenbildung in Clostridiumformen. Wachstum nur anaërob, Gasentwickelung. Nach subkutaner Impfung (Taschen mit Fremdkörpern) Tod der Versuchstiere oft schon nach 16 Stunden; auf dem serösen Überzug der Milz usw. spärliche Bazillen und Fäden; reichlicher und auch in der Pulpa mehrere Stunden post mortem; unter der Haut Ödem und blutigseröses Exsudat mit Gasentwickelung.

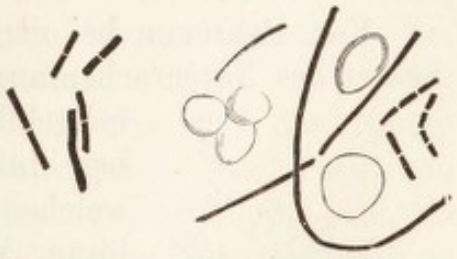


Fig. 199 Bazillen des malignen Ödems; links aus der Milz eines Meerschweinchens, rechts aus der Lunge einer Maus (nach KOCH). 700:1.

In Faulflüssigkeiten, Darminhalt, gedüngter Erde sehr verbreitet, oft zusammen mit Tetanussporen. Bei Mischinfektion gehen die Tiere an malignem Ödem rascher zugrunde. — Beim Menschen z. B. anläßlich komplizierter Frakturen durch Überfahren; selten.

22. Bazillus des Rauschbrands (Charbon symptomatique).

Bewegliche Bazillen mit peritrichen Geißeln, grampositiv. Sporenbildung in keuligen Clostridiumformen. Wachstum nur anaërob, übelriechende Gase. Kaninchen, Hunde, Ratten usw., auch Schweine, Pferde sind unempfänglich, ebenso der Mensch. Meerschweinchen sind beschränkt, Rinder, Schafe, Ziegen leicht empfänglich. Bei diesen Tieren kommt natürliche Verbreitung vor; die Krankheit verläuft unter hohem Fieber und unter Entwickelung eines allmählich unter der Bauch- und Rumpfhaut sich ausbreitenden Emphysems. Die Infektion erfolgt in diesen Fällen von Wunden der Extremitäten aus, in welche die in gedüngtem Boden weit verbreiteten Sporen eindringen. Auch nach dem Tode noch Vermehrung der Bazillen und Gasentwickelung (sog. Schaumorgane). — Aktive Schutzimpfung ist in exponierten Herden durch Injektion zweier abgeschwächter Vaccins durchgeführt mit überwiegend gutem Erfolg. Auch eine Kombination von aktiver Impfung mit Injektion von Serum spezifisch vorbehandelter Tiere ist empfohlen.

23. Bacillus botulinus (Bazillen der Wurstvergiftung).

Der Bacillus botulinus ist ein Saprophyt, der im lebenden Warmblüter sich nicht vermehren und keine Infektion veranlassen kann. Bei gelegentlicher Wucherung in Nahrungsmitteln, Würsten, Fleisch, Fischen (auch in pflanzlichen, konservierten Nahrunsmitteln) produziert er aber ein Gift, welches beim Menschen die S. 241 aufgeführten Erscheinungen des Botulismus (Wurstvergiftung) hervorruft. — Der Bazillus ist beweglich, hat peritriche Geißeln, ist grampositiv, bildet endständige Sporen, die aber nicht sehr widerstandsfähig sind, und wächst unter anaëroben Bedingungen. Empfänglich für die Kulturen bzw. für das filtrierte Gift dieser sind Mäuse, Meerschweinchen, Kaninchen, nicht aber Hühner und Tauben. — Durch Vorbehandlung von Tieren mit steigenden Toxinmengen ist ein wirksames, antitoxinhaltiges Serum gewonnen.

24. Bacillus influenzae.

Von Pfeiffer bei der Epidemie von 1889 beobachtet. Aus dem Sekret des Nasenrachenraums, besser aus dem eitrigen Kern des zähen, hellgelblich grünlichen Bronchialsekrets lassen sich bei Influenzakranken Präparate herstellen, in welchen nach Färbung mit dünner Karbolfuchsinlösung Massen von feinen Bazillen zu erkennen sind. Die Bazillen haben etwa die Dicke der Mäuseseptikämiebazillen, sind aber kürzer; sie färben sich zuweilen an den Polen stärker als in der Mitte. Oft findet man in Teilung begriffene Bazillen, die mit Diplokokken verwechselt werden können. In allen

Fig. 200. Bazillen der Influenza Reinkultur. 1000:1 (nach Pfeiffer).

Kulturen und bei beginnender Involution treten längere Scheinfäden auf. Die Bazillen haben keine Kapseln; keine Eigenbewegung; keine Sporen; sind nicht nach GRAM färbbar.

Eine Züchtung gelingt nur auf einem Nährsubstrat, das Hämoglobin enthält. Nähragar wird mit Blut oder Hämoglobinlösung bestrichen; auf dieses Nährsubstrat wird Bronchialsputum gebracht, das vorher mit Bouillon zur Emulsion verrieben war. Die Influenzabazillen bilden feine Tröpfchen von glasartiger Transparenz. Sie wachsen nur zwischen 27 und 42° und sind streng aërob.

In der Kultur halten sie sich nur 14—18 Tage lebensfähig. Austrocknen in dünnen Schichten tötet sie rasch; im Auswurf halten sie sich länger lebendig, aber in völlig trockenem, verstäubbarem Sputum sind sie abgestorben. — Übertragung der Krankheit auf Tiere ist nicht gelungen. Affen, Kaninchen usw. zeigen nach Einbringung großer Bazillenmengen keine an Influenza erinnernden Krankheitserscheinungen und die Bazillen wuchern nicht auf den Schleimhäuten, sondern eine Schädigung der Tiere tritt nur ein durch die Endotoxine der Bazillen.

Der Beweis für die ätiologische Rolle der Influenzabazillen könnte daher lediglich erbracht werden durch Beobachtungen über ihr konstantes und ausschließliches Vorkommen bei Influenza bzw. bei Gesunden zu Influenzazeiten. Die Konstanz des Vorkommens kann für manche Epidemien als erwiesen gelten; bei einigen ist er vermißt. Die Ausschließlichkeit kann nach neueren Untersuchungen nicht als zweifelsfrei erwiesen anerkannt werden. Man findet nämlich Bazillen, die von den Influenzabazillen sehr schwer zu unterscheiden sind, oft bei Bronchitis zu influenzafreier Zeit, ferner bei Anginen (s. S. 683), ferner bei Keuchhusten häufig neben den Erregern (s. unten). Auch der KOCH-WEEKsche Bazillus, der in subtropischen Ländern, aber auch in unserem Klima im Hochsommer bei der Conjunctivitis aestiva in großen Mengen gefunden wird, ist schwer vom Influenzabazillus zu unterscheiden. Entweder liegen hier trotzdem verschiedene Arten ähnlicher Bazillen vor, die wir aber noch nicht genügend unterscheiden können; oder es handelt sich bei den Influenzabazillen um eine Art Epiphyten der Respirationsschleimhaut, ähnlich den Coli-Epiphyten des Darms.

Epidemiologie. Die Influenza (Grippe) ist seit dem 12. Jahrhundert bekannt; von Zeit zu Zeit ist sie als Pandemie aufgetreten; innerhalb der letzten 50 Jahre z. B. 1843, 1847—48, 1850—51, 1855, 1857—58, 1873—75, 1889—90. Dazwischen liegen alljährlich beschränktere Epidemien in irgendwelchen Ländern.

Als Infektionsquellen sind das Bronchialsekret und das Nasensekret, sowie die damit beschmutzten Gegenstände, Wäsche usw. anzusehen. Nur relativ frische Sekrete scheinen gefährlich zu sein, da durch Objekte, die vor einiger Zeit infiziert waren, keine Verbreitung beobachtet wird. In der Hauptsache vollziehen sich die Übertragungen nur direkt von Mensch zu Mensch.

Als Infektionswege fungieren Berührungen z. B. der Taschentücher, der Hände des Kranken einerseits, der eigenen Schleimhäute der Nase oder des Mundes anderseits; wahrscheinlich aber besonders

die Einatmung frischer, vom Kranken versprühter Sputumtröpfchen. Das Kontagium scheint bei Gesunden sehr leicht, schon nach flüchtigem Zusammensein, zu haften.

Eine Verschleppung des Kontagiums auf weite Strecken durch die Luft im Freien wird nicht beobachtet. Man hat früher wohl geglaubt, daß Winde das Kontagium rascher verbreiten, als dies durch den Verkehr möglich ist. Insbesondere sollte Schiffen auf hoher See das Kontagium durch den Wind zugeführt werden können. Diese Behauptungen sind durch die genaueren Beobachtungen während der letzten Epidemien widerlegt. Die Ausbreitung der Krankheit erfolgte niemals schneller als der Verkehr und konnte in sehr vielen Fällen mit aller Bestimmtheit auf Einschleppung durch Kranke zurückgeführt werden. Auch bezüglich der Schiffe ist konstatiert, daß Erkrankungen auf See nur vorkommen, wenn innerhalb der letzten 6 Tage (die Inkubation wird zu 2—6 Tagen angenommen) ein Verkehr mit verseuchtem Lande oder mit verseuchten Schiffen stattgefunden hat und so die Möglichkeit der Aufnahme des Kontagiums vom Kranken aus gegeben war. — Ferner ist an isoliert gelegenen oder gegen den Verkehr abgeschlossenen Orten der verschiedensten Länder (Gebirgsdörfer, Klöster, Gefängnisse) unzählige Male beobachtet, daß der Beginn der Erkrankungen erst von dem Zeitpunkt datiert, wo ein persönlicher Verkehr mit Influenzakranken stattgefunden hatte.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich vom 2. Lebensjahre ab durch alle Alter und ist vielleicht in den mittleren Jahren am größten. Völlige Unempfänglichkeit kommt weit seltener vor, als bei anderen Krankheiten; jedoch werden manche Individuen nur sehr leicht ergriffen. Eine Steigerung der Empfänglichkeit scheint durch Katarrhe und Erkältungen bewirkt zu werden.

Über die nach Ablauf der Krankheit entstehende Immunität ist wenig Sicheres bekannt; im allgemeinen scheint eine gewisse Immunisierung für kurze Dauer in den meisten Fällen einzutreten.

Eine örtliche Disposition oder Immunität wird nicht beobachtet. Kein Ort und kein Land hat sich den wiederholten Zügen der Influenza gegenüber dauernd immun gezeigt. Während jeder einzelnen Epidemie bleiben gewöhnlich einzelne Städte und innerhalb der ergriffenen Städte einzelne Anstalten mit isoliert lebender Bevölkerung verschont, aber nur, weil es dann an einer Einschleppung des Kontagiums durch Kranke fehlt. Nicht selten aber erfolgt diese noch in einem späteren Stadium und nun breitet sich in der betreffenden Stadt bzw. Anstalt eine Epidemie aus zu einer Zeit, wo in der ganzen Umgegend die Seuche schon erloschen ist. (Göttinger Irrenanstalt 1891.)

Eine zeitliche Disposition ist ebenfalls nicht ausgesprochen. Die Influenza ist zu allen Jahreszeiten unter den verschiedensten klimatischen und Witterungsverhältnissen beobachtet. Die behauptete Begünstigung durch kürzere

Sonnenscheindauer ist unerwiesen, zumal statistische Zusammenstellungen durch die Unsicherheit der Diagnose außerordentlich erschwert werden.

Prophylaktische Maßregeln. Da die Krankheit gewöhnlich erst diagnostiziert wird, wenn sie bereits sehr starke Ausbreitung erlangt hat, sind Sperrungen und Isolierungen von geringem Wert, außer vielleicht in Anstalten, die wirklich abgeschlossen gehalten werden können. Aus demselben Grunde, dann aber auch, weil das Kontagium ohne unser Zutun so rasch abstirbt, ist eine Desinfektion nicht erforderlich. — Alle auf eine Schutzimpfung gerichteten Experimente sind bisher erfolglos geblieben. Es muß mithin dem einzelnen überlassen bleiben, in Influenzazeiten den Verkehr mit Kranken tunlichst zu meiden und sich dadurch gegen die Krankheit zu schützen.

25. Bazillus des Keuchhustens.

Neben Influenza-ähnlichen Bazillen finden sich im Keuchhustensputum kleine ovoïde Stäbchen, oft in den Leukozyten liegend, mit Polfärbung, gramnegativ, unbeweglich, sporenfrei (Bordet-Gengou). Kultur gelingt auf Agar mit Menschenblut; bei fortgesetzter Kultur aber auch auf blutfreiem Agar, Kolonien dick, weißlich, auf Blutagar Hämolyse (Unterschiede gegenüber Influenzabazillen). Durch Reinkultur ist bei Affen und Hunden typischer Keuchhusten auszulösen. In den Kulturen findet sich ein stark Entzündung erregendes Endotoxin. Durch Immunisierung von Pferden und Kaninchen ist ein Serum zu gewinnen, das die Bordetschen Bazillen (allerdings nur wenn sie auf Blutagar gezüchtet sind) agglutiniert, nicht aber die Influenzabazillen. — Gegen Eintrocknen sind die Bazillen sehr wenig widerstandsfähig. Natürliche Übertragung daher wohl nur durch Hustentröpfchen und Kontakte. Serumtherapie noch nicht gelungen.

26. Bacillus pyocyaneus.

Feine bewegliche Stäbchen mit einer Endgeißel, gramnegativ, ohne Sporen. Leicht zu züchten. Grüner fluoreszierender Farbstoff durchsetzt das ganze Nährsubstrat; eigentlich zwei Farbstoffe, von denen der eine, spezifische, in Chloroform löslich ist. Aus älteren Bouillonkulturen läßt sich die Pyocyanase gewinnen, die äußerlich auf der Rachenschleimhaut zur Auflösung von Bakterien (Meningokokken, Diphtheriebazillen) oder innerlich zu Immunisierungs- oder Heilzwecken sich eignen soll (Emmerich und Löw). — Bei Meerschweinchen, Kaninchen usw. läßt sich durch etwas größere Dosen Sepsis bzw. Toxämie hervorrufen. — Natürliche Verbreitung in Pferde- und Schweinekot, Dünger, Wasser, im Schweiß usw. Beim Menschen wurde der Bazillus früher häufig im Eiter gefunden, jetzt selten, unter begünstigenden Umständen kann er pyogen, toxisch und septisch wirken und ist gelegentlich bei Pyelitis, Otitis und bei Allgemeininfektionen namentlich bei kleinen Kindern als Erreger ermittelt.

27. Bazillus des Schweinerotlaufs.

Nur 0·6—1·0 μ lang und 0·2 μ dick. Findet sich regelmäßig im Blut und in den Organen an Rotlauf gefallener Schweine (Sepsis mit fleckigem Exanthem, Hyperämie und Geschwüren namentlich im Darm; es werden be-

sonders edlere Rassen ergriffen). Oft in großer Zahl in den Leukozyten gelagert; diese zerfallen sichtlich unter dem Einfluß der Bazillen. Grampositiv. Leicht zu züchten, schleierartige Kolonien. Übertragbar auf Mäuse, Kaninchen und Tauben; die anderen Versuchstiere meist refraktär. Die Virulenz gegen

Fig. 201. Bazillen der Mäuseseptikämie (nach KOCH). 750:1. Links weiße Blutkörperchen mit Bazillen; rechts rote Blutkörperchen mit zwischengelagerten Bazillen.

Schweine wird im Kaninchen abgeschwächt, angeblich in der Taube erhöht; hierauf beruht die PASTEURsche Schutzimpfung. Nach LORENZ besser kombinierte Immunisierung mit Serum von vorbehandelten Pferden und lebender Kultur. — Sehr ähnlich der Erreger der Mäuseseptikämie, saprophytisch verbreitet, vielleicht nur in der Virulenz verschieden.

28. Cholerabazillus, Vibrio Cholerae asiaticae.

Von KOCH 1883 entdeckt. In akuten Fällen asiatischer Cholera können die Vibrionen regelmäßig aus den Entleerungen des Kranken oder aus dem Darminhalt der Leiche gezüchtet werden; weniger leicht, aber dennoch sicher gelingt der Nachweis in den späteren Entleerungen eines langsam verlaufenden Falles; nicht mehr auffindbar sind sie oft in dem auf den eigentlichen Choleraanfall folgenden Typhoïd. Ihre eigentliche Wohnstätte ist der Darm; und von da dringen sie in die obersten Schichten der Darmschleimhaut ein. Auch in der Gallenblase werden sie regelmäßig gefunden. In der Agone dringen sie auch ins Blut und in die inneren Organe. — Der Nachweis gelingt namentlich in den Schleimflöckchen des Darminhalts durch mikroskopische Untersuchung und durch Kultur, eventuell nach Anreicherung der Bazillen durch Vorkultur in Peptonwasser (genaueres s. im Anhang).

Durch dieses Verfahren sind von guten Beobachtern die Choleravibrionen ausnahmslos in jedem typischen Cholerafall jeder seither aufgetretenen Epidemie nachgewiesen; auch bei zahlreichen leichten diarrhöischen Erkrankungen, die während einer Choleraepidemie vorkommen. Vom Tage der Erkrankung ab sind sie meistens 8—10 Tage lang, in vereinzelten Fällen 20—60 Tage in den Dejektionen nachweisbar. Bei Rekonvaleszenten scheinen sie auch in der Galle gefunden zu sein. — Dagegen hat man niemals beim normalen Menschen oder während irgend einer anderen Krankheit, oder irgendwo in unserer Umgebung zu cholerafreier Zeit die gleichen Vibrionen auffinden können; diese Konstanz und Ausschließlichkeit des Vorkommens läßt keine

andere Erklärung zu, als die, daß die Spirillen die Erreger der Krankheit darstellen.

Die Choleravibrionen erscheinen meist in der Form kurzer, schwach gekrümmter Stäbchen, die genau genommen Bruchstücke einer Schraube sind. An den jüngsten Individuen ist die Krümmung kaum sichtbar, später tritt sie stärker hervor. In älteren Bouillonkulturen, mit Choleradejekten beschmutzter Wäsche u. dgl. werden lange Schrauben von 10—20 Windungen und mehr gebildet. In alten Kulturen treten sie mehr als gerade große Stäbchen auf. Die Vibrionen führen lebhafte, teils drehende, teils vorwärts schießende Bewegungen aus und zwar mit Hilfe einer am einen Ende haftenden Geißel. — Die Färbung der Vibrionen gelingt leicht mit den verschiedensten Anilinfarben; besonders gut mit verdünnter Karbolfuchsinlösung. Sie sind gramnegativ. — In späteren Stadien kommt es leicht zur Bildung von Involutionsformen; teils quellen die Stäbchen, teils zerfallen sie unter Bildung von Kügelchen.

Fig. 202. Choleraspirillen in Fleischbrühe meist Kommaformen, bei *a* lange Spirillen (nach Koch). 600:1.

Auf Gelatineplatten bilden sie nach 24 Stunden kleinste Kolonien, welche bei 60facher Vergrößerung als helle, fast farblose Scheiben mit gebuchtetem, welligem Kontur und glänzendhöckeriger Oberfläche erscheinen. Am zweiten Tage beginnt Verflüssigung der Gelatine, die langsam fortschreitet. Nicht selten kommen aber schon bei der Züchtung aus dem Körper des Kranken neben den charakteristischen auch atypische Kolonien dunklerer Farbe und ohne Verflüssigung der Gelatine vor. — Auf Agaraufstrichplatten bilden die Choleravibrionen flache, opaleszierende, fast durchsichtige Kolonien, die sich namentlich von Colikolonien leicht unterscheiden lassen. Starke Änderungen im Aussehen der Kolonien und auch im mikroskopischen Verhalten der Vibrionen kommen zutage, wenn man von lange aufbewahrten Kulturen züchtet. (Baerthlein.)

Fig. 203. Cholerakolonien auf Gelatine, 60:1.

Auch auf anderen Nährsubstraten wachsen die Choleraspirillen leicht, auf Kartoffeln bei höherer Temperatur von 30—35° in Form einer graubraunen Auflagerung. In Milch vermehren sie sich lebhaft ohne sichtbare Veränderung, namentlich ohne Koagulation der Milch. — Über die Verwendung von Blutagar nach Dieudonné bzw. Esch zur Kultur s. im Anhang.

Setzt man zu einer 12 Stunden alten Kultur in peptonhaltiger Bouillon einige Tropfen Schwefelsäure, so entsteht innerhalb der nächsten 30 Minuten eine schöne, rosa violette Färbung (Cholerarot). Die Reaktion kommt dadurch zustande, daß die Choleraspirillen Indol und salpetrige Säure als Stoffwechselprodukte liefern, während andere Bakterien gewöhnlich nur entweder Indol oder salpetrige Säure bilden; sie ist jedoch nicht völlig charakteristisch für die Cholerakulturen, da einige Vibrionen dieselbe Farbenreaktion zeigen.

Die Choleraspirillen halten sich bzw. wachsen noch in Wasser mit geringen Mengen organischer Stoffe. — 0·1% freier Säure und

0·2% Ätzkali genügen zu ihrer Abtötung. Die untere Temperaturgrenze, von welcher ab sie bei künstlicher Kultur gedeihen, liegt bei 16°, reichliche Vermehrung erfolgt erst zwischen 22 und 25°; das Temperaturoptimum liegt bei 35°. Hitze von 60° tötet sie bei 10 Minuten langer Einwirkung; dasselbe wird erreicht durch kurz dauerndes Aufkochen einer Flüssigkeit. Durch 2% Karbolsäure oder 1:2000 Sublimatlösung werden sie binnen wenigen Minuten getötet.

Sehr empfindlich sind die Choleraspirillen auch gegen Austrocknen; in dünner Schicht völlig getrocknet, sind sie bereits nach 2—24 Stunden nicht mehr lebensfähig. Durch trockene Gegenstände oder auch durch Luftströmungen können daher die Choleraspirillen nicht verbreitet werden. In dicken Schichten, z. B. in Agarkulturen, können dagegen noch nach Monaten lebensfähige Individuen gefunden werden. — An der menschlichen Hand sind die Cholerabazillen binnen 2 Stunden, auf Papier binnen 24 Stunden, auf trockenen Waren und Nahrungsmitteln binnen 24 Stunden, auf feucht aufbewahrten Nahrungsmitteln binnen 8 Tagen abgestorben. In Wasser können sie über 8 Tage, in feuchter Wäsche über 14 Tage lebendig bleiben.

Bei Tieren läßt sich eine der menschlichen Cholera ähnliche Erkrankung nur bei ganz jungen Kaninchen, Katzen und Hunden durch Verfütterung reproduzieren. Eine Art Infektion gelingt bei Meerschweinchen dadurch, daß man ihnen zunächst Opiumtinktur in die Bauchhöhle, dann erst Sodalösung (zur Neutralisierung des Magensaftes) und darauf Cholerakultur in den Magen injiziert. — Ferner tritt bei Injektion von Kultur in die Bauchhöhle von Meerschweinchen die Wirkung der Endotoxine der Vibrionen hervor in Form der sog. Meerschweinchencholera, gekennzeichnet durch rapiden Temperaturabfall, allgemeine Muskelschwäche, partielle Muskelkrämpfe, Lähmung der Zentren der Zirkulation und der Temperaturregulierung, so daß in wenigen Stunden Kollaps und Tod eintritt. Von einer vollvirulenten Kultur auf Agar bei 37°, die nicht älter als 18 Stunden ist, genügt $^1/_{12}$ Platinöse (1 Öse = 2 mg Kulturmasse, enthaltend 200 Millionen lebende Individuen) zur tödlichen Wirkung. Bei älteren Laboratoriumsstämmen ist die Tiervirulenz geringer. — Erhält das Tier gleichzeitig mit der tödlichen Dosis Kultur eine entsprechende Dosis Immunserum von mit Cholera vorbehandelten Kaninchen, so werden die Choleravibrionen aufgelöst und eine Vergiftung tritt nicht ein. Dieser Vorgang ist streng spezifisch, d. h. der Schutz erfolgt nur, wenn sicheres Choleraserum mit sicheren Cholerabazillen zusammentrifft (Pfeiffersscher Versuch); neben der Agglutination haben wir darin das beste Mittel zur Verifizierung einer fraglichen Kultur (s. im Anhang).

Übertragungen von Cholerakultur auf Menschen haben teils aus Unachtsamkeit, teils absichtlich mehrfach stattgefunden (Selbstinfektionsversuche von v. Pettenkofer und Emmerich, Metschnikoff, Stricker u. a.). Der Erfolg war das Auftreten leichter, schwerer und zum Teil sehr schwerer Choleraerkrankungen. Ein Fall von zufällig im Laboratorium zu cholerafreier Zeit akquirierter Cholera verlief tödlich.

Dem Choleravibrio ähnliche Spirillenarten sind mehrfach beobachtet, z. B. von Finkler und Prior bei Cholera nostras. Diese Art ist indes bei Cholera nostras nicht wiedergefunden und also für die Ätiologie der Cholera nostras sowohl, wie für die der Cholera asiatica bedeutungslos. — Ferner Spirillum tyrogenum, in Käse gefunden, den Choleraspirillen ähnlich, aber durch das Wachstum auf Kartoffeln, in Milch, durch das Tierexperiment usw. leicht zu unterscheiden. — Vibrio Metschnikoff, den Finklerschen Spirillen, zuweilen aber den Choleravibrionen ähnlich; von letzteren unterschieden durch die Virulenz des Vibrio M. gegen Tauben, die gegenüber der Cholera nicht empfänglich sind, nach Impfung mit Vibrio M. aber an schwerer Septikämie mit Massen von Bakterien im Blut und in den Organen erkranken. — Als wesentlichste Fundstätte der verschiedensten Spirillenarten ist die Düngerjauche (und der Schweinekot) bekannt geworden. Von da gelangen sie in das Wasser von Bächen und Flüssen, und in diesen findet man namentlich im Spätsommer und Herbst eine reichliche Ausbeute an choleraähnlichen Vibrionen. Mehr als 30 Arten und Varietäten sind beschrieben, von denen manche durch die Phosphoreszenz der Kulturen und durch geringe Abweichungen im Aussehen der Kolonien auf Gelatine, alle aber serodiagnostisch leicht von Choleravibrionen zu unterscheiden sind.

Epidemiologie. Die Cholera herrscht seit langer Zeit als endemische Krankheit im Gangesdelta und in Bengalen. Dort wird die endemische Verbreitung dadurch unterstützt, daß infolge der massenhaften, sorglosesten Ausstreuung der vom Kranken stammenden Erreger die ganze Umgebung immer wieder verseucht wird. Von Niederbengalen aus hat die Cholera seit dem Jahre 1817 sich zunächst auf das übrige Indien ausgedehnt und vom Jahre 1819 ab auch die Grenzen Indiens überschritten.

Seither ist kaum ein Land von der Cholera verschont geblieben. Nur solche Gegenden, mit welchen Indien ausschließlich durch langdauernde Seereisen in Verkehr steht, wie Australien und das Kapland; ferner viele verkehrsarme Gegenden der arktischen Zone und des Hochgebirges sind bis jetzt von Cholera frei geblieben (s. S. 62, 72). — Europa wurde in 7 Invasionen heimgesucht. Die erste im Jahre 1823 erstreckte sich nur bis Astrachan; 1829 erfolgte der Einbruch über Rußland und diesmal blieb die Cholera bis 1837 auf europäischem Boden, wurde auch nach Kanada verschleppt und von da im übrigen Amerika verbreitet. 1847 wurde zum drittenmal Europa und der größte Teil der übrigen Erdteile von der Cholera heimgesucht, die erst 1858 ihre Wanderung einstellte. Der vierte, besonders verheerende Zug begann 1865 von Ägypten aus und dauerte bis 1875. 1882 wurde die Cholera wiederum nach Mekka eingeschleppt, verbreitete sich 1883 nach Ägypten, betrat 1884 in Toulon europäischen Boden, dehnte sich 1884—86 in Südfrankreich, Italien, Spanien

und Österreich-Ungarn aus und herrschte gleichzeitig in Südamerika, China und Japan. Nach einer fünfjährigen Ruhepause drang die Seuche im Frühjahr 1892 über Afghanistan und Persien nach Rußland vor, brach im Frühsommer in Nordfrankreich aus, drang im späteren Sommer nach Holland und Deutschland vor, wo sie jedoch (außer Hamburg) nur kleinere Krankheitsherde hervorrief. Während des Winters 1892/93 und 1893/94 setzte sie sich in sporadischen Fällen in Rußland, Frankreich, Italien und Deutschland fort und gelangte im Sommer in Russisch-Polen und Galizien zu größerer Ausdehnung. — Die 7. Invasion betraf 1902 Ägypten, dann Kleinasien, von 1904 ab Rußland (noch 1914 andauernd), später Österreich, Italien, Balkan und gelegentlich das deutsche Weichselgebiet.

Über die Ursachen und die Verbreitungsweise dieser mörderischen Seuche bestanden die widersprechendsten Ansichten, bis es Koch im Jahre 1883 gelang, die Erreger der Cholera aufzufinden, ihre Lebenseigenschaften kennen zu lernen und die Verbreitungsart der Krankheit in allen wesentlichen Punkten aufzuklären.

Die Infektionsquellen und Transportwege lassen sich leicht entnehmen aus den oben geschilderten Lebenseigenschaften des Kommabazillus.

Die konzentriertesten und gefährlichsten Infektionsquellen sind selbstverständlich die Dejekte des Cholerakranken und die mit diesen beschmutzte Wäsche; gelegentlich auch der Fußboden und verschiedenste Gebrauchsgegenstände. Bei schlechten Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe, auf unsauberen Höfen usw. finden sich auch Reste von Dejektionen auf der Oberfläche des Erdbodens, und können von da durch Kontakte verbreitet werden. Eine entschiedene Gefahr bieten oberflächliche Rinnsale, oberflächliche Wasseransammlungen, Bäche und Flüsse, in welche Abwässer und Exkremente gelangen. — Von großer Bedeutung ist ferner die Erfahrung, daß nicht nur Schwerkranke, sondern auch Kranke im ersten Anfangsstadium, Leichtkranke, Rekonvaleszenten, ja sogar völlig Gesunde, welche mit ihren geformten Fäzes Cholerabazillen entleeren (Bazillenträger), zu den gleichen Infektionen Anlaß geben können. Die Cholerabazillen haben auch in diesen Fällen volle Virulenz.

Von den Dejekten des Kranken und den mit diesen beschmutzten Objekten aus kann der Transport der Bazillen zum Gesunden dadurch erfolgen, daß Menschen die Injektionsquellen einerseits, ihren Mund oder unmittelbar nachher genossene Nahrungsmittel anderseits berühren und so Kommabazillen in den Mund bringen. Derartige Übertragungen werden bei den mit dem Kranken beschäftigten Menschen, die nicht an strenge Reinlichkeit gewöhnt sind, ferner bei Wäscherinnen häufig vorkommen.

Außerdem kann eine Verschleppung des Infektionsstoffs durch Fliegen erfolgen. Verschiedene Beobachter haben nachgewiesen, daß

Fliegen, die auf Dejektionen oder beschmutzter Wäsche gesessen haben, lebende Kommabazillen noch nach Stunden auf Nahrungsmittel übertragen können. In kleinen Wohnungen, ohne räumliche Trennung zwischen dem Erkrankten und Küche bzw. Vorratsraum, muß im Spätsommer und Herbst dieser Modus der Verschleppung ernstlich in Betracht kommen.

Nahrungsmittel können bei feuchter Aufbewahrung die auf ihnen durch Berührungen oder durch Fliegen deponierten Kommabazillen noch lange (bis zu 8 Tagen) konservieren. Durch kurzes Kochen, Braten oder längere trockene Aufbewahrung verlieren die Nahrungsmittel jede Infektionsgefahr. Zu hüten hat man sich in Cholerazeiten daher nur vor Salat, Radieschen (vgl. Typhus); ferner vor roher Milch und Butter. Frisch eingekaufte Früchte, ferner Brot, das durch mehrere Hände gegangen ist, lasse man mindestens einen Tag lagern; oder das Brot erhitze man kurze Zeit im Bratofen. — Besondere Gefahr bietet das Wasser. Hochgradig gefährlich sind oberflächlich stagnierende Ansammlungen (indische Tanks), in welche gewohnheitsmäßig allerlei Abwässer hineingelangen; ferner Bäche und Flüsse, welche Abwässer aufnehmen, oder in welchen Wäsche gespült wird, oder auf denen Schiffer und Flößer leben. Letztere pflegen ihre Dejektionen und Abwässer direkt in den Fluß zu schütten; sie sind aber anderseits nachweislich auffällig oft an Cholera erkrankt, weil sie das Flußwasser ohne jede Reinigung benutzen. Die Schiffer können außerdem durch das Bilgewasser (Kielwasser) die Kommabazillen verschleppen, das sie an infizierten Stellen des Flusses in das Schiff nehmen und an anderer stromaufwärts oder abwärts gelegener Stelle wieder in den Fluß lassen.

Grundwasserbrunnen sind der Infektion mit Cholerakeimen nur ausgesetzt, wenn oberflächliche Rinnsale in den Brunnen führen (vgl. S. 149).

Die Infektion durch ein Wasser, das Kommabazillen enthält, kann schon dadurch erfolgen, daß dasselbe zum Reinigen des Eß- und Trinkgeschirrs, zum Ausschwenken der Bierseidel usw. benutzt wird. Weitaus am häufigsten kommt sie aber dadurch zustande, daß das betreffende Wasser getrunken wird. Je mehr die Sommerwärme zum Wassertrinken anregt, um so häufiger kommt diese Infektionsgelegenheit in Frage. Sie ist um so gefährlicher, als die Kommabazillen wahrscheinlich gerade mit einem Trunk frischen Wassers am leichtesten ungeschädigt den Magen passieren. Wird Wasser in den Magen eingeführt, so tritt dasselbe in kleinerer Menge sogleich in den Dünndarm über; nach etwa einer Stunde erfolgt rascher Übertritt des Restes; auch dieser Rest hat dann aber nachweislich nicht saure Reaktion, so daß keine Schädigung der Kommabazillen durch den Magensaft angenommen

werden kann, und diese vielmehr ungeschwächt in den Dünndarm übertreten können.

Im Gegensatz zum Wasser hat die Luft als Transportmittel der Keime keine Bedeutung, weil letztere bei demjenigen Grad von Austrocknung, der für einen Transport von Staubteilchen durch Luftströme Bedingung ist, nicht lebendig bleiben.

Nur durch Verspritzen von Flüssigkeiten (Brandung der Meereswellen, Reiben und Schwenken der Wäsche im Waschbottich usw.) werden lebende Kommabazillen auf gewisse Entfernungen durch kleine Wassertröpfchen verbreitet; ebenso können wohl beim Hantieren mit frisch beschmutzter Wäsche lebende Kommabazillen im nächsten Umkreise verschleudert werden.

Von bedeutendem Einfluß auf die Ausbreitung der Cholera ist die individuelle Disposition. In den letzten Epidemien wurden zahlreiche ganz leicht, kaum unter Krankheitssymptomen verlaufende Cholerafälle, die auch in früheren Epidemien oft beobachtet waren, von denen es aber damals zweifelhaft blieb, ob sie der asiatischen Cholera zuzurechnen seien, bakteriologisch untersucht. Dabei wurden über Erwarten häufig Kommabazillen konstatiert. Ja sogar bei solchen Personen wurden Cholerabazillen gefunden, welche mit Cholerakranken in Berührung gewesen waren, aber dauernd von allen Krankheitserscheinungen frei blieben.

Des öfteren ist dann aber beobachtet, wie infolge eines Exzesses oder einer Verdauungsstörung, zuweilen auch ohne ersichtlichen Anlaß, aus den leichtesten Erkrankungen sich plötzlich ein schwerer Choleraanfall entwickelte. Ebenso konnten bei solchen Personen, welche bereits als genesen galten, welche aber noch Kommabazillen in den Dejektionen hatten, schwere Rezidive auftreten; alles Zeichen, daß die Kommabazillen der leichten oder protahierten Fälle nicht etwa eine Einbuße an Virulenz erlitten hatten.

Die individuelle Empfänglichkeit kann für den Verlauf der Cholerainfektion geradezu ausschlaggebend sein. Bei völlig gesundem Magen werden die Kommabazillen oft schon der Abtötung durch den Magensaft unterliegen. Sind sie trotzdem in den Darm eingedrungen, so gelangen sie bei manchen Menschen überhaupt nicht oder nur in ganz beschränkter Weise zur Wucherung und verschwinden in einigen Tagen wieder. Bei anderen Menschen mit normalem Darm scheinen sie sich stark zu vermehren, aber nur gesteigerte Transsudation in den Darm zu veranlassen, ohne beunruhigende Krankheitssymptome hervorzurufen. Erst unter besonderen abnormen Bedingungen erfolgt plötzlich massenhafte Ablösung des Darmepithels und schwerste Erkrankung. — Ferner verleiht nach allen Erfahrungen das einmalige Überstehen der Cholera in den meisten Fällen eine gewisse

Immunität; freilich tritt diese Immunität nicht bei allen Befallenen gleich deutlich hervor und ist von sehr verschiedener, meist nur einige Monate, zuweilen ein Jahr und länger währender Dauer.

In der Praxis treten zwei verschiedene Verbreitungsweisen der Cholera hervor: die Kontaktepidemie und die explosive Epidemie (vgl. Typhus):

Bei ersterer wird die Cholera vom Kranken auf die in seiner Nähe befindlichen gesunden Menschen durch Berührungen übertragen; neue Erkrankungen treten nach 2—6 Tagen, entsprechend der Inkubationszeit, auf. In dieser Weise erfolgt gewöhnlich die Einschleppung und erste Ausbreitung der Krankheit. Nur ausnahmsweise geschieht die Verschleppung auf sehr weite Entfernungen hin; so wurde (1865) die Cholera von Odessa nach Altenburg gebracht; meist aber erfolgt die Verbreitung durch den Naheverkehr.

Von diesen ersten Cholerakranken aus häufen sich bei ungeschultem Pflegepersonal, bei armer unreinlicher Bevölkerung und in überfüllten Wohnungen, bei sorgloser Behandlung der Cholerawäsche usw. die Übertragungen durch Berührungen, Fliegen und Nahrungsmittel. Bei geschultem Pflegepersonal, in einer Umgebung von reinlich erzogenen Menschen, die mit beschmutzten Fingern weder Mund noch Nahrungsmittel berühren und die Nahrungsmittel nicht in dem Krankenraum aufbewahren, kann dagegen die Kette der Erkrankungen leicht wieder abreißen.

Zuweilen kommt es aber zu explosionsartig ausbrechenden Massenepidemien. Diese konnten stets auf eine Infektion der gemeinsamen Wasserversorgung zurückgeführt werden. Ein klassisches Beispiel lieferte 1892 Hamburg. Hier kamen in wenigen Wochen 17000 Erkrankungen an Cholera vor. Diese entfielen fast sämtlich auf das Stadtgebiet von Hamburg, während das benachbarte und mit seinem Straßennetz vollständig in Hamburg hineingebaute Altona nahezu gar nicht ergriffen wurde, weil Altona ein gut geleitetes Filterwerk besaß, Hamburg dagegen den Häusern seiner Gemeinde unfiltriertes Elbwasser zuführte. Städte, die ein der Infektion nicht zugängliches Wasser benutzen, bleiben von explosionsartigen Choleraepidemien sicher verschont, und früher ergriffene Städte sind nicht wieder ergriffen, nachdem sie eine tadellose Wasserversorgung eingeführt hatten (Waisenhaus in Halle a. S., Calcutta, Hamburg in späteren Jahren).

Von verschiedenen Epidemiologen (v. Pettenkofer) ist darauf hingewiesen worden, daß sich manche Eigentümlichkeiten in der örtlichen und zeitlichen Verteilung der Choleraepidemien nicht mit Hilfe jener Lebenseigenschaften des Kommabazillus genügend erklären lassen, sondern daß dies nur gelinge unter der Annahme eines vom Boden ausgehenden örtlich und zeitlich wechselnden Einflusses.

Tatsächlich beobachtet man, daß die Cholera in den befallenen Ländern, Provinzen und Städten nicht eine gleichmäßige Ausbreitung zeigt, sondern daß starke örtliche Verschiedenheiten hervortreten. Manche Provinzen und Städte werden auch bei wiederholten Zügen der Cholera stets in auffällig geringem Grade ergriffen. Einige größere Städte blieben bisher völlig von Cholera verschont (Rouen, Versailles, Hannover, Stuttgart, Frankfurt a. M.). — Auch innerhalb ein und derselben Stadt treten örtliche Unterschiede in der Cholerafrequenz hervor.

Ebenso ist die jahreszeitliche Verteilung der Cholerafälle keine gleichmäßige, sondern zeigt auffallend starke Schwankungen. Im endemischen Gebiet der Cholera pflegt die Frequenz im Laufe der Regenzeit allmählich abzunehmen, in der regenlosen Zeit und im ersten Anfang der Regenzeit zu steigen. In Mitteleuropa tritt die Cholera vorzugsweise im Spätsommer und Herbst epidemisch auf; in den Gegenden, wo der Tiefstand des Grundwassers in den Herbst zu fallen pflegt, trifft das Maximum der Cholera ungefähr mit dem tiefsten Stande des Grundwassers zusammen.

Indes erklären sich alle diese örtlichen und zeitlichen Differenzen sehr wohl aus selbstverständlichen Verschiedenheiten in bezug auf die Behandlung der Infektionsquellen, die Gangbarkeit der Transportwege und die persönliche Empfänglichkeit.

Örtliche Differenzen kommen schon dadurch zustande, daß der eine Ort bzw. das eine Land der Einschleppung viel stärker ausgesetzt ist, als andere. Große Hafenstädte, die örtlichen Provinzen Deutschlands sind stärker exponiert als im Innern gelegene Städte und Provinzen. Ferner verringern alle auf eine Bekämpfung der Seuchen abzielenden Einrichtungen, z. B. gute Organisation der Anzeigepflicht, Vorkehrungen zur Isolierung der Kranken und zur Desinfektion, gute Schwemmkanalisation usw. die Chancen der Ausbreitung für eine Stadt. In demselben Sinne wirkt gut geschultes Pflegepersonal, sorgfältige Behandlung der Nahrung, tadellose Wasserversorgung, mäßige Lebensweise. Viele dieser, z. T. auch die Disposition herabsetzenden Einflüsse gehen Hand in Hand mit Wohlhabenheit, geringer Wohndichtigkeit und Gewöhnung an Reinlichkeit. Vergleichende Untersuchungen zeigen dementsprechend, daß die Cholerafrequenz in auffälliger Weise zunimmt in Provinzen und Städten mit geringer Wohlhabenheit und großer Wohndichtigkeit. Wie sehr auch innerhalb derselben Stadt die Armen von der Cholera bevorzugt werden, geht z. B. aus einer von Körösi für Budapest aufgestellten Statistik hervor. Danach betrug die Intensität des Auftretens folgender Krankheiten bei Armen, wenn die Intensität bei Wohlhabenden = 100 gesetzt wird,

für Cholera	211	für Typhus	114
„ Blattern	174	„ Masern	106
„ Phthise	148	„ Keuchhusten . . .	73

Auch das zeitliche Vorherrschen der Cholera im Spätsommer und Herbst (wovon übrigens zahlreiche Ausnahmen vorkommen, z. B. die Winterepidemien in München, Schlesien, Petersburg usw.) erklärt sich aus ähnlichen Momenten. Die Vermehrungsfähigkeit der Kommabazillen im Flußwasser bei höherer Temperatur, die Verschleppung des Kontagiums durch Fliegen, der vermehrte Genuß von Wasser und roher Nahrung, namentlich aber die in dieser Jahreszeit bei einem sehr großen Teil der Bevölkerung verbreiteten Verdauungsstörungen und die damit gegebene individuelle Disposition einer ganzen Bevölkerung, erklären ungezwungen das häufige Anschwellen der Epidemien gerade im Herbst. Aber andererseits sind alle diese Momente nicht derart unumgäng-

lich erforderlich bzw. nicht so ausschließlich auf den Herbst beschränkt, daß nicht auch zu anderer Zeit gelegentlich Epidemien vorkommen könnten, und dementsprechend fällt auch die Akme manchmal in den Winter, manchmal in das Frühjahr.

Somit bleibt kein Raum für irgendein anderes, neben dem Kommabazillus die örtliche und zeitliche Ausbreitung der Cholera in maßgebender Weise beeinflussendes Moment. Tritt hier und da das Bedürfnis hervor, mitwirkende Ursachen für eine auffällige örtliche oder zeitliche Verteilung der Cholerafrequenz heranzuziehen, so liegt es am nächsten, auf die noch wenig erforschte individuelle Empfänglichkeit, vielleicht auch auf die Möglichkeit einer Mitwirkung anderer Darmbakterien zurückzugreifen.

Daß aber, wie es die Ansicht der Lokalisten ist, der Boden und das Grundwasser irgendwelchen direkten Einfluß auf den Choleraerreger und dadurch auf die Cholerafrequenz ausübe, dafür fehlen alle Anhaltspunkte. — Emmerich meint, die Dejektbakterien erführen in den oberen Bodenschichten eine Art Reifung, durch die sie befähigt werden, Nitrate stärker zu Nitriten zu reduzieren, und dies sei deshalb von Bedeutung, weil der Krankheitsprozeß bei Cholera wesentlich auf Nitritbildung durch die Vibrionen beruhe. Auch diese Annahme ist schwerlich richtig, weil die Bildung von Nitriten im Darmkanal keines- wegs für Cholera charakteristisch ist und weil auch bei völlig nitratfreier Nahrung (Milch) Cholera vorkommt. — Die epidemiologischen Argumente, welche für einen Zusammenhang zwischen Boden und Cholerafrequenz vorgebracht wurden, haben sich ebenfalls sämtlich nicht als stichhaltig erwiesen. Den Fällen, wo ein Fels- oder Lehmboden Choleraimmunität und durchlässiger Boden Disposition bewirkt haben sollte, stehen andere Beobachtungen gegenüber, wo gerade die gegenteilige Beziehung herrschte. Auch die Grundwasserbewegung zeigt sehr oft Abweichungen von der behaupteten Kongruenz mit der Choleraausbreitung, und da, wo die Kongruenz vorhanden ist, erklärt sie sich ungezwungen daraus, daß sowohl die Choleraakme wie der niedrigste Grundwasserstand in den Herbst fallen. Solange aber nicht zwingende Tatsachen uns auf einen Zusammenhang der Cholerafrequenz mit dem Boden hinweisen, müssen wir schon deshalb von der Bodenhypothese absehen, weil sie nicht im mindesten zur Aufklärung beizutragen vermag, sondern nur verdunkelt. Denn nach allem, was jetzt über die Beziehungen zwischen Boden und Mikroorganismen experimentell ermittelt ist, können wir uns gar keine Vorstellung darüber machen, wie der Choleraerreger in den Boden hinein- und aus dem Boden herausgelangen oder in welcher Weise sonst irgendwie der Boden auf den Infektionserreger bzw. auf den Infektionsvorgang von Einfluß sein sollte.

Prophylaktische Maßregeln. Sehr wichtig ist die Vorbereitung jeder Stadt und Provinz durch Bekämpfung der lokalen Disposition im kontagionistischen Sinne, d. h. durch Einrichtung von Flußüberwachungsstellen, Isolierspitälern, Desinfektionskolonnen, Kanalisation, Wasserversorgung usw.

Die Hinderung der Einschleppung auf dem Seewege ist durch die von der Pariser Konferenz 1903 gefaßten Beschlüsse geregelt (s. S. 559). An besonders gefährdeten Stellen der Landesgrenzen empfiehlt sich namentlich eine Revision der im täglichen Verkehr die Grenze passierenden Arbeiter, Händler usw. und Isolierung der Erkrankten. Revision der Eisenbahnreisenden und Desinfektion

ihres Gepäcks lohnt sich kaum. — Strengere Maßregeln sind gegenüber dem Verkehr auf schiffbaren Flüssen indiziert. Auf besonderen Kontrollstationen sind dort die Schiffe anzuhalten, das Personal ärztlich zu untersuchen; wenn Choleraverdächtige gefunden werden, sind diese nebst den übrigen Insassen des Schiffs in eine Isolierbaracke zu schaffen, das Schiff ist zu desinfizieren und hat 6tägige Quarantäne durchzumachen.

Kommen im eigenen Lande Fälle von Choleraverdacht vor, so ist vor allem die Diagnose durch bakteriologische Untersuchung zu sichern. Bei gehäuften Fällen empfiehlt sich die Entsendung sog. fliegender Laboratorien in das Seuchengebiet. Die Sicherung der Diagnose erfolgt nach den im Anhang gegebenen Vorschriften, vorzugsweise durch Agglutination mittels spezifischen Serums, bei ersten Fällen außerdem durch den Pfeifferschen Versuch, in abgelaufenen Fällen durch Nachweis der spezifischen Agglutinine im Krankenserum. Zu beachten ist, daß frisch aus den Fäzes gezüchtete Vibrionen in 3—4% der Fälle, gegen Ende der Epidemie sogar in 12% der Fälle nicht agglutinabel sind; sie werden es erst durch längere künstliche Züchtung.

An die sichere Erkennung der Krankheit schließt sich die Isolierung des Erkrankten und die Durchführung der sonstigen Absperrungs- und Aufsichtsmaßregeln gegen Krankheits- und Ansteckungsverdächtige nach den Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes (s. S. 557ff.).

Für Beschaffung unverdächtigen Wassers ist zu sorgen; namentlich bei Flußwasserversorgungen, die ihr Wasser schiffbaren Flüssen entnehmen, muß der Filterbetrieb sorgfältig von einem Fachhygieniker kontrolliert werden. Steht kein anderes als verdächtiges Wasser zur Verfügung, so ist alles zur Verwendung gelangende Wasser 5 Minuten zu kochen. — Verdächtige Nahrungsmittel sind vor dem Genuß zu kochen bzw. trockener Hitze auszusetzen (s. oben).

Die persönliche Empfänglichkeit ist durch vorsichtige Lebensweise und sorgfältige Beachtung jeder gastrischen Störung herabzusetzen. Die Bevölkerung ist durch öffentliche Bekanntmachungen über den günstigen Einfluß penibelster Reinlichkeit und der Sorgfalt in der Zubereitung der Nahrung, sowie über die Gefahr, welche Exzesse und Gastrizismen bedingen, zu belehren.

Spezifische Immunisierung und Serumtherapie. Aktive Immunisierung ist von Haffkine in Indien in großem Maßstabe ausgeführt, nachdem früher schon Ferran solche Impfungen nach einem ähnlichen, aber weniger sicheren Verfahren vorgenommen hatte. Pfeiffer und Kolle haben durch exakte Versuche an Menschen und Tieren dieser Schutzimpfung die nötige wissenschaftliche Unterlage gegeben und dieselbe vereinfacht.

Am besten erfolgt die Impfung mit $^1/_{10}$ Agarkultur (2 mg frische Kulturmasse in 1 ccm Aufschwemmung), die vor der Injektion durch Erwärmen auf 58° während einer Stunde abgetötet wird; nach 5 Tagen folgt eine zweite Injektion mit der doppelten Dosis. Ausführung wie bei Typhus. Nach der Injektion stellt sich lokal eine mäßige Infiltration mit großer Schmerzhaftigkeit bei Druck und bei Bewegungen her, daneben kann sich Temperatursteigerung bis 39°, Frost, Mattigkeit und Appetitmangel zeigen. Nach 2—3 Tagen ist die Reaktion abgelaufen. Vom 5. Tage ab beginnt die eintretende Immunität sich durch die stärkere spezifisch bakteriolytische Kraft des Serums zu dokumentieren; am 20. Tage ist diese auf dem Höhepunkt; manchmal ist sie noch nach Jahresfrist deutlich erhalten.

Zahlreiche Beobachtungen während des Herrschens von Choleraepidemien lassen keinen Zweifel daran aufkommen, daß auch die natürliche Infektion durch diese Art der Immunisierung bis zu einem gewissen Grade bekämpft und die Letalität verringert wird. Trotzdem wird es in Kulturländern und in Friedenszeit nicht empfehlenswert sein, beim Einbrechen von Cholera mit ausgedehnten Schutzimpfungen vorzugehen. Die oben bezeichneten Schutz- und Aufsichtsmaßregeln, die in jedem Falle unentbehrlich sind, sind im allgemeinen für die Bekämpfung der Cholera ausreichend, und nur für solche Personen, die der Ansteckung in besonderem Grade ausgesetzt sind — Krankenpfleger, Desinfekteure, Ärzte —, ferner auch für Truppenteile, welche in verseuchte Gebiete entsendet werden, kann die Schutzimpfung in Frage kommen.

Passive Immunisierung oder therapeutische Anwendung von Serum vorbehandelter Tiere sind bisher nicht von Erfolg gewesen. Von größter Bedeutung sind dagegen die durch Vorbehandlung von Tieren mit Cholerakultur gewonnenen Sera für die Choleradiagnose durch Agglutination und durch den Pfeifferschen Versuch (s. im Anhang).

E. Protozoenkrankheiten.

Die Einteilung der Protozoen erfolgt nach morphologischen Gesichtspunkten. Nach Doflein werden 2 Unterstämme unterschieden: I. Plasmodroma mit Pseudopodien oder Geißeln, mit einem oder mehreren bläschenförmigen Kernen und einem Entwickelungskreis, in dem geschlechtliche und ungeschlechtliche Generationen abwechseln. Dieser Stamm umfaßt drei Klassen: Rhizopoden, mit Pseudopodienbewegung; Mastigophora, mit Geißelbewegung; Sporozoa, mit verschiedenartiger Bewegung und Vermehrung durch Sporen. II. Ciliophora, mit zahlreichen Zilien, dichten Haupt- und bläschenförmigen Nebenkernen; Befruchtung durch anisogame Kopulation oder Konjugation, aber ohne besondere Fortpflanzungsform, Vermehrung nur durch Teilung oder Knospung. Dieser Stamm umfaßt die Ciliata, bei denen stets Zilien vorhanden sind und bei denen die Nahrungsaufnahme durch Osmose

oder Mundöffnung erfolgt; und die Suctoria, die nur im Jugendzustand Zilien, und für die Nahrung röhrenartige Organellen besitzen. — Nur die wichtigeren infektiösen Protozoen können im folgenden kurz besprochen werden. Sie gehören teils den Rhizopoden an: Dysenterieamöben; teils den Mastigophoren: Spirochäten und Trypanosomen; teils den Sporozoen. Bei letzteren unterscheidet man mehrere Unterordnungen, von denen die in fixen Gewebszellen schmarotzenden Coccidien beim Menschen nicht vertreten sind, während die Hämosporidien, die Parasiten der roten Blutkörperchen, bei Kaltblütern ebenso wie bei Vögeln und Menschen eine wichtige Rolle spielen. — Die Spirochäten rechnet man jetzt zu den Protozoen, weil einige Arten (Sp. Balbiani) deutlich mit undulierender Membran versehen sind; ferner wollen verschiedene Autoren Längsteilung gesehen haben. Auch die Schwierigkeit der Züchtung, die Übertragung der pathogenen Arten durch Zecken und Insekten, die Heilbarkeit der betreffenden Krankheiten durch Arsenpräparate usw. stellen sie den Trypanosomen nahe. Andererseits sind bei einigen Arten deutliche Querteilung und perithriche Geißeln beobachtet. — Unter den Spirochäten unterscheidet man saprophytische Arten (Sp. plicatilis im Sumpfwasser), epiphytische (Sp. buccalis und denticola in der menschlichen Mundhöhle) und parasitische (s. unten).

1. Amöbendysenterie.

Bei der tropischen und subtropischen (ägyptischen) Ruhr finden sich in den Dejekten und in Schnitten durch die Darmschleimhaut, ferner im Eiter der die Krankheit nicht selten begleitenden Leberabszesse, Amöben und zwar (nach Hartmann) fast stets die Entamoeba tetragena Viereck, viel seltener die E. histolytica Schaudinn.

Fig. 204. Entamoeba tetragena. 500:1. *1* vegetative Form, *2* nach der Kernteilung, *3* junge Zyste mit einem Kern und 3 Chromidialkörpern, *4* ältere Zyste mit 4 Kernen und einem Chromidialkörper, *5* vollentwickelte ruhende Zyste.

Beide gleichen einander in der Größe (25—40 μ), in der deutlichen Abgrenzung des homogenen Ekto-, von dem körnigen, Blut- und andere Körperzellen, selten Bakterien enthaltenden Entoplasma, sowie in der Fortbewegung mittels sog. (oft mehrerer) Bruchsackpseudopodien, sind aber trotzdem durch die Kerne (bei der tetrag. doppelt konturiert, stets kugelig, meist zentral gelegen, chromatinreich, bei der histolyt. membranlos, in Form und Lage sehr wechselnd, oft ganz periphere flache Scheibe, chromatinarm) und durch ihre Zysten (bei der tetrag. 4-, bei der histolytic. 8kernig, kleiner) voneinander zu unterscheiden. Vermehrung bei der tetragena durch Zweiteilung (selten), bei der histolytica vorzugsweise durch multiple Knospung und bei beiden durch zystische Dauerformen. Übertragung auf Hunde, Affen und besonders auf junge Katzen mit nachfolgendem heftigen ulzerösem Dickdarmkatarrh (Kruse) gelingt mit den vegetativen

Formen per rectum, mit den Zysten per os. Wo sich letztere lösen und die jungen Amöben frei geben, ist noch unbekannt. — Von diesen pathogenen Amöben ist die Entamoeba coli Loesch zu unterscheiden, die sich als harmloser Saprophyt im Dickdarm zahlreicher Menschen auch unserer Klimate findet; sie weist in der Ruhe keine Differenzierung von Ekto- und Entoplasma auf, enthält sehr zahlreiche Bakterien, nie Körperzellen, besitzt eine deutliche Kernmembran, vermehrt sich im Darm durch Schizogonie (8 Schizonten) und amitotische Teilung und bildet große, 8kernige Zysten mit derber Hülle.

In Deutschland scheint, abgesehen von Fällen, die aus den Tropen stammen, nur bazilläre Ruhr vorzukommen. Prophylaktisch ist gegen die Amöbenruhr gegebenenfalls ebenso vorzugehen wie gegen bazilläre Ruhr, da die erkrankten Menschen (eventuell chronische Fälle) wohl auch bei der Amöbenruhr das Zentrum der Ausbreitung bilden; jedoch spielen hier wahrscheinlich Wasser und Nahrungsmittel eine größere Rolle als bei der einheimischen Bazillenruhr.

2. Spirochaete der Febris recurrens (Sp. Obermeieri).

Das Rückfallfieber, Febris recurrens, trat früher in Deutschland epidemisch auf; beispielsweise in Breslau im Jahre 1868, 1873, 1879 in Epidemien von 400—600 Fällen. Jetzt ist es in Deutschland verschwunden, grassiert aber noch im östlichen Europa. — Als Krankheitssymptome beobachtet man nach einer Inkubation von 5—8 Tagen Fieber bis 41°, Milzschwellung, Erbrechen. Nach 6 Tagen tritt ein kritischer Temperaturabfall ein und es beginnt eine 5—10tägige fieberfreie Periode; dann folgt neuer Fieberanfall; oft wiederholt sich dies Spiel noch zum dritten Male.

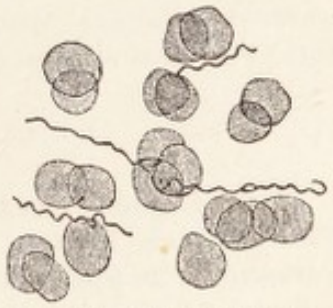


Fig. 205. Recurrenzspirochäten im Blut. 500:1.

Während der Fieberperiode beobachtet man im Blut zahlreiche Spirochäten, ohne Färbung durch ihre Bewegungen ins Auge fallend; in gefärbten Präparaten 10—30 μ lange geschlängelte Fäden von etwa 1 μ Dicke. Färbung mit Karbolfuchsin, Gentianviolett oder nach Giemsa (s. Anhang); gramnegativ. In Blut oder Serum auch außerhalb des Körpers bei 20° mehrere Tage haltbar; Kultur nicht gelungen; dagegen Übertragung der Rekurrenserkrankung, oft mit tödlichem Ausgang, auf Affen mit dem spirillenhaltigen Blut. Auch in Meerschweinchen, Ratten und Mäusen erfolgt nach subkutaner Verimpfung Vermehrung der Spirochäten im Blut, jedoch ohne erhebliche Krankheitserscheinungen.

Übertragung auf den Menschen wahrscheinlich durch Ungeziefer (Wanzen, Flöhe). Epidemiologisch ist beobachtet, daß Herbergen niederster Art, Asyle für Obdachlose u. dgl. gewöhnlich die Zentren für die Weiterverbreitung abgeben. Die Aufhebung bzw. ge-

sundheitliche Überwachung dieser Art von Herbergen pflegt zu einem Verschwinden der Seuche zu führen.

Zwei Abarten des europäischen Febris recurrens sind bekannt geworden, 1. die afrikanische und 2. die (seltene) amerikanische Form, die beide kleine Abweichungen im Verlauf der Krankheit (kürzere Anfälle) und ebenso im morphologischen Verhalten der die Krankheit veranlassenden Spirochäten aufzuweisen scheinen. — Eine neuerdings festgestellte nordafrikanische und asiatische Form wird vielleicht ebenfalls durch besondere Spirochätenarten erzeugt.

Von Koch ist die afrikanische Form (Tick-Fever) genauer studiert. Hier erfolgt die Übertragung der Spirochäten auf Menschen durch Vermittelung einer Zecke (Tick), Ornithodorus moubata. Diese lebt im Boden der Eingeborenenhütten, saugt nachts das Blut der Bewohner und verkriecht sich dann in der Erde. Die aufgenommenen Spirochäten verschwinden bald aus dem Blut der Zecke, finden sich aber gehäuft an der Oberfläche des Ovariums und demnächst in einem Teil der Eier, innerhalb welcher noch Vermehrung erfolgt. Mit den aus infizierten Eiern hervorgegangenen jungen Zecken konnten Affen infiziert werden. Die Eingeborenen erkranken nicht an Rekurrens, weil sie durch Überstehen der Krankheit in der Jugend immunisiert sind; der Europäer aber ist empfänglich und wird auf den Karawanenstraßen beim Übernachten in den Hütten oder auf den üblichen Lagerstellen leicht infiziert.

Das Preußische Seuchengesetz trifft für Rekurrens ähnliche Bestimmungen wie für Typhus. Insbesondere müssen kranke und krankheitsverdächtige Personen einer Beobachtung unterworfen bzw. abgesondert werden; befallene Wohnungen sind eventuell kenntlich zu machen, jugendliche Personen sind vom Schulbesuch fernzuhalten (s. S. 565).

Spirochätenkrankheiten kommen ferner vor bei Gänsen, Hühnern Fledermäusen, Rindern. Die Gänseerkrankung ist in Rußland, Nordafrika usw. verbreitet; die Spirochäten, von denen des Febris recurrens nicht leicht zu unterscheiden, treten in sehr großen Mengen im Blute auf. Vor dem Tode meist Agglomeration und Bildung dichter Knäuel. — Ebenso verhält sich die Hühnerspirochäte, die namentlich in Brasilien zu Hause ist. Die natürliche Übertragung erfolgt durch die Zeckenart Argas miniatus. Kultur der Erreger ist nicht gelungen. Levaditi will in Kollodiumsäckchen in der Bauchhöhle des Kaninchens fortgesetzte Züchtung erzielt haben.

Bei allen Spirochätenerkrankungen treten Krisen mit Verschwinden der Spirochäten aus der Blutbahn in Erscheinung. Die Spirochäten fallen dabei anscheinend der Phagozytose anheim, und zwar scheinen namentlich Makro- und Mikrophagen in Milz und Knochenmark beteiligt zu sein. 48 Stunden nach der ersten Krise treten sodann lytische Antikörper im Blute auf. Diese versagen aber, wenn ein neuer Anfall eintritt, einem Teil der Spirochäten gegenüber, die nun gegen die Antikörper „fest“ geworden zu sein scheinen.

Immunisierung ist sowohl aktiv (durch abgetötete, abgeschwächte oder spärliche Erreger) wie passiv (Serum geheilter Tiere) möglich. Außerdem hat sich Atoxyl (Na-salz der Aminophenylarsinsäure) prophylaktisch und therapeutisch bei Hühnerspirillose bewährt (Uhlenhuth).

3. Spirochaete pallida bei Syphilis.

Bei der Syphilis, als bei derjenigen Krankheit, welche den strengsten Typus der kontagiösen Krankheiten vertritt und welche nur durch intimen Verkehr von Mensch zu Mensch übertragen wird, hat man sich seit langer Zeit bemüht, den zweifellos ätiologisch beteiligten Erreger aufzufinden; um so eifriger, als die Syphilis wohl unter allen Seuchen am schlimmsten die Volksgesundheit bedroht. — Alle früheren Befunde halten jedoch einer strengeren Kritik nicht Stand. Dagegen scheint die ätiologische Bedeutung der von dem leider zu früh verstorbenen Schaudinn entdeckten Spirochaete pallida erwiesen zu sein.

Es handelt sich um eine sehr zarte, schwer färbbare Spirochäte mit zahlreichen steilen, tiefen und regelmäßigen Windungen und lebhaften Bewegungen, bei denen Rotationen um die Längsachse und häufig eigentümliche fast rechtwinklige Abknickungen auffallen, ohne stärkere Ortsveränderung. An beiden Enden findet sich je ein langer, nach Löffler färbbarer Geißelfaden. Andere Spirochäten haben flachere, nicht so zahlreiche Windungen, erscheinen, namentlich in der Mitte, dicker, färben sich kräftiger, so auch die Sp. refringens, die nicht selten neben Sp. pallida vorkommt. Die Methoden zum Nachweis s. im Anhang. Am besten ist Untersuchung mit Dunkelfeldbeleuchtung; damit gelingt der Nachweis bei akquirierter Syphilis fast stets in den Krankheitsprodukten der Frühperiode (Gewebssaft von Primäraffekten und Schleimhautpapeln, Punktionssaft geschwollener Lymphdrüsen usw.). Ferner sind die Spirochäten nach der Levaditischen Methode leicht nachweisbar in Haut und inneren Organen kongenitalsyphilitischer Kinder und Föten.

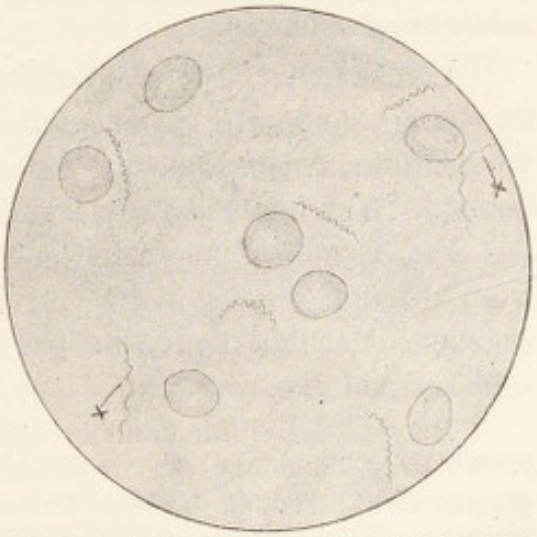


Fig. 206. Spirochaete pallida. 800:1. Ausstrich von einem Primäraffekt. Giemsa-Färbung × = zwei Exemplare v. Sp. refringens.

Die Konstanz des Vorkommens der Spirochäten in syphilitischen Produkten steht außer Zweifel; einzelne negative Ergebnisse sind bei der Schwierigkeit des Nachweises selbstverständlich. Das für den Beweis der ätiologischen Rolle unerläßliche Korrelat, die Ausschließlichkeit des Vorkommens nur bei Syphilis, kann nicht so leicht und sicher erwiesen werden. Die meisten Befunde, z. B. die Spirochäten bei ulzerierenden Karzinomen, die scheinbaren Spirochäten in silberbehandelten normalen Organen usw., lassen für den Geübten deutliche

Differenzen erkennen; bei Frambösie, einer der Syphilis anscheinend nahestehenden tropischen Krankheit, sind in den uneröffneten Blasen Gebilde gefunden, die sich von Sp. pallida schon schwieriger, aber doch sicher unterscheiden lassen (größere Dicke, unregelmäßigere, zuweilen flache Windungen). — Leicht nachweisbar ist die Spirochäte bei den mit Syphilis experimentell infizierbaren Versuchstieren, Affen und Kaninchen. Bei letzteren kommt es durch Hornhautimpfung oder Injektion in die vordere Augenkammer zu Keratitis syphilitica; in der erkrankten Hornhaut treten massenhaft Spirochäten auf. Oder es läßt sich von der Haut des Skrotums aus Skrotumsyphilis erzeugen; oder durch Einführung von Material in den Hoden Orchitis syphilitica (Uhlenhuth).

Eine Züchtung der Sp. pallida ist anscheinend ähnlich wie bei der Sp. buccalis in halb erstarrtem Serum unter strenger Anaërobiose gelungen (Mühlens, Schereschewsky). Die Kulturen haben sich durch mehr als 18 Generationen fortzüchten lassen; die Feststellung ihrer Identität mit der Sp. pallida ist durch erfolgreiche Tierimpfung und durch Erzeugung einer spezifischen Hautreaktion (Intrakutanreaktion) bei Syphilitikern durch Kulturextrakte („Luëtin") anscheinend gelungen.

Uhlenhuth, Metschnikoff u. a. haben beobachtet, daß Atoxyl, das oben genannte gegen andere Spirochätenkrankheiten mit Erfolg verwendete Arsenpräparat, auch bei Syphilis eine schützende bzw. heilende Wirkung für Infizierte gezeigt hat. Dessen Wirkung ist durch das von Ehrlich hergestellte Salvarsan (Dioxydiamidoarsenobenzol) weit überholt. — Über die von Wassermann, Neisser und Bruck angegebene Methode zum Nachweis der Syphilis beim Menschen s. S. 613 und im Anhang.

Prophylaktisch kann in allgemein bekannter Weise durch aufklärende Merkblätter, Regelung der Prostitution usw. der Verbreitung der Syphilis entgegengewirkt werden. — Das Preußische Seuchengesetz sieht für solche Personen, welche gewerbsmäßig Unzucht treiben, und zwar Kranke, Krankheitsverdächtige und Ansteckungsverdächtige bei Syphilis, Tripper und Schanker eine Beobachtung, für derartig Erkrankte Absonderung vor. Ferner können erkrankte Personen, die gewerbsmäßig Unzucht treiben, zu ärztlicher Behandlung zwangsweise angehalten werden, sofern dies zur Verhütung der Ausbreitung erforderlich scheint.

4. Trypanosen.

Die Trypanosomen haben längliche Gestalt, 1 oder 2 Geißeln, deren eine als Randfaden einer undulierenden Membran verläuft. Insertion an einem besonderen lokomotorischen Kern, dem Blepharoplast. Fortpflanzung durch Längsteilung; auch Rosettenstadium. Im 2. Wirt eventuell Gametenbildung, Befruchtung und Ookinetenbildung (s. S. 546). Zurzeit unterscheidet man acht Arten von Trypanosomen,

die bei Säugetieren im Blutplasma wuchern und meist dadurch Krankheiten hervorrufen. Zum Teil sind sie durch Größe, Form und Lage des Blepharoplasten deutlich voneinander zu unterscheiden. Bei manchen Arten sind aber wegen ihrer Neigung zu variieren solche Kennzeichen nicht festzuhalten. — Alle werden durch stechende Insekten, namentlich durch Glossina-, Stomoxys-, Tabanusarten, übertragen und scheinen in diesen eine geschlechtliche Entwicklung durchzumachen. Als therapeutisches Mittel haben sich bei verschiedenen derartigen Infektionen Arsenpräparate bewährt (eine Analogie mit den oben beschriebenen Spirochätenkrankheiten).

Fig. 207.
Trypanosoma, 1000:1.

a) Tr. Lewisi, Rattentrypanose. Unter den Ratten sehr verbreitet; durch subkutane oder intraperitoneale Impfung übertragbar. Meist fehlen Gesundheitsstörungen. Natürliche Übertragung durch eine Läuseart Hämatopinus spinulosus und durch Rattenflöhe. In diesen Gameten- und Ookinetenbildung. — Im Blute oft multipele Teilung unter Bildung von Rosettenformen. Eine Art von Züchtung gelingt im Kondenswasser von Blutagar (Novy). Etwa 10 Tage nach der Übertragung auf eine Ratte gewinnt deren Serum schützende Wirkung, auch enthält es Stoffe, welche Agglomeration der Tr. in vitro herbeiführen.

b) Tr. Theileri; sehr großes, 30—70 μ langes Tr.; bei Rindern beobachtet, nicht pathogen.

c) Tr. Brucei, Erreger der Tsetsekrankheit (Nagana). In Afrika bei Rindern, Pferden, Eseln, Hunden, Schweinen usw. spontan auftretend, überimpfbar auch auf Meerschweinchen, Ratten, Mäuse. Chronischer Krankheitsverlauf; unregelmäßiges Fieber, rote Blutkörperchen stark vermindert, starke Abmagerung, Ödeme an Bauch und Beinen. Selten Heilung. Übertragen durch Glossinen, und zwar hauptsächlich durch Gl. morsitans, aber auch Gl. fusca und andere Arten. Die Glossinen haben ein Paar, in der Ruhe auf dem Rücken übereinandergelegte Flügel. Sie produzieren nur alle 10—14 Tage eine Larve, die sich rasch verpuppt und nach 6 Wochen eine geschlechtsreife Fliege liefert. Die Fliegen halten sich in schmalen Waldstreifen entlang den Seen und Flüssen auf; sie stechen vorzugsweise kurz nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang. — In den Fliegen bilden sich Mikro- und Makrogameten; ferner hat Koch einfache kuglige Zellen mit Kern beschrieben, die er als Jugendformen anspricht; daneben eigentümliche lange bandartige Formen. — Die Bekämpfung kann sich gegen die so spärlich sich vermehrenden Glossinen richten. Aktive Immunisierung mit schwach virulenten Tr. ist möglich; ebenso die Gewinnung eines an Schutzstoffen reichen, auch Präzipitin und Agglutinin enthaltenden Serums. Praktische Erfolge sind damit jedoch noch nicht erzielt. Dagegen sind namentlich Arsenpräparate (Bruce und Lingard, Laveran und Mesnil, Loeffler) und gewisse Farbstoffe (Trypanrot, Ehrlich; Brillantgrün, Wendelstadt) im Tierversuch wirksam befunden worden. Genügte die angewandte Dosis nicht zur Abtötung der Trypanosomen und wiederholt sich dieses Versagen mehrfach, so entstehen (wie bei Spirochäten) „giftfeste" Stämme, gegen die schließlich das betr. Mittel überhaupt nichts mehr ausrichtet.

d) Tr. Evansi, erzeugt die Surrakrankheit der Pferde, Esel, Kamele namentlich in Indien. Auf Rinder nicht übertragbar.

e) Tr. equinum, erzeugt die unter dem Namen „Mal de Caderas" bekannte Kruppenkrankheit der Pferde in Südamerika.

f) Tr. equiperdum. Erreger der Dourine, einer in Algier, Spanien usw. in den Gestüten auftretenden Beschälkrankheit der Pferde. 8—15 Tage nach dem Koitus entstehen Ödem des Penis, Plaques auf der Haut und eigentümliche Affektionen der Schleimhäute. Im Blut massenhaft Tr. von etwa 25 μ Länge. Auf Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten übertragbar, aber unsicher. Atoxyl hat im Tierexperiment Heilung ergeben (Uhlenhuth).

g) Tr. Gambiense, 15—30 μ lang, erzeugt in Afrika, namentlich in Britisch-Ostafrika und Uganda, bei Negern und auch bei Europäern eine Trypanose, welche häufig ihren Ausgang in die „Schlafkrankheit" nimmt. Die Trypanose macht sich bemerkbar durch unregelmäßiges Fieber, Abmagerung, Ödeme, Milzvergrößerung. Bald treten Drüsenschwellungen an Hals und Nacken auf; durch die mikroskopische Untersuchung von Punktionsflüssigkeit aus solchen Drüsen gelingt der Nachweis der Trypanosomen; nach Koch früher und sicherer durch Untersuchung großer, in dicker Schicht angetrockneter Bluttropfen, und damit die sicherste Diagnose der Krankheit. In einem Bruchteil der Fälle treten allmählich zerebrale Symptome hinzu, namentlich eine Schläfrigkeit, die in vollständiges Koma übergeht. Man findet in diesem Stadium in der Lumbalpunktionsflüssigkeit Trypanosomen; daneben scheinen fast regelmäßig Streptokokken in den Hirngefäßen zu wuchern. Die Übertragung geschieht durch Glossina palpalis; höchst selten auch durch den Geschlechtsverkehr. (In dem von Glossinen freien Kisiba beobachtet, wenn die in Uganda beim Gummisammeln beschäftigten und hier infizierten Männer nach Hause zurückkehrten.) In einigen Gegenden scheint auch die Glossina morsitans als Überträgerin auftreten zu können. Atoxyl, dessen Wirksamkeit von Thomas und Dutton, Broden und Ayres Kopke schon erkannt war, ist von Koch (in Dosen von 0·5 g alle 10 Tage durch 4—6 Monate) mit gutem Erfolg versucht bei frühzeitiger Behandlung. Zur Bekämpfung der Krankheit kommt außerdem Ausrottung der Glossinen durch Abholzen der See- und Flußufer und Verfolgung der Krokodile, von deren Blut sie hauptsächlich leben, in Betracht; ferner Grenzsperren (seit 1909 zwischen Deutschland und England vereinbart); sodann Konzentrationslager in Glossinen-freier

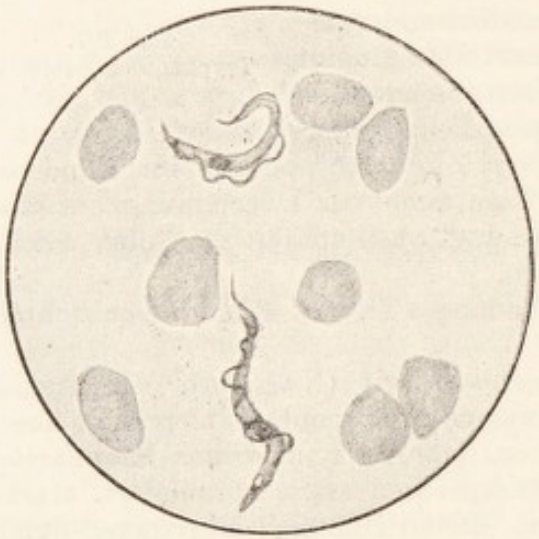


Fig. 208. Blut mit Trypanosoma Gambiense. 1000:1.

Gegend, in denen die Kranken bis zur Heilung bzw. bis zum Tode gehalten werden. — Die Trypanosomen lassen sich auf Affen, aber auch auf Hunde und Meerschweinchen übertragen und rufen bei diesen Krankheit von chronischem Verlauf hervor.

h) In Rhodesia ist neuerdings bei Fällen von Schlafkrankheit ein Trypanosoma gefunden worden, das durch plumpere Gestalt, durch stärkere Annäherung des Hauptkerns an den Blepharoplast und durch stärkere Tiervirulenz sich von Tr. Gambiense unterscheidet. Der Überträger dieses Tr. Rhodesiense ist Glossina morsitans. Auch kreuzweise Immunisierungsversuche haben die Sonderstellung des Tr. Rhodesiense dargetan.

i) Trypanosoma (Schizotrypanum) Cruzi. Von Chagas in einer brasilianischen, geflügelten Wanzenart, Conorrhinus megistus, entdeckt und als Erreger der „infektiösen Thryeoiditis" erkannt. Besonders bei Kindern. Kropfartige Geschwulst, schwere Anämie, Verzögerung der Entwickelung, Ödeme, Lymphdrüsenschwellung, Milztumor, nervöse Störungen gehören zum Krankheitsbilde. Parasiten frei im Blutplasma und innerhalb der roten Blutkörperchen, in letzterem Falle häufig ohne Geißel. Vermehrung durch Längsteilung wie bei den anderen Trypanosomen im Warmblüter bisher nicht beobachtet, dagegen Abrundung der Formen und Schizogonie im Lungenendothel, in Herzmuskel-, Neuroglia- und anderen Organzellen von Patienten und geimpften Tieren (Meerschweinchen, Katzen, Affen). Im Mitteldarm künstlich infizierter Wanzen enorme Vermehrung durch Längsteilung und Entwicklung von länglichen Flagellaten mit deutlicher undulierender Membran, die auch in den Speicheldrüsen gefunden wurden und wohl die Übertragung auf die Warmblüter vermitteln. Kultur auf Novy-Agar und Impfungen mit Kulturmaterial auf Meerschweinchen gelungen.

a *b*

Fig. 209. Schizotrypanum Cruzi. 1000:1. *a* Schnitt durch eine quergestreifte Muskelfaser (nach Vianna). *b* Blut.

Zu den Trypanosomenkrankheiten ist wahrscheinlich auch das Kala-Azar zu rechnen, eine namentlich in China und Südasien verbreitete, unter Fieber, Ödemen, Durchfällen, Leber- und Milzschwellung

häufig letal verlaufende Krankheit. Von JEMMA in Palermo häufig bei Kindern beobachtet (infantile Milzanämie). Als Erreger werden rundliche, den Schizotrypanum-Merozoiten sehr ähnliche Gebilde angesprochen, die von LEISHMAN und DONOVAN im Blut (Leukozyten), im Endothel der Blut- und Lebergefäße, sowie in Milz und Leber von Kalaazarpatienten entdeckt wurden (Leishmania Donovani). In mit Menschen- oder Kaninchenblutagar (nach NOVY oder NICOLLE) angelegten Kulturen entwickeln und vermehren sich aus den geißellosen kleinen Formen längliche, mit einer, von einem Blepharoplast ausgehenden Geißel versehene, membranlose Flagellaten (ROGERS). Als Zwischenwirte fungieren vielleicht Flöhe von Hunden, in deren Milz NICOLLE die charakteristischen Gebilde fand und durch Züchtung identifizierte. Übertragung von Menschen auf Affen und Hunde gelungen. Therapeutisch Arsenpräparate empfohlen. — Die bei der „endemischen Beulenkrankheit" oder „Orientbeule" meist in Makrophagen gefundenen Parasiten werden von vielen Autoren mit der L. Donov. identifiziert; andere trennen sie als Leishmania tropica ab.

a *b*

Fig. 210. Leishmania Donovani. 1000:1. *a* Milzausstrich, *b* Kulturformen in verschiedenen Entwickelungsstufen.

5. Piroplasmosen (Babesiaerkrankungen).

Birnförmige Parasiten, welche die roten Blutkörperchen bewohnen und durch Zecken (achtbeinige, den Spinnen nahestehende Blutsauger) übertragen werden, in welchen sie eine Entwickelung durchmachen. Krankheiten durch Piroplasma-(Babesia-)arten sind beim Schaf, Pferd, Hund bekannt. Die wichtigsten sind:

a) Babesia bigemina (TH. SMITH und KILBORNE), Erreger der Piroplasmose der Rinder (Texasfieber, Hämoglobinurie der Rinder). In allen Erdteilen und auch in Europa sehr verbreitet. Die Rinder erkranken unter Fieber, Blutharnen, Ikterus, starker Reduktion der roten Blutkörperchen. Im Blut finden sich in großer Menge in den Erythrozyten kleine, meist zu zweien gelagerte, birnförmige Körperchen, etwa 3 μ lang, mit den spitzen Enden konvergierend. Übertragen durch Ripicephalusarten. Die sechsbeinigen jungen Larven dieser Zecken bohren sich unter die Haut der Rinder und leben von deren Blut. Nach mehrfacher Häutung innerhalb 14 Tagen sind sie geschlechtsreif; es erfolgt Befruchtung; nach Anschwellung bis zur Größe eines Haselnußkerns fällt die Zecke ab, legt im Gras der Weiden 2—4000 Eier, aus

denen nach 3—4 Wochen die jungen Larven mit infektionstüchtigen Parasiten auskriechen. — Nach Kochs Beobachtungen werden im Mageninhalt der Zecken, welche Blut mit Parasiten gesogen haben, letztere bald frei und es bilden sich dann eigentümliche Stachelfiguren, deren Stacheln vom Chromatin ausgehen. Auch Kopulationszustände scheinen vorzukommen; ferner in den Eiern große birnförmige Körper von noch unklarer Bedeutung. Kälber sind relativ wenig empfänglich; eine Bekämpfung der Krankheit ist daher (außer durch Absperrung und Einfuhrverbot gegenüber verseuchten Gegenden) durch absichtliche Übertragung von Piroplasmenblut auf Kälber versucht, die nur leicht erkranken und dann immunisiert sind; aber Mißerfolge sind sehr häufig. Chemotherapeutisch ist Trypanblau mit Erfolg versucht. Zur Vernichtung der Zecken hat sich das Durchtreiben des Viehes durch mit Petroleum oder anderen Mineralölen gefüllte Bassins (Zeckenbäder) bewährt.

Fig. 211. Blut mit Babesia bigemina. 1000:1.

b) Babesia canis (Piana und Galli-Valerio). In den Tropen und Subtropen sehr verbreitete Hundepiroplasmose. Parasiten größer wie die vorigen. Mit Kochsalz verdünntes, bei 37° aufbewahrtes Blut weist ganz ähnliche Stachelformen wie die B. big. in der Zecke auf. Zwischenwirte sind die Zecken Ripicephalus sanguineus und andere. Diese können aber erst nach völlig abgeschlossener Entwickelung zum geschlechtsreifen Tier, nicht im Zustande der Larven, als welche sie bereits Blut saugen, oder als Nymphen die Krankheit übertragen. Die dabei vor sich gehende Entwickelung der Piroplasmen ist noch unbekannt.

c) Babesia parva (Theiler). Beim Küsten- oder Rhodesiafieber der Rinder in Ost- und Südafrika, Japan, Transkaukasien, auf den Philippinen usw. Sehr kleine, meist stäbchenförmige Parasiten. Vermehren sich nicht im peripheren Blut, sondern in inneren Organen, besonders in Milz und Lymphdrüsen, durch Schizogonie. Daher nicht, wie die vorigen, durch Injektion von Blut kranker auf gesunde Tiere übertragbar, sondern nur durch Einbringung größerer Milzstücke unter die Haut. In der Milz entstehen sehr charakteristische, große, vielkernige Gebilde, „Plasmakugeln“ (Koch), aus denen sich Gametozyten entwickeln und ins periphere Blut gelangen. Ihre weitere Entwickelung geht in den Darmblindsäcken verschiedener Ripicephalusarten vor sich: Aus den Gametozyten entstehen kleine Gameten, diese siedeln sich an der Darmwand an, runden sich ab und entwickeln sich zu vielkernigen Kugeln, die in sehr kleine, zahlreiche, keilförmige Keime zerfallen, die wahrscheinlich durch Vermittelung der Speicheldrüsen die Neuinfektion von Rindern verursachen (Gonder). Vererbung der Parasiten auf neue Zeckengeneration findet nicht statt. Spontan erworbenes und überstandenes Küstenfieber bewirkt absolute, lebenslängliche, auf die Kälber in etwa 25% vererbbare, parasitenfreie Immunität mit spezifisch wirksamen Schutzstoffen im Blutserum. Werden also in einer durchseuchten, isolierten Farm während der Dauer zweier Zeckengenerationen, d. h. höchstens 18 Monate lang, alle neugeborenen Kälber getötet,

so bleiben, nach Verlust von etwa 50% Altvieh durch die Krankheit, nur noch immune Rinder und durch „Selbstreinigung" parasitenfreie Zecken zurück. Ferner konnte Koch mit parasitenhaltigem Blut in wenigen großen oder häufigeren kleinen Dosen Rinder vor der natürlichen Infektion durch Zeckenbiß schützen.

6. Malaria.

Die Hämosporidien bilden in ihren jüngsten Stadien sehr kleine Einschlüsse in den roten Blutkörperchen des Zwischenwirts, z. B. des Menschen. Dort wachsen sie allmählich, zeigen amöboide Bewegungen, lagern Melanin in sich ab und erreichen oft die volle Größe des Blutkörperchens oder sogar mehr, indem letzteres sich unter der Einwirkung des Parasiten vergrößert. Schließlich erfolgt Schizogonie; vorher wird das Melanin in Häufchen oder Radspeichenform zusammengezogen, das Chromatin teilt sich in einzelne Portionen, von denen je eine einem Schizonten zufällt. Die Schizonten lösen sich endlich los, kommen in die Blutflüssigkeit und befallen wieder neue Erythrozyten. Beim Zerfall des Parasiten und Freiwerden seiner Schizonten treten seine Stoffwechselprodukte ins Blut, und vermutlich hierdurch wird in diesem Stadium Fieber ausgelöst. — Das Heranwachsen und die Vermehrung der Schizonten (endogene Entwickelung) wiederholt sich immer wieder, bis die Verhältnisse für den Parasiten ungünstig werden (Durchseuchung, wirksame Medikamente). Die Übertragung auf einen neuen, bessere Verhältnisse bietenden Zwischenwirt erfolgt aber nur durch Stechmücken (in einem Falle durch eine Stechfliege), welche die Parasiten mit dem Blut aufnehmen, als Wirte sie zu weiterer Entwickelung kommen lassen und dann auf einen neuen Zwischenwirt übertragen. Zu diesem plötzlichen Übergang von Warm- und Kaltblüter oder umgekehrt würde die zarte Schizontenform des Parasiten ungeeignet sein. Wir sehen daher, daß der Parasit in einem späteren Stadium nicht nur Schizonten bildet, sondern daneben Gameten. Sie sind kenntlich daran, daß auch nach dem Größerwerden der Schizonten das Pigment verteilt bleibt, das Chromatin aber sich zusammenhält, daß also selbst beim ausgewachsenen Parasiten keine Vorbereitungen zur Schizogonie getroffen werden. Von solchen Gameten unterscheidet man zwei deutlich verschiedene Formen: bei der einen färbt Giemsalösung das Plasma entschieden blau, das Chromatin ist zart; dies sind die weiblichen Makrogametozyten (bei voller Reife und frei als Makrogameten bezeichnet). Bei der anderen Sorte färbt sich das Plasma kaum blau, das Chromatin ist derb und kräftig; dies sind die Mikrogametozyten. Aus letzteren kann man unter Umständen die Mikrogameten hervorgehen sehen als kleine Spermatozoen-ähnliche Gebilde. — Letztere befallen im Mückenmagen (exogene Entwickelung) Makro-

gameten und nach der Kopulation vollzieht sich ziemlich schnell die Geburt eines Würmchens, des Ookineten. Es folgt nun ein Zystenstadium in der Magenwand der Mücken (Amphiont) und die Entwickelung von Sporoblasten und schließlich sichelförmigen Sporozoïten. Diese verbreiten sich in der Mücke, kommen in die Speicheldrüsen und werden beim Stechen eines neuen Zwischenwirts in dessen Blut gebracht. Die Sporozoïten befallen dort Erythrozyten, wachsen wieder heran und vermehren sich durch Schizogonie. — Die Zeit, welche verfließt von der Aufnahme der Gameten in die Mücke bis zur Beendigung der Sporozoïtenbildung, beträgt meist 10—12 Tage; diese Frist muß also mindestens zwischen den beiden Stichen der Mücke, zuerst beim infizierten, dann beim gesunden Zwischenwirt, liegen. — Von Schaudinn ist beobachtet, daß, wenn die Verhältnisse im Zwischenwirt günstiger werden, Makrogameten wieder in Schizogonie übergehen und Schizonten liefern können, die wieder eine Zeitlang nur durch Schizogonie sich vermehren; in dieser Weise erklären sich die bei Malaria oft beobachteten Fieberrezidive. — Für jede Parasitenart kommen nur bestimmte Mückenarten als Wirte in Frage.

Zu den Hämosporidien gehören:

1. Familie Haemogregarinidae.

Wurmähnliche längliche Parasiten. Hauptsächlich bei Kaltblütern und Vögeln.

Gattungen: Drepanidium, z. B. ranarum; Haemoproteus (Halteridium).

Zu letzterer Gattung gehören:

H. Danilewskyi.
H. noctuae, beim Steinkauz.
H. columbarum.

2. Familie Plasmodidae.

Runde Parasiten. Bei Vögeln und Säugetieren.

Gattung Proteosoma, z. B. praecox bei Vögeln.

Gattung Plasmodium.

a) Pl. vivax, Parasit der menschlichen Tertiana.
b) Pl. malariae quartanae.
c) Pl. Laverania, Parasit der Mal. tropica.

Von den aufgeführten Arten seien hier zunächst die Hämogregarinen und Proteosoma praecox kurz beschrieben, weil bei ihnen die gesamte Entwickelung, einschließlich der geschlechtlich differenzierten Formen, besonders leicht zu erkennen ist.

Halteridium Danilewskyi.

In unserem Klima während des Sommers im Blut fast aller Turmfalken, Buchfinken usw. Selbst bei reichlichem Parasitengehalt zeigen die Vögel wenig oder keine Krankheitserscheinungen. Künstliche Übertragung durch Blut ist nicht gelungen. — In den Erythrozyten zahlreiche Parasiten, kurze oder längere Würmchen, die bei ihrem weiteren Wachstum sich schließlich ganz um den Kern des Erythrozyten herumlagern, ohne ihn zu verschieben. Am Schluß des

Wachstums müßte man Schizogonie und Freiwerden der Schizonten erwarten; dies ist aber bisher nicht beobachtet, man weiß nicht, wo die jungen Formen gebildet werden, die an manchen Tagen in Masse auftauchen. SCHAUDINN hat beim Steinkauz beobachtet, daß dort H. noctuae nur über Tag in den roten Blutkörperchen festsitzt, über Nacht als Trypanosoma außerhalb derselben lebt, und daß in letzterem Zustande nach etwa 6 Tagen durch Längsteilung Schizogonie eintritt. Bei Nachprüfungen konnte dieser Befund für andere Arten nicht bestätigt werden; die Möglichkeit einer zufälligen Anwesenheit von Trypanosomen bei den Versuchstieren ist schwer auszuschließen. Auch als letzte Entwickelungsstadien des H. noctuae in Culex will SCHAUDINN Trypanosomen beobachtet haben. — Besonders leicht lassen sich dagegen bei Halteridium die

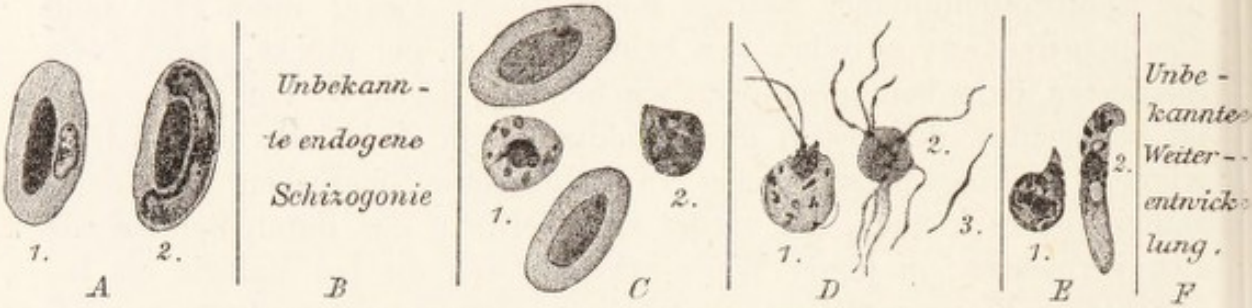


Fig. 212. Entwickelung von Halteridium. 1000:1 (nach KOCH).
A = Taubenblutkörperchen mit jungen (*1*) und älteren (*2*) Parasiten. *C* = Freie Gameten, *1* = Männchen, *2* = Weibchen. *D* = Aussendung der Mikrogameten; *1* = zwei aus dem Chromatinkörper hervorgehende Mikrogameten; *2* = Parasit mit vollständig entwickelten Mi.; *3* = abgetrennter Mi.; *E* = Würmchenbildung; *1* = weiblicher Parasit mit beginnender Würmchenbildung *2* = fertiger Ookinet.

Anfänge der geschlechtlichen Entwickelung beobachten: Untersucht man das Blut nach Mischung mit 1 Teil Serum von Taubenblut und 9 Teilen 0·6%iger Kochsalzlösung im hängenden Tropfen, so tritt der Parasit aus den Blutkörperchen heraus, die Hantelform geht in Kugelform über; man kann dann mit der ROMANOWSKY-Färbung zwei Kategorien von runden Körpern unterscheiden, solche mit blaßblauem Plasma und kompakter Chromatinmasse, an deren Rand bald 4—8 fadenförmige Gebilde auftreten, sich losreißen und frei in der Blutflüssigkeit bewegen; und zweitens solche mit kräftig blauem Plasma und aufgelockertem Chromatin. Erstere sind als männliche, letztere als weibliche Gameten anzusehen. Treffen die Spermatozoen-ähnlichen Mikrogameten auf einen weiblichen Gameten, so entsteht an diesem binnen etwa 20 Minuten eine Vorwölbung, dann ein spitzer Zapfen, aus dem schließlich ein freies, wenig bewegliches Würmchen (der Ookinet) hervorgeht. Dieses muß in Culexmücken seine weitere Entwickelung durchmachen.

Haemoproteus columbarum.

Morphologisch dem vorigen sehr ähnlich; in Italien, Frankreich, Algier und Brasilien sehr häufig bei der Haustaube gefunden. Hier bildet die Stechfliege Lynchia den Wirt. In ihr findet die Reifung und Kopulation der Gameten, sowie die Bildung der Ookineten statt; dessen weitere Entwickelung zu einer vielkernigen, die Sporozoiten produzierenden Zyste erfolgt erst innerhalb von Leukozyten des Lungengewebes der Taube.

Proteosoma praecox (Grassii).

Kommt hauptsächlich in südlichen Ländern in Stieglitzen, Sperlingen usw. vor. Verursacht schwere Erkrankung, die sich durch Bluteinimpfung und

durch Culexmücken experimentell auf gesunde Vögel übertragen läßt. Meist findet sich reichlich Halteridium neben Proteosoma im Blut der Vögel. Letzterer Parasit zeigt nur runde oder ovale Formen; charakteristisch ist ferner, daß er den Kern des befallenen Blutkörperchens verdrängt, indem er ihn nach einem Pole zu verschiebt und dabei um seine kurze Achse dreht. Bei den herangewachsenen Parasiten tritt Schizogonie ein, indem 16 kleine Schizonten das im Zentrum zusammengezogene Pigment rosettenartig umlagern. Neben dieser endogenen Vermehrung beobachtet man die Anfänge der geschlechtlichen Entwickelung wie bei Halteridium in Serummischungen, nur daß es nicht bis zur Würmchenbildung kommt. Diese finden sich vielmehr erst im Mageninhalt, von Culex nemorosus, 12—15 Stunden nachdem die Mücke Blut der erkrankten

Fig. 213. Entwickelung von Proteosoma. 1000:1 (nach KOCH).
A = Sperlingblutkörperchen mit Parasiten. *B* = Schizogonie. *C* und *D* = Freie Parasiten, nehmen sphärische Form an, der männliche mit Mikrogameten. *E* = Würmchenbildung. *F* = Zysten in der Magenwand von Culex, sekundäre Kugeln mit Sichelkeimen enthaltend. *G* = Freie Sichelkeime.

Vögel eingesogen hat. Nach 48 Stunden sind die Würmchen verschwunden, es bilden sich aber an der Außenseite des Magens von Culex kugelförmige, durchsichtige Gebilde (Coccidien), deren Inhalt sich in Sporoblasten und am 6. bis 7. Tage in zahlreiche Sichelkeime verwandelt. Letztere überschwemmen den ganzen Körper, sind aber vom 9.—10. Tage an nur noch in den Speicheldrüsen. Von diesen aus gelangen die Keime beim Stechen gesunder Vögel in deren Blut und vermehren sich dort zunächst wieder durch Schizogonie.

Plasmodium malariae hominis.

In frischen ungefärbten Blutpräparaten sind die Parasiten durch ihre Pseudopodienbildung leicht kenntlich. — Färbung s. im Anhang.

Die jüngsten Parasiten haben Napf- oder Ringform und füllen nur $^1/_{10}$ des roten Blutkörperchens. Allmählich wachsen sie; dabei wird, oft unter auffälligem Abblassen des Blutkörperchens, Melanin gebildet, das sich bald in kleineren, bald größeren Stäbchen und Körnchen zerstreut in den Körper des Parasiten einlagert. Schließlich kommt es zur Schizogonie; das Pigment wird auf ein oder einige Zentren zusammengezogen, und der Körper des Parasiten teilt sich in 8—20 kleine Elemente, die rosettenartig das Pigmentzentrum umlagern können (Gänseblümchenstadium), schließlich sich loslösen, frei im Plasma treiben und neue rote Blutkörperchen befallen. Die Zeit der Auflösung in die Schizonten fällt mit dem Fiebereintritt

zusammen. — Außerdem treten männliche und weibliche Gameten auf. Von ersteren, den Mikrogametozyten, kann man zuweilen im entnommenen Bluttropfen beobachten, daß sie sich mit geißelartigen Mikrogameten umgeben. Die Befruchtung der weiblichen Gameten

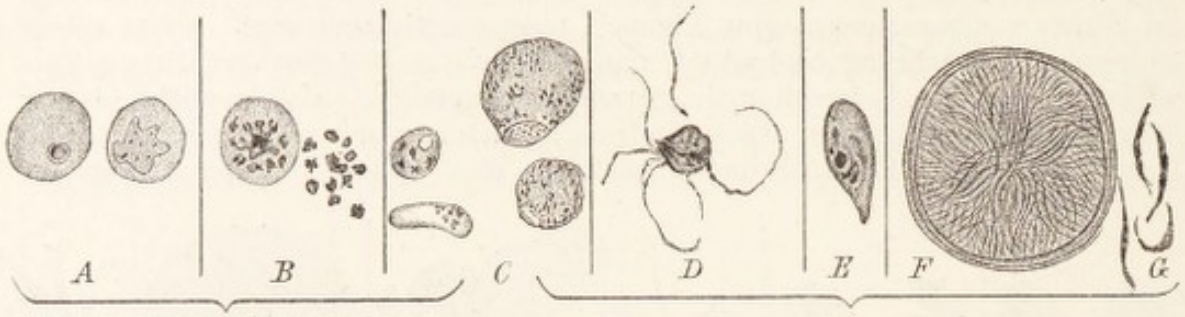


Fig 214. Entwickelung des Malariaparasiten. 1000:1 (F = 600:1), teilweise schematisch. A = Menschliche Blutkörperchen mit Parasiten. B = Schizogonie. C = Makrogameten (rechts) und Mikrogametocyten (links). D = Mikrogameten-Aussendung. E = Würmchen aus dem Darm von Anopheles. F = Zyste in der Magenwand von Anopheles, mit Sichelkeimen. F = freie Sichelkeime. E—G nach Grassi.

und eine Würmchenbildung ist aber in den Blutpräparaten nicht beobachtet; diese und die oben beschriebene Weiterentwickelung erfolgt nach den Untersuchungen von Ross, Koch, Grassi und Celli erst im Intestinaltraktus von Anophelesmücken, namentlich A. claviger s. maculipennis.

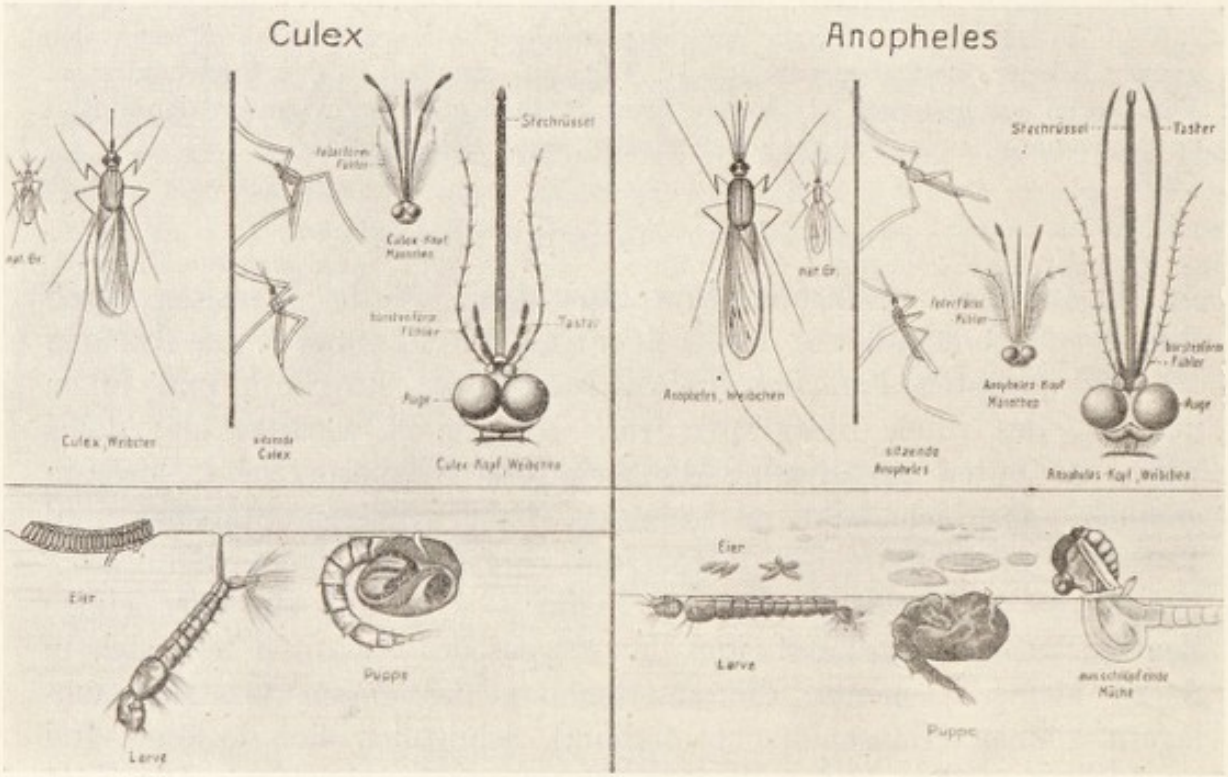


Fig. 215. Anopheles und Culex (etwas schematisiert).

Sowohl durch zahlreiche Beobachtungen in Malaria- und malariafreien Gegenden sowie durch Experimente mit Stechmücken, die man am Kranken hat saugen und nach etwa 10 Tagen (der Zeit, die bis zur Ausbildung der Sichelkeime verfließt) Gesunde hat stechen lassen, ist sichergestellt, daß Anopheles claviger als Wirt bei der Verbreitung der Malaria beteiligt ist, während Culexarten nur für die Vogelmalaria in Betracht kommen.

Genus Culex unterscheidet sich von Anopheles z. B. durch die kurzen Fühlhörner und die wenig gefiederten Antennen der (allein stechenden) Weibchen, während beim Männchen die Fühlhörner länger sind als der Rüssel (s. Fig. 215). Bei Anopheles sind Fühlhörner und Stechapparat ungefähr gleich lang und die Antennen stärker gefiedert. Der Körper des sitzenden Culex ist geknickt, so daß das Hinterende parallel der Wandfläche ist; bei Anopheles bildet der Leib eine gerade Linie und steht in einem Winkel von 45° zur Wandfläche. Bei Culex hängt die Larve fast senkrecht von der Wasseroberfläche abwärts, bei Anopheles liegt sie parallel zur Wasseroberfläche dicht unter dieser. Anopheles claviger ist speziell gekennzeichnet durch vier auf jedem Flügel befindliche, in Form eines T gestellte dunkele Flecke.

Die Malaria tritt in drei verschiedenen Typen auf, denen ebenso viele Abarten des Malariaparasiten entsprechen:

Der Parasit der Febris quartana (mit Wiederholung des Frost- und Fieberanfalls nach je 72 Stunden) zeigt grobe Pseudopodien, grobes Pigment, 8—12 Schizonten; häufig bildet der Parasit mehr oder weniger deutlich ein Band quer über den Leib des Erythrozyten.

1 *2* *3* *4* *5* *6* *7*

Fig. 216. Quartana-Parasiten. 800:1. *1—4* Schizonten, *5* Schizogonie, *6* Makrogamet, *7* Mikrogametozyt.

Gameten sind spärlich; sie werden nicht größer als ein rotes Blutkörperchen, zeigen grobes Pigment. Nach Schaudinn gehen die Makrogameten oft wieder in Schizogonie über; keine Malariaform zeigt so häufige und hartnäckige Rezidive.

Bei Febris tertiana (Fieberanfall alle 48 Stunden) erscheint der Parasit, Pl. vivax, zarter, Pseudopodien dünner (sog. „zerrissene" Formen), Pigment feiner. Die befallenen roten Blutkörperchen nehmen an Größe

1 *2* *3* *4* *5* *6* *7*

Fig 217. Tertiana-Parasiten. 800:1. *1—4* Schizonten, *5* Schizogonie, *6* Makrogamet, *7* Mikrogametozyt.

zu; zum Teil erscheinen sie bei der Färbung nach Romanowsky-Giemsa rot getüpfelt (charakteristisch für Tertiana). Die Schizonten sind 16—20 an Zahl, unregelmäßig verteilt. Gameten zahlreich, größer als Erythrozyten, bis zur doppelten Größe; feineres verteiltes Pigment.

Die Malaria tropica (auch das Aestivo-Autumnalfieber der Italiener) ist eine Tertiana, bei der zwar ebenfalls alle 48 Stunden der Anfall sich wiederholt, bei der aber das Fieber etwa 40 Stunden andauert, die Remission nur 6—8 Stunden. Zu Anfang des Fiebers findet man hier den Parasiten in Form kleiner Ringe mit deutlichem Chromatinkorn; zu Ende und während der Remission größere Ringe, aber immer nicht

Fig. 218. Tropica-Parasiten. 800:1. *1—4* Schizonten, *5* Schizogenie, *6* Makrogametozyt, *7* freier Mikrogametozyt.

mehr als $^1/_3$ der roten Blutkörperchen einnehmend, mit einer Verbreiterung gegenüber dem Chromatinkorn. Einzelne Pigmentkörner sind meist nicht sichtbar, nur braune Verfärbung. Schizontenbildung ist im Blut aus der Fingerkuppe nicht zu beobachten; diese erfolgt nur in inneren Organen, namentlich in der Milz. Von dort entnommene Blutproben zeigen Bilder ganz ähnlich wie bei der Schizogonie von Proteosoma. Die Gameten treten in Halbmond- oder Eiform auf. Die männlichen zeigen ein blasser gefärbtes Plasma und reichlicheres, kompakteres Chromatin, die weiblichen dunkeler gefärbte Leiber, weniger Chromatin. Die Halbmonde schmiegen sich anfangs dicht an die Erythrozyten an, diese oft um das Doppelte in der Länge überragend; später sind sie ganz frei.

Die beschriebenen Parasiten sind als die Erreger der Malaria anzusehen, weil sie in jedem Einzelfall von Malaria mit Sicherheit nachgewiesen, nie aber bei gesunden Menschen oder anderen Kranken gefunden werden; weil ferner die Menge der Parasiten der Intensität der Krankheit entspricht; weil wirksame Chininbehandlung auch die Parasiten zum Verschwinden bringt; und weil intravenöse Injektion kleiner Mengen parasitenhaltigen Blutes — aber auch nur solchen Blutes — bei Gesunden typische Malaria hervorruft.

Bass in New-Orleans hat neuerdings eine Art von künstlicher Kultur der Tropikaparasiten in defibriniertem Blut hergestellt; wichtig ist dabei Einhaltung einer Temperatur zwischen 38 und 40°; ferner ein Zusatz von 0·1 ccm 50%iger Dextroselösung zu 8 ccm Blut; ferner sorgfältige Beseitigung der (sonst phago-

zytierenden!) Leukozyten durch Zentrifugieren. Nach 40—48 Stunden ist bei zahlreichsten Tropikaparasiten Schizogonie festzustellen. — Von ZIEMANN bei Parasiten der heimischen Tertiana wiederholt. — Ob außer der Beförderung der Schizogonie ein Heranwachsen der Schizonten und eine wirkliche Vermehrung eintritt, ist zweifelhaft.

Epidemiologie. Die Malaria ist von jeher als charakteristisches Beispiel einer nicht kontagiösen, ektogenen Infektionskrankheit aufgeführt. Nach allen Beobachtungen wird die Krankheit niemals vom Kranken auf den Gesunden direkt übertragen, es sei denn durch Überimpfung von Blut. Die natürliche Infektion erfolgt vielmehr nur durch den Aufenthalt an einem Malariaorte; und man hat daher von jeher den örtlichen Verhältnissen, unter welchen Malaria vorkommt, besonderes Interesse zugewandt.

Die Malaria ist weitaus am verbreitetsten in der tropischen und subtropischen Zone, wo sie als die verheerendste unter allen Krankheiten auftritt; in der kalten Zone fehlt sie gänzlich, in der gemäßigten zeigt sie teilweise noch sehr starke Verbreitung. Innerhalb Europas herrscht Malaria besonders in Südrußland, den Donauniederungen Ungarns und der Donaufürstentümer, in der Poebene und am größten Teil der Westküste Italiens von Pisa abwärts, im Weichseldelta und in den Marschen Ostfrieslands und Hollands. Namentlich in der letztgenannten Gegend wie überhaupt in ganz Europa ist die Krankheit in den letzten Jahren sehr stark zurückgegangen.

Ausgedehnte Landstrecken in Europa und ebenso in der tropischen Zone sind völlig frei von Malaria; so z. B. fast ganz Mittel- und Süddeutschland, England, ein großer Teil Frankreichs usw.

Manche Gegenden sind nicht dauernd immun, sondern werden nur zuweilen von Malariaepidemien betroffen, die sich über weite Strecken verbreiten. Nicht selten ist auch beobachtet, daß im Laufe längerer Jahrzehnte Malariaherde zu immunen Orten umgewandelt und umgekehrt früher unempfängliche Gegenden für Malaria disponiert wurden. In solchen Fällen lagen meist Änderungen der Bodenoberfläche (Trockenlegung, Entwaldung u. dgl.) vor.

Ältere vergleichende Untersuchungen über die Eigenschaften des Malariabodens haben alle Beobachter zu der Anschauung geführt, daß nur ein Boden von relativ hoher Feuchtigkeit, von zeitweise großer Wärme und von einem beträchtlichen Gehalt an organischen Stoffen für Malaria disponiert sei. Von diesen Bodeneigenschaften nahm man früher an, daß sie für das Gedeihen der Malariaerreger selbst erforderlich seien, während man sie jetzt nur als die Entwickelungsbedingungen der Wirte der Erreger, Anopheles, anspricht.

Die nötige Feuchtigkeit findet sich niemals auf kompaktem, selten auf zerklüftetem Felsboden, häufig dagegen in porösem Schwemmboden. Hier kann sie teils durch hohen Stand des Grundwassers, teils durch Austreten von Flüssen, teils dadurch bewirkt werden, daß die schwer durchlässigen oberen Bodenschichten die Niederschläge lange zurückhalten. Oft bietet geradezu sumpfiges Terrain, wie es sich auf Ebenen oder in muldenförmigen Tälern entwickeln kann, Malariagefahr; oft ist der betreffende Boden während eines Teils des Jahres trocken und besitzt nur zeitweise den erforderlichen hohen Feuchtigkeitsgrad. Dauernd trockener Boden ist stets frei von Malaria; ebenso ein ständig mit Wasser überflutetes Terrain. — Mancher scheinbar disponierte feuchte Boden läßt trotzdem Malaria vermissen; vielleicht nur, weil zufällig keine Anopheles dorthin gelangt sind, oder weil irgendeiner anderen Lebensbedingung derselben nicht entsprochen ist, oder weil den Mücken keine Gelegenheit zur Aufnahme von Parasiten gegeben war.

Die für einen Malariaboden erforderliche Wärme beträgt mindestens 15—16°. Gegenden, in welchen die Lufttemperatur im Mittel des wärmsten Monats diese Höhe nicht erreicht, sind immun. Auch eine Maximalgrenze für die Temperatur scheint zu existieren, doch ist dieselbe nicht genauer ermittelt.

Neben der örtlichen Disposition gibt sich in den meisten Malariagegenden eine deutliche zeitliche Disposition zu erkennen. In der nördlichen gemäßigten Zone zeigt die Malaria zwei Maxima, im Frühling und im Herbst; in südlicheren Ländern ist nur ein Maximum ausgeprägt, das den Sommer und Herbst umfaßt; in tropischen Malariagegenden treten häufigere Erkrankungen erst mit dem Beginn der Regenzeit auf, erreichen mit dem Nachlaß derselben ihr Maximum und nehmen dann wieder ab. — In der kälteren Zone ist es vorzugsweise die Wärme, welche variiert und die zeitliche Disposition bestimmt, während die Feuchtigkeit weniger schwankt, in der heißen Zone fehlt es dagegen nie an der erforderlichen Wärme und der zeitlich schwankende Faktor ist die Feuchtigkeit. — Die Witterung der einzelnen Jahre ist oft von sehr entscheidendem Einfluß auf die Malariafrequenz, aber die gleiche Witterung wirkt an verschiedenen Orten sehr ungleich. Bei sehr feuchtem Terrain bringt anhaltender Regen Überflutung und damit ein Erlöschen der Epidemie zustande, bei trockenerem Boden wirkt er auslösend auf dieselbe. Trockenes Wetter kann bei sehr feuchtem Terrain die Malaria begünstigen, bei weniger feuchtem derselben ein Ende bereiten.

Diese Beobachtungen über die örtliche und zeitliche Disposition decken sich im allgemeinen mit dem, was wir über die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen von Anopheles wissen. Daß die Malariaparasiten selbst in einem Boden von bestimmter Beschaffenheit saprophytisch wuchern können, dafür haben wir keine Anhaltspunkte. Man hat früher wohl behauptet, daß in geeignetem Terrain Wasser und Luft die im Boden wuchernden Krankheitserreger verbreiten könne. Kritische epidemiologische Studien und Versuche von Celli machen aber eine Übertragung durch Wasser völlig unwahrscheinlich. Wasser aus exquisiten Malariagegenden, in malariafreie Gegend transportiert und hier von Gesunden getrunken, hat keine Erkrankung ausgelöst; und die Zuleitung einwandfreien Trinkwassers zu Malariagegenden hat dort die Malariaverbreitung nicht vermindert. Gegen eine Übertragung

der Keime durch Luft spricht die scharfe vertikale und horizontale Begrenzung des Infektionsbereichs, so zwar, daß z. B. eine gewisse Erhebung der Wohnungen über das Terrain bereits ausreicht, um Schutz gegen Infektion zu gewähren; ferner spricht dagegen der Wechsel der Infektiosität mit der Tageszeit und die sehr erhebliche Steigerung zur Abend- und Nachtzeit.

Alle Erfahrungen über die Verbreitung der Malaria lassen sich vielmehr verstehen, sobald man als einzigen Übertragungsmodus die Einverleibung der Parasiten durch deren Wirt, Anopheles, gelten läßt. — Die Anophelesmücken deponieren ihre Eier in seichten Gewässern, sumpfigem Boden; aus jedem Ei kriecht eine etwa 1 m lange Larve aus, die auf ein Leben im Wasser angewiesen ist. Dann folgt die Verpuppung, schließlich das Ausschlüpfen des Insekts. Für den ganzen Entwickelungskreis bedarf es bei 20—25° Wärme etwa 30 Tage.

Eine endemische Ausbreitung von Malaria kommt nach allen neueren Beobachtungen nur da vor, wo Anophelesmücken vorhanden sind und gute Existenzbedingungen finden. Sumpfiges Terrain fand Koch z. B. im Tengger-Gebirge auf Java; dorthin wird durch Kranke, die von den ausgedehnten Malariaherden der Insel kommen, wiederholt Malaria eingeschleppt, es findet aber keine Verbreitung auf seßhafte Bewohner statt, weil es dort an Anopheles fehlt.

Endemische Malaria hat also nach unseren heutigen Vorstellungen drei Voraussetzungen.

Erstens: Malariakranke mit Parasiten in Gametenform im Blut. Auch bei der Malaria spielt daher in weit höherem Maße, als man dies angenommen hat, der kranke Mensch in der Verbreitung der Krankheit eine bedeutende Rolle.

Zweitens: Anophelesmücken müssen reichlich vorhanden sein, also gute Lebensbedingungen vorfinden; diese müssen Gelegenheit haben, Blut von Malariakranken aufzunehmen und die Parasiten (innerhalb 10—12 Tagen) bis zur Bildung freier Sichelkeime zur Entwickelung zu bringen.

Drittens: Empfängliche Menschen müssen von Anopheles, welche 10—12 Tage oder länger vorher von Malariakranken Blut aufgenommen hatten, gestochen und beim Stich mit Sichelkeimen infiziert werden.

Die Prophylaxis kann eine dieser drei Bedingungen auszuschalten versuchen.

Erstens läßt sich versuchen, die Malariaparasiten im erkrankten Menschen zu tilgen. Dies gelingt nach Koch dadurch, daß man bei den Kindern Blutuntersuchungen vornimmt (ebenso bei kürzlich zugereisten Erwachsenen). Koch hat festgestellt,

daß im Gebiet der tropischen Malaria bei neu zugereisten Erwachsenen die Krankheit nach 3—4 Jahren zur Immunität zu führen pflegt, falls nicht der Tod eingetreten ist. Die Erwachsenen unter der ansässigen Bevölkerung sind sämtlich immun und haben keine Parasiten mehr im Blut. Dagegen finden sich letztere bei den Kindern bis zum Alter von 5—10 Jahren, wo auch diese Immunität erworben zu haben pflegen. Alle, bei denen Parasiten gefunden werden, sind einer konsequenten Chininbehandlung bis zur Tilgung der Parasiten zu unterwerfen. Sie sollen in den fieberfreien Intervallen täglich 1 g Chinin bekommen, bis keine Parasiten mehr gefunden werden; dann erhalten sie 7 Tage kein Chinin, dann 2 Tage je 1 g Chinin und so fort mindestens 2 Monate.

Zweitens: Das Eingreifen von Anopheles läßt sich dadurch ausschalten, daß man die Stechmücken mit parasitentragenden Menschen nicht in Berührung kommen läßt. Dies ist bei bettlägerigen Patienten wohl durch Absperrung der Kranken zu erreichen, nicht aber für die weit größere Zahl der ambulanten Parasitenträger. — Eher kann man unter Umständen mit einer Vertilgung der Stechmücken bzw. ihrer Larven zum Ziele kommen. Zur Larventötung in Wasser und Boden sind z. B. schweflige Säure, Salzsäure, Kaliumpermanganat, Ammoniak empfohlen, in neuerer Zeit besonders Saprol, Petroleum, Formalin und gewisse Anilinfarben (Malachitgrün, Larvicid); ferner Aussetzen und Züchtung natürlicher Larvenfeinde, z. B. kleiner Karpfenarten, Stichlinge, gewisser Schwimmkäfer usw. Die ausgeschlüpften Stechmücken können in der Luft geschlossener Räume durch schweflige Säure, Ammoniak, Formaldehyd, ferner durch stark riechende Substanzen wie Terpentin, Jodoform, Menthol, Kampfer getötet werden. Sehr kräftige Wirkung kommt auch dem Tabaksrauch und dem Rauch von Dalmatiner Insektenpulver, besonders unter Zusatz von rotem Pfeffer zu. Im Freien ist die Tötung der Mücken nicht möglich. — In Gegenden mit stärkerem Kontrast der Jahreszeiten flüchten sich zu Beginn der kälteren Jahreszeit die Mücken in die Keller der umliegenden Häuser; von da schwärmen sie im nächsten Frühjahr aus, stechen und können eventuell sogleich infizieren. Die ganze Masse dieser in den Kellern überwinternden Tiere muß durch systematische Anwendung von Räucherungen, Abbrennen, Bespritzen mit alkoholischem Extrakt aus Chrysanthemumblüten, Kaliseife, Glyzerin und Tetrachlorkohlenstoff usw. getötet werden. Dadurch läßt sich die Mückenplage (auch seitens Culexmücken) erheblich vermindern.

In den meisten Malariagebieten wird indes eine Moskitovertilgung mit diesen Mitteln nicht vollständig gelingen. Es wird aussichtsvoller sein, den Stechmücken ihre Existenzbedingungen dadurch zu be-

schränken, daß der Boden trocken gelegt wird. Insbesondere kleine Wassertümpel sind zu beseitigen; Unterholz ist zu entfernen. Drainage, Eukalyptuspflanzungen und die sonstigen S. 288 aufgeführten Mittel kommen in Frage. In Städten kann auch durch dichte glatte Pflasterung von Straßen und Höfen und gute Entfernung alles auf die Oberfläche gelangenden Wassers Abhilfe geschaffen werden.

Drittens: Die empfänglichen Gesunden können gegen die Mückenstiche geschützt werden; z. B. durch Moskitonetze (Drahtgaze), die an den Öffnungen der Wohnungen ausgespannt sind und die unbekleideten Stellen des Körpers bedecken. Grassi und Celli haben in dieser Weise einen Malariaschutz z. B. bei dem Bahnpersonal in Malariaterrains angeblich mit Erfolg durchgeführt (s. Gelbfieber). Auch durch die oben angeführten Dämpfe von Pyrethrumpulver u. dgl., vor allem aber durch gutschließende Moskitonetze an den Schlafstellen kann der Einzelne innerhalb der Wohnung sich gegen Stiche zu schützen suchen. Einreiben der Haut zum Schutz gegen Mückenstiche hat man mit Nelkenöl, Terpentin- und Kampfersalben versucht, jedoch ohne befriedigenden Erfolg.

Schließlich kann man darauf ausgehen, die empfänglichen Gesunden dadurch zu beseitigen, daß man sie unempfänglich gegen die Parasiten macht. Dies soll z. B. durch fortgesetzte prophylaktische Chininbehandlung, alle 3 Tage 0·5 g, gelingen. — Eine einfachere und zuverlässigere Immunisierung bleibt indes noch zu wünschen übrig.

F. Parasitäre Krankheiten mit unsichtbaren, Bakterienfilter passierenden Erregern.

1. Variola, Pocken.

Als Erreger der Pocken sind früher verschiedentlich Bakterien und protozoenartige Gebilde angesprochen, ohne daß diese Behauptungen ausreichend begründet werden konnten. — Dagegen kommt den von Guarnieri entdeckten und später von Hückel, v. Wasielewski u. a genauer studierten sog. „Vaccinekörperchen“ zweifellos größere Bedeutung zu. Bringt man nämlich Inhalt von menschlichen Pockenpusteln oder von Kuhpocken (Vaccine) bzw. menschlichen Impfpusteln vorsichtig unter die oberen Schichten der Hornhaut bei Kaninchen (und anderen Tieren), so entstehen in den Hornhautzellen kleine, die Kernfärbungen annehmende rundliche Einlagerungen, die Vaccinekörperchen, Cytoryctes vaccinae et variolae genannt (Guarnieri), deren Zahl mit dem Alter des Impfstichs zunimmt. Durch abgeschabte Teilchen der Hornhaut läßt sich derselbe Prozeß immer wieder bei neuen Kaninchen hervorrufen. Nach vielfachen (46) Übertragungen war die

Einimpfung von Abschabseln der Hornhaut auf Kälber und auf Kinder noch erfolgreich, so daß diese gegen spätere Impfungen mit animaler oder humanisierter Lymphe immun waren (v. Wasielewski). Andere Substanzen oder unwirksam gewordene Lymphe sind nicht imstande, die Vaccinekörperchen hervorzurufen.

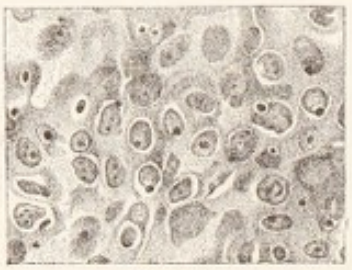


Fig. 219.
Cytoryctes vaccinae, Vaccinekörperchen in Hornhautepithelzellen 300 : 1 (nach v. Wasielewski).

Einige wollen amöboide Bewegungen, ja Schizogonie usw. an den Körperchen gesehen haben und halten den Cytoryctes daher für ein Protozoon und für den Erreger der Variola und Vaccina (namentlich amerikanische Forscher, Councilman u. a.). Prowazek hat aber neuerdings gegen diese Annahme gewichtige Gründe ins Feld geführt (durch Trypsin, Pepsin und Kochsalzlösung Auflösung der Körperchen und trotzdem Infektiosität der Lymphe, Durchtritt des Virus durch die gewöhnlichen, sehr engporigen Bakterienfilter) und betrachtet sie nur als Reaktionsprodukte, die sich aus chromatin- und plastinartigen Stoffen des Zellplasmas unter dem Reize des eingedrungenen Virus bilden. Die eigentlichen Parasiten seien äußerst kleine ($^1/_4$—$^1/_2\,\mu$), kokkenartige Gebilde („Elementarkörper"), die intrazellulär zu den etwas größeren „Initialkörpern" heranwachsen und hierbei die Bildung der Guarnierischen Körperchen auslösen, in deren Innerem, — wie in einem Mantel (= Chlamys, daher „Chlamydozoon variolo-vaccinae", Prowazek), — sie liegen und durch hantelförmige Teilungen wieder in Elementarkörper zerfallen. Ähnliche feinste Elemente hat Paschen gesehen, wenn er die Lymphe Berkefeld-Filter passieren ließ und dann Ausstriche mit Ferrotannatbeize und Karbolfuchsin färbte; es werden dann kokkenartige Körperchen mit Teilungsstadien sichtbar. — Volpino und Casagrandi haben in den Epithelzellen der Hornhaut bei Dunkelfeldbeleuchtung kleine Körperchen mit Molekularbewegung beobachtet, die sich nach Giemsa blau färbten. — Prowazek und Paul haben die Lymphe zunächst durch Berkefeld-Filter geschickt, und dann die passierte Flüssigkeit durch engere Filter, namentlich Kolloidfilter aus 3%igem Agar, gehen lassen; der Rückstand auf letzteren soll mikroskopisch lediglich die „Elementarkörper" aufweisen. — Fornet hat schließlich ein Verfahren ausgearbeitet, bei dem zunächst alle begleitenden Bakterien durch Schütteln der Lymphe mit Äther abgetötet werden; dann wird der Äther verdampft, damit er nicht auch das Vaccine-Kontagium schädigt, und nun werden anaërobe Kulturen in Rinderserum oder Ascitesflüssigkeit + Zuckerbouillon angelegt. Nach 5—10tägiger Bebrütung bei 37° wurde weitergeimpft. Noch nach mehreren Übertragungen konnten zwar nicht regelmäßig aber doch zuweilen mit diesen Kulturen Vaccinepusteln erzeugt werden. Mikroskopisch fanden sich in der Kultur 0·2—0·5 μ große runde Körperchen mit Entwickelungsstadien = Microsoma vaccinae. — Auch diese Versuche bedürfen noch der Bestätigung; Verschleppung des unbekannten Kontagiums durch die Kulturen ist nicht sicher auszuschließen; die mikroskopischen Bilder zeigen für Organismen zu unregelmäßige Formen. — Über die Beschaffenheit der Erreger bedarf es daher noch weiterer Untersuchungen. Dagegen wird allgemein anerkannt, daß die Guarnierischen Körperchen ausschließlich durch Variola und Vaccine zustande kommen und daher bei abortiven Pocken- bzw. verdächtigen Varizellenfällen zur Differentialdiagnose (Impfung von Pustelinhalt auf die Hornhaut besonders empfänglicher junger Albinokaninchen) verwertbar sind.

Nach allen Erfahrungen ist das Virus der Pocken namentlich im Pustelinhalt, in den Hautschuppen, im Sputum und Nasensekret der Kranken enthalten. Es ist für die meisten chemischen Desinfektionsmittel mäßig, für höhere Temperaturen recht empfindlich, dagegen gegen Kälte und Austrocknung höchst resistent, so daß es in trockenem Zustande nach einigen Angaben über 3 Jahre lebensfähig bleiben kann.

Gemäß der großen Resistenz des Virus gegen Austrocknung stellen zunächst die Wäsche, Kleider, Betten und alle sonstigen vom Kranken benutzten Gebrauchsgegenstände gefährliche Infektionsquellen dar, die, auch ohne sichtbare Beschmutzung, Massen von Infektionserregern enthalten können. So sind z. B. Epidemien von Bettfederreinigungs-Anstalten ausgegangen, in denen viel ausländisches, besonders aus Österreich-Ungarn, Rußland und China importiertes Material verarbeitet wird. — Ferner ist die Luft der Krankenräume als bedenkliche Infektionsquelle anzusehen, da sie das Kontagium sowohl in Form von Tröpfchen, die beim Husten und Sprechen versprayt sind — vermutlich auch schon im ersten Anfang bzw. vor Ausbruch der eigentlichen Krankheitssymptome —, als auch in Form von trockenem Staub enthalten kann.

Als Transportwege fungieren vor allem Berührungen der verschiedensten Art, direkte und indirekte; ferner die Einatmung kontagiumhaltiger Tröpfchen oder Stäubchen. Auch die Luft im Freien soll in der Nähe von Pockenspitälern die Übertragung der Krankheit mehrfach bewirkt haben; jedoch ist in keinem dieser Fälle jeder andere Infektionsmodus sicher auszuschließen. Gelegentlich kann der Transport der Erreger auch durch Nahrungsmittel (Milch) und durch Insekten erfolgen.

Die individuelle Empfänglichkeit erstreckt sich auf alle Lebensalter.

Die Krankheit beginnt nach einer Inkubation von 10—13 Tagen unter Schüttelfrost, hohem Fieber, Rückenschmerzen u. a. mit scharlach- oder masernartigem Exanthem am Bauch oder an Oberarmen und Brust, dem am 3. bis 4. Krankheitstage unter Fiebernachlaß der eigentliche Pockenausschlag auf der Haut und den benachbarten Schleimhautgebieten, besonders den oberen Luftwegen und Augen, folgt: Rote, derbe Knoten, die sich zu Beginn der 2. Krankheitswoche unter neuem Fieberanstieg zu gelben, eitrigen Pusteln mit rotem Hof ausbilden, platzen und nach allmählicher Abstoßung der dicken Borken mit tiefen Narben abheilen. Exitus sehr häufig im Stadium des „Eiterfiebers". Besonders gefährlich die „konfluierenden" Pocken, die „hämorrhagischen" oder „schwarzen" Pocken und vor allem die „Purpura variolosa", bei der noch vor Ausbruch des Pockenausschlags unter Blutungen in Haut, Schleimhäuten und inneren Organen der Tod eintritt.

Durch Überstehen der Krankheit kommt eine mindestens 10 Jahre, nur in einzelnen Ausnahmefällen kürzer dauernde Immunität zustande.

Rezidive ebenso wie Erkrankungen Schutzgeimpfter verlaufen fast stets in milder Form (Variolois).

Eine örtliche Disposition tritt in manchen Ländern und z. B. in den einzelnen Provinzen Preußens bis zu einem gewissen Grade hervor.

Die niedrigsten Ziffern findet man im Reg.-Bez. Aurich; sehr hohe in Ostpreußen und Posen. Diese örtliche Disposition ist offenbar fast lediglich abhängig von der Häufigkeit der Einschleppung aus verseuchten Ländern und von variierenden Sitten und Gebräuchen. In den östlichen Landesteilen herrscht steter reger Verkehr mit den stark pockenverseuchten Grenzländern Rußland und Österreich. In den Bezirken mit niedrigsten Zahlen lebt dagegen eine seßhafte Bevölkerung mit geringer Wohndichtigkeit, unter die das Kontagium selten gerät und wo die Weiterverbreitung auf Schwierigkeiten stößt. Zur Heranziehung irgendwelcher besonderer der Lokalität anhaftender Einflüsse liegt jedenfalls keinerlei Anlaß vor.

Zeitliche Schwankungen finden sich mehrfach; z. B. in tropischen und subtropischen Gegenden und besonders da, wo starke Kontraste zwischen Sommer und Winter hervortreten. Die stärkere Häufung der Pocken erfolgt regelmäßig im Winter und erklärt sich, wie bereits S. 63 näher ausgeführt wurde, durch den vermehrten Aufenthalt der Menschen in geschlossenen Räumen und die Erschwerung der Reinigung von Körper, Kleider und Wohnung.

Die prophylaktischen Maßregeln haben sich nach Maßgabe des Reichsseuchengesetzes auf strenge Absperrung des Kranken, auf Pflege durch geschulte und gegen Pocken immune Wärter, auf energische Desinfektion während und nach der Krankheit und schleunige Schutzimpfung der einer Ansteckung exponierten Personen zu erstrecken — Da aber der Kranke meist schon ehe die Erkrankung zur Kenntnis der Behörden gelangt, weitere Übertragungen veranlaßt hat, da ferner das Kontagium durch große Resistenz und Transportierbarkeit durch die Luft sich vor anderen Kontagien auszeichnet, und da endlich die Empfänglichkeit der Gesunden offenbar eine sehr große ist, so reichen unsere üblichen Maßnahmen zur Bekämpfung dieser Krankheit nicht aus. Es wird das durch die neuere Pockenstatistik derjenigen Länder und Städte bestätigt (Frankreich, Österreich), in welchen die moderne Seuchenbekämpfung bereits seit mehreren Jahren Eingang gefunden hat, ohne daß eine Hemmung der Ausbreitung gelungen wäre (s. S. 760).

Bei den Pocken bietet anderseits eine Schutzimpfung besonders günstige Aussichten, weil hier eine aktive Immunisierung mit einem Impfstoff möglich ist, der mit außerordentlicher Zähigkeit seinen bestimmten Virulenzgrad beibehält, der ferner eine sehr mäßige, durchaus unbedenkliche Impfkrankheit erzeugt und schließlich einen sicheren Impfschutz auf die Dauer von nahezu 12 Jahren und länger gewährt.

Der Vorläufer der heutigen Schutzpockenimpfung war die „Variolation", die in der 1. Hälfte des 18. Jahrhunderts vom Orient aus, wo sie schon lange geübt wurde, auch in Europa Verbreitung fand. Man hatte die Erfahrung ge-

macht, daß die Erkrankung bei künstlicher Einimpfung des Pockenvirus in die Haut in der Regel relativ leicht verläuft. Nach etwa 3tägiger Inkubation bilden sich an den Impfstellen Pusteln aus, die am 9. Tage den Höhepunkt der Entwickelung erreichen; am 7. und 8. Tage tritt heftiges Fieber ein und am 10. Tage eine allgemeine Eruption von Pusteln, die aber schon am 12. Tage zurückgeht. — Der Erfolg der Variolation war jedoch keineswegs befriedigend: Erstens war die Erkrankung oft ziemlich schwer und hinterließ dauernde Schädigungen; selbst Todesfälle (etwa 1:300 Geimpfte) kamen vor. Zweitens aber trug die Variolation sehr zur Verbreitung der Pocken bei, da die von den Geimpften stammenden Erreger bei Ungeimpften nicht wieder gemilderte, sondern schwere typische Variola hervorriefen.

Die Variolation wurde daher verlassen, als man einen Impfstoff kennen lernte, dem diese schweren Mängel nicht anhafteten.

Dieser Impfstoff ist von dem englischen Landarzt Edward Jenner (1749—1823) in der Lymphe der Kuhpocke entdeckt. Als Kuhpocken (Vaccine) bezeichnet man eine vorzugsweise junge weibliche Tiere befallende Krankheit des Rindviehs, bei der unter 2—3tägigem Fieber am Euter zuerst pockenartige, jedoch bei normaler Weiterentwickelung nicht eitrig werdende Bläschen entstehen, die nach 8—10 Tagen eintrocknen und allmählich als brauner Schorf abfallen, und deren Sekret beim Menschen ähnliche Pusteln mit gleichem gutartigem Verlaufe hervorruft.

Daß zwischen der Vaccine und den Menschenpocken eine Verwandtschaft besteht, war Jenner unbekannt. Er ging von dem Volksglauben seiner Heimat aus, daß Menschen (Melkpersonal), die gelegentlich Kuhpocken durchgemacht hatten, bei Pockenepidemien von der Krankheit verschont blieben, und gewann in jahrzehntelangen Beobachtungen die Überzeugung von der Richtigkeit dieser Tradition. Er lieferte schließlich, im Jahre 1796, den bestimmten Beweis für die Schutzkraft der Kuhpocken gegen die Menschenpocken dadurch, daß er mit Kuhpocken infizierte Menschen nachher der Variolation unterwarf, und daß diese ohne Erfolg blieb. Ferner zeigte Jenner, daß die Übertragung der Kuhpocken von Mensch zu Mensch möglich sei und daß dieser humanisierte Impfstoff die gleiche Schutzkraft äußert, wie der vom Tier stammende animale Impfstoff. Dadurch wurde in damaliger Zeit, wo man die Kuhpocken für eine besondere, nur spontan und selten auftretende Krankheit hielt, und wo man von deren künstlicher Übertragbarkeit von Tier zu Tier noch nichts wußte, überhaupt erst die Ausführbarkeit der Impfung in großem Maßstabe und ein Impfzwang möglich.

Neuerdings können wir auf die Verwandtschaft zwischen Variola und Vaccine zunächst daraus schließen, daß die Ergebnisse der oben angeführten histologischen und kulturellen Untersuchungen über das Kontagium und seine spezifische Einwirkung auf die Zellen für beide

durchaus übereinstimmen. Beweisender sind aber die biologischen Beobachtungen über ihre Wechselbeziehungen in Übertragungs- und Immunisierungsversuchen: Findet beim Menschen eine unabsichtliche oder absichtliche Infektion mit Variola statt, so entwickelt sich stets eine allgemeine Pockenkrankheit, die dem Genesenen Immunität gegen Variola verleiht, aber, selbst nach mildem Verlauf, wie nach der Variolation, bei weiterer Übertragung auf einen anderen Menschen wieder schwere Krankheit hervorrufen kann. Anders beim Kalb oder der Kuh: Künstliche Übertragungsversuche von Variola auf diese Tiere fielen früher meist negativ aus, so daß viele an den Zusammenhang der Menschen- und Kuhpocken überhaupt nicht glauben wollten. Erst durch Fischer, Haccius, Freyer, Voigt u. a. ist gezeigt worden, daß bei richtiger Technik (Verimpfung junger Pockenpusteln samt ihrem Boden in breiter Kontaktfläche) die Übertragung fast ausnahmslos gelingt und dadurch Immunität gegen Variola und Vaccine bewirkt wird. Der Impfeffekt ist aber in zwei wichtigen Punkten von dem beim Menschen verschieden: Erstens entsteht keine schwere Allgemeinerkrankung, sondern nur ein leichtes Krankheitsbild mit lokaler Pustelbildung (Variola-Vaccine), das durchaus dem Bilde der oben beschriebenen Kuhpocken gleicht. Die scheinbar spontan auftretenden „originären" Kuhpocken, die Jenner den primären Impfstoff lieferten, entstanden demnach früher offenbar unabsichtlich durch frisch variolisierte Melker, ein Zusammenhang, von dem man in damaliger Zeit keine Ahnung hatte. Zweitens rufen weitere, nunmehr leicht haftende, Übertragungen von Variola-Vaccine auf Kälber stets wieder nur die milde Krankheitsform der Vaccine hervor, und diese Eigenschaft erhält, ja erhöht sich in weiteren Fortzüchtungen. Sie bewährt sich aber auch beim Menschen; bei Infektion mit dem Vaccinevirus erkrankt er gleichfalls nur in leichter Weise und wird gegen Vaccine und Variola immun. Der Vaccineerreger ist demnach eine durch Tierpassage abgeschwächte Modifikation des Variolaerregers, die als Antigen auf dem Wege aktiver Immunisierung einen Schutz gegen die virulentere Modifikation verleiht, ganz ähnlich, wie die Kaninchen-Modifikation des Schweinerotlaufs, der Tollwut u. a. m. — Auch eine unabsichtliche Übertragung von Vaccine auf Kälber kann stattfinden durch frisch vaccinierte Menschen = heutige Entstehung der „originären" Kuhpocken.

Die klinischen Erscheinungen bei der künstlichen Vaccination des Menschen sind verschieden, je nachdem es sich um eine Erst- oder um eine Wiederimpfung (Revakzination) handelt (v. Pirquet). Beim Erstimpfling folgt zunächst nach einer schnell vorübergehenden, nicht spezifischen Hyperämie der Impfschnitte und ihrer

Umgebung (der „traumatischen Reaktion") ein 3 Tage dauerndes Stadium der „Latenz". Alsdann röten sich die Schnitte aufs neue und schwellen zu kleinen Knötchen an, die am 5. Tage hochrote, flachhalbkugelige „Papeln" (Papillen) bilden, sich am 6. Tage abflachen und kegelstumpfartig in die Ebene der geröteten, sonst aber normalen Haut abfallen. Am 7. und 8. Tage vollzieht sich unter zunehmender Exsudation ins Innere des Bläschens eine Differenzierung der zentralen, perlgrauen, in der Mitte leicht eingezogenen Effloreszenz von dem schmalen, ziemlich scharfen, hochroten Saum, der „Aula". Das Bläschen („Jennersches Bläschen") enthält die völlig klare, bakterienfreie „Lymphe", die beim Anstich in einzelnen Tröpfchen herausquillt und früher, nach Jenners Vorgang, zur Übertragung auf neue Impflinge diente. Am Abend des 9. Tages entwickelt sich plötzlich unter Fieber, Schwellung und Druckempfindlichkeit der Achseldrüsen aus der Aula eine erysipelartige, peripher schnell wachsende, weit ausgedehnte und von derber, erhabener Infiltration des Untergrundes und kollateralem Ödem begleitete düsterrote Hyperämie, die „Area" (Areola). Gleichzeitig trübt sich der Inhalt des Bläschens eitrig und verliert die weitere Übertragbarkeit. Vom 11. Tage Abblassen der Area und Eintrocknen der gelblichen „Pustel" zu einer braungelben bis schwarzbraunen Borke, die nach 3—4 Wochen unter Hinterlassung einer strahligen Narbe abfällt. Dieser Verlauf ist fast ausnahmslos bei jedem Erstimpfling und jeder Impfstelle desselben zu beobachten.

Im Gegensatz hierzu beobachtet man bei vielen Wiederimpflingen gewisse aus der wiederholten Einbringung des gleichen Antigens resultierende anaphylaktische Erscheinungen, und infolgedessen ein individuell und lokal wechselndes Bild. Ein gemeinsames Merkmal der Revakzination ist der schnellere Eintritt der spezifischen Reaktion, und zwar um so früher, je kürzer das Intervall seit der ersten Impfung ist. v. Pirquet unterscheidet 2 Haupttypen: 1. Die typische „Frühreaktion", bei kurzem Intervall seit der Erstimpfung: Papelbildung schon am 2. Tage ohne Areola und Fieber. 2. Die beschleunigte „Areareaktion", bei längerem Intervall seit der Erstimpfung: Nach 48stündiger Latenz Papel mit schmaler Aula, schon am 3. Tage allmählicher Übergang derselben in die Area von mäßiger Ausdehnung und Rötung ohne oder unter geringem Fieber, Akme am 7.—8. Tage, rasche Rückbildung, manchmal, besonders nach sehr langem Intervall seit der Erstimpfung, hohes Fieber und noch stärkere Area wie beim Erstimpfling („hyperergische beschleunigte Areareaktion").

v. Pirquet hat diese Erscheinungen bei der Erst- und Wiederimpfung folgendermaßen zu erklären versucht: Bei der Erstimpfung vermehren sich

zunächst die Erreger an der Impfstelle ohne bemerkbare Reaktion. Erst nach 3 Tagen tritt eine solche — wahrscheinlich schon unter Antikörperbildung — in Gestalt der Papel und Aula auf; erstere nimmt in den folgenden Tagen entsprechend dem Wachsen der Erreger zu; gleichzeitig gelangt ein Teil von ihnen auf dem Blutwege in Milz und Knochenmark und regt hier die Bildung von gegen die Hülle des Erregers gerichteten Lysinen an. Diese lösen zunächst nur einzelne Erreger im Kreislauf, machen aus ihnen pyrogene Endotoxine frei und rufen dadurch zuerst nur mäßiges, dann aber, beim Angriff auf die Hauptmasse des Erregers an der Impfstelle, hohes Fieber und lokale Entzündung hervor. Unterdessen werden auch gegen die Endotoxine Antikörper gebildet, die schließlich im Verein mit den Lysinen, den Mikrobenresten und Krankheitserscheinungen ein Ende machen. Beide Antikörper bleiben alsdann in den Geweben des Organismus lange Zeit erhalten, und zwar die Lysine länger als die Antitoxine, und bedingen das veränderte Verhalten („Allergie") des Wiederimpflings gegenüber dem Erstimpfling: Sind nämlich beide Antikörper noch reichlich vorhanden, so werden wieder eingeimpfte Mikroben samt ihren Toxinen sehr schnell fast restlos vernichtet; ist aber schon relative Insuffizenz der Antitoxine eingetreten, so werden zwar die Erreger schneller abgetötet, aber der Überschuß der nicht neutralisierten Toxine bewirkt Areabildung und Fieber; versagen schließlich auch die Lysine, so wachsen zwar zunächst die Erreger im Gewebe, der Organismus hat aber die Fähigkeit zurückbehalten, neue Antikörper rascher als bei der Erstimpfung nachzubilden und beseitigt daher schneller die Mikroben und Toxine. Dieser Zustand der „Überempfindlichkeit" schwankt individuell erheblich; er ist besonders ausgeprägt bei den „hyperergischen" Reaktionen, die durch schnelle Lysinbildung ohne entsprechende Antitoxinproduktion bedingt werden, und steigert sich bei wiederholter Revaccination durch stetige Zunahme dieses Mißverhältnisses.

Experimentell hat sich bezüglich der Antikörper folgendes ergeben: Im Blutserum von Pockenrekonvaleszenten und erfolgreich Geimpften, sowie von variolisierten und vaccinierten Versuchstieren (Affe, Kalb, Kaninchen, Pferd) sind öfters virulizide (thermostabile) Antikörper etwa vom 7. Tage an nachgewiesen worden, die ungefähr am 14. Tage ihre größte Wirksamkeit erreichen und dann meist ziemlich schnell, manchmal schon nach wenigen Tagen, wieder verschwinden. Präzipitine scheinen, wenn überhaupt, nur in praktisch nicht verwertbarer Menge vorhanden zu sein. Komplementbindende Stoffe konnten bei Pockenrekonvaleszenten nur etwa 3 Wochen lang, bei Revakzinierten (nur in $^1/_3$ der Fälle) vom 10.—16. Tage, bei lapinisierten Kaninchen etwa in derselben Zeit, bei Rindern überhaupt nicht oder nur in äußerst geringer Menge gefunden werden.

Gegen den Erklärungsversuch v. Pirquets läßt sich demnach geltend machen, daß bisher nur virulizide Stoffe nachgewiesen sind und daß auch sie nicht der eigentliche Träger der Hauptimmunität sein können, da diese bereits vor dem Auftreten der Antikörper nachweisbar ist und lange nach deren Verschwinden fortbesteht. Diesen Tatsachen trägt folgende Vorstellung über die Entstehung der Immunität mehr Rechnung: Das Virus hat eine besondere Affinität zu gewissen Deckepithelzellen, gelangt abgetötet oder bis auf seine als Antigen noch wirksamen Bestandteile abgebaut von der Impfstelle aus auf dem Blutwege

zu jeder ihm spezifisch verwandten Deckepithelzelle und verleiht ihr nach Verankerung an präformierte Rezeptoren die neue „allergische" Fähigkeit, diese Rezeptoren im Überschuß zu bilden (histogene Immunität) und in die Blutbahn abzustoßen, wo sie einige Zeit nachweisbar sind und durch Antigen-Antikörperreaktion zur Bildung der Area beitragen. Stellt die Zelle die Abstoßung freier Rezeptoren ein, so be- hält sie doch die Fähigkeit, auf geringere oder, nach längerer Zeit, erst auf größere Antigenmengen mit beschleunigter Abstoßung von Rezeptoren zu antworten und den Erreger sofort, fast ohne Reaktion, oder etwas langsamer unter Eintreten örtlicher Reaktion, zu vernichten (HALLWACHS).

Die S. 753 betonte besondere Schwierigkeit einer Bekämpfung der Pocken führte bald zu der Überzeugung, daß nur die Einführung eines allgemeinen Impfzwangs imstande sein werde, diese Krankheit zu tilgen. Fällt der gesetzliche Zwang fort, so entziehen sich viele aus Leichtsinn oder Unglauben der Impfung; durch diese werden dann auch alle die zahlreichen Menschen in Gefahr gebracht, bei welchen durch ungenügend ausgeführte, erfolglose oder nicht rechtzeitig wiederholte Impfung der Impfschutz ausgeblieben war.

Aus diesen Erwägungen heraus führten verschiedene Kulturländer schon wenige Jahre nach der JENNERschen Entdeckung den Impfzwang ein; 1807 Bayern, 1810 Schweden, 1835 Preußen. 1874 wurde für Deutschland ein neues Impfgesetz erlassen.

Dieses Gesetz bestimmt, daß jedes Kind vor Ablauf des Kalenderjahres, welches auf das Geburtsjahr folgt, zum ersten Male, und vor Ablauf des Jahres, in welchem die Kinder ihr 12. Lebensjahr vollenden, zum zweiten Male (Revaccination) geimpft wird. Der gesetzlichen Pflicht ist genügt, wenn mindestens eine Impfpustel entwickelt ist; wünschenswert ist die Entwickelung von vier Pusteln, da sich gezeigt hat, daß der Grad der Schutzimpfung von der Zahl der entwickelten Pusteln abhängig ist. (Pockenkranke mit einer schlechten Narbe lieferten noch 12% Todesfälle, solche mit zwei guten Narben 2·3%, mit vier guten Narben 0·05%.)

Der Impfzwang erscheint indes nur dann gerechtfertigt, wenn der Schutz gegen Variola unzweifelhaft feststeht und wenn zweitens keine Gesundheitsschädigung durch die Impfung bewirkt wird.

Die Schutzkraft der Pockenimpfung geht zunächst hervor aus dem durchweg negativen Ergebnis der von JENNER und seinen Zeitgenossen in mehreren Tausenden von Fällen vorgenommenen Experimente, in welchem die geimpften Individuen nachträglich der Variolation unterworfen wurden.

Ferner ergibt sich diese Schutzkraft aus den statistischen Zusammenstellungen. Freilich dürfen diese nicht etwa in der Weise ausgeführt werden, daß nur eine Anzahl von Pockenkranken befragt wird, ob sie in der Jugend geimpft seien. Die so erhaltenen Aussagen sind stets unsicher, lauten aber meist, fälschlicherweise, bejahend, da z. B. in Preußen seit 1835 das Unterlassen der Impfung mit Polizeistrafe bedroht war.

In richtigerer Weise hat man in Städten, welche von stärkeren Pockenepidemien heimgesucht waren, eine Statistik zu gewinnen versucht, indem man nach den amtlichen Impflisten die Zahl der überhaupt Geimpften und die der Nichtgeimpften und ferner die Zahl der unter den Pockenkranken vorhandenen Geimpften und Ungeimpften feststellte. Bei einer solchen Zusammenstellung, z. B. 1873 in Chemnitz, hat sich ergeben, daß nur etwa 1·6% Erkrankungsfälle auf Geimpfte, dagegen 60% und mehr auf Nichtgeimpfte entfielen.

Starke Differenzen in der Pockenmortalität treten ferner hervor, wenn dasselbe Land vor und nach der Einführung des Impfzwangs verglichen wird. Da aber hierbei der Einfluß der Durchseuchung möglicherweise die Zahlen beeinflussen könnte, ist es noch richtiger, verschiedene Länder und Städte von ungefähr derselben Bevölkerungsziffer und dem nämlichen Kulturzustand zu vergleichen, und zwar einerseits solche, in welchen der Impfzwang besteht, anderseits solche, bei welchen die Impfung höchstens fakultativ eingeführt ist. Dabei zeigte sich in den vor und nach dem deutschen Impfgesetz liegenden Zeiträumen, daß in den Ländern und Städten ohne Impfzwang (Österreich, Prag) die frühere hohe Pockenmortalität sich erhielt, während sie in den angrenzenden Ländern und Städten mit Impfzwang (Preußen, Dresden) enorm reduziert wurde (s. nachstehende Tabelle).

Pockensterblichkeit auf 100000 Einwohner.

Jahr	Preußen	Österreich	Dresden	Prag	Jahr	Preußen	Österreich	Dresden	Prag
1865	43·8	22·8	2·0	21·0	1880	2·6	64·7	3·6	290·2
1866	62·0	35·9	7·9	25·4	1881	3·6	81·4	2·7	64·6
1867	43·2	46·9	28·5	83·9	1882	3·6	94·8	1·3	57·8
1868	18·8	35·5	38·0	26·9	1883	2·0	59·2	0·9	225·5
1869	19·4	35·2	1·8	19·0	1884	1·4	50·8	0·4	359·9
1870	17·5	30·2	8·9	26·4	1885	1·4	60·1	1·2	57·3
1871	243·2	39·2	326·6	15·0	1886	0·5	38·2	0	55·5
1872	262·4	189·9	84·1	396·5	1887	0·5	41·7	0	84·9
1873	35·6	314·7	13·0	281·6	1888	0·3	61·5	0	250·0
1874	9·5	174·3	4·2	30·0	1889	0·5	53·7	0	118·3
1875	3·6	57·6	2·6	10·9	1890	0·1	24·9	0·4	1·2
1876	3·1	40·2	0·5	78·4	1891	0·1	28·7	0	36·1
1877	0·3	54·5	0·9	395·8	1892	0·3	25·6	0	101·4
1878	0·7	61·6	0	86·8	1893	0·4	14·9	0	39·0
1879	1·3	51·7	1·9	84·4	1894	0·3	...	0	0·9

Die früheren deutschen Impfgesetze waren keineswegs geeignet, einen vollen Impfschutz zu erzielen; namentlich bestand früher kein Revaccinationszwang, und es ist längst bekannt, daß eine einmalige Impfung nicht für Lebenszeit Schutz gegen Pockenerkrankung gewähren kann. Deutlich ersichtlich wird diese Differenz durch einen Vergleich der Pockenerkrankungen in Preußen einerseits beim Zivil, anderseits beim Militär, bei dem bereits seit dem Jahre 1834 Revaccinationszwang bestand.

Erst das am 8. April 1874 in Kraft getretene Reichsimpfgesetz führt den Revaccinationszwang ein. Aus den Erfahrungen der letzten Jahre ergibt sich nunmehr, daß geradezu ein völliges Erlöschen der Pockenepidemien einge-

treten ist, und daß selbst sporadische Fälle von Pocken im Innern Deutschlands fast gar nicht und nur in den Grenzbezirken zeitweise in etwas größerer Zahl vorkommen. (1909 in Deutschland 247 Erkrankungen, 26 Todesfälle; 1910 235 Erkrankungen, 33 Todesfälle; darunter etwa die Hälfte zugereiste Ausländer.)

Anderseits sind keine schwereren und unvermeidlichen Gesundheitsstörungen mit der Schutzimpfung verbunden. Normalerweise bewirkt die Impfung nur die S. 757 geschilderte lokale Reaktion und eine sehr geringe Störung des Allgemeinbefindens.

Früher sind allerdings auch schwerere Schädigungen durch die Impfung beobachtet; erstens können menschliche Kontagien durch die Lymphe, die von einem Impfling abgenommen ist, auf andere Impflinge übertragen werden. Infektion mit Syphilis hat in etwa 700 gutbeglaubigten Fällen stattgefunden. Die Möglichkeit einer ähnlichen, wenn auch sehr seltenen Übertragung muß z. B. auch für Tuberkulose zugegeben werden.

Zweitens Wundinfektionskrankheiten, und zwar am häufigsten Erysipel, das entweder (als sog. Früherysipel) am 1.—2. Tage nach der Impfung, gewöhnlich gleichzeitig bei mehreren Kindern, auftrat und auf virulente Streptokokken zurückzuführen war, die durch die Hand des Arztes, die Impflanzette, andere Utensilien bzw. durch die verwendete Lymphe in die Impfwunde gelangt waren; — oder es trat ein sog. Späterysipel ein am 5.—12. Tage, nachdem die Pusteln bereits aufgebrochen oder aufgekratzt waren. In diesem Falle waren aus der Umgebung des Kindes durch Berührungen, Wäschestücke usw. Erysipelkokken in die Wunde gelangt.

Drittens hat man wohl behauptet, daß allgemeine Ernährungsstörungen, namentlich Skrofulose, infolge der Impfung auftreten. Ein Beweis für diese Behauptung ist bisher nicht erbracht. Die Impfung geschieht gewöhnlich in einem Alter, in welchem die ersten skrofulösen Symptome zum Vorschein zu kommen pflegen und es ist daher unausbleiblich, daß diese Koinzidenz von nicht logisch geschulten Beobachtern als Beweis für einen ätiologischen Zusammenhang angesehen wird. Von zahlreichen, unbefangenen Ärzten werden schwerere derartige Ernährungsstörungen als Folgen der Impfung entschieden bestritten. Empfehlenswert ist es jedenfalls, Kinder, bei welchen Verdacht auf beginnende Skrofulose besteht, für ein Jahr von der Impfung zurückzustellen und erst zu impfen, nachdem die skrofulösen Symptome auch für die Angehörigen bereits manifest geworden sind. Kinder mit Ekzemen sollten schon deshalb nicht geimpft werden, weil bei ihnen leicht Pustelinhalt auf wunde Hautstellen geraten und ausgedehnte Pustelbildung, unter Umständen sogar tödliche Erkrankung, hervorrufen kann.

Die Vorschriften des neuen Reichsimpfgesetzes gewähren indes nahezu vollkommene Sicherheit gegen diese Gefahren.

Um die Lymphe von Kontagien frei zu halten, ist jetzt durchweg der humanisierten Lymphe animale Lymphe substituiert, welche in Staatsinstituten unter besonderen Vorsichtsmaßregeln gewonnen wird.

Aus den Vorschriften für die „staatlichen Anstalten zur Gewinnung von Tierlymphe“ sei hervorgehoben, daß junge Rinder oder Kälber von mindestens 3, womöglich 5 Wochen benutzt werden sollen; dieselben sind vor der Impfung vom Tierarzt zu untersuchen. An den gesund befundenen Tieren wird die Impffläche (Unterbauch, innere Schenkelflächen) rasiert, mit Seife und warmem

Wasser gereinigt, mit 1 Promille Sublimatlösung oder Karbolwasser desinfiziert und das Desinfiziens mit sterilem Wasser wieder entfernt. Die Impffläche wird dann mit zahlreichen Schnitten versehen und in diese humanisierte oder animale Lymphe eingebracht. Bei Benutzung der humanisierten Lymphe als Impfstoff erhält man die sog. Retrovaccine; dieselbe wird dem durch Weiterimpfen der animalen Lymphe gewonnenen Impfstoff vielfach vorgezogen, weil dieser sich leicht abschwächen soll. Doch scheint die Abschwächung durch Benutzung älterer Kälber und Auswahl der besten, schon am 4. Tage entwickelten Impfpusteln vermeidbar. Neuerdings ist auch Kaninchenpassage (Lapine) zur Kräftigung abgeschwächter Kälberlymphe empfohlen worden. — „Originäre" Lymphe von zufällig auftretenden (d. h. durch geimpfte Kinder übertragenen) natürlichen Kuhpocken herrührend, bietet selbstverständlich keine besonderen Vorteile. Dagegen ist Impfung der Kälber mit Menschenblattern zulässig, aber nicht immer empfehlenswert, weil die Gefahr einer Ausstreuung des Pockenkontagiums meist nicht genügend ausgeschlossen werden kann.

Die Kälber werden nach der Impfung vom Tierarzt beobachtet, in besonderem Stall gehalten, und sofort ausrangiert, wenn ihre Temperatur 41·5° übersteigt; außerdem werden sie nach der Lymphabnahme obduziert, und der Tierarzt hat die inneren Organe sorgfältig zu untersuchen.

Die Kälberlymphe wird am 4.—5. Tage abgenommen; da die Pusteln sehr saftarm sind, wird nicht nur der Inhalt derselben entleert, sondern es werden mittels scharfen Löffels oder Lanzette die Pusteln (möglichst blutfrei) abgekratzt. Die gewonnene Masse wird mit 60% Glyzerin im Mörser oder besser in besonderen (sterilisierten) Mühlen innig verrieben, so daß eine emulsionsartige, graugelbliche, trübe Flüssigkeit entsteht; seltener läßt man nach der Verreibung durch Sedimentieren oder Zentrifugieren die festen Teile abscheiden und benutzt nur die obere, klare Flüssigkeit. Zum Abfüllen und Versenden werden nur sterilisierte Glasgefäße benutzt.

Die frische animalische Lymphe enthält stets zahlreiche Bakterien, meist Saprophyten, häufig aber auch pyogene Staphylokokken, seltener Streptokokken. Diese Bakterien sind ohne Einfluß auf die Entwicklung der Pustel und die Entzündungserscheinungen. Gewinnt man die Lymphe durch Desinfektion der Impffläche und ähnliche Maßregeln möglichst keimfrei, so bewirkt das keinen Unterschied; selbst Impfung mit völlig keimfreiem Blut geimpfter Kälber macht unter Umständen die gleichen Reizerscheinungen. Die Bakterien der Lymphe dringen offenbar gar nicht in die tieferen Hautschichten ein, sondern bleiben in der Epidermis; und der Pustelinhalt erweist sich bis zum 7. Tage als steril. Von dem gewöhnlichen Keimgehalt der Lymphe droht daher keine Gefahr; immerhin wird man wünschen müssen, ihn nach Möglichkeit zu verringern, und dazu ist die längere Einwirkung des Glyzerins geeignet. — Um die Lymphe lange haltbar zu machen und namentlich dem raschen Einbüßen ihrer Wirksamkeit in den Tropen zu begegnen, hat man versucht, chemische Mittel anzuwenden, die alle Bakterien abtöten, aber das Vaccine-Kontagium nicht schädigen. Von Fornet ist dazu Ausschütteln mit Äther empfohlen; von Seiffert und Hüne 3% Chinosol; von Geissler $H_2O_2 + CO_2$; von Friedberger ultraviolette Strahlen. Die praktische Verwertbarkeit dieser Methoden ist jedoch noch nicht sicher erwiesen. Gut bewährt hat sich aber bereits die Herstellung von Trockenlymphe in Pulverform (zum Gebrauch mit Wasser und Glyzerin anzureiben) und namentlich die Aufbewahrung im Kälteschrank bei etwa —20°. In den Tropen kann auch an Ort und Stelle gewonnene Lymphe von Kaninchen (Lapine), Kamelen usw. in Betracht kommen.

Will ein Arzt ausnahmsweise humanisierte Lymphe benutzen, so muß er eine ausdrückliche schriftliche Begründung beifügen. Der Abimpfling muß dann auf das Genaueste untersucht werden; in die Pusteln sind am 6. bis 7. Tage mit spitzer Lanzette mehrere flache Einstiche zu machen; die nach kurzer Zeit in durchsichtigen Tropfen hervortretende Lymphe ist in feinen Kapillaren aufzusaugen, dann mit 2 Teilen Glyzerin zu mischen und wieder in Kapillaren abzufüllen, die zugeschmolzen oder versiegelt werden.

Um die Wundinfektion zu vermeiden, ist in dem Gesetz angeordnet, daß die Impfung nur von Ärzten und durchaus unter aseptischen Kautelen vorgenommen wird. Der Arzt hat seine Hände vor der Impfung zu desinfizieren (Sublimatlösung, Karbolwasser, Alkohol); die Instrumente sind durch Ausglühen (Messer mit Platin-Iridiumspitzen) oder Auskochen keimfrei zu machen.

Der Arm des Kindes soll womöglich mit einem in Alkohol getauchten Wattebausch abgerieben, und die Impfung vorgenommen werden, nachdem der Alkohol verdunstet ist. Auch ist die Vorschrift, daß die Kinder rein gewaschen und mit reiner Wäsche zum Impftermin kommen müssen, streng zu beachten. — Die Lymphe ist mit keimfreien Instrumenten direkt aus dem Vorratsglas zu entnehmen oder ist von diesem erst auf ein keimfreies (ausgekochtes) Glasschälchen auszugießen, dann aber sorgfältig vor Verunreinigung zu schützen.

Die Impfung der Kinder erfolgt am Oberarm, bei Erstimpflingen gewöhnlich auf dem rechten, bei Wiederimpflingen auf dem linken Arm. Es genügen 4 seichte Schnitte von $^1/_2$—1 cm Länge. Die einzelnen Schnitte sollen mindestens 2 cm Abstand voneinander haben. Stärkere Blutungen sind zu vermeiden.

Als Impfmesser benutzt man am besten glatte, leicht zu reinigende Instrumente; z. B. das Impfmesser von Risel. Die Messer sollen nicht zu scharf sein, damit nicht Schnitte mit scharfen Wundrändern, sondern mehr skarifizierte Stellen, die zur Resorption besser geeignet sind, entstehen. — Niemals darf in Impfterminen das Messer, mit welchem die Schnitte gemacht sind, ohne weiteres mit der gemeinsam verwendeten Lymphe in Berührung kommen, da sonst Kontagien von einem Kind auf das andere übertragen werden könnten. Das Messer ist vielmehr vor dem Eintauchen in die Lymphe sorgfältig zu desinfizieren (s. oben). In größeren Terminen benutzt man zweckmäßig zwei Messer, das eine zum Schneiden, das andere zum Auftragen der Lymphe; während das eine benutzt wird, wird das andere desinfiziert; noch praktischer sind die stahlfederartigen Impffedern (Soennecken u. a.), deren billiger Preis es ermöglicht, selbst in großen Terminen für jedes Kind eine neue (schon vorher sterilisierte) Feder zu verwenden.

Ein Schutzverband ist nicht allgemein eingeführt, aber oft wünschenswert. Er kann aus einem einfachen Verband aus steriler Gaze und darüber liegender steriler Watte bestehen, die durch Leukoplast-Streifen fixiert werden. Dicht abschließende Verbände sind nicht zu empfehlen. Namentlich bei Revaccinierten schützt ein Verband die Pusteln einigermaßen vor dem Aufkratzen und vor infizierenden Berührungen; dann aber wird auch Schutz gewährt gegen eine Verbreitung des Vaccinekontagiums z. B. auf ungeimpfte Kinder mit Ekzemen u. dgl., die dadurch schwer erkranken können.

Nach 6—8 Tagen, gewöhnlich am gleichnamigen Tage der folgenden Woche, findet der Nachschautermin statt. Die Erstimpfung hat als erfolgreich zu gelten, wenn mindestens eine Pustel zur regelmäßigen Entwicklung

gekommen ist. Bei der Wiederimpfung genügt schon die Bildung von Knötchen oder Bläschen an den Impfstellen.

Trotz aseptischer Ausführung der Impfung und einwandfreier Lymphe kommt es zuweilen zu stärkeren örtlichen Reizerscheinungen; die Röte der Haut und eine gewisse Schwellung erstreckt sich über das ganze Impffeld und noch um mehrere Zentimeter über dasselbe hinaus. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß für diese Erscheinungen nicht die gewöhnlich in der Lymphe vorhandenen Bakterien verantwortlich gemacht werden dürfen. Die Entzündung wird vielmehr durch das Vaccinekontagium selbst bedingt, und tritt um so stärker hervor, je frischer und konzentrierter die Lymphe ist, namentlich aber je nachdem das geimpfte Kind individuell mehr oder weniger disponiert ist. Daß der letztere Umstand in erster Linie beteiligt ist, geht z. B. aus Versuchen hervor, bei welchen die Lymphe von Pusteln mit starker entzündlicher Reaktion und andererseits von normalen Pusteln auf je einen Arm desselben Individuums verimpft wurde; die auf beiden Armen entwickelten Pusteln zeigten keinen Unterschied, während andere Individuen auch auf die Lymphe aus reizlosen Pusteln stärker reagierten. — Immerhin muß man versuchen, die Reizwirkung der Lymphe möglichst zu mildern. Dies kann in erster Linie dadurch geschehen, daß man die Lymphe vor der Benutzung mindestens 4 Wochen lagern läßt (bei einem Alter über 3 Monate kann indes der Impferfolg nachlassen). Ferner dadurch, daß man nur kleine Mengen Lymphe verwendet und daß man die Schnitte mit möglichst großem Abstand voneinander anlegt. — Durch kühlende Umschläge und Borsalbe pflegen übrigens die Reizerscheinungen bald zurückzugehen.

Wirkliches, fortschreitendes Erysipel wird jetzt eigentlich nur noch beobachtet, wenn die aufgekratzten Pusteln durch die Impflinge selbst oder deren Angehörige infiziert werden. Im Hinblick hierauf ist — abgesehen von dem Schutzverband — die Vorschrift zu betonen, daß Kinder aus einer Umgebung, in der roseartige Erkrankungen vorgekommen sind, nicht zur Impfung gebracht werden dürfen. — Wichtig ist auch der Hinweis der „Verhaltungsvorschriften", daß einer Übertragung des Vaccinekontagiums unter Umständen durch Isolierungsmaßregeln vorgebeugt werden muß. Auch werden die Pflegepersonen des Impflings dringend davor gewarnt, die Impfstellen zu berühren oder die in den Impfpusteln enthaltene Flüssigkeit auf wunde oder mit Ausschlag behaftete Hautstellen oder in die Augen zu bringen. Haben sie gleichwohl die Impfstellen berührt, so sollen sie die Hände sorgfältig waschen.

War die Impfung ohne Erfolg, so ist dieselbe im nächsten Jahre zu wiederholen. War sie auch zum drittenmal ohne Erfolg, so ist der gesetzlichen Pflicht genügt, der Impfling wird dann als natürlich immun angesehen.

Genaueres über die Technik der Impfung und das Impfgeschäft siehe im Reichsimpfgesetz bzw. den vom Bundesrat dazu erlassenen „Ausführungsbestimmungen".

Das Impfgesetz in seiner jetzigen Gestalt läßt begründete Einwände kaum mehr zu und die Opposition gegen den Impfzwang, welche noch immer teils von solchen, die in ihrer Familie einen jener bedauerlichen Infektionsfälle erlebt haben, wie sie das frühere Impfreglement zuließ, teils und wesentlich von den prizipiellen Besserwissern und Oppositionsmännern genährt wird, sucht vergeblich nach neuen Angriffspunkten. Es ist indes nicht zu vergessen, daß in früherer Zeit wirklicher Grund für eine Opposition vorlag und daß die Verbesserungen, welche in das deutsche Reichsimpfgesetz aufgenommen sind und welche dieses vor allen anderen Impfgesetzen auszeichnet, zu einem Teile der impfgegnerischen Agitation zu danken sind.

2. Scharlach.

Scharlach ist in Europa seit Jahrhunderten allgemein verbreitet; in anderen Kontinenten, namentlich in Asien und Afrika scheinen große Gebiete frei geblieben zu sein. In Europa tritt Scharlach teils in sporadischen Fällen, teils in Epidemien auf. Letztere können dann zustande kommen, wenn seit der letzten allgemeineren Invasion wieder eine ausreichende Zahl von empfänglichen Individuen sich angesammelt hat. Nicht selten bleiben selbst in größeren Städten Zwischenräume von 20 und mehr Jahren zwischen zwei Epidemien. Die Mortalität differiert in den verschiedenen Epidemien erheblich; sie kann 3% und 30% betragen. — Das Kontagium ist unbekannt. Die anscheinend mit Erfolg ausgeführte Übertragung des durch Berkefeld-Filter passierten Virus (Zungenbelag) bedürfen noch der Bestätigung. Über die Infektionsquellen und Transportwege ist wenig Sicheres bekannt. Absichtliche Übertragung von Blut und Hautschuppen Scharlachkranker hat oft im Stich gelassen; anderseits hat man deutliche Ansteckung durch Wäsche, Möbel usw. beobachtet. Manches spricht dafür, daß Scharlach nicht sowohl im späteren Krankheits- oder im Rekonvaleszentenstadium ansteckt, sondern vorzugsweise im ersten Beginn der Angina durch Berührungen und durch Einatmung verstreuter Tröpfchen. In späteren Stadien scheint das Kontagium sich durch die Luft nicht zu verbreiten; ist die Verbreitung durch Berührungen des Kranken oder der infizierten Wäsche, Kleider, Gebrauchsgegenstände usw. gehindert, so besteht kaum mehr Infektionsgefahr. In England ist wiederholt Transport des Kontagiums durch Milch beobachtet. — Die individuelle Disposition für Scharlach ist am größten im Alter von 1—8 Jahren, Erkrankungen bei älteren Kindern und bei Erwachsenen sind indes durchaus nicht selten. Unter den Kindern sind bei weitem nicht alle disponiert; wir sehen oft, daß in kinderreichen Familien nur ein Kind erkrankt. Im allgemeinen befällt Scharlach dasselbe Individuum nur einmal; doch werden Ausnahmen, sogar 3- und 4fache Rezidive, beobachtet. Die Inkubationszeit beträgt gewöhnlich 3—5 Tage. — Eine örtliche Disposition ist nicht nachzuweisen; eine zeitliche Disposition nur in dem Sinne, wie sie für Pocken und die meisten ansteckenden Krankheiten beobachtet wird, nämlich eine geringe Steigerung im Herbst und Winter (s. S. 63). — Erfolge mit Schutzimpfung und Serumtherapie sind kaum erzielt; auch Versuche, die gefährlichen Begleiter des Scharlachprozesses, die Streptokokken, durch Serum (s. S. 646) zu bekämpfen, sind einstweilen als noch nicht abgeschlossen anzusehen; die Quantität des zu injizierenden Serums ist sehr groß (150—200 ccm), und Mißerfolge trotzdem häufig. — Die Prophylaxis nach dem preußischen Seuchengesetz schließt sich genau an die Bestimmungen über Diphtherie an (s. S. 689).

3. Masern.

Kontagium unbekannt. Inkubation 10—14 Tage. Frühdiagnose durch die sog. Koplikschen Flecke, kleine weiße Stellen an der Wangenschleimhaut einwärts von den Mundwinkeln; jedoch meist erst 1—2 Tage nach Ausbruch der katarrhalischen Erscheinungen und nicht konstant. Die Masern treten, wie Scharlach, periodisch in Epidemien auf, wenn eine hinreichende Zahl empfänglicher Individuen zur Zeit der Einschleppung vorhanden ist. — Auch hier zeigt sich eine sehr verschiedene, meist geringe, Mortalität in den einzelnen Epidemien. — Infektionsquellen: Hautschuppen, Nasenschleim, Sputum, Tränen, Betten, Wäsche, Kleider. Das Kontagium ist filtrierbar, d. h. Exkrete des Kranken konnten nach der Passage durch Filterkerzen einige Male mit Erfolg auf Affen übertragen werden. Es ist gegen Hitze sehr empfindlich, aber im trockenen Zustand lange haltbar; zahlreiche Beobachtungen sprechen dafür, daß es in Form von flugähnlichem Staub in den Wohnungen und Häusern verbreitet werden und daß daher Ansteckung auch bei solchen erfolgen kann, die nicht in die Nähe des Kranken oder in Berührung mit seinen Effekten gekommen sind. Im ersten Stadium der Erkrankung kann besonders leicht Ansteckung erfolgen, vermutlich durch Einatmung der beim Niesen und Husten verschleuderten Tröpfchen. — Die individuelle Disposition ist sehr ausgedehnt; nach langem Intervall seit der letzten Epidemie wird bei erneuter Einschleppung ein sehr hoher Prozentsatz der Menschen ergriffen. Wo öftere Epidemien auftreten, werden vorzugsweise nur Kinder befallen, die Erwachsenen sind größtenteils durch das frühere Überstehen der Krankheit immunisiert. — Lokale Einflüsse fehlen; zeitlich ist eine Zunahme der Frequenz im Herbst und Winter zu verzeichnen (s. S. 63). — Die Prophylaxis kann wenig leisten. Isolierung des Kranken führt selten zu einem Verschluß aller Transportwege; auch Desinfektion kann, insbesondere während der Krankheit, nicht viel helfen. Da die Krankheit bei sorgfältiger Behandlung und bei Schonung in der Rekonvaleszenz im ganzen günstig zu verlaufen pflegt, sieht man gewöhnlich von prophylaktischen Maßregeln (mit Ausnahme des Verbots des Schulbesuchs) ganz ab; auch das neue preußische Seuchengesetz führt Masern nicht unter den meldepflichtigen Krankheiten auf.

Zu beachten ist, daß Masern nach alter Erfahrung eine Disposition für andere Infektionskrankheiten, namentlich Tuberkulose, hinterlassen. Durch die neueren Feststellungen, daß Masern-Rekonvaleszenten eine verminderte Tuberkulin-Empfindlichkeit besitzen und daß bei ihnen die Phagozytose gegenüber Staphylo- und Streptokokken und gegen Tuberkelbazillen herabgesetzt ist, wird diese Erfahrung bestätigt und deren Verständnis angebahnt.

4. Flecktyphus.

Kontagium unbekannt; über die an Protozoen erinnernden Blutbefunde einiger Autoren sowie über neuerdings mitgeteilte Bakterienbefunde sind die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen. Ist seit etwa 20 Jahren in Deutschland nur noch in vereinzelten Fällen aufgetreten; in früherer Zeit wurde namentlich Schlesien von ausgedehnten Epidemien befallen (in der Stadt Breslau im Jahre 1856 6000 Erkrankte, 1000 Gestorbene). Jetzt ist die Krankheit auf Rußland, Galizien, den Orient (Tunis) beschränkt; als „Tarbadillo" kommt sie in Mexiko und im Felsengebirge vor. — Die Einschleppung erfolgt bei uns gewöhnlich durch Vagabunden und umherziehende Arbeiter in Herbergen und Asylen niedrigster Art; diese bilden, wie beim Rückfallfieber, die Zentren für die Weiterverbreitung. Auch später bleiben die besser situierten Klassen meist verschont; schlechter Ernährungszustand und Unreinlichkeit scheint zu disponieren. Auf weitere Entfernungen durch Gegenstände und Waren scheint die Übertragung nicht zu erfolgen; die in der Nähe des Kranken beschäftigten Menschen sind dagegen sehr exponiert. 1857 starben in Breslau 7 Ärzte und 11 Wärterinnen an Flecktyphus, 78 Wärterinnen erkrankten. — Versuche von Nicolle, Ricketts u. a. haben ergeben, daß das Kontagium auf Affen und Meerschweinchen und bei diesen fortgesetzt übertragbar ist; es haftet an den Leukozyten. Filtrierbarkeit zweifelhaft. Vieles sprach schon früher dafür, daß Ungeziefer bei der natürlichen Übertragung beteiligt sei; experimentell ist jetzt erwiesen, daß in der Tat die Übertragung vorzugsweise, wenn nicht ausschließlich, durch Kleiderläuse (vielleicht auch durch Kopfläuse und eine Zeckenart) erfolgt, die bis 4 Tage nach der Blutaufnahme infektionstüchtig sind. — Die Inkubation dauert in der Regel 5—8, ausnahmsweise bis 14 Tage. Rezidive sind sehr selten; auch bei den infizierten Versuchstieren wird deutliche Immunität beobachtet. — Die Prophylaxe muß strengste Isolierung, Desinfektion und Vernichtung des Ungeziefers ins Auge fassen. Leider ist noch kein erprobtes Verfahren bekannt, um die Kleiderläuse und deren Eier in einfacher Weise zu vernichten. SO_2 ist nicht genügend geprüft. Transport der Kleider nach dem Desinfektionsofen ist bedenklich. Kochen in Wasser oder Verbrennen ist das sicherste. — Der Flecktyphus ist als gemeingefährliche, exotische Krankheit in das Reichsseuchengesetz aufgenommen und unterliegt daher denselben Bestimmungen wie Pest und Cholera, s. S. 58.

5. Poliomyelitis, Kinderlähme (Heine-Medinsche Krankheit).

Die Krankheit, früher nur in sporadischen Fällen als „spinale Kinderlähmung" (Heine) beschrieben, trat vor etwa 3 Jahrzehnten in Skandinavien in größerer Häufigkeit auf und verursachte dort schwere Epidemien, z. B. 1911

6000 Fälle in Schweden. Seit 1907 sind in Nordamerika, Deutschland und Österreich größere Ausbrüche dieser Krankheit vorgekommen, und auch in England, Schottland, Rußland, Frankreich, Belgien und der Schweiz sind gehäufte Fälle beobachtet.

Krankheitsbild: Nach einer von Katarrhen der oberen Luftwege, manchmal auch von Gastroenteritis eingeleiteten und mit Fieber und Pulsbeschleunigung einhergehenden Inkubationsperiode von etwa einer Woche treten Lähmungen auf, die auf spinalen, manchmal auch auf bulbären, pontinen, zerebralen Ursprung deuten, nicht selten auch das Bild der Landryschen Paralyse bieten und entweder zum Tode (10—20 % und mehr, meist am 4.—5. Tage) führen oder sich langsam bessern, häufig unter Hinterlassung dauernder Störungen. Fast stets resultiert eine langdauernde Immunität; im Blutserum konnten noch nach Jahren virulizide Antikörper nachgewiesen werden (Römer).

Die Übertragbarkeit konnte von Wickmann durch Verfolgung einer größeren Epidemie von Fall zu Fall festgestellt und neuerdings experimentell erwiesen werden durch intrazerebrale Übertragungsversuche an Affen (Landsteiner, Levaditi, Flexner). Der Krankheitserreger findet sich im Mund- und Rachensekret (zuweilen im Darminhalt), und zwar nicht nur bei gelähmten Kranken, sondern auch bei lediglich abortiv Erkrankten, ja sogar bei ihrer gesunden Umgebung. Das Virus passiert Berkefeldfilter, ist gegen Austrocknung und Kälte wenig empfindlich, in Glyzerin lange haltbar. Neuerdings ist der Krankheitserreger von Flexner und Noguchi aus erkrankten Gehirn- und Rückenmarkstücken, die unter streng anaëroben Bedingungen in Aszites-Agar gehalten wurden, in Reinkultur gezüchtet worden. In den feinen Trübungen solcher Röhrchen zeigen sich nach einigen Tagen mikroskopisch sehr zahlreiche, kleinste (0·2 μ), rundlich ovale, zu zweien oder kettenförmig angeordnete, unbewegliche, nach Giemsa violett färbbare Körperchen, die sich bei weiteren Übertragungen vermehren und noch in der 20. Generation im Tierversuch Infektion bewirkten. — Der Transport des Krankheitskeims auf andere Personen findet meist durch Kontakt oder Tröpfchen statt; Verbreitung durch Staub oder Hautschuppen ist nicht ganz auszuschließen. Nach amerikanischen Beobachtungen ist auch Blutübertragung durch Wanzen und namentlich durch die Stechfliege Stomoxys calcitrans (Rosenau) infektiös. Inwieweit dieser Modus bei der natürlichen Verbreitung in Betracht kommt, steht noch nicht fest. Die Invasionsstelle ist wahrscheinlich in der Regel die Schleimhaut der oberen Luftwege, manchmal des Darms, von wo das Virus auf dem Lymphwege, insbesondere den perineuralen Lymphscheiden, zu den Zentralorganen gelangt. In deren pathologisch veränderten Partien ist es durch den Tierversuch nachweisbar; gelegentlich auch in den Tonsillen und Mesenterialdrüsen.

Die individuelle Disposition ist am größten im Alter von 2 bis 10 Jahren, besonders unter 5 Jahren; jedoch geben die höheren Lebensalter bezüglich des Ablaufs eine ungünstigere Prognose. Eine ausgesprochen

zeitliche Disposition besteht insofern, als größere Epidemien meist im Spätsommer und Frühherbst (August, September) auftreten.

Zur Schutzimpfung sind verschiedene, zumeist der PASTEURschen Wut-Schutzimpfung nachgeahmte Verfahren empfohlen. Am meisten Anspruch auf praktische Verwendung, weil ganz ungefährlich, hat RÖMERS am Affen erprobte Behandlung mit auf 50° erwärmtem Virus. — Prophylaktisch wird, außer den gleichen Maßregeln wie bei der Genickstarre, auch die Desinfektion der Stühle anzuordnen sein. Jedoch bereitet die Unsicherheit der Diagnose der gesetzlichen Bekämpfung große Schwierigkeiten.

6. Körnerkrankheit (Trachom, Granulose und ähnliche infektiöse Augenkrankheiten).

Ansteckende Erkrankung der Konjunktiva von chronischem Verlauf. Schon im Altertum bekannt. 1798 aus Ägypten durch französische Truppen weit verschleppt. Jetzt in Deutschland zahlreiche endemische Herde, namentlich in Ost- und Westpreußen, in Posen, auf dem Eichsfelde, im Großwartenberger Kreise usw.

Als Erreger betrachten PROWAZEK und HALBERSTÄDTER sehr kleine, nach GIEMSA rot färbbare, oft von einem blauen Plastinmantel umgebene, vermehrungsfähige Körnchen, die sie 1907 in den Konjunktivazellen Trachomkranker und mit Trachomsekret geimpfter Affen entdeckten und mit den Elementarkörnchen der Variola auf eine Stufe stellten („Trachom-Chlamydozoon"). Indessen ist die Natur dieser Einschlüsse ebenso wenig geklärt wie die der GUARNIERIschen Körperchen und ihre Konstanz und Spezifität sogar nicht so ausgesprochen: Während man sie nämlich fast nur bei frischen Trachomfällen (und auch hier nur in einem Bruchteil) findet, kommen sie andererseits bei zahlreichen Neugeborenen-Blennorrhöen, besonders den sog. Spätinfektionen, manchmal mit Gonokokken, Pneumokokken, Diphtheriebazillen u. a. zusammen, oft aber ohne pathogene Bakterien, in reichlichster Menge vor, sowie, wenn auch seltener, bei Follikulär-Entzündungen älterer Kinder und Erwachsener (manchmal gehäuft als „Schwimmbad-Konjunktivitis" beobachtet). Diese „Einschlußblennorrhöen" verlaufen zwar zunächst mehr oder weniger trachomähnlich, heilen aber nach einiger Zeit fast stets glatt aus. Ebenso folgte bei künstlichen Übertragungen einschlußhaltigen (auch filtrierten) Augensekrets auf die Bindehaut von Erwachsenen oder Affen den katarrhalischen und entzündlichen Reaktionen (mit Einschlüssen) nie eine Keratitis oder ein Pannus nach. Sehr bemerkenswert ist, daß die Eltern einschlußblennorrhoischer Kinder die gleichen Einschlüsse im Epithel der Urethra und Vagina haben, und ihre Genitalsekrete auf Augen und Genitalien von Affen mit gleichem Erfolge wie die Kindersekrete übertragen werden können. Da diese Erwachsenen und Säuglinge sicher keine Beziehungen

zu Trachomkranken hatten, so handelt es sich bei ihnen wahrscheinlich um ein besonderes, bisher unerkanntes Virus, das, wie die Gonokokken, seinen primären Sitz in den Genitalien der Eltern hat und intra partum auf die Augen des Neugeborenen übergeht. Für eine Identifizierung des echten Trachoms mit diesen Einschlußaffektionen, wie Wolfrum, Lindner u. a. wollen, und dementsprechende praktische Maßregeln fehlt es vorläufig durchaus an genügenden Anhaltspunkten (Heymann).

Erfahrungsgemäß ist festgestellt, daß die Erreger des Trachoms sehr wenig widerstandsfähig sind gegen Austrocknen; sie werden daher nie durch Utensilien auf weitere Entfernung verbreitet, sondern nur durch feuchtes Konjunktivalsekret und damit einigermaßen frisch beschmutzte Finger, Handtücher, Schürzen, Waschgerät, Bettwäsche usw. Auch Fliegen können frisches Sekret auf gesunde Konjunktiven übertragen; bei der indolenten Bevölkerung Ägyptens besorgen die Massen von Fliegen sogar sehr zahlreiche Transporte. — Eine erhebliche Rolle spielt anscheinend die individuelle Disposition; skrofulöse, lymphatische, anämische Individuen werden besonders leicht ergriffen. Die vielfach betonte besondere Disposition der Armen beruht teils auf der größeren Zahl lymphatischer Individuen, teils und besonders auf der durch enges Beisammensein, Mangel an Wäsche usw. sehr begünstigten Übertragung des Kontagiums Wind, Staub, Rauch und sonstige Reizungen der Konjunktiva scheinen die individuelle Disposition zu verstärken. — In endemischen Gebieten sind Kinder, namentlich Schulkinder, am häufigsten ergriffen. — Auch eine örtliche Disposition von sumpfigen Niederungen, Flußdeltas usw. soll beobachtet sein, dürfte sich aber wohl auf Wohnsitten und andere Gebräuche der Bevölkerung, auf größere Mengen von Fliegen usw. zurückführen lassen.

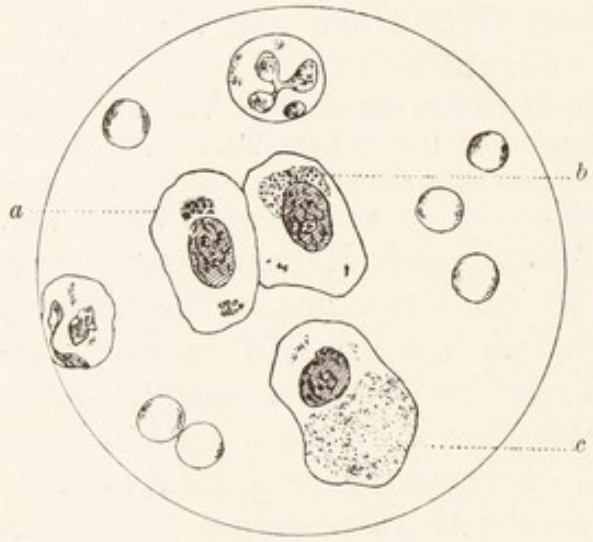


Fig. 220. Konjunktivalsekret eines Trachomkranken. In den Epithelzellen gröbere (*a*) und in Teilung begriffene feinere (*b*) „Initialkörper", sowie kleinste (*c*) „Elementarkörper". Daneben polynukleäre Leukozyten und Erythrozyten. 700:1.

Die Prophylaxe kann vor allem in der Ermittelung der Trachomkranken, sowie darin bestehen, daß diese einer zweckentsprechenden spezialistischen Behandlung zugeführt bzw. von größeren disponierten Menschenmassen ferngehalten werden. In Preußen sind — dank der Initiative Kirchners — zur Ermöglichung dieser Maßregel in dem Hauptseuchengebiet Trachomkurse für Kreisärzte und Ärzte eingeführt. Die so ausgebildeten Ärzte halten unentgeltlich öffentliche Sprechstunden, sie untersuchen in regelmäßigen Zwischenräumen die Schulkinder der öffentlichen Schulen, und überweisen Kranke, bei denen eine operative Behandlung notwendig ist, den Krankenhäusern zur unentgeltlichen Behandlung. Das Preußische Seuchengesetz schreibt für Trachomkranke die Meldepflicht vor; die Ortspolizeibehörde hat lediglich die ersten Fälle ärztlich feststellen zu lassen und dies nur dann, wenn sie nicht von einem Arzt angezeigt sind. Kranke und krankheitsverdächtige Personen können einer Beobachtung, und Kranke, wenn sie nicht glaubhaft

nachweisen, daß sie sich in ärztlicher Behandlung befinden, können zu einer solchen zwangsweise angehalten werden. In der Ministerialanweisung vom 1. Juli 1907 ist außerdem bestimmt, daß an Körnerkrankheit leidende Lehrer und Schüler, solange sie deutliche Eiterabsonderung haben, die Schulräume nicht betreten dürfen. Schüler, welche an Körnerkrankheit leiden, aber keine deutliche Eiterabsonderung haben, müssen besondere von den gesunden Schülern genügend weit entfernte Plätze angewiesen erhalten und haben Berührungen mit den gesunden Schülern tunlichst zu vermeiden.

Auch eine Belehrung der Bevölkerung endemischer Trachomgebiete, Sorge für gesonderte Wäsche usw. ist zur Unterstützung der Bekämpfung heranzuziehen. — Neuerdings haben Leber und Prowazek bei einer samoanischen Augenkrankheit, von ihnen „Epitheliosis desquamativa concunctivae" genannt, wiederum sehr ähnliche Körperchen („Lyozoon atrophicans") wie beim Trachom gefunden, die aber, im Gegensatz zu letzteren, auf Meerschweinchen übertragbar waren. — Ferner hat Uhlenhuth in den Konjunktivazellen schweinepestkranker Tiere gleichfalls Gebilde entdeckt, die den Trachomeinschlüssen sehr ähnlich sind.

7. Gelbfieber.

Früher haben sich einige Male in südeuropäischen Häfen an Einschleppungen von Gelbfieber gehäufte Erkrankungen angeschlossen; in den letzten Jahrzehnten blieb die Krankheit auf die tropischen und subtropischen Gebiete anderer Erdteile beschränkt, vorzugsweise ist sie in Brasilien verbreitet. — Der Erreger des Gelbfiebers ist unbekannt. Es ist aber festgestellt, daß Gegenstände, Wasser usw. aus infizierten Gegenden die Krankheit nicht hervorrufen, sondern nur eine zu den Culiciden gehörige, auf tropische Gebiete beschränkte Mückenart, Stegomyia callopus (s. fasciata). In den Weibchen findet eine Entwickelung des Parasiten statt, die bis zur Infektionstüchtigkeit 12 Tage dauert. Von da ab enthalten auch die Eier und die daraus entwickelten Imagines das Virus, letztere 14 Tage nach dem Ausschlüpfen, in infektionstüchtigem Zustand. — Zur Bekämpfung werden Anzeigepflicht, Isolierung der Kranken, vor allem aber tunlichste Vernichtung der Stegomyia mit entschiedenem Erfolg herangezogen. Die für die Gelbfieber-Bekämpfung besonders gut ausgebildeten Methoden der Mückenvernichtung sind im wesentlichen folgende: Das abgedichtete Haus des Erkrankten wird mit SO_2 ausgeräuchert (10—20 g S auf 1 cbm; $1^1/_2$ Stunden Einwirkung). In den Gelbfieber-Krankenhäusern kommt der Kranke in einen „Netzkasten" mit Drahtgaze und sog. „Tambour"-Verschluß (der auch an den Außentüren angebracht wird). Ein solcher Tambour besteht aus einem mannshohen Kasten mit Wänden aus Metallgaze, dessen vordere und hintere Tür automatisch schließen und durch Bänder derartig untereinander verkuppelt sind, daß stets nur eine Tür zurzeit geöffnet werden kann. — In den Kanälen, wo Unmassen von Stegomyien sich aufhalten, werden sie mit Claytongas bekämpft (s. S. 684).

Für Gelbfieber gelten die Bestimmungen des Reichsseuchengesetzes.

8. Denguefieber, Pappatacifieber.

Das Denguefieber tritt in weiter Verbreitung in der subtropischen und tropischen Zone epidemisch auf. Die Hauptsymptome sind Fieber, heftige Kopfschmerzen, Exanthem. Todesfälle nicht häufig, aber sehr langsame Rekonvaleszenz. Das Virus passiert Berkefeld-Filter. Übertragung durch Culex fatigans; Bekämpfung richtet sich gegen diese.

Das Pappatacifieber (Dreitagefieber) ist in Dalmatien, Herzegowina, Italien im August und September verbreitet. Es geht mit heftigen Muskel- und Nervenschmerzen einher; ist von kurzer Dauer, aber die Rekonvaleszenz sehr langsam. Das Blut des Kranken bleibt auch nach dem Passieren von BERKEFELD-Filtern infektiös. Übertragen durch die nur 1·5—2·0 mm lange Mücke Phlebotomus (4 Arten), deren Brutplätze sich in Mauerritzen und Felsspalten finden und deren natürliche Wirte Eidechsenarten sind. Zur Entwickelung der Erreger in der Mücke sind 8 Tage erforderlich. Die Erkrankung hinterläßt Immunität.

9. Hundswut, Lyssa.

Die Krankheit ist überall verbreitet, außer in England, wo man die Seuche einmal durch energische Maßregeln ausgerottet hat und durch Hundeeinfuhrverbot sich gegen neue Einschleppung schützt. In Deutschland sind 1886—1901 11000 Tiere wegen Tollwut getötet; davon entfallen auf die östlichen Provinzen 75%. Vorzugsweise verbreitet sich die Krankheit von Hund zu Hund; aber auch Katzen, Wölfe werden infiziert und pflanzen die Krankheit durch Bisse fort; außerdem werden Rinder, Schafe, Pferde, Schweine, Ziegen usw. durch Bisse toller Hunde oder Katzen von Lyssa befallen.

Hunde (und andere Tiere) werden entweder von rasender oder von stiller Wut befallen. Der Erkrankung geht eine Inkubationszeit von 3—6, seltener 10 Wochen, zuweilen bis zu 7 Monaten voraus. Noch während der Inkubationsperiode, bis zum 5. Tage vor Ausbruch der Krankheitssymptome, kann der Speichel der Tiere infektiös sein. Nach 1—3tägigem Prodomalstadium, gekennzeichnet durch abnorme Reizbarkeit und Verdrossenheit, Geschmacksrichtung auf unverdauliche Gegenstände, tritt das 3—5 Tage dauernde maniakalische Stadium ein. Heulende Stimme, Angst, Bewegungsdrang, untermischt mit Wut- und Beißanfällen, sind die hervorstechendsten Symptome; eigentliche Wasserscheu tritt nicht hervor, auch das Geradeauslaufen mit eingezogenem Schwanz ist nicht charakteristisch. Nach diesem Stadium — das übrigens auch ganz fehlen kann — kommt es zum paralytischen Stadium (stille Wut), mit verschiedenartigen Lähmungen und Exitus nach wenigen Tagen.

Beim Menschen dauert die Inkubatien 20—40—60 Tage, kann sich aber bis zu 1 Jahr ausdehnen. Bei schweren Verletzungen, ferner bei Kopf- und Gesichtsverletzungen pflegt die Inkubation relativ kurz zu sein. Prodrome von Kopfschmerz, Unruhe, Schlingbeschwerden, Sensationen von der Bißwunde aus. Dann heftige Schlundkrämpfe, namentlich beim Versuch Wasser zu trinken; Angstanfälle bis zu Delirien und Tobsucht gesteigert; schließlich Lähmungen; Tod nach 3 bis 6 Tagen. Bißverletzungen von Menschen durch tollwütige Menschen kommen, wenn auch sehr selten, vor; 1902 wurden im Berliner Wut-

schutzinstitut allein drei Ärzte behandelt, die in dieser Weise infiziert waren.

Die unbekannten Erreger dieser in exquisiter Weise übertragbaren Krankheit sind, wie durch Tierversuche erwiesen ist, im ganzen Zentralnervensystem, besonders im verlängerten Mark, enthalten; außerdem in den Speicheldrüsen und deren Sekret, auch in Lymphe, Milch usw. Die Erreger sind ziemlich widerstandsfähig; 1 Promille Sublimat vernichtet sie erst nach 2—3 Stunden; 60° Hitze in wenigen Minuten; Fäulnis schädigt sie nur äußerst langsam. — Die Virulenz scheint sehr ungleich zu sein; bei gleichen Dosen variiert bei geimpften Kaninchen der Eintritt des Todes zwischen 1 und 13 Wochen. „Straßenvirus", von einem nach zufälliger Infektion eingegangenen Hunde stammend, tötet Kaninchen in der Regel in 2 bis 3 Wochen. — Im Serum immunisierter Menschen und Tiere konnten rabizide Stoffe nachgewiesen werden. Komplementbindungsreaktion versagt.

Fig. 221. Negrische Körperchen. 700:1. + die (im Präparat rot gefärbten) Negrischen Körperchen in den (blau gefärbten) Ganglienzellen.

Einen interessanten Befund hat Negri 1903 erhoben. Er fand im Gehirn an Lyssa gestorbener Menschen und Tiere, besonders in den großen Ganglienzellen des Ammonshorns und deren Fortsätzen, rundliche elliptische oder birnförmige Gebilde von 1—27 μ Durchmesser, oft von wabenartiger Struktur, von Vakuolen durchsetzt, die eine gewisse regelmäßige Anordnung zeigen sollen. Selten findet man dieselben Körperchen auch extrazellulär. Ihr Nachweis gelingt in Ausstrichpräparaten schwierig; leicht dagegen in Schnitten rasch eingebetteter Organstücke (Azeton-Paraffin), Färbung nach Mann, oder besser nach Lentz (s. Anhang).

Negri war geneigt, diese konstant und ausschließlich bei Lyssa nachweisbaren Körperchen als die Erreger anzusprechen. Dagegen spricht aber, daß sie sich keineswegs überall in virulentem Material finden; z. B. beobachtet man sie fast nie im Rückenmark, obwohl gerade Rückenmark zur Verimpfung hauptsächlich benutzt wird. Ferner läßt sich virulentes Material, ohne daß Virulenzverlust eintritt, durch engporige Filter treiben, die sicher nicht von den Negrischen Körperchen passiert werden können. Entweder stellen daher die Negrischen Körperchen nur ein bestimmtes Entwicklungsstadium der Erreger dar; oder es handelt sich um spezifische Zellveränderungen, ähnlich wie bei Cytoryctes variolae, durch ein, wie Prowazek auch hier annimmt, im Inneren eingeschlossenes Chlamydozoon. Die angeblich gelungenen Kulturen

kleinster protozoenartiger Körperchen in Ascites- oder Hydrozele-Flüssigkeit unter anaëroben Bedingungen (Noguchi) bedürfen noch der Bestätigung. — Zweifellos hat aber ein sehr großes Material uns die Gewißheit gegeben, daß sich auf den positiven Nachweis der Negrischen Körperchen die Diagnose Lyssa gründen läßt; und darin liegt ein großer Vorteil namentlich für die Entscheidung darüber, ob eingesandte Köpfe von tollwütigen Hunden herrühren. Nur wenn keine Negrischen Körperchen gefunden werden, ist das Ergebnis als unentschieden anzusehen und durch die Verimpfung des Materials auf Kaninchen Entscheidung herbeizuführen (s. Anhang).

Im Ammonshorn solcher Kaninchen fand Lentz neben den Negrischen noch andere ähnliche Körperchen, die sich aber durch besondere Größe, klumpige, basophile Anhäufungen im Innern und durch ihre Lage innerhalb stark degenerierter Ganglienzellen von jenen unterscheiden. Bei Weiterimpfungen nimmt ihre Anzahl im Verhältnis zu den Negrischen Körperchen ständig zu. Lentz betrachtet sie als den morphologischen Ausdruck für die Umwandlung des Straßenvirus in das Virus fixe und nannte sie Passagewutkörperchen.

Prophylaxe. Da es sich bei Lyssa eigentlich um eine den Hunden eigentümliche Epizootie handelt, müssen in erster Linie veterinärpolizeiliche Maßnahmen eingreifen. Dies geschieht durch die Anzeigepflicht für lyssaverdächtige Tiere; Tötung dieser und der von ihnen gebissenen Hunde, Katzen usw.; Hundesperre für 3 Monate für einen Umkreis von mindestens 4 Kilometern. Prophylaktisch kommt Hundesteuer, Maulkorbzwang in Betracht. Je besser diese Maßregeln gehandhabt werden, um so weniger tolle Hunde kommen vor (z. B. in Deutschland 1 toller Hund auf 100000 Einwohner, in Ungarn 1:15000).

Bezüglich der Tollwut beim Menschen sieht das Preußische Seuchengesetz die Anzeigepflicht nicht nur für die ausgebrochene Krankheit, sondern auch für die Bißverletzungen durch tolle und der Tollwut verdächtige Tiere vor. Solche gebissene Personen können als krankheitsverdächtig einer Beobachtung (§ 12 des Reichsgesetzes), an Tollwut Erkrankte einer Absonderung unterworfen werden. — Ausbrennen der Bißwunden mit rauchender Salpetersäure kann höchstens kurz nach dem Biß die Infektion verhüten.

Das mächtigste Schutzmittel gegen den Ausbruch der immer tödlichen Krankheit ist die Vornahme der Pasteurschen Schutzimpfung an den gebissenen Menschen.

Daß diese Schutzimpfung bei Lyssa von Erfolg ist, das ist zunächst an Kaninchen und Hunden ausprobiert; letztere sind nach der Impfung auch bei absichtlicher natürlicher Infektion durch tolle Hunde völlig gesund geblieben. — Schwierig war nur das Herausfinden eines gleichmäßigen, hinreichend abstufbaren Impfstoffs. Pasteurs genialem Blick ist dies in ausgezeichneter Weise gelungen. Pasteur fand, daß beliebiges Straßenvirus durch fortgesetzte Passage von Kaninchen für diese eine bestimmte maximale Virulenz erlangt; die Kaninchen sterben schließlich bereits 7 Tage nach der Impfung (entweder durch Trepanation und Injektion der Rückenmarkverreibung unter die Dura, oder Anbohren des Schädeldachs mittels Drillbohrer und Durchstoßen der

Lamina interna mittels starker Kanüle; eventuell auch intramuskulär, weniger sicher intraokulär). Das so erhaltene Virus wird als Virus fixe bezeichnet. Dasselbe wird alsdann abgeschwächt dadurch, daß Rückenmarksstücke in trockener Luft (Gläser mit Kalistücken) bei konstanter Temperatur verschieden lange Zeit aufbewahrt werden. Es findet dabei nicht eine qualitative Virulenzänderung statt, sondern eine Abnahme der Zahl der Erreger; denn Verdünnungen des virulenten Marks ergeben die gleichen Abstufungen der Virulenz wie die Trocknung der Markstücke. Nach achttägiger Trocknung ist die Virulenz für Kaninchen bereits völlig verschwunden. — Übrigens ist durch die Passage und die Anpassung an das Kaninchen zweifellos auch eine qualitative Änderung eingetreten; denn auch vollvirulentes Virus fixe ist, wie mehrfache Versuche gezeigt haben, für den Menschen ohne Schaden.

Zur Schutzimpfung benutzte man ursprünglich ein Virus fixe, das 12 bis 3 Tage getrocknet war; jetzt ist die Zeit auf 3—1 Tag herabgesetzt. Das getrocknete Virus kann in sterilem Glyzerin bis 14 Tage aufbewahrt werden (Calmette). Ein 1 cm langes Stück 3 Tage getrockneten Rückenmarks wird in 5 ccm Bouillon verrieben und dem zu impfenden Menschen in die Bauchhaut gespritzt. Nach einem bestimmten ausprobierten Schema folgt am nächsten Tage 2 Tage getrocknetes Mark usw. Die ganze Behandlung umfaßt 21 Tage. In schweren Fällen, besonders Kopf- und Gesichtsverletzungen bei Kindern, empfiehlt sich nach Abschluß des ersten Turnus die sofortige Wiederholung. — Die Injektionen werden gut ertragen; schädliche Folgen (myelitische Symptome) sind äußerst selten (40 Fälle auf 100000 Behandelte) und wohl nur bei besonders durch Lues, Alkohol usw. Disponierten beobachtet.

Die Resultate sind vorzüglich, falls die Behandlung spätestens am 2. Tag nach dem Biß begonnen ist. Bei späterem Beginn, ferner bei schweren Gesichtsverletzungen kommen Mißerfolge vor. Immerhin sind auch unter der Gesamtzahl der Geimpften Todesfälle sehr selten; von 100000 in 38 Pasteurinstituten Behandelten starben 0·9%; dagegen von 15000 Gebissenen aber nicht Behandelten 9%. Zählt man nur die von sicher tollen Hunden Gebissenen, so ist der Kontrast zwischen Behandelten und Unbehandelten noch viel größer. — Die Erfolge sind auf den verschiedenen Pasteurschen Instituten trotz mannigfacher Abweichungen in der Behandlung (in Budapest Hogyes Dilutionsmethode, in Paris Emulsion von fixem Virus in inaktiviertem Antilyssaserum vom Hammel, in Bukarest gleichfalls kombinierte Behandlung in schweren Fällen usw.) etwa die gleichen. Der Schutz dauert in der Regel nur 1—2 Jahre, selten länger. In Preußen besteht ein Pasteursches Institut in Berlin; ein zweites für die besonders heimgesuchten östlichen Provinzen in Breslau.

Anhang.

Die wichtigsten hygienischen Untersuchungsmethoden.

(Die Untersuchung von Milch, Butter und anderen Nahrungsmitteln, von Beleuchtungs- und Lüftungsanlagen, Abwässern usw. s. im Haupttext).

I. Allgemeine Methodik der bakteriologischen Untersuchung.

A. Mikroskopische Untersuchung.

1. Das Untersuchungsmaterial (Eiter, Blut u. dgl., Organstückchen, künstliche Kulturen) kann je nach seiner Konzentration verdünnt oder mit 0·85%iger Kochsalzlösung verdünnt verwendet werden. Über die Präparation von zähflüssigem oder breiigem Material sowie Organstückchen siehe unter 3.

2. Reagenzien: a) Einfache Farblösungen: 1—2 g Gentianaviolett oder Fuchsin oder Methylenblau oder Bismarckbraun in 100 ccm dest. Wasser gelöst; vor jedem Gebrauch frisch filtriert. — Oder man hält sich gesättigte alkoholische Lösungen — in 100 ccm Alkohol 15 g Fuchsin, 7 g Gentianaviolett, 15 g Methylenblau — in Vorrat („Stammlösungen") und setzt davon 20 ccm zu 80 ccm destillierten Wassers.

b) Loefflers Methylenblau. Zu 100 ccm destillierten Wassers gibt man 2 Tropfen einer 10%igen Kalilauge, mischt gut und setzt dann 30 ccm einer gesättigten alkoholischen Methylenblaulösung zu. Vor dem Gebrauch zu filtrieren, haltbar.

c) Karbolfuchsin (Ziehl-Neelsensche Lösung): 100 ccm 5%iger Karbolsäure und 10 ccm gesättigte alkoholische Fuchsinlösung werden gemischt. Die klare Lösung hält sich sehr lange gebrauchsfähig. Außer der konzentrierten Lösung wird auch die 10fach verdünnte vielfach benutzt.

d) Anilinwasser-Gentianaviolett: 5 ccm Anilinöl werden mit 100 ccm destillierten Wassers einige Minuten kräftig geschüttelt, dann durch ein angefeuchtetes Filter filtriert; in 100 ccm des klaren Filtrats wird 1 g Gentianaviolett gelöst; oder man fügt zu 100 ccm Anilinwasser 11 ccm konzentrierte alkoholische Gentianalösung. Erst nach 24stündigem Stehen wird die Lösung unter Absetzen eines Niederschlages völlig klar und soll erst dann (nach Filtration) benutzt werden.

e) Pikrokarmin nach Weigert: gebrauchsfertig von Grübler & Co., Leipzig, zu beziehen.

f) Eosin: 2 g in 100 ccm 96%igem Alkohol lösen und zum Gebrauch mit 96%igem Alkohol 1 + 4 verdünnen.

g) Jodjodkaliumlösung nach GRAM: 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 10 bis 20 ccm destillierten Wassers lösen, dann bis 300 ccm mit destilliertem Wasser nachfüllen.

Ferner: 60%iger und 96%iger Alkohol. — Salzsaurer Alkohol: 100 ccm 90%iger Alkohol + 20 Tropfen konzentrierte Salzsäure. — Essigsäure: 0·5—1%ige wäßrige Lösung. — Xylol. — Kanadabalsam, am bequemsten in Blechtuben von GRÜBLER & Co., Leipzig.

3. *Anfertigung von Deckglas-Präparaten.*

a) Ungefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten wird, event. nach Verdünnung mit 0·8%iger Kochsalzlösung, ein Tröpfchen auf den Objektträger gebracht, ein Deckglas aufgelegt und bei enger Blende das Präparat durchmustert.

Sollen Kulturen auf festem Nährboden oder Organe untersucht werden, so bringt man zunächst auf den Objektträger ein Tröpfchen 0·85%iger Kochsalzlösung. Dann entnimmt man mit geglühtem Platindraht eine kleine Menge der Kultur oder ein kleines Partikelchen des Organs und zerreibt dasselbe in der Kochsalzlösung, legt ein Deckglas auf und untersucht.

Soll die Beobachtung von Mikroorganismen in ungefärbtem, lebendem Zustande längere Zeit fortgesetzt werden, so geschieht dies „im hängenden Tropfen". In die Mitte eines gut gereinigten Deckgläschens wird ein kleiner Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit gebracht, sodann auf das Deckgläschen ein Objektträger mit Hohlschliff, dessen Rand mit Vaseline umzogen ist, aufgedrückt, so daß das Deckglas fest an dem Objektträger haftet. Nach dem Umdrehen des Präparates hängt der Tropfen vor Verdunstung geschützt in der Höhlung des Objektträgers. Handelt es sich um die Untersuchung von Kulturen auf festem Nährboden, so bringt man einen Tropfen 0·85%iger Kochsalzlösung oder neutrale Bouillon auf das Deckgläschen, impft ihn mit der geglühten Platinnadel am Rande mit einer Spur Kulturmasse und verfährt dann wie oben. Besichtigung im abgedunkelten Gesichtsfeld (tiefstehender Kondensor bzw. enge Blende).

b) Gefärbte Präparate. Von Flüssigkeiten entnimmt man mit der Platinöse ein kleines Tröpfchen, bringt es in die Mitte des reingeputzten Deckglases und breitet es mit Hilfe des Platindrahtes in möglichst dünner Schicht aus.

Von zähflüssigem oder breiigem Material, z. B. Sputum, entnimmt man ein kleines Partikelchen und bewirkt die Verteilung in dünner Schicht auf dem Deckglas entweder ebenfalls mit Hilfe des Platindrahtes oder, wo dieses nicht angängig, in der Weise, daß man die Partikelchen zunächst auf die Mitte eines Deckglases bringt, dann ein anderes Deckglas auflegt und andrückt und nun die beiden Deckgläser in horizontaler Richtung auseinanderzieht. Bei härteren Partikeln sind hierzu Objektträger zu verwenden.

Aus Organen (Leber, Milz, Lunge, Niere) entnimmt man mit geglühter Pinzette ein kleines Stückchen von einer frischen Schnittfläche und wischt damit einige Male über das Deckglas (Ausstrichpräparat).

Zur Untersuchung von Kulturen auf festem Nährboden bringt man zunächst auf die Mitte des Deckglases ein ganz kleines Tröpfchen Kochsalzlösung mit Platinöse; entnimmt dann mit der Spitze eines geglühten Platindrahtes eine sehr kleine Menge der Kultur und verteilt diese in dem Flüssig-

keitstropfen. Der Tropfen wird dabei in sehr dünner Schicht über die Oberfläche des ganzen Deckglases ausgebreitet.

Die so hergestellte dünne Ausbreitung irgendeines beliebigen zu untersuchenden Materials muß nun zunächst vollständig lufttrocken werden. Am besten erreicht man dies dadurch, daß man das Präparat mit der bestrichenen Seite nach oben auf den Tisch legt und ruhig trocknen läßt. — Soll das Antrocknen etwas beschleunigt werden, so erwärmt man das Deckglas gelinde, indem man es zwischen den Fingern ca. 40 cm über der Spitze der Flamme hin- und herbewegt. Keinesfalls darf dieses Erwärmen so stark sein, daß die auf dem Deckglas befindliche Flüssigkeit heiß wird oder gar anfängt zu sieden.

Die angetrocknete Schicht muß nun noch auf dem Deckglas fixiert werden, damit sich dieselbe bei der nachfolgenden Behandlung mit Farbstoff- und Waschflüssigkeiten nicht wieder ablöst. Es geschieht dies durch starkes Erwärmen der Schicht. Während das nasse Präparat nicht erhitzt werden darf, verträgt das trockene Präparat relativ hohe Hitzegrade, ohne daß die Zellen und Bakterien eine Formveränderung erleiden.

Am sichersten wird die Fixierung erreicht, indem man die lufttrockenen Deckgläser im Trockenschrank 2—10 Minuten auf 120—130° erhitzt. — Für die meisten Fälle aber genügt folgendes Verfahren: Man faßt das Deckglas mit einer Pinzette und zieht es, die bestrichene Seite nach oben, dreimal in horitaler Richtung durch die Flamme eines Bunsenbrenners, etwa mit der Schnelligkeit, „mit der man Brot schneidet". Es ist hier etwas Übung erforderlich, damit das Durchziehen weder zu langsam (dann verbrennt das Präparat) noch zu schnell geschieht (dann wird keine Fixation erreicht).

Das so präparierte Deckglas wird nunmehr gefärbt. Man gibt mit einer Tropfpipette einige Tropfen Farblösung darauf und läßt dieselbe einige Minuten einwirken; oder man läßt das Glas auf der in Schälchen gegossenen Farblösung schwimmen. — Will man die Färbung verstärken oder beschleunigen, so faßt man das Deckglas mit der Pinzette und erwärmt es über der Flamme so lange, bis die Farbflüssigkeit anfängt zu dampfen.

Hat der Farbstoff lange genug eingewirkt, so wird derselbe mit Wasser gut abgespült. Dann legt man das Deckglas mit der Präparatseite nach oben auf ein Blatt Filterpapier und drückt einen Objektträger so auf, daß das Deckglas an letzterem haftet. Von der oberen Fläche des Deckglases sind noch die letzten Spuren Wasser durch Abtupfen mit einem Bäuschchen Filterpapier zu entfernen. Dann setzt man einen Tropfen Immersionsöl darauf und untersucht bei hellstem Licht (hochstehender Kondensor, offene Blende).

Ist das Präparat gelungen und soll dasselbe aufbewahrt werden, so wischt man zunächst das Öl von der Oberfläche des Deckglases ab und bringt mit einem Glasstabe rings um dasselbe auf den Objektträger reichlich Wasser. Das Deckglas wird bald auf dem Wasser schwimmen und kann dann, ohne daß das Präparat beschädigt wird, vom Objektträger abgezogen werden. Darauf legt man das Deckglas zwischen zwei Blätter Filterpapier und drückt sanft an, um das Wasser aufzusaugen; schließlich läßt man das Deckglas an der Luft vollends trocken werden. Die Trockenheit muß eine absolute sein, da sonst mit dem Kanadabalsam Trübungen entstehen. Nachdem man dann auf den Objektträger einen kleinen Tropfen Kanadabalsam (der eventuell mit Xylol zu verdünnen ist) gebracht hat, drückt man das Deckglas vorsichtig auf, so daß sich der Balsam bis zum Rande verbreitet. In diesem Zustand muß das Präparat 8—14 Tage liegen bleiben, bis der Kanadabalsam erstarrt ist und der Überschuß mit dem Messer und Nachwischen mit Xylol entfernt werden kann.

4. *Behandlung von Schnitten.* Die Organstücke werden entweder mittels Gefriermikrotoms frisch geschnitten und gefärbt; oder erst in Alkohol bzw. einem Gemisch von 30·0 Chloroform, 10·0 Eisessig und 60·0 Alkohol (96%ig) einige Stunden aufbewahrt, dann 4—6 Stunden in 96%igem Alkohol unter 2stündigem Wechsel desselben nachgehärtet und in Paraffin eingebettet. Die Stückchen kommen zunächst auf ca. 1 Stunde in Xylol, sodann auf einige Stunden in ein Gemisch von Xylol und Paraffin (vom Schmelzpunkt 51°) āā, das man durch Einstellen in den Brütschrank (37°) flüssig hält, hierauf in reines, gleichfalls dauernd flüssig zu haltendes Paraffin auf mindestens 2 Stunden. Sodann füllt man ein Deckglasschächtelchen mit flüssigem Paraffin, bringt das paraffindurchtränkte Organstückchen hinein und läßt nun das Paraffin in einer Schale mit kaltem Wasser schnell zu einem festen Block erstarren, den man dann von der Schachtel befreien, für das Mikrotomtischchen passend zurechtschneiden und auf demselben durch etwas zwischengebrachtes flüssiges Paraffin befestigen kann.

Die Schnitte können in Spiritus gebracht und unbeschadet ihrer Färbbarkeit lange darin aufbewahrt oder sogleich auf Objektträger aufgeklebt werden. Hierzu bringt man sie zunächst auf $^1/_4$ Stunde in Xylol, sodann auf einige Minuten in 90%igen Alkohol, dann in warmes Wasser von 45° C, wo sie sich flach ausbreiten und leicht auf einem untergeschobenen Objektträger aufgefangen werden können. Man entfernt nun vorsichtig rings um den Schnitt und von der Unterseite des Objektträgers das überschüssige Wasser mit Fließpapier und läßt den Rest des Wassers durch Einlegen des Objektträgers in den Brütschrank (37°) auf 24 Stunden verdunsten, wobei eine zur Vornahme nachfolgender Färbungen ausreichende Fixierung des Schnittes erreicht wird.

Für die Färbung wählt man die dünnsten, wenn auch kleinen, Schnitte aus. Man faßt dieselben mit einer rechtwinklig gebogenen Glas- oder Platinnadel und überträgt sie direkt aus dem Alkohol in die Färbeflüssigkeit. Nachdem der Farbstoff die vorgeschriebene Zeit eingewirkt hat, fischt man die Schnitte mit derselben Glas- und Platinnadel wieder heraus und überträgt sie in die Entfärbungsflüssigkeit, wo sie mit der Nadel etwas hin- und herbewegt werden. Ist die Entfärbung vollendet, so überträgt man mit der Nadel den Schnitt in ein Schälchen mit nicht zu wenig reinem Alkohol, um das Wasser zu entziehen. Nach 5 Minuten überträgt man den Schnitt in Xylol oder erst in Nelkenöl und dann in Xylol. Hier breitet er sich von selbst aus und wird bald durchscheinend. Nach 1 Minute schiebt man einen Spatel unter den Schnitt und hebt ihn vorsichtig aus dem Xylol, wobei darauf zu achten ist, daß er auf dem Spatel glatt, ohne Falten und Knicke liegt. Nunmehr setzt man den Spatel mit seiner vorderen Kante auf die Mitte eines reinen Objektträgers und zieht den Schnitt langsam mit der Nadel herüber. Er soll dann auch hier glatt ausgebreitet liegen. Mit Filterpapier saugt man das überschüssige Xylol sorgfältig ab, gießt dann auf den Schnitt einen Tropfen Kanadabalsam und legt das Deckglas auf.

5. *Spezielle Färbmethoden.* 1. Gramsche Methode. Die Ausstrichpräparate auf Deckgläsern bzw. die Schnitte kommen 2 Minuten in Anilinwassergentianalösung, dann (ohne vorher abzuspülen) in Jodkaliumlösung (vergl. S. 777). In dieser Lösung bleiben sie 2 Minuten, werden dann $^1/_2$ Minute in 96%igem Alkohol bewegt, bis sie farblos oder blaßblau erscheinen. Dann Balsam bzw. Xylol, Balsam. — Die Bakterien treten im Präparat schwarzblau gefärbt auf farblosem Grund hervor. Statt des 96%igen Alkohols verwendet man mit

Vorteil auch eine Mischung von Alcohol. absolut. + 10—13 Volumprozent Azeton (Nicollesche Modifikation).

Sollen die Zellkerne des Gewebes mit einer Kontrastfarbe (rot) gefärbt werden, so legt man die Schnitte vor der Gramschen Färbung einige Minuten in Wasser, dann 30 Minuten in Pikrokarminlösung; dann Auswaschen in Wasser, darauf in Alkohol und von da in die Gentianalösung wie oben. — Bei Ausstrichpräparaten auf Deckgläsern gelingt die Gegenfärbung auch dadurch, daß man die nach Gram fertig behandelten Deckgläser in dünne alkoholische Eosinlösung taucht, in Alkohol abspült und trocknet.

Anwendbar auf: Eiterkokken, Diploc. pneumoniae, Micr. tetragenus; Milzbrand-, Diphtherie-, Mäusesepsis-, Schweinerotlauf-, Tuberkel-, Leprabazillen; Actinomyces u. a. — Es färben sich nicht nach dieser Methode: Typhus-, Coli-, Rotz-, Influenza-, Pest-, Hühnercholera-, Tetanusbazillen; Cholerabazillen; Gonokokken, Meningokokken; Rekurrensspirillen u. a.

2. Doppelfärbung nach Weigert (für Schnitte). Die Schnitte zunächst auf 5 Minuten in Gentianalösung, dann Abspülen in Alkohol, den Alkohol durch Eintauchen in destilliertes Wasser entfernen; darauf für 1—24 Stunden in Pikrokarminlösung, Auswaschen in Alkohol, Nelkenöl, Xylol, Balsam. Die Mikroorganismen erscheinen blau, die Zellkerne rot. — Sehr geeignet für Milzbrand, Mäusesepsis, Schweinerotlauf usw.

3. Kapselfärbung (nach Johne): Die Präparate werden mit 20%iger wäßriger Gentianaviolettlösung unter Erwärmen 1—2 Minuten lang gefärbt, dann in Wasser abgespült. Darauf wird 6—10 Sekunden lang in 1—2%iger Essigsäure entfärbt, in Wasser abgespült und dann untersucht. (Kanadabalsam läßt die Kapseln fast verschwinden.)

4. Sporenfärbung. Die Bedingungen reichlicher Sporenbildung und -reifung sind vorher für die betreffende Bakterienart und Kultur zu bestimmen und das Material ist vor Anfertigung eines gefärbten Präparats im hängenden Tropfen auf seinen Gehalt an Sporen zu prüfen. Sodann Deckglas reichlich mit Kulturmasse von der Oberfläche oder den Randpartien beschicken, trocknen, fixieren (Milzbrand dreimal durch die Flamme ziehen, Subtilis zehnmal usw., für die einzelnen Bakterienarten verschieden); dann Einlegen in frische, dampfende Anilinwasser-Fuchsinlösung (100 Anilinwasser + 11 ccm konz. alkohol. Fuchsinlösung), vorsichtig bis zur Blasenbildung erhitzen, dann absetzen und kurze Zeit warten, dann wieder bis zur Blasenbildung erhitzen usf. im ganzen 5—10 Minuten; dann entfärben in absolutem Alkohol, bis das Präparat Rosafärbung zeigt. Bei schwer entfärbbaren Präparaten ist ganz kurzes Eintauchen (1—2 Sekunden) in salzsauren Alkohol (siehe oben) und längeres Abspülen in 60%igem Alkohol angezeigt. Abtrocknen mit Fließpapier; Nachfärben mit wäßriger Methylenblaulösung 1—2 Minuten; Abspülen in Wasser, trocknen, Kanadabalsam.

5. Geißelfärbung nach Peppler. Reinigung der Deckgläser. Die Deckgläser bzw. Objektträger werden in einer Porzellanschale mit einer 5%igen Kaliumpermanganatlösung unter öfterem Umrühren mit Holzstab $^1/_2$ Stunde gekocht. Die Flüssigkeit wird abgegossen und die Schale kommt unter die Wasserleitung, bis das Spülwasser ungefärbt abläuft, dabei muß öfter umgerührt und geschüttelt werden, damit die aufeinander liegenden Deckgläser gut gespült werden. Nach Beseitigung des Spülwassers werden sie unter dem Abzug $^1/_2$ Stunde in einem Teile Salzsäure und vier Teilen destilliertem Wasser gekocht, abgegossen und so lange gespült, bis sich das Lackmuspapier nicht mehr

rötet. Nun drei- bis viermal in 96%igem Alkohol spülen, Deckgläser mit Pinzette herausholen, den Alkohol etwas abtropfen lassen und senkrecht in der Flamme abbrennen. In Glasschalen vor Staub geschützt aufbewahren. Auch trüb gewordene Deckgläser liefern noch gute Präparate. — Beize. Einer durch gelinde Erwärmung im Wasserbade bereiteten und auf 20° abgekühlten Lösung von 20·0 Tannin in 80·0 destilliertem Wasser werden 15·0 einer wäßrigen schwefelsäurefreien Chromsäurelösung 2·5 : 100·0 langsam in kleinen Portionen unter fortwährendem Umschütteln zugefügt. Nach 4—6tägigem Stehen bei Zimmertemperatur nicht unter 18° oder bei kalter Jahreszeit entsprechend weniger lange im Brütschrank von 20° wird die Beize durch doppeltes Faltenfilter filtriert, wobei starke Abkühlung zu vermeiden ist. Die fertige Beize ist eine klare, dunkelbraune Flüssigkeit, welche, ohne an Beizkraft zu verlieren, mit der Zeit einen geringen, an der Glaswand haftenden Niederschlag ausfallen läßt. Sie wird bei Zimmertemperatur verschlossen aufbewahrt und vor Gebrauch filtriert. — Farbstofflösung. Karbolgentianalösung: konzentr. alkohol. Gentianaviolettlösung (5 : 100·0) 10·0, Acid. carbolic. liquef. 2·5, Aq. dest. ad. 100·0. Die Lösung bleibt einige Tage ruhig stehen und wird ohne zu schütteln filtriert; oder konz. alkohol. Fuchsinlösung 10·0, Acid. carbolic. liquef. 2·5, Aq. dest. ad 100·0. — Anfertigung des Präparates: Man entnimmt drei Deckgläschen mit der Pinzette und versieht Nr. 1 u. 2 mit je einem Tropfen Leitungswasser, impft den Tropfen Nr. 1 mit einer Spur Kulturmasse (junge Kultur, Typhus 12stündig) und bringt hierauf von Nr. 1 eine kleine Öse zum Tropfen 2 und hiervon wiederum eine kleine Öse auf das noch leere Deckglas 3, auf dem das Tröpfchen sehr vorsichtig ohne Reiben etwas ausgebreitet wird. Nachdem dasselbe lufttrocken geworden ist, hält man (zur Fixierung) einen in der Flamme des Bunsenbrenners erwärmten Objektträger in einer Entfernung von 2—3 cm $^1/_2$—1 Minute über das Präparat und übergießt es dann mit filtrierter Beize. Nach 3—5 Minuten das Deckgläschen (beiderseits!) mit einem Strahl Wasser abspülen und das Wasser von selbst abfließen lassen (nicht zwischen Fließpapier abtrocknen!), Darauf für 2 Minuten in die Farblösung (ohne Erwärmen), dann wie oben abspülen mit Wasser, letzteres möglichst ablaufen lassen und vorsichtig hoch über der Flamme völlig trocknen.

Oder nach Zettnow: Die Beize wird hergestellt durch Auflösen von 10 g Tannin in 200 g Wasser, erwärmen auf 50—60°. Dann werden 36—37 ccm einer Lösung von 2 g Tartarus stibiatus in 40 g Wasser zugefügt und wieder erhitzt, bis sich der Niederschlag löst. Ist die Trübung der erkalteten Beize sehr stark, so muß Tannin zugesetzt werden, ist die Beize klar, etwas Tart.-Lösung. Die Beize soll keinen Bodensatz bilden, und beim Erhitzen völlig klar werden. Sie wird heiß und klar angewendet. — Als färbende Flüssigkeit dient Äthylaminsilberlösung. Diese wird hergestellt, indem man 2—3 g Silbersulfat (aus Silbernitratlösung durch Ausfällen mit Natriumsulfat gewonnen) mit 200 g Wasser kräftig schüttelt. Eine beliebige Menge dieser gesättigten Lösung wird zu gleichen Teilen mit Wasser gemischt und dann mit 33%iger Äthylaminlösung versetzt, bis ein anfänglicher Niederschlag eben wieder gelöst ist. — Ausführung der Färbung: 1. Herstellen der Präparate wie bei Peppler; 2. Beizen: Präparat mit Schichtseite in ein Blockschälchen legen, reichlich mit Beize übergießen und 5—7 Minuten auf eine etwa 100° heiße Eisenplatte stellen. 3. Abkühlen lassen, bis sich Beize trübt, dann sehr sorgfältig abspülen mit Wasser. 4. Auf das Deckglas 3—4 Tr. Äthylaminsilberlösung geben und erhitzen, bis die Lösung stark raucht und die Ausstrichränder (nur diese!) schwarz werden. 5. Abspülen in Wasser. Geißeln schwarz auf hellem Grunde.

6. Zum Färben von Blutausstrichen ist von R. May und L. Grünwald eine auch für bakteriologische Zwecke brauchbare Färbmethode angegeben worden: 1·0 gelbes Eosin wird in 1 Liter destillierten Wassers gelöst, ebenso 1·0 Methylenblau medicinale. Beide Lösungen werden zusammengegossen. Nach einigen Tagen wird mit Hilfe der Saugpumpe abfiltriert und der Rückstand mit destilliertem Wasser so lange ausgewaschen, bis das Waschwasser fast farblos abläuft. Vom Rückstand wird eine gesättigte Lösung in Methylalkohol hergestellt (0·25 Farbstoff in 100 ccm Methylalkohol). — Die hiermit zu färbenden Präparate brauchen nicht fixiert zu werden. Die Färbung erfordert gewöhnlich 2 Minuten (kann jedoch bei schwer färbbaren Objekten mehrere Stunden dauern). Nach dem Färben wird in neutralem destillierten Wasser abgespült, dem einige Tropfen der Farblösung zugesetzt sind.

B. Kulturverfahren.

Die Isolierung von Bakterien mittels der Plattenkultur.

Das Untersuchungsmaterial (Dejektionen, Wasser, Leichenteile, Sputum, Eiter u. dgl.) wird in einem sterilisierten Reagenzglas ins Laboratorium gebracht. Man kann die Reagenzgläser sterilisieren, indem man zunächst den verschließenden Wattepfropfen tief hineinschiebt, das Glas mit der Pinzette faßt und mit der Gas- und Spiritusflamme in seiner ganzen Ausdehnung kräftig erhitzt; wenn der Wattepfropf leicht gebräunt ist, zieht man ihn an die Mündung des Röhrchens vor. — Die Untersuchung muß stets sobald als möglich erfolgen, da sonst durch Vermehrung der Saprophyten das Auffinden der Krankheitserreger erschwert oder unmöglich wird.

Utensilien und Nährsubstrat. Als sog. Platten benutzt man flache Glasschalen mit Deckel (Petri-Schalen). Fehlt es an den im Laboratorium üblichen Sterilisationsapparaten, so kann man die Schalen für 1 Stunde in Sublimatlösung (1 : 2000) einlegen und durch wiederholtes Übergießen mit gekochtem und wieder abgekühltem Wasser das Sublimat sorgfältig entfernen; oder man kocht sie in schwacher Sodalösung 1 Stunde und läßt in derselben erkalten.

Zum Einbringen des Materials verwendet man Platindrähte, die in ein Glasrohr eingeschmolzen und am Ende zu einer 2 mm im Durchmesser haltenden Öse umgebogen sind. Die Drahtenden werden durch Ausglühen in der Flamme sterilisiert.

Die Nährsubstrate können in Reagenzgläsern oder Vorratskolben fertig bezogen werden, z. B. von Grübler & Co. in Leipzig, Rohrbeck oder Lautenschläger in Berlin.

Das Plattengießen. Drei Röhrchen mit Nährgelatine werden in warmes Wasser von 35° gesetzt, bis die Gelatine flüssig geworden ist Dann faßt man eins davon (*a*) mit der linken Hand derart, daß es zwischen Daumen und nach oben gekehrter Hohlhand mit der Mündung nach rechts in schräger Lage ruht, dreht den Wattebausch heraus und nimmt ihn zwischen zwei Fingerspitzen der linken Hand so, daß die zum Einführen in die Röhrenmündung bestimmten Teile der Watte nach unten hängen und nicht berührt werden. Mit abgeglühter und wieder erkalteter Platinöse nimmt man nun eine Spur Bakterienmaterial auf und verreibt diese an der Glaswand mit dem obersten Teile der Gelatine im Röhrchen. (Bei Wasseruntersuchungen Tropfen mittels kleiner Pipette.) Platinöse abglühen und fortstellen. Röhrchen mit dem Watte-

bausch schließen; gründliches Verteilen des Untersuchungsmaterials in der Gelatine unter Drehen, Neigen und Wiederaufrichten des Röhrchens (Schaumbildung vermeiden und nicht zu viel Gelatine in den Wattepfropf eindringen lassen). Nun faßt man das Röhrchen wieder wie vorhin, öffnet es und nimmt das zweite ebenso daneben. Mit steriler Platinöse überträgt man zwei Ösen Inhalt von Röhrchen *a* in Röhrchen *b*, glüht die Öse ab und schließt beide Röhrchen. Röhrchen *a* zurück ins Wasserbad. Röhrchen *b* mischen wie vorher und von *b* 3—5 Ösen Inhalt ins Röhrchen *c* übertragen, dann dessen Inhalt mischen. Bei sehr bakterienreichem Material event. noch weitere Verdünnungen anlegen. — Darauf stellt man drei mit Deckel versehene Petrische Schälchen nebeneinander auf den Tisch (bei warmem Zimmer auf ein mit kaltem Wasser gefülltes flaches Blechgefäß), und signiert (auf der Außenseite des unteren Schälchens) mit *a*, *b*, *c*. Nun gießt man, nachdem man die Wattestopfen der drei Gläschen entfernt und in Sublimat geworfen, und den Rand der Röhrchen leicht abgeglüht hat, unter teilweise vorsichtigem Aufheben des Deckels den Inhalt von Röhrchen *a* in Schälchen *a*, den von *b* in Schälchen *b*, den von *c* in Schälchen *c*. Nach 5—15 Minuten ist die Gelatine vollkommen erstarrt, und die Schälchen werden dann in den Brütofen gesetzt.

Die Feststellung des Resultats erfolgt nach 24—48—72 Stunden zunächst durch Betrachtung der Platte mit bloßem Auge, dann mit 60facher Vergrößerung. Gestalt, Farbe, Verflüssigung der Kolonien, und zwar der tiefliegenden, wie der oberflächlichen, ist zu notieren. Zu genauerem Studium ist oft nur eine Platte geeignet, während die anderen zu zahlreiche oder zu wenig Kolonien enthalten. Genauere Feststellung der Zahl erfolgt mittels einer in kleine Quadrate geteilten Glasplatte; man ermittelt ein für allemal, wieviel solcher Quadrate in der Fläche eines Petrischen Schälchens enthalten sind und findet z. B. 167; dann zählt man auf der zu untersuchenden Platte etwa in zehn verschieden gelagerten Quadraten die Kolonien, nimmt von diesen das Mittel und multipliziert letzteres mit 167. Eine bequemere und bei reichlichem Keimgehalt genauere Methode besteht nach M. Neisser in der mikroskopischen Auszählung von 60 Gesichtsfeldern und hieraus an der Hand von Tabellen die Bestimmung der Gesamtkolonienzahl auf der ganzen Platte unter Berücksichtigung der Größe der Platte und des mikroskopischen Gesichtsfeldes. — Interessierende Kolonien sind möglichst früh in Reagenzgläser mit Gelatine abzuimpfen, d. h. man taucht einen vorher geglühten spitzen Platindraht, event. unter Leitung der Lupe oder des Mikroskopes, in die Kolonie und macht mit dem Draht dann einen Einstich in ein Gelatineröhrchen, dessen Wattepfropfen man abgenommen und zwischen die Finger geschoben hat und das man mit der Mündung nach unten in der Hand hält. Unmittelbar nach dem Einstich setzt man den Wattepfropfen wieder auf.

Meistens ist der Ausstrich auf Platten vorzuziehen. Man gießt die verflüssigte Gelatine oder besser Agar, der bei 37° fest bleibt und auf dem daher schnelleres Wachstum eintritt, zunächst in sterile Schalen aus, läßt erstarren und legt dann von dem Untersuchungsmaterial (direkt oder nach vorheriger Verdünnung in steriler Bouillon) mittels eines Platinpinsels (Kruse) oder Spatels oder gekrümmten Glasstabes parallele Ausstriche auf einer Platte an, indem man auf dem ersten Drittel das zu untersuchende Material gleichmäßig verstreicht, nach Ausglühen des Platins von dem ersten Drittel eine Probe abnimmt und auf das zweite Drittel, vom zweiten Drittel wieder ebenso auf das dritte Drittel verteilt. Für gewisse Fälle (s. Typhusdiagnose) benutzt man besser große oder mehrere Platten (vgl. unter „Typhusdiagnose").

C. Serumdiagnostik.

a) Gewinnung diagnostisch verwertbarer Sera von Tieren.

Gewöhnlich werden Kaninchen benutzt; für Pestbazillen Pferde, für Milzbrand Esel.

Agglutinierende Sera. 16—24stündige Agarkulturen werden in 0·8%iger NaCl-Lösung aufgeschwemmt, 1 Stunde im Wasserbade bei 58—60° zwecks Abtötung gehalten und injiziert; die Aufschwemmungsflüssigkeit beträgt 1—5 ccm. Bei Typhus, Paratyphus A und B, Cholera, Meningitis, Dysenterie Flexner und Y beginnt man mit $^1/_2$—1 Öse (= 2 mg), steigert in Zwischenräumen von 7—10 Tagen auf 1—2—4—6 Ösen und injiziert in die Ohrvenen. (1 Schrägröhrchen = 10 Ösen, 1 Petrischale = 60 Ösen.) Bei Dysenterie Shiga-Kruse beginnt man wegen der Giftigkeit der Kulturen mit kleinsten Dosen, höchstens mit $^1/_{20}$—$^1/_{50}$ Öse und steigert auf $^1/_{10}$—$^1/_4$—$^1/_2$—1 Öse bei subkutaner Einverleibung; erst dann spritzt man $^1/_5$—$^1/_2$—1—2 Ösen intravenös. Etwa 10 Tage nach der letzten Einspritzung entnimmt man durch Einschnitt in die Ohrvene etwas Blut, stellt den Titer des Serums fest und entblutet das Tier (oder entnimmt größere Mengen Blutes) unter sterilen Maßregeln, wenn der Titer des Serums genügt.

Bakteriolytische Sera (Typhus, Cholera) werden in analoger Weise hergestellt; man beginnt mit den gleichen Mengen (die beim ersten Male abgetötet sein können, dann aber lebend verwandt werden) und injiziert intravenös oder intraperitoneal.

Hämolytische Sera. Gewöhnlich wird Schafblut „Hammelblut" benutzt. Das defibrinierte Blut wird mit dem 10fachen Volumen 0·8%iger NaCl-Lösung versetzt und zentrifugiert, bis sich die Blutzellen völlig abgesetzt haben, dann gießt man die klare Flüssigkeit ab, ergänzt sie durch NaCl-Lösung, mischt die Erythrozyten vorsichtig durch, zentrifugiert von neuem und verfährt so dreimal. Die roten Blutkörperchen werden schließlich in soviel Kochsalz aufgenommen, als dem Serum entspricht; man erhält alsdann gewaschenes Hammelblut in Blutdichte, das im Eisschrank 1—2 Tage haltbar ist. Man injiziert davon in 7tägigen Zwischenräumen intravenös 0·5—5·0 ccm und einmal intraperitoneal 2—5 ccm und entblutet 10 Tage nach der letzten Einspritzung.

Präzipitierende Sera. Das sterile (Menschen-, Pferde- usw.) Serum wird in Mengen von 1—3 ccm dreimal intravenös oder intraperitoneal in 5tägigen Zwischenräumen injiziert. Entblutung 6—8 Tage nach der Einspritzung.

Gewinnung und Konservierung der Sera. Hat die Vorprüfung des Serums einen genügend hohen Titer ergeben, so erfolgt die Entnahme größerer Blutmengen oder die Entblutung der Tiere aus der Karotis oder Iliaca unter sterilen Bedingungen. Es empfiehlt sich zumal bei präzipitierenden Seren, die Tiere 12 Stunden vor der Entnahme hungern zu lassen, da das Serum sonst oft opalesziert. Das in einem nicht zu weiten Meßzylinder aufgefangene Blut wird 1—2 Stunden nach der Entnahme mit einem sterilen Glasstabe von der Wand gelöst und darauf in den Eisschrank gebracht, wo sich bis zum nächsten Tage das Serum absetzt; wenn nötig wird es durch Zentrifugieren von Blutkörperchen befreit. Darauf versetzt man es mit 0·5% Karbol und füllt es in sterile, mit Gummistopfen versehene, braune Fläschchen (möglichst zu je 1 ccm) ab, die zwecks Zerstörung etwaiger Luftkeime 1 Stunde bei 58° gehalten

werden können. Oder man trocknet es schnell bei 37° und füllt die Trockensubstanz zu je 0·1 in braune Röhrchen, die sofort zugeschmolzen werden; je 1·0 flüssiges Serum liefert 0·1 g Trockenserum. Präzipitierende Sera können nur steril aufbewahrt werden. In flüssigem Zustande sind die Sera, kühl und dunkel aufbewahrt, $^1/_2$—2 Jahre, im Trockenzustand noch länger haltbar.

Anforderungen an diagnostische Immunsera.

Der Titer soll mindestens betragen

bei agglutinierenden Seren:
bei Typhus: 1 : 5000,
bei Paratyphus: 1 : 5000,
bei Dysenterie Shiga-Kkuse: 1 : 500,
bei Dysenterie Flexner: 1 : 2000,
bei Dysenterie Y: 1 : 1000,
bei Meningitis: 1 : 200,
bei Pest: 1 : 500,
bei bakteriolytischen Seren:
bei Typhus: 1 : 5000,
bei Cholera: 1 : 5000,
bei hämolytischen (gegen Hammelblut): 1 : 1000,
bei präzipitierenden Seren: 1 : 5000.

b) Gewinnung diagnostisch verwertbarer Sera vom Menschen.

Wenn das Blut zugleich zur Blutkultur benutzt werden soll (Typhus, Meningitis, Sepsis, Pest), bringt man von dem mittels Spritze aus der Armvene entnommenen Blute 1—1·5 ccm in ein Reagenz- oder Zentrifugenglas; sonst entnimmt man es aus dem Ohrläppchen oder aus der Fingerbeere der linken Hand. Man reibt die Entnahmestelle mit Alkoholwattebausch ab, läßt den Alkohol verdunsten, ritzt die Haut mittels steriler Nadel oder Skalpell am unteren Rande, befördert den Blutaustritt durch leichtes Drücken („Melken") des Ohrläppchens und fängt das Blut entweder in Glaskapillaren auf (wobei das Blut die Kapillare in einem Zuge füllen muß, andernfalls ist eine neue Kapillare zu nehmen) oder mit dem Wattebausch Czaplewskischer Tupfer (Spitzgläschen, mit einem Kork verschlossen, der eine mit Wattebausch versehene Nadel trägt; im ganzen sterilisiert). Für eine Agglutination sind 5—6 Tropfen Blut erforderlich. Die Kapillaren werden mit Siegellack oder Wachs verschlossen. Nach einigen Stunden, im Eisschrank schon nach 1 Stunde, hat sich das Serum klar abgesetzt. Man bricht die Enden der Kapillare dicht über dem Serum ab und läßt das, event. durch Zentrifugieren von Erythrozyten zu befreiende Serum in die Pipette laufen. Die Czaplewskischen Tupfer werden zentrifugiert, wodurch das Serum in die Spitze des Gläschens geschleudert wird. Erfolgt die Serumabscheidung infolge zu geringer Zentrifugengeschwindigkeit ungenügend oder gar nicht, so drückt man den Tupfer in das Gläschen aus und zentrifugiert dann. Durch Venenpunktion gewonnenes Blut wird nach dem Erstarren (1—2 Stunden nach der Entnahme) von der Glaswand, wenn nötig, abgelöst, worauf sich das Serum abscheidet und event. durch Zentrifugieren von Blutkörperchen befreit wird.

1. Agglutinationsprobe.

a) Quantitative, makroskopische Probe zur Titerbestimmung von Immunseren. Erforderlich: saubere Reagenzgläser, Pipetten von 1·0 Fassungsvermögen, geeicht in 0·01, völlig klare (wenn nötig zweimal durch gehärtete Filter geschickte) 0·8%ige NaCl-Lösung, Immunserum und zugehörige 24stündige Agarkultur. Man stellt mit NaCl-Lösung je 1 ccm der Serumverdünnung 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, 1 : 200 usf. her, verreibt in jedes 1 Normalöse (= 2 mg) der Kultur, stellt das Röhrchen auf bestimmte Zeit in den Brütschrank und liest ab, bis zu welcher Serumverdünnung noch gerade Häufchenbildung (Agglutination) eingetreten ist. Die Röhrchen werden, event. mit schwacher Lupenvergrößerung am besten so betrachtet, daß man sie schräg hält und von unten nach oben mit dem von der Zimmerdecke reflektierten Tageslicht untersucht. Bei jeder Untersuchung wird in einem Kontrollröhrchen 1 Öse Kultur nur in Kochsalzlösung verrieben, die völlig homogen trübe erscheinen muß. Man untersucht die Röhrchen

bei	Typhus und Paratyphus	nach	3	Stunden bei	37°
„	Meningitis	„	24	„ „	37°
		oder	3	„ „	55°
„	Ruhr	nach	3	„ „	37°
„	Cholera	„	1	„ „	37°
„	Pest	„	½	„ „	37°

Als Titer des Serums gilt die Zahl der Verdünnung, in welcher gerade eben noch Agglutination eingetreten ist.

b) Orientierende (Agglutinations-)Probe (bei Typhus, Paratyphus, Ruhr, Cholera). In einen Tropfen des 1 : 20 bis 1 : 100 verdünnten, hochwertigen Immunserums wird auf dem Objektträger oder Deckglas soviel von einer verdächtigen Kolonie gleichmäßig verrieben, daß eine mäßige Trübung entsteht. Werden die Bakterien rasch agglutiniert („sprechen sie auf das Serum an"), so gehören sie höchstwahrscheinlich zu derjenigen Art, mit der das Immunserum hergestellt war.

c) Mikroskopische Agglutinationsprobe. Von verschiedenen Verdünnungen des Serums werden Hängetropfen angefertigt, in die eine geringe Menge Bakterien homogen verteilt wird. Betrachtung mit schwacher Vergrößerung und Ölimmersion, sogleich und nach ½ Stunde Brütschrankaufenthalt. Kann mit b) kombiniert werden.

Anwendung der Agglutination.

a) Zur Identifizierung verdächtiger Reinkulturen. Die Kulturen werden mittels der makroskopischen, quantitativen Methode unter Innehaltung der oben genannten Temperatur- und der Zeitangaben gegen hochwertiges Immunserum austitriert. In jedem Versuche sind als Kontrollen anzusetzen:

1. 1 Röhrchen mit Kochsalzlösung und der verdächtigen Kultur; muß homogen trübe erscheinen.
2. 1 Röhrchen mit normalem Serum der Tierart, welche das Immunserum lieferte, aber in der Verdünnung 1 : 50; muß homogen trübe erscheinen.
3. 1 Röhrchen mit einer gleichalterigen, bekannten Kultur und dem Testserum in der dem Titer entsprechenden Verdünnung; muß Agglutination ergeben.

Wird die verdächtige Kultur annähernd so hoch agglutiniert wie die bekannte Kultur, so ist sie mit ihr identisch. Cholerakulturen von wenigen

Stunden Alter agglutinieren mitunter spontan in Kochsalzlösung; in diesem Falle ist der Versuch mit einer mindestens 15stündigen Kultur zu wiederholen. Nicht agglutinierte, aber durch ihr Wachstum als typhusverdächtig geltende Stämme sind an mehreren Tagen nacheinander auf Schrägagar zu impfen und werden dann bisweilen agglutinabel.

b) Zum Nachweis von Agglutininen im Krankenserum, WIDALsche Reaktion, wird in einem wie oben angesetzten Versuch diejenige Bakterienart benutzt, welche die mutmaßliche Infektion des Kranken verursacht hat. Statt lebender Kultur ist auch FICKERS Diagnosticum für Typhus, Paratyphus, Ruhr (haltbare Aufschwemmung abgetöteter Bakterien, zu beziehen von MERCK, Darmstadt) gut verwendbar. Die Ergebnisse der makroskopischen Methodik besagen

bei Typhus und Paratyphus	1 : 50	positiv	= (starker) Verdacht
	1 : 100	„	= Beweis
„ Dysenterie	1 : 25	„	= Verdacht
	1 : 50	„	= Beweis
„ Cholera	1 : 5	„	= Verdacht
	1 : 10	„	= Beweis
„ Meningitis	1 : 10	„	= Verdacht
	1 : 20	„	= Beweis
„ Pest	1 : 1	„	= Verdacht
	1 : 3	„	= Beweis

Positiver Ausfall der Probe bei fehlenden klinischen Erscheinungen beweist, daß der Untersuchte die Krankheit vor nicht langer Zeit überstanden hat. Besonders bei Meningitis und Pseudodysenterie ist es ratsam, mehrere Normalsera heranzuziehen, da diese Bakterien mitunter dadurch verhältnismäßig hoch agglutiniert werden.

2. Bakteriolytische Probe (Pfeifferscher Versuch).

a) Bei Cholera. Für die Anstellung des PFEIFFERschen Versuchs ist Kaninchenserum zu benutzen. Die in folgendem gemachten Zahlenangaben beziehen sich nur auf dieses Serum. Dasselbe muß möglichst hochwertig sein, mindestens sollen 0·002 g des Serums genügen, um bei Injektion von einer Mischung einer Öse (1 Öse = 2 mg) einer 18stündigen Choleraagarkultur von konstanter Virulenz und 1 ccm Nährbouillon die Cholerabakterien innerhalb einer Stunde in der Bauchhöhle des Meerschweinchens zur Auflösung unter Körnchenbildung zu bringen, d. h. das Serum muß mindestens einen Titer von 1:5000 haben.

Zur Ausführung des PFEIFFERschen Versuchs sind vier Meerschweinchen von je 200 g Gewicht erforderlich.

Tier A erhält das 5fache der Titerdosis, also 1 mg von einem Serum mit Titer 1 : 5000.

Tier B erhält das 10fache der Titerdosis, also 2 mg von einem Serum mit Titer 1 : 5000.

Tier C dient als Kontrolltier und erhält das 50fache der Titerdosis, also 10 mg vom normalen Serum derselben Tierart, von welcher das bei Tier A und B benutzte Serum stammt.

Sämtliche Tiere erhalten diese Serumdosen gemischt mit je einer Öse der zu untersuchenden, 18 Stunden bei 37° auf Agar gezüchteten Kultur in 1 ccm Fleischbrühe (nicht in Kochsalz oder Peptonlösung) in die Bauchhöhle eingespritzt.

Tier D erhält nur eine Öse der zu untersuchenden Kultur in die Bauchhöhle zur Prüfung, ob die Kultur für Meerschweinchen virulent ist.

Zur Einspritzung benutzt man eine Hohlnadel mit abgestumpfter Spitze. Die Einspritzung in die Bauchhöhle geschieht nach Durchschneidung der äußeren Haut; es kann dann mit Leichtigkeit die Hohlnadel in den Bauchraum eingestoßen werden. Die Entnahme der Peritonealflüssigkeit zur mikroskopischen Untersuchung im hängenden Tropfen erfolgt vermittelst Haarröhrchen gleichfalls an dieser Stelle. Die Betrachtung der Flüssigkeit geschieht im hängenden Tropfen bei starker Vergrößerung, und zwar sofort nach der Einspritzung, 20 Minuten und 1 Stunde nach derselben.

Bei Tier A und B muß nach 20 Minuten, spätestens nach 1 Stunde typische Körnchenbildung oder Auflösung der Vibrionen erfolgt sein, während bei Tier C und D eine große Menge lebhaft beweglicher oder in ihrer Form gut erhaltener Vibrionen vorhanden sein muß. Damit ist die Diagnose gesichert.

Behufs Feststellung abgelaufener Cholerafälle ist der Pfeiffersche Versuch in folgender Weise anzustellen:

Es werden Verdünnungen des Serums des verdächtigen Menschen mit 20, 100 und 500 Teilen der Fleischbrühe hergestellt, und davon je 1 ccm mit je einer Öse einer 18 stündigen Agarkultur virulenter Choleravibrionen vermischt, je einem Meerschweinchen von 200 g Gewicht in die Bauchhöhle eingespritzt. Ein Kontrolltier erhält eine Öse der gleichen Kultur ohne Serum in 1 ccm Fleischbrühe aufgeschwemmt in die Bauchhöhle eingespritzt.

Bei positivem Ausfalle der Reaktion nach 20 bzw. 60 Minuten ist anzunehmen, daß der betreffende Mensch, von welchem das Serum stammt, die Cholera überstanden hat.

b) Bei Typhus. Wird in derselben Weise ausgeführt, nur tritt die Körnchenbildung bei Tier A und B, wenn es sich um echte Typhusbazillen handelt, nach 2—3 Stunden ein. Wird nur ausgeführt, wenn die Agglutinationsprobe zweifelhaft ist.

3. Präzipitation.

Titervermittelung der Immunsera. Erforderlich: Spitzgläschen, Pipetten von 1·0 Fassungsvermögen, geeicht in 0·01, 0·8%ige Kochsalzlösung, Reagenzgläser, Immunserum und zugehöriges Antigen. Alle Geräte müssen absolut sauber, die Flüssigkeiten vollkommen klar sein. Man stellt in Reagenzgläsern die Antigenverdünnung 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000, 1 : 10000, event. noch Zwischenstufen her, füllt in die Spitzgläschen je 0·2 ccm Immunserum und überschichtet es mit den Antigenverdünnungen; die Schichtungen müssen völlig scharf sein. Nach 20 Minuten bei Zimmertemperatur wird abgelesen, bis zu welcher größten Antigenverdünnung noch eine hauchartige Trübung eingetreten ist; diese Verdünnungszahl heißt der Titer des Immunserums.

Anwendung der Präzipitation zur Bestimmung der Herkunft von Blutflecken oder zum Nachweis der Verfälschung von Fleischwaren mit minderwertigem Fleisch. Man stellt sich aus den Blutflecken bzw. Fleischwaren mit möglichst wenig NaCl-Lösung ein Extrakt her, filtriert ihn bis zur völligen Klarheit und verdünnt ihn mit NaCl-Lösung so lange, bis der Schüttelschaum noch längere Zeit stehen bleibt oder bei Unterschichtung mit Salpetersäure sich ein deutlicher Ring bildet. An einem 1 : 1000 verdünnten Normalserum vergleicht man den Ausfall. Nunmehr füllt man in die Spitzgläschen 0·2 des präzipitierenden Immunserums, welches Eiweiß derjenigen Tierart fällt, von der die zu untersuchenden Proben mutmaßlich stammen, und

überschichtet mit dem Extrakt. Tritt nach 20 Minuten noch Schichtbildung ein, so wird das Extrakt weiter verdünnt. Als Kontrollen sind in jedem Versuch anzusetzen:

1. Immunserum, überschichtet mit dem zugehörigen Antigen in der Titerverdünnung; muß Schichtbildung ergeben.
2. Normalserum derselben Tierart, welche das Immunserum geliefert hat, überschichtet mit dem Extrakt; darf keine Schichtbildung ergeben.
3. Immunserum, mit NaCl-Lösung überschichtet } dürfen keine Schicht-
4. Normalserum, mit NaCl-Lösung überschichtet } bildung ergeben.

Verhält sich das Extrakt wie die Kontrolle 1, oder wird es annähernd so hoch präzipitiert, so stammt der Blutfleck bzw. die Verfälschung der Fleischware von derjenigen Spezies, welche das Antigen geliefert hat. Fällt der Versuch mit dem Extrakt gegenüber einem Serum negativ aus, ist er mit verschiedenen Immunseren zu wiederholen.

4. Komplementbildung bei Syphilis. (Wassermannsche Reaktion.)

Titerbestimmung des hämolytischen Ambozeptors. Erforderlich: Reagenzgläser, Pipetten zu 1·0 und 10·0, geeicht in 0·01 und 0·1, 0·8%ige NaCl-Lösung, 5%ige Emulsion dreimal gewaschener Hammelerythrozyten, Immunserum, Komplement (= frisches, höchstens 24 Stunden altes Meerschweinserum; nach dem Gewinnen sogleich eingefroren, mehrere Wochen haltbar).

Die 5%ige Blutemulsion wird aus dem gewaschenen Blut hergestellt (s. S. 784). Das Immunserum wird zwecks Zerstörung seines Komplements $^1/_2$ Stunde im Wasserbade auf 55° erwärmt, „inaktiviert". Dann füllt man je 1 ccm der Immunserumverdünnung 1 : 100, 1 : 200, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 3000 usf. in Reagenzgläser, fügt je 1 ccm der 5%igen Blutaufschwemmung und je 1 ccm des 1 : 10 verdünnten Komplementes hinzu, hält die Röhrchen 2 Stunden im Brütschrank oder $^1/_2$ Stunde im Wasserbade von 37° und liest ab, bis zu welcher Immunserumverdünnung das Blut komplett aufgelöst ist = Titer des Serums, zum späteren Versuch benutzt man die doppelte oder dreifache Konzentration. Zur Kontrolle werden angesetzt

1. ein Röhrchen, nur Blut und Komplement enthaltend;
2. ein Röhrchen, nur Blut und 1 ccm des 1 : 100 verdünnten Immunserums enthaltend.

Beide werden mit NaCl-Lösung auf 3·0 ccm aufgefüllt und dürfen keine Hämolyse zeigen. Löst das Komplement allein, wird es für sich austitriert.

Austitrierung des Komplements. In eine Reihe Reagenzgläser füllt man je 1 ccm des 5%igen Blutes und je 1 ccm der einfachen oder doppelten Titerdosis des hämolytischen Immunserums und fügt 0·1—0·08—0·06 usf. bis 0·01 Komplement hinzu, füllt mit NaCl-Lösung auf das Volumen 3·0 auf und liest nach den oben genannten Bedingungen ab, bis zu welcher Komplementmenge komplette Hämolyse erfolgt ist; zum späteren Versuch benutzt man die $1^1/_2$fache Menge der eben noch komplettierenden Dosis. In der Regel kann man mit 0·1 Komplement arbeiten.

Herstellung des Antigens. Eine reichlich Spirochäten enthaltende Fötalleber wird zerrieben und mit dem dreifachen Gewicht absol. Alkohols 20 Stunden geschüttelt oder dem 10fachen Gewicht dest. Wassers 24 Stunden im Eisschrank stehen gelassen, worauf filtriert wird. Die Filtrate müssen dauernd im Eisschrank gehalten werden. Zum Gebrauche wird das Extrakt

mit NaCl-Lösung verdünnt, der alkoholische jedoch so, daß man das Extrakt allmählich in die Kochsalzlösung unter stetem Schütteln fließen läßt.

Bestimmung der Eigenhemmung des Extraktes. Man bringt fallende Mengen des 1 : 2 bis 1 : 10 und eventuell noch weiter verdünnten Extraktes in Reagenzgläser, füllt mit Kochsalzlösung auf 1·0 ccm auf, fügt jedem Röhrchen 1 ccm des 1 :10 verdünnten Komplementes hinzu und hält sie $^1/_2$ Stunde im Wasserbade oder 2 Stunden im Brütschrank von 37°. Dann fügt man jedem Röhrchen 1 ccm des 5%igen Blutes und 1 ccm der doppelt oder dreifach komplett lösenden Ambozeptormenge hinzu, hält abermals $^1/_2$ Stunde im Wasserbade oder 2 Stunden im Brütschranke bei 37° und liest ab, bei welcher Extraktmenge die Blutlösung gerade eben nicht mehr gehemmt ist; die Hälfte dieser Extraktdosis wird für den eigentlichen Versuch benutzt. Ein Extrakt ist brauchbar, wenn es in dieser Verdünnung mit sicherem Luesserum die Hämolyse hemmt, mit sicherem Normalserum nicht.

Wassermannsche Reaktion. Das Serum des am besten durch Venenpunktion gewonnenen Blutes muß spätestens am Tage nach der Entnahme vom Blutkuchen getrennt und durch halbstündiges Erwärmen auf 55° im Wasserbade inaktiviert werden und ist alsdann einige Tage haltbar, wenn es keimfrei bleibt. Zur Reaktion sind erforderlich: Neben oben genannten Geräten und Flüssigkeiten sicheres Luesserum, sicheres Normalserum, Serum des zu Untersuchenden. Man bringt in Reagenzgläser:

	Sicheres Luesserum	Sicheres Normalserum	Patientenserum	Extrakt	Komplement 1 : 10 verdünnt		Ergebnis
1	0·2	—	—	1·0	1·0		Hemmung
2	—	0·2	—	1·0	1·0	Auffüllen auf je 3·0.	Lösung
3	—	—	0·2	1·0	1·0	$^1/_2$ Stunde Wasserbad oder	?
4	0·2	—	—	—	1·0	2 Stunden Brütschrank	Lösung
5	0·4	—	—	—	1·0	von 37°. Dann zufügen:	„
6	—	0·2	—	—	1·0	je 1 ccm 5%iger Blut-	„
7	—	0·4	—	—	1·0	emulsion und 1 ccm der	„
8	—	—	0·2	—	1·0	doppelt oder dreifach	„
9	—	—	0·4	—	1·0	lösenden Dosis des hämo-	„
10	—	—	—	1·0	1·0	lytischen Ambozeptors.	„
11	—	—	—	2·0	1·0		„

Dazu die „Systemkontrollen“:

	5%iges Blut	Komplement 1 : 10	Doppelt oder dreifach komplett lösende Ambozeptordosis		
12	1·0	1·0	1·0	Auffüllen auf 3·0.	Lösung
13	1·0	—	1·0	$^1/_2$ Stunde Wasserbad oder	Hemmung
14	1·9	1·0	—	2 Stunden Brütschrank	„
15	1·0	—	—	von 37°, ablesen.	„

Röhrchen 3 enthält den eigentlichen Versuch; zeigt es das gleiche Ergebnis wie Röhrchen 1, so ist das Serum ein Luesserum, zeigt es das Ergebnis des Röhrchens 2, ist es ein Normalserum. Der Versuch ist nur gültig, wenn die Ergebnisse aller Röhrchen außer Nr. 3 der Tabelle entsprechen.

Sämtliche Immunsera und das Luesantigen sind käuflich bei MERCK-Darmstadt, Sächsisches Serumwerk, Höchster Farbwerke.

5. Bestimmung des phagozytischen und opsonischen Index nach Wright.

Hierzu wird gebraucht 1. Blutserum eines Kranken, 2. einer normalen Person, 3. gewaschene Blutkörperchen (Leukozyten) und 4. eine Aufschwemmung der betreffenden Bakterien.

Das Blut zur Serumbereitung wird durch Stich aus einem gesäuberten Ohrläppchen oder der Fingerkuppe mit einer Kapillare entnommen. Zur Gewinnung der Leukozyten werden einige Tropfen Normalblut in einer kleinen Glastube aufgefangen, die zu $^2/_3$ mit einer 1·5%igen Lösung von Natrium citricum gefüllt ist, gut mit der Lösung gemischt und dann zentrifugiert, bis die Blutkörperchen sich abgesetzt haben. Die klare Flüssigkeit wird abpipettiert, die Blutkörperchen mit 0·85%iger Kochsalzlösung gemischt, wieder zentrifugiert und die Flüssigkeit abpipettiert. In der geringen noch nachbleibenden Flüssigkeit werden die Blutkörperchen durch Schütteln gut gemischt und sind dann gebrauchsfähig. Zur Aufschwemmung der Bakterien wird 1 Öse einer 24stündigen Agarkultur mit wenig 0·85%iger Kochsalzlösung verrieben. Bei Tuberkelbazillen benutzt man die abgetöteten, getrockneten Tuberkelbazillen der Höchster Farbwerke. Bei Streptokokken müssen die Ketten durch Schütteln mit Glasperlen zerrieben werden. Zur Ausführung der Reaktion zieht man eine Glasröhre zur Kapillare aus. Auf der Kapillare macht man etwa 1·5 cm vom Ende entfernt eine Marke, saugt nun (mit einem Gummihütchen, das auf das Rohr gesetzt wird) zunächst bis zu der Marke Blutkörperchen auf. Dann wird eine kleine Luftblase eingesaugt, dann Patientenserum bis zur Marke, Luftblase, Bakterienemulsion. Die ganze in der Kapillare befindliche Flüssigkeit wird dann auf einen gut gereinigten Objektträger ausgedrückt, so daß ein Tropfen entsteht. Durch mehrmaliges Aufsaugen und wieder Ausdrücken mischt man alles gut durch, saugt wieder bis zur Hälfte der Kapillare ein, und bringt diese, nachdem man das Ende zugeschmolzen, 20 Minuten in einen Thermostaten von 37°. Nach dieser Zeit, die genau innegehalten werden muß, bringt man den Tropfen wieder auf einen Objektträger und streicht ihn mittels des „Ausbreiters", eines mit leichter Konkavität quer durchgebrochenen Objektträgers, aus, fixiert mit gesättigter Sublimatlösung 2—3 Minuten lang und färbt. Nunmehr werden die in etwa 100 Leukozyten enthaltenen Bakterien gezählt. Die gefundene Zahl durch die Zahl der Leukozyten dividiert ergibt den phagozytischen Index. — Zur Bestimmung des opsonischen Index verfährt man genau so unter Benutzung eines normalen Serums. Division des phagozytischen Index des Patienten durch den phagozytischen Index eines Normalen ergibt den opsonischen Index. Ist dieser größer als 1, so bedeutet das eine Vermehrung des opsonischen Index gegenüber dem normalen, ist er kleiner als 1, so besteht eine Herabsetzung.

II. Spezielle parasitologische Diagnostik.

1. *Abdominaltyphus.*

Anleitung für die bakteriologische Feststellung des Typhus (und Paratyphus) für die zur Typhusbekämpfung eingerichteten Untersuchungsämter im Südwesten des Reichs[1].

I. Zur Untersuchung geeignetes Material.

1. Stuhlgang;
2. Harn;
3. Blut aus Roseolaflecken (gewonnen durch oberflächliche Skarifikation der Flecken);
4. Auswurf;
5. eitrige Absonderungen oder entzündliche Ausschwitzungen jeder Art;
6. Blut (a) durch Stich in das Ohrläppchen, b) ausnahmsweise durch Punktion der Armvene in der Menge von 2—3 ccm gewonnen);
7. beschmutzte Wäschstücke (u. a. Windeln), namentlich bei heftigen Durchfällen;
8. von Leichen: Milz oder auch (bei nicht gestatteter Obduktion) Milzsaft, durch Aspiration mit einer Injektionsspritze gewonnen, Dünndarmschlingen oder Darminhalt (namentlich vom Zwölffingerdarm), Gekrösdrüsen, Galle, Inhalt von Eiterherden, Lunge, Inhalt der Luftröhrenäste;
9. Wasser in der Menge von 3—5 Liter aus Kesselbrunnen a) von der Oberfläche, b) nach vorherigem Aufrühren des Grundes.

II. Gang der Untersuchung.

A. Kultur.

1. Zu I. 1, 4, 5, 7, 8. Anlegung von mindestens 2 Serien Platten auf v. Drigalski-Conradischem Nährboden (vgl. S. 794), Züchtung bei 37° 18 bis 24 Stunden lang oder 2—3 Tage bei Zimmertemperatur.

Der Oberflächenausstrich geschieht mit Hilfe des v. Drigalskischen Glasspatels, nachdem der Stuhlgang mit steriler 0·8%iger Kochsalzlösung verdünnt und verrieben ist.

Von jeder Stuhlprobe werden zweckmäßig wenigstens 2 Plattenserien angelegt. Es empfiehlt sich, eine von den beiden Serien so anzulegen, daß die Öse Stuhlgang usw. in 4—6 Tropfen Bouillon oder Kochsalzlösung aufgeschwemmt und jeder Tropfen auf 1—2 Platten verteilt wird.

2. Zu I. 2. Untersuchung wie bei II. 1. Die Aussaat erfolgt

bei Harn, der durch Bakterien getrübt ist, unmittelbar in Menge von mehreren Ösen;

bei klarem Harn zentrifugiert man und sät den Bodensatz aus.

3. Zu I. 3 und I. 6a und 6b. Aussaat in schwach alkalischer Fleischwasserpeptonbrühe, bei 3 und 6a in Röhrchen mit etwa 10 ccm Brühe, bei 6b in Kolben mit etwa 150 ccm Brühe. Züchtung bei 37°; nach etwa 20 Stunden Aussaat auf Platten wie unter II. 1.

---

[1] Teilweise abgedruckt aus den „Veröffentl. des Kaiserl. Gesundheitsamts" 1904, Nr. 49.

Anreicherungsverfahren nach KAYSER und CONRADI: 1—2·5 ccm Blut werden zu 5 ccm sterilisierter Rindergalle, der eventuell noch je 10% Pepton und Glyzerin beigemengt ist, zugesetzt. 12—24 Stunden bei 37° bebrütet, dann Aussaat auf Platten. Diese Gallenmischung empfiehlt sich bei Versendung des Blutes. (Gebrauchsfertige Röhrchen von E. MERCK-Darmstadt oder F. und M. LAUTENSCHLÄGER-Berlin erhältlich.) Auch das bei der Blutentnahme für die Widalprobe sich ergebende Blutgerinnsel kann zum Nachweis der Typhusbazillen benutzt werden, eventuell nach Anreicherung im Gallenröhrchen. — Zur Versendung des Blutes an die Untersuchungsstation kann man auch in Ermangelung von Galle das Blut in ein steriles Gläschen mit ausgekochtem Leitungswasser laufen lassen. Das Blut löst sich darin auf und dient den Bazillen zur Nahrung.

4. Zu I. 9. Es empfiehlt sich, das Wasser, namentlich wenn es klar ist, vor der Verarbeitung einige Tage bei Zimmertemperatur stehen zu lassen, alsdann einen bis mehrere Kubikzentimeter Wasser von der Oberfläche zu entnehmen und auf je eine Platte zu verteilen.

Die auf den in der beschriebenen Weise angelegten Platten gewachsenen Kolonien werden zunächst durch Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge auf Größe, Farbe und Durchsichtigkeit geprüft. Die auf Typhusbazillen verdächtigen Kolonien werden sodann auf dem Deckglase auf ihr Verhalten gegenüber stark agglutinierendem Typhusserum in einer Verdünnung 1 : 100 makroskopisch untersucht und Reinkulturen von einer Anzahl derselben auf schräg erstarrtem, alkalischem Fleischwasserpeptonagar angelegt. (Die Erkennung etwaiger Paratyphuskolonien wird erleichtert, wenn man die stehengebliebenen Platten nach einigen Tagen nochmals durchmustert = Schleim bildende Kolonien.)

Zur genaueren Bestimmung einer auf die beschriebene Weise gezüchteten Reinkultur dient

a) Prüfung auf Gestalt und Beweglichkeit,
b) die Agglutinationsprobe (s. B. 1),
c) Züchtung auf 1. Bouillon, 2. schräg erstarrter Gelatine, 3. Neutralrot-Traubenzuckeragar, 4. Lackmusmolke,

d) Züchtung auf Kartoffeln,
e) „ „ Gelatineplatten,
f) der PFEIFFERsche Versuch

} kommen nur in Frage, wenn Zweifel bleiben oder die Typhuskolonie aus Wasser, Dung oder einem anderen ungewöhnlichen Medium stammt.

Von jeder festgestellten Typhuskultur ist mindestens eine höchstens 20stündige Reinkultur auf schräg erstarrtem, alkalischem Fleischwasserpeptonagar durch Zuschmelzen des Röhrchens luftdicht zu verschließen und für die spätere Nachprüfung, vor Licht geschützt, einen Monat lang bei Zimmertemperatur aufzubewahren.

B. Agglutinationsprobe.

Diese dient:

1. a) Zur orientierenden Vorprüfung einer verdächtigen Kolonie (s. oben unter 4), sowie
   b) zur endgültigen Bestimmung der aus ihr herausgezüchteten Reinkultur: Von einem agglutinierenden Typhusserum mit bekanntem, hohem Titer mischt man 0·05 ccm mit 4·95 Kochsalzlösung (= 1:100) in einem Reagenzröhrchen, legt hiervon weitere Verdünnungen 1 : 200,

400, 800 usw. bis zur Titergrenze an und reibt in je 1 ccm dieser Verdünnungen 1 Öse 18stündige Kultur hinein. Tritt bei 37° nach längstens 3 Stunden Agglutination bis nahe an die Titergrenze ein, so handelt es sich um Typhus; wenn nicht trotz charakteristischen kulturellen Verhaltens, so kann der Stamm zu den schwer agglutinablen gehören und ist nach einigen, auf Agar fortgezüchteten Generationen nochmals zu prüfen.

2. Zur Prüfung des Serums eines typhusverdächtigen Menschen auf Typhus-Agglutinine (Widalsche Reaktion): Von dem (nach obiger Vorschrift, S. 785, gewonnenen) Blutserum werden 0·2 ccm mit 1·8 ccm Kochsalzlösung (= 1 : 10) gemischt, davon weitere Verdünnungen 1:50, 1 : 100, 1 : 150 und 1 : 300 hergestellt und in je 1 ccm jeder Verdünnung 1 Öse 18stündige Kultur verrieben. Tritt bei 37° nach längstens 3 Stunden bei 1 : 100 Agglutination ein, so hat der Untersuchte Typhus oder eine solche Infektion überstanden. Nur bei Pneumonie und Ikterus kann die Reaktion auch positiv ausfallen, ohne daß eine Typhus-Infektion vorliegt. Ferner können Typhus-Agglutinine als Mitagglutinine bei einer Erkrankung an Paratyphus entstehen; liegt Anlaß zu einem solchen Verdacht vor, so ist das Serum auch mit Paratyphusbazillen zu prüfen und festzustellen, für welche Bakterien ein stärkerer Agglutiningehalt besteht; event. ist der Castellanische Versuch anzustellen. — Bleibt die Reaktion trotz dringenden Verdachts der Typhus-Infektion aus, so kann entweder die Untersuchung verfrüht sein (— in der ersten Krankheitswoche bilden 30% der Patienten noch kein Agglutinin —) und muß später wiederholt werden; oder es werden ausnahmsweise überhaupt keine Agglutinine gebildet.

C. Pfeifferscher Versuch.

S. serologischen Teil, S. 787.

III. Beurteilung des Befundes.

Eine vorläufige Diagnose auf Typhus kann gestellt werden bei charakteristischer Beschaffenheit der Kolonien auf dem v. Drigalski-Conradischen Nähragar (s. unten) und bei positivem Ausfall der Agglutinationsprobe im hängenden Tropfen. Derartige Fälle sind unter Vorbehalt sofort als Typhus zu melden.

Zur endgültigen Feststellung des Typhus ist der positive Ausfall der sämtlichen unter II A und B angeführten Proben ausreichend; bestehen nach Vornahme dieser Proben noch Zweifel über die Art der gezüchteten Bakterien, so ist der Pfeiffersche Versuch vorzunehmen.

Zeigt das Serum der untersuchten Person in einer Verdünnung von 1 : 100 mit Typhus- oder Paratyphusbazillen positive Reaktion, so ist der Fall als typhusverdächtig zu melden, wenn auch nur geringe Krankheitserscheinungen vorliegen oder ein Zusammenhang mit Typhusfällen nachweisbar ist.

Anhang: Nährbodenbereitung.

I. Herstellung des Nährbodens zum Nachweis der Typhusbazillen nach v. Drigalski-Conradi (berechnet auf 2 Liter).

1·5 kg fettfreies gehacktes Pferdefleisch werden 24 Stunden mit 2 Liter kaltem Wasser ausgezogen. Das abgepreßte Fleischwasser wird 1 Stunde

gekocht, dann filtriert und mit 20 g Pepton sicc. Witte, 20 g Nutrose, 10 g Kochsalz versetzt. Darauf wieder gekocht und filtriert. Dann werden 60—70 g zerkleinerten Stangenagars zugesetzt. Die Lösung wird 3 Stunden lang im Dampftopf gekocht, schwach gegen Lackmuspapier alkalisiert, filtriert und wieder $^1/_2$ Stunde gekocht. Nachdem die Lösung etwas abgekühlt ist, wird sie mit 300 ccm Lackmus-Milchzuckerlösung (Lackmuslösung von O. KAHLBAUM, Berlin, 300 ccm 10 Minuten gekocht, dazu Milchzucker 30 g abermals 10 Minuten kochen) versetzt, gut umgeschüttelt und dazu soviel einer sterilen Lösung von 10% wasserfreier Soda in Wasser zugesetzt, daß der beim Schütteln entstehende Schaum blauviolett wird. Dann fügt man noch 20 ccm frisch bereiteter Lösung von 0·1 g Kristallviolett B (Höchst) in 100 ccm warmer steriler Aqu. dest. hinzu. Die fertige Mischung wird in Mengen von etwa 200 ccm in ERLENMEYERschen Kölbchen aufbewahrt und zum Gebrauch nach Erwärmen in PETRIsche Doppelschalen gegossen.

Auf diesem DRIGALSKI-CONRADIschen Agar wachsen Typhuskolonien 1—3 mm groß, blau, glasig, nicht doppelt konturiert, tautropfenähnlich, ebenso Paratyphus-Kolonien. Colikolonien, 2—6 mm, leuchtend rot, nicht durchsichtig.

II. Bereitung des Neutralrotagars.

Zu 100 g gewöhnlichen oder besser noch 0·5%igem Nähragars werden 0·3 g Traubenzucker und 1 ccm einer kalt gesättigten wäßrigen Lösung von Neutralrot hinzugesetzt.

Typhusbazillen lassen die Farbe des Agars unverändert und bilden kein Gas, bei den Coliarten tritt Verfärbung des Agars unter Bildung eines gelbgrünen fluoreszierenden Farbstoffes und Vergärung des Traubenzuckers unter Gasbildung ein.

III. Bereitung der Lackmusmolke.

Milch wird mit der gleichen Menge Wasser verdünnt, schwach erwärmt, und dann mit so viel schwacher Salzsäure versetzt, daß alles Kasein ausfällt. Ein Überschuß von Salzsäure ist zu vermeiden. Abfiltrieren vom Niederschlag, das Filtrat genau mit Sodalösung neutralisieren, 1—2 Stunden im Dampf kochen, wieder filtrieren und mit Lackmustinktur versetzen, so daß die Flüssigkeit im Reagenzglas einen neutral violetten Farbenton zeigt. Besser ist die von SEITZ empfohlene künstliche Lösung von 20 g Milchzucker, 0·4 Traubenzucker, 0·5 Dinatriumphosphat, 2·0 dreibasisches Natriumzitrat, 1·0 Ammonsulfat, 5·0 Kochsalz, 0·05 Wittepepton, 0·25 Azolithmin (Kahlbaum), 1000 Aqu. dest. Nicht über $^1/_2$ Stunde bei 100° sterilisieren. — Typhusbazillen bilden nur ganz wenig (höchstens 3% $^1/_{10}$ Normalsäure) Säure, Coli reichliche Mengen.

Von manchen Autoren wird statt des v. DRIGALSKI-CONRADIschen Nährbodens oder neben diesem der ENDOsche Nährboden verwendet.

Bereitung: 1 Liter 3%iger Agar, neutralisiert und mit 10ccm 10%iger Sodalösung alkalisiert, wird versetzt mit 10 g chemisch reinem Milchzucker und 5 ccm gesättigter alkoholischer filtrierter Fuchsinlösung; dann mit 25 ccm frisch bereiteter 10%iger Natriumsulfidlösung. Aufbewahrung des heiß rosa gefärbten, kalt ganz oder fast farblosen Nährbodens im Dunkeln. Ausgießen und Besäen wie bei DRIGALSKI-Nährboden.

Besichtigung nach 20—24 Stunden bei 37°. Typhus- und Paratyphuskolonien farblos, Colikolonien intensiv rot gefärbt.

Nach Löffler empfiehlt sich besonders folgendes Verfahren:

Zunächst Züchtung auf Bouillonnutroseagar mit Zusatz von 3% Rindergalle und 1·9% einer 0·2%igen Lösung von „Malachitgrün cryst. chem. rein (Höchst)". Typhuskolonien nach 20—24 Stunden kleine matte Fleckchen, mikroskopisch von eigenartig geschnörkeltem Wachstum mit ausgesprochener Furchenbildung. Colikolonien spärlich und kümmerlich gewachsen.

Darauf Überimpfen der verdächtigen Kolonien in kleine Röhrchen mit je 3 ccm „Typhuslösung I" (Nutrose 1%; Pepton 2%; Traubenzucker 1%; Milchzucker 5%; Malachitgrün 120 Höchst, 2%ige Lösung, 3%; Normalkalilauge 1·6%). In dieser Lösung tritt nach etwa 20 Stunden durch Typhusbazillen Gerinnung auf. Endgültige Bestätigung durch Prüfung der aus dem Röhrchen gewonnenen Reinkultur mit Agglutination usw.

Bei Paratyphusverdacht werden die verdächtigen Kolonien in „Paratyphuslösung" gebracht (Nutrose, Pepton, Milchzucker wie oben; 1·5% Normalkalilauge und 3 ccm einer 2%igen Malachitgrün 120-Lösung). Paratyphus bewirkt keine Gärung, aber allmähliche Entfärbung (helles Gelb); Coli vergärt, Typhus läßt unverändert. Endgültige Differenzierung mittels spezifischer Sera.

2. *Bazilläre Dysenterie.*

1. Stuhl. a) Mikroskopisch: Untersuchung von Schleim- oder Eiterflöckchen auf plumpe, in oder neben (zahlreichen) Leukozyten liegende Stäbchen

b) Kulturell: In sterilem Wasser abgespülte Schleim- oder Eiterflöckchen werden auf Drigalski-Platten oben angegebener Zusammensetzung (s. S. 794), aber ohne Kristallviolett, ausgestrichen. Nach 24—48 Stunden werden verdächtige, typhusähnliche Kolonien im hängenden Tropfen untersucht und ihre Agglutinierbarkeit mit Kruse-, Flexner- und Y-Serum vorgeprüft. Unbewegliche und event. positiv reagierende Kolonien werden auf Schrägagar, Milch, Neutralrotagar, Lackmusmolke, Lackmusnutrose-Mannit-, -Maltose- und -Rohrzucker-Agar übergeimpft. Die Differentialdiagnose ist dann nach folgender Tabelle ermöglicht:

	Lackmus-Nutrose-Agar		
	Mannit	Maltose	Rohrzucker
Ruhr Kruse	blau	blau	blau
„ Flexner	rot	rot	rot
„ Y	rot	blau	blau

Von der Schrägagarkultur wird gemäß dem Ausfall der orientierenden Vorprüfung die quantitative Agglutination wie bei Typhus ausgeführt. Kruse-Serum agglutiniert nur Kruse-Bazillen, Pseudodysenterie-Serum niemals Kruse-Bazillen, aber meist außer der zugehörigen Pseudorasse auch, obschon weniger hoch, andere Pseudodysenterie-Rassen.

Schließlich kann auch der Tierversuch zur Differentialdiagnose verwertet werden: 1 Öse Kultur des Kruse-Bazillus tötet nach intravenöser Injektion Kaninchen unter Lähmungen, während die Pseudobazillen keine Wirkung ausüben.

2. Blutserum des Kranken. Gewinnung des Serums, Technik usw. wie bei Typhus. Doch gilt schon Agglutination bei 1 : 50 als positiv. Die Reaktion

tritt vom 5. Krankheitstage an auf und ist nur bei echter Dysenterie sicher, da Pseudodysenterie-Bazillen oft auch durch normales Serum hoch agglutiniert werden.

Nach dem Vorgange von LENTZ und UHLENHUTH kann man für die Untersuchung auf Typhus, Paratyphus und Ruhr die verschiedenen Verfahren folgendermaßen kombinieren:

Von dem mit Kochsalzlösung verrührten Stuhl wird 1 Tropfen auf einer ENDO- oder DRIGALSKI-Platte und 6—8 Tropfen auf einer Malachitgrün-Platte nacheinander mit demselben Spatel verteilt. Trocknen; 20—24 Stunden, 37°. Ergibt die ENDO- bzw. DRIGALSKI-Platte kein positives Resultat, so wird die Malachitgrün-Platte mit so viel Kochsalzlösung übergossen, daß die Oberfläche eben bedeckt ist, dann 10 Minuten stehen gelassen und hierauf 15 Minuten schräg gestellt. Von der Oberfläche der Kochsalzlösung werden danach mit einem Spatel aus 1 Tropfen zwei neue ENDO-Platten angelegt.

Nach 24—48 Stunden wird auf einem Objektträger in eine Reihe je 1 Tropfen Typhus-, Paratyphus A- und B-, Ruhrserum (1 : 100) und Kochsalzlösung mittels Platinöse aufgebracht, Proben der verdächtigen Kolonien darin verrieben und nach 1 Minute mit Lupe betrachtet. Der Rest der Agglutination zeigenden Kolonien wird auf Schrägagar, Milch, Neutralrotagar, Lackmusmolke, Lackmusmannit, event. noch auf 2% Traubenzuckerbouillon, Lackmus-Nutrose-Milchzucker (Barsiekow I) und Lackmus-Nutrose-Mannit (B. II), Kartoffeln und LANGES Nährboden (s. S. 661) verimpft. Endgültige Entscheidung durch quantitative Agglutination der Schrägagarkulturen, event. PFEIFFERschen Versuch.

3. *Cholera.*[1]

Anweisung zur Entnahme und Versendung choleraverdächtiger Untersuchungsobjekte.

A. Entnahme des Materials.

a) Vom Lebenden.

Etwa 50 ccm der Ausleerungen[2] werden ohne Zusatz eines Desinfektionsmittels oder auch nur von Wasser aufgefangen. Ferner wird auf eine Anzahl Deckgläschen — von jeder Probe 6 — je ein kleines Tröpfchen der Ausleerungen, womöglich ein Schleimflöckchen, gebracht, mit einer Skalpellspitze fein verteilt und dann mit der bestrichenen Seite nach oben zum Trocknen hingelegt (Ausstrichpräparate). Endlich empfiehlt es sich, gleich an Ort und Stelle drei schräg erstarrte Agarröhrchen (ein Original und zwei Verdünnungen) mit einer Öse des Darminhalts oberflächlich zu impfen und mitzusenden. Die hierzu erforderlichen Agarröhrchen sind von der nächsten Untersuchungsstelle zu beziehen.

Frisch mit Ausleerung beschmutzte Wäschestücke werden wie Proben von Ausleerungen behandelt.

Handelt es sich um nachträgliche Feststellung eines abgelaufenen choleraverdächtigen Falles, so kann diese durch Untersuchung einer Blutprobe vermittelst des PFEIFFERschen Versuchs und der Agglutinationsprobe geschehen.

---

[1] Siehe: „Anweisung des Bundesrates zur Bekämpfung der Cholera".

[2] Ist keine freiwillige Stuhlentleerung zu erhalten, so gelingt es in der Regel, sie durch Einführung von Glyzerin zu bewirken.

Man entnimmt mindestens 3 ccm Blut durch Venenpunktion am Vorderarm oder mittels keimfreien Schröpfkopfes und sendet es in einem keimfreien zugeschmolzenen Reagenzglas ein. Scheidet sich das Serum rasch ab, so kann zur besseren Haltbarmachung Phenol im Verhältnisse von 1 : 200 hinzugesetzt werden: z. B. 0·1 ccm einer 5%igen Lösung von Karbolsäure auf 0·9 ccm Serum.

b) Von der Leiche

Die Öffnung der Leiche ist sobald als möglich nach dem Tode auszuführen und in der Regel auf die Eröffnung der Bauchhöhle und Herausnahme von drei Dünndarmschlingen zu beschränken. Zu entnehmen und einzusenden sind drei doppelt unterbundene 15 cm lange Stücke, und zwar aus dem mittleren Teile des Ileum, etwa 2 cm oberhalb sowie unmittelbar oberhalb der Ileokökalklappe. Besonders wertvoll ist das letztbezeichnete Stück, welches daher bei der Sendung niemals fehlen sollte.

B. Auswahl und Behandlung der zur Aufnahme des Materials bestimmten Gefäße.

Am geeignetsten sind starkwandige Pulvergläser mit eingeschliffenem Glasstöpsel und weitem Halse, in ihrer Ermangelung Gläser mit glattem zylindrischen Halse, welche mit gut passenden, frisch ausgekochten Korken zu verschließen sind.

Die Gläser müssen vor dem Gebrauche frisch ausgekocht, dürfen dagegen nicht mit einer Desinfektionsflüssigkeit ausgespült werden.

Nach der Aufnahme des Materials sind die Gläser sicher zu verschließen, der Stöpsel ist mit Pergamentpapier zu überbinden; auch ist an jedem Glase ein Zettel fest aufzukleben oder sicher anzubinden, der genaue Angaben über den Inhalt unter Bezeichnung der Person, von welcher er stammt, und über die Zeit der Entnahme (Tag und Stunde) enthält.

C. Verpackung und Versendung.

In eine Sendung dürfen immer nur Untersuchungsmaterialien von einem Kranken oder einer Leiche gepackt werden. Ein Schein ist beizulegen, auf dem anzugeben sind: die einzelnen Bestandteile der Sendung, Name, Alter, Geschlecht des Kranken oder Gestorbenen, Ort der Erkrankung, Heimats- oder Herkunftsort bei den von auswärts zugereisten Personen, Krankheitsform, Tag und Stunde der Erkrankung und zutreffendenfalls des Todes. Zum Verpacken dürfen nur feste Kisten — keine Zigarrenkisten, Pappschachteln u. dgl. — benutzt werden. Deckgläschen werden in Fließpapier eingeschlagen und mit Watte in einem leeren Deckglasschächtelchen fest verpackt. Die Gläser und Schächtelchen sind in den Kisten mittels Holzwolle, Heu, Stroh, Watte u. dgl. so zu verpacken, daß sie unbeweglich liegen und nicht aneinander stoßen.

Die Sendung muß mit starkem Bindfaden umschnürt, versiegelt und mit der deutlich geschriebenen Adresse der Untersuchungsstelle sowie mit dem Vermerke „Vorsicht“ versehen werden.

Bei Beförderung durch die Post ist die Sendung als „dringendes Paket“ aufzugeben und der Untersuchungsstelle, an welche sie gerichtet ist, telegraphisch anzukündigen.

Bei der Entnahme, Verpackung und Versendung des Materials ist jeder unnütze Zeitverlust zu vermeiden, da sonst das Ergebnis der Untersuchung in Frage gestellt wird.

D. Versendung lebender Kulturen der Choleraerreger.

Die Versendung von lebenden Kulturen der Choleraerreger erfolgt in zugeschmolzenen Glasröhren, die, umgeben von einer weichen Hülle (Filtrierpapier und Watte oder Holzwolle), in einem durch übergreifenden Deckel gut verschlossenen Blechgefäße stehen; das letztere ist seinerseits noch in einer Kiste mit Holzwolle, Heu, Stroh oder Watte zu verpacken. Es empfiehlt sich, nur frisch angelegte Agarkulturen zu versenden.

Im übrigen sind die im Abschnitte C für die Verpackung und Versendung gegebenen Vorschriften zu befolgen.

Anleitung für die bakteriologische Feststellung der Cholera.

I. Untersuchungsverfahren.

1. Mikroskopische Untersuchung
   a) von Ausstrichpräparaten (wenn möglich von Schleimflocken). Färbung mit verdünnter Karbolfuchsinlösung (1 : 9);
   b) eines hängenden Tropfens, anzulegen mit Peptonlösung, sofort und nach halbstündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° frisch und im gefärbten Präparate zu untersuchen.
2. Gelatineplatten.
   Menge der Aussaat eine Öse (womöglich eine Schleimflocke), zu den Verdünnungen je drei Ösen. Zwei Serien zu je drei Platten anzulegen, nach 18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 22° bei schwacher Vergrößerung zu untersuchen, Klatsch- eventuell Ausstrichpräparate und Reinkulturen herstellen.
   (Wegen Zubereitung der Gelatine s. Anhang Nr. 1.)
3. Agarplatten.[1]
   Menge der Aussaat eine Öse, mit welcher die Oberflächen von drei Platten nacheinander bestrichen werden. Zur größeren Sicherheit ist diese Aussaat doppelt anzulegen. Es kann auch statt dessen so verfahren werden, daß eine Öse des Aussaatmaterials in 5 ccm Fleischbrühe verteilt und hiervon je eine Öse auf je eine Platte übertragen wird; in diesem Falle genügen drei Platten. Nach 12—18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° zu untersuchen wie bei 6. — Außerdem auf Blutagar nach Dieudonné und Esch.
   (Wegen Zubereitung des Agars und Blutagars s. Anhang Nr. 2.)
4. Anreicherung mit Peptonlösung
   a) in Röhrchen mit je 10 ccm Inhalt. Menge der Aussaat eine Öse, Zahl der Röhrchen 6; nach 6-, 12- und 18stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° mikroskopisch zu untersuchen; bei Entnahme der Probe darf das Röhrchen nicht geschüttelt werden; von einem Röhrchen, welches am meisten verdächtig ist, Cholerabakterien zu enthalten, werden für die weitere Untersuchung mit je einer von der Oberfläche der Flüssigkeit entnommenen Öse drei Peptonröhrchen geimpft und je eine Serie Gelatine- und Agarplatten angelegt. Die Peptonröhrchen sind vor der Impfung im Brütschranke bei 37° vorzuwärmen;

---

[1] Die Agarplatten müssen, ehe sie geimpft werden, eine halbe Stunde bei 37° im Brütschranke mit der Fläche nach unten offen gehalten werden.

b) im Kölbchen mit 50 ccm Peptonlösung. Menge der Aussaat 1 ccm Kot, Zahl der Kölbchen 1; nach 6-, 12- und 24stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° zu untersuchen wie bei a.

(Wegen Zubereitung von Peptonlösung s. Anhang Nr. 3.)

5. Anlegen von Reinkulturen.

Dasselbe erfolgt in der bekannten Weise, am besten von der Agarplatte aus, durch Fischen und Anlegen von Gelatinestichkulturen und Kulturen auf schräg erstarrtem Agar.

6. Prüfung der Reinkulturen

a) durch Prüfung der Agglutinierbarkeit (s. serologischer Teil);

b) durch den Pfeifferschen Versuch (s. serologischer Teil).

II. Gang der Untersuchung.

1. Bei dem ersten Krankheitsfall an einem Orte.

Es sind sämtliche Verfahren anzuwenden und zwar in folgender Reihenfolge: 1. Impfung der Peptonröhrchen, 2. Herstellung der mikroskopischen Präparate, 3. Anfertigung der Gelatine-, Agar- und Blutagarplatten, 4. Untersuchung der mikroskopischen Präparate, 5. Herstellung von Reinkulturen, 6. Prüfung derselben vermittelst des Agglutinations- sowie des Pfeifferschen Versuchs.

2. Bei den weiteren Krankheitsfällen ist ebenso wie bei ersten Fällen zu verfahren, jedoch sind statt sechs nur drei Peptonröhrchen, statt je zwei nur je eine Serie der Gelatine- und Agarplatten, statt letzterer eventuell auch Röhrchen mit schräg erstarrtem Agar zu impfen. Prüfung der verdächtigen Kolonien vermittelst des Agglutinationsversuchs.

3. Bei Ansteckungsverdächtigen und bei Genesenen.

Die mikroskopische Untersuchung fällt fort, falls nicht die Ausleerungen choleraartig sind. Statt der sechs Peptonröhrchen ein Peptonkölbchen (s. I. 4b). Von da aus Anlegen je einer Serie Gelatine- und Agarplatten. Prüfung der verdächtigen Kolonien vermittelst des Agglutinationsversuchs. Sonst wie bei 2.

4. Wasseruntersuchung.

Mindestens 1 Liter des zu untersuchenden Wassers wird mit einem Kölbchen (100 ccm) der Peptonstammlösung versetzt und gründlich durchgeschüttelt, dann in Kölbchen zu je 100 ccm verteilt und nach 8- und 12stündigem Verweilen im Brütschranke bei 37° in der Weise untersucht, daß mit Tröpfchen, welche aus der obersten Schicht entnommen sind, mikroskopische Präparate, und von demjenigen Kölbchen, an dessen Oberfläche nach Ausweis des mikroskopischen Präparats die meisten Vibrionen vorhanden sind, Peptonröhrchen, Gelatine- und Agarplatten angelegt und wie bei 1 weiter untersucht werden. Zur Prüfung der Reinkulturen Agglutinations- und Pfeifferscher Versuch.

III. Beurteilung des Befundes.[1]

Zu II. 1. (bei den ersten Krankheitsfällen).

Die Diagnose Cholera ist erst dann als sicher anzunehmen, wenn sämtliche Untersuchungsverfahren ein positives Ergebnis haben; wichtig ist

[1] In allen Fällen, in denen bei der Untersuchung der Verdacht entsteht, daß aus irgendeiner Veranlassung, z. B. infolge von Zusatz eines Desinfektionsmittels, das Untersuchungsmaterial nicht einwandfrei ist, muß sofort telegraphisch neues Material eingefordert werden.

namentlich eine hohe Agglutinierbarkeit (s. serolog. Teil), und der positive Ausfall des PFEIFFERschen Versuchs. Ergibt sich bei der mikroskopischen Untersuchung eine Reinkultur von Vibrionen in der charakteristischen Anordnung, und finden sich auf der Gelatineplatte Kolonien von typischem Aussehen, so kann die vorläufige Diagnose Cholera gestellt, vor Abgabe der endgültigen Diagnose muß aber das Ergebnis der ganzen Untersuchung abgewartet werden.

Zu II. 2. (bei den weiteren Krankheitsfällen).

Die Diagnose Cholera kann schon gestellt werden, wenn die mikroskopische Untersuchung, die Untersuchung der Kolonien in Gelatine und auf Agar und der Agglutinationsversuch im hängenden Tropfen positiv ausgefallen sind.

Gibt die Agglutinationsprobe im hängenden Tropfen nicht völlig einwandfreie Resultate, so ist die quantitative Bestimmung der Agglutinierbarkeit vorzunehmen, sobald eine Reinkultur von der verdächtigen Kolonie gewonnen worden ist.

Zu II. 3. (bei Ansteckungsverdächtigen und bei Genesenen).

Cholera ist bei Ansteckungsverdächtigen als nicht vorhanden anzusehen, wenn bei zwei, durch einen Tag voneinander getrennten Untersuchungen des Stuhlganges keine Cholerabakterien gefunden worden sind.

Genesene sind als nicht mehr ansteckungsfähig anzusehen, wenn dieselbe Untersuchung an drei, durch je einen Tag getrennten Tagen negativ ausgefallen ist.

Zu II. 4. (Wasser).

Etwa im Wasser nachgewiesene Vibrionen sind nur dann als Cholerabakterien anzusprechen, wenn die Agglutinierbarkeit eine entsprechende Höhe hat und der PFEIFFERsche Versuch positiv ausgefallen ist.

IV. Feststellung abgelaufener Cholerafälle.

Abgelaufene choleraverdächtige Krankheitsfälle lassen sich feststellen durch Untersuchung des Blutserums der Erkrankten. Aus dem vermittelst Schröpfkopfs oder Venenpunktion am Vorderarme gewonnenen Blute stellt man mindestens 1 ccm Serum her und macht damit verschiedene abgestufte Verdünnungen mit 0·8% Kochsalzlösung behufs Prüfung auf agglutinierende Eigenschaften gegenüber einer bekannten frischen Cholerakultur und behufs Anstellung des PFEIFFERschen Versuchs (s. serolog. Teil).

Anhang.

1. Bereitung der Gelatine.

a) Herstellung von Fleischwasserpeptonbrühe: $^1/_2$ kg in Stücken gekauftes und im Laboratorium zerkleinertes fettfreies Rindfleisch wird mit 1 Liter Wasser angesetzt, 24 Stunden lang in der Kälte oder 1 Stunde lang bei 37° digeriert und durch ein Seihtuch gepreßt. Von diesem Fleischwasser wird 1 Liter mit 10 g Peptonum siccum Witte und 5 g Kochsalz versetzt, $^1/_2$ Stunde lang gekocht, mit Sodalösung alkalisch gemacht, $^3/_4$ Stunde lang gekocht und filtriert.

b) Herstellung der Gelatine: Zu 1 Liter Fleischwasserpeptonbrühe werden 100 g Gelatine gesetzt, bei gelinder Wärme gelöst, alkalisch gemacht — die erforderliche Alkaleszenz wird erreicht, wenn nach Herstellung des Lackmusneutralpunkts auf 100 ccm Gelatine 3 ccm einer

10%igen Lösung von kristallisiertem, kohlensaurem Natrium zugesetzt werden —, $^3/_4$ Stunden lang in strömendem Dampfe erhitzt und filtriert.

2. Bereitung des Agars.
   a) Herstellung von Fleischwasserpeptonbrühe: Wie zu 1a.
   b) Herstellung des Agars: Zu 1 Liter Fleischwasserpeptonbrühe werden 30 g Agar hinzugesetzt, alkalisiert wie bei 1b, entsprechend lange gekocht und filtriert.
   c) Blutagar: Defibriniertes Rinderblut + Normalkalilauge āā wird $^1/_2$ Stunde im Dampftopf sterilisiert; davon 30 Teile zu 70 Teilen neutralen Nähragars gegeben und in Schalen ausgegossen. Der Nährboden wird im Brütschrank betrocknet. Nach 24 Stunden können Ausstriche darauf gemacht werden (bei früherem Gebrauch würde NH_3 die Entwickelung hemmen). (Dieudonné.) Ein bereits nach 1stündigem Trocknen verwendbarer Nährboden ist der Eschsche, der folgendermaßen hergestellt wird: 5 g Hämoglobin (Merck-Darmstadt) im Mörser verreiben, im Kolben unter Erwärmen lösen, in 15 ccm Normal NaOH + 15 ccm Aq. dest. 1 Stunde sterilisieren und 15 ccm davon mit 85 ccm neutralem Nähragar mischen. — Diese Nährböden befördern das Wachstum der Choleravibrionen, während das Wachstum der gewöhnlichen Darmflora gehemmt wird.

3. Bereitung der Peptonlösung.
   a) Herstellung der Stammlösung: In 1 Liter destilliertem, sterilisiertem Wasser werden 100 g Peptonum siccum Witte, 100 g Kochsalz, 1 g Kaliumnitrat und 2 g kristallisiertes kohlensaures Natrium in der Wärme gelöst, die Lösung wird filtriert, in Kölbchen zu je 100 ccm abgefüllt und sterilisiert.
   b) Herstellung der Peptonlösung: Von der vorstehenden Stammlösung wird eine Verdünnung von 1 + 9 Wasser hergestellt und zu je 10 ccm in Röhrchen und zu je 50 ccm in Kölbchen abgefüllt und sterilisiert.

4. Pest.[1]

Anleitung für die bakteriologische Feststellung der Pestfälle.

I. Gewinnung des zur Untersuchung geeigneten Materials.

A. Vom Lebenden.

1. Aus erkrankten Drüsen:
   a) frischer Bubo:
      Gewinnung von Gewebssaft durch breiten Einschnitt (unter antiseptischen Kautelen) oder durch Punktion mittels Pravazscher Spritze.
   b) vereiterter Bubo:
      Gewinnung des Eiters wie bei a.

Es ist von großem Werte, die Untersuchung von Saft frisch erkrankter Drüsen vorzunehmen, da in vereiterten Bubonen die Pestbazillen nur noch selten nachzuweisen sind — am besten noch durch das Kulturverfahren (Agar und Gelatine) und den Tierversuch.

2. Blut:
   Gewinnung durch Stich mit sterilisierter Lanzette in die vorher mit Seife, Alkohol und Äther gereinigte Haut (Fingerspitze, Ohrläppchen usw.).

---

[1] Aus der „Anweisung des Bundesrats zur Bekämpfung der Pest" 1905.

Größere Mengen von Blut zur Gewinnung von Serum für die Agglutinationsprobe (zwecks Feststellung überstandener Pest) werden durch Venenpunktion am Vorderarm oder sterilen Schröpfkopf gewonnen.

Anmerkung zu 2. Die mikroskopische Untersuchung des Blutes genügt nur in seltenen Ausnahmefällen zur Diagnosestellung. Die Entnahme von Blutproben zur kulturellen Untersuchung ist mit Rücksicht auf den wechselnden Gehalt des Blutes an Pestkeimen mehrmals, wenn möglich auch an verschiedenen Tagen, zu wiederholen.

3. Von erkrankten Hautstellen: primäre Pestpustel, Furunkel, pustulöses Exanthem.

Gewinnung des Inhalts mittels Glaskapillaren, Platinöse, schmalen Platinspatels, Messerspitze oder dgl.

4. Ausscheidungen:

Auswurf bei primärer Lungenpest, Pneumonie und terminalem Lungenödem schwerer Septikämien;

bei krankhaften Zuständen der Rachenorgane Abstriche von der Oberfläche der Schleimhaut;

Harn.

Anmerkung zu 4. Die Untersuchung des Harns ist nicht zu vernachlässigen, wenn kein anderes Untersuchungsmaterial erhältlich ist.

B. Von der Leiche.

Vorbemerkung. Die Sektion hat zu geschehen, während die Leiche im abgedichteten Sarge liegt. Jede Verunreinigung der Umgebung durch Gewebsflüssigkeit ist sorgfältig zu vermeiden.

Eine vollständige Sektion ist besonders bei den ersten Fällen in einer Ortschaft möglichst zu umgehen. Am besten wird zunächst an Ort und Stelle eine mikroskopische Untersuchung von Drüsen- oder Milz- oder Lungensaft ausgeführt. Sobald Pestbazillen in erkrankten Drüsen oder in der Milz oder in der Lunge mikroskopisch nachgewiesen sind, ist möglichst auf die weitere Sektion zu verzichten.

Falls die mikroskopische Untersuchung der genannten Organe an Ort und Stelle keine sicheren Anhaltspunkte für Pest ergeben hat, ist die vollständige Sektion auszuführen und dabei besonders auf das Verhalten der Rachenorgane sowie aller, auch der versteckt liegenden Drüsengruppen, ferner auf das Vorhandensein von Blutungen (besonders in der Schleimhaut des Verdauungskanals und in den serösen Überzügen des Herzens), eventuell auch auf das Bestehen einer Hirnhautentzündung zu achten. Es empfiehlt sich, auch eine bakteriologische Untersuchung der Galle in diesen Fällen vorzunehmen.

In jedem Falle werden Organe zur weiteren Verarbeitung mittels des Kulturverfahrens bzw. Tierversuchs in gut verschlossenen Gefäßen mitgenommen, ebenso kleine Organstückchen in Alkohol oder Sublimatalkohol.

Nach vollendeter Sektion ist der Sarg in Gegenwart des Obduzenten sofort zu verschließen, etwa verspritzte Gewebsflüssigkeit durch verdünntes Kresolwasser (Desinfektionsanweisung Ia 1) unschädlich zu machen, und sind die zur Sektion benutzten Instrumente durch Auskochen zu reinigen, Tücher, Schwämme usw. zu desinfizieren, oder, wenn wertlos, zu vernichten.

1. Aus Mund und Nase hervorgequollene Flüssigkeit.
2. Pusteln und Furunke der Haut.

3. Drüsensaft, Drüseneiter oder Ödemflüssigkeit aus der Umgebung der Drüse, Drüsenstückchen.

Zu gewinnen durch Einschnitt in erkrankte Drüsenpakete, vorzugsweise solche, welche starke entzündliche Durchtränkung des umgebenden Bindegewebes zeigen. Besonders zu achten ist auf blutig infiltrierte Drüsen.

Anmerkung zu 3. In Betracht kommen in erster Linie die Drüsen am Oberschenkel und in der Leistengegend, der Achselhöhle, der Unterkiefer- und Nackengegend sowie des Beckens; unter Umständen sind auch die Gekröse- und Bronchialdrüsen, sowie alle übrigen Drüsengruppen zu untersuchen.

4. Herzblut.

5. Lunge.

Abstrich von der Schnittfläche bei ödematöser oder pneumonisch infiltrierter Lunge; Inhalt der Luftröhre und ihrer Verzweigungen; Lungenstückchen.

6. Milz.

Abstrich von der Schnittfläche; Milzsaft; Milzstückchen.

7. Gehirn.

Krankhaft veränderte Stellen des Hirns und seiner Häute.

8. Herdförmige Erkrankungen der inneren Organe (metastatische Abszesse, Infarkte, Blutungen usw.).

II. Gang der Untersuchung.

Bei jeder Untersuchung auf Pest ist außer der Untersuchung durch das Mikroskop und der Kultur auf Agar und Gelatine möglichst stets der Tierversuch heranzuziehen. Derselbe ist unerläßlich, wenn es sich um die Feststellung des ersten Falles in einer Ortschaft handelt.

A. Mikroskopische Untersuchung.

Von dem zu untersuchenden Materiale sind zunächst reichlich Deckglaspräparate anzufertigen. Ein Teil derselben wird unfixiert und ungefärbt in einem Deckglasschächtelchen aufbewahrt, um bei etwaiger Nachprüfung des Untersuchungsergebnisses benutzt zu werden. Die anderen Ausstriche werden nach einer der folgenden Färbungsmethoden behandelt und ebenfalls für spätere Nachprüfung aufgehoben.

Färbung:

Mit Methylenblau — alkalisches M. nach Löffler, Boraxmethylenblau (5% Borax, 2% Methylenblau in Wasser), — verdünnter Ziehlscher Lösung. Gentianaviolett.

Charakteristische Polfärbung:

Trockenpräparate 25 Minuten in absolutem Alkohol oder für wenige Sekunden in einer Mischung von Äther und Alkohol zu gleichen Teilen härten, dann mit einem der genannten Farbstoffe färben.

B. Kultur.

1. Fleischwasseragar (0·5% Kochsalz, 1% Pepton):

Schwach alkalisch, nicht zu trocken, zu Platten ausgegossen oder in weiten Reagenzgläsern schräg erstarrt; Temperaturoptimum etwa 30°.

Anzuwenden bei Blut und anderem möglichst reinen Untersuchungsmateriale.

2. Blutserum nach LOEFFLER:

Rinderserum mit dem 4. oder 5. Teile einer 1% Traubenzucker enthaltenden alkalisierten Peptonbouillon, in weiten Röhrchen schräg oder in Platten erstarrt.

Anzuwenden wie Agar.

3. Fleischwassergelatine (0·5% Kochsalz, 1% Pepton):

Schwach alkalisch, Platten gießen oder Ausstrich auf der Oberfläche der erstarrten Platte.

Anwendung in jedem Falle erforderlich, besonders wertvoll bei Material, das mikroskopisch andere Bakterien neben Pestbazillen enthält, z. B. Sputum, Urin, Kot, Leichenteile.

Bei stark verunreinigtem Material ist die Züchtung auf Gelatine bei niederer Temperatur (Eisschrank) zu versuchen.

Aus den Originalausstrichen sind die Pestbazillen rein zu züchten und Reinkulturen derselben auf Agar oder LOEFFLERschem Blutserum zur Nachprüfung aufzubewahren.

Zur genaueren Bestimmung einer auf den unter 1—3 genannten Nährböden aus verdächtigem Materiale gezüchteten Kultur dient Prüfung auf Beweglichkeit (unbeweglich), Färbung nach GRAM (Entfärbung), Züchtung auf Agar mit 3% Kochsalzgehalt (zur Darstellung von Involutions- und Degenerationsformen) in schwach alkalischer Bouillon (zur Darstellung der Ketten), eventuell Gärungsprobe (keine Gasentwickelung); Tierversuch siehe C; Agglutinationsprobe siehe serolog. Teil.

C. Tierversuch

(nur in den vorschriftsmäßig eingerichteten Pestlaboratorien vorzunehmen).

1. Zur Erleichterung der Diagnose:

Impfung von Ratten. Die Impfung geschieht durch Einspritzung von Gewebssaft unter die Haut oder Einbringung eines Stückchens des verdächtigen Materials in eine Hauttasche unter antiseptischen Kautelen. Bei stark verunreinigtem Ausgangsmaterial ist daneben die Verimpfung auf die unverletzte Konjunktiva und die Verfütterung vorzunehmen.

Neben den Ratten können auch Meerschweinchen benutzt werden. Die Impfung derselben geschieht am besten durch Einreiben des zu untersuchenden Materials auf die rasierte Bauchhaut.

2. Zur Bestimmung einer aus verdächtigem Material gezüchteten Reinkultur.

Impfung von Ratten.

Die Versuchstiere sind am zweckmäßigsten in hohen, in Wasserdampf sterilisierbaren Glasgefäßen mit Drahtumhüllung und fest anschließendem Drahtdeckel mit Watteabschluß unterzubringen. Die Kadaver sind durch Verbrennen oder Auflösen in konzentrierter Schwefelsäure zu vernichten, bzw. durch längere Einwirkung von Wasserdampf sicher unschädlich zu machen, die infizierten Käfige mit den Streumaterialien und Futterresten durch Wasserdampf zu sterilisieren.

Die verendeten Tiere sind unter Beobachtung peinlicher Vorsichtsmaßregeln gegen Verspritzen des Materials zu sezieren. Blut, Milz, Drüsensaft, Peritonealexsudat sind mikroskopisch und kulturell zu untersuchen.

D. Agglutinationsprobe s. Serolog. Teil.

5. Genickstarre.

1. Mikroskopische Diagnose.

Ausstrichpräparate von Lumbalpunktionsflüssigkeit, womöglich von eitrigen Flöckchen, eventuell nach Zentrifugieren. Färbung mit LOEFFLERS Methylenblau und nach GRAM.

Die Meningokokken liegen zum größten Teil in den Leukozyten und sind streng gramnegativ. — In Fällen von epidemischer Genickstarre kommen zuweilen neben dem Meningococcus, bei nicht epidemischer Genickstarre auch allein, andere ähnliche Kokken in den Ausstrichpräparaten aus Lumbalflüssigkeit vor z. B. der Diplococcus crassus. Dieser ist plumper, größer und runder, ferner fast stets grampositiv (nur vereinzelte Exemplare können gramnegativ sein).

Ausstrichpräparate von Rachenschleim sind meist zwecklos; nur ausnahmsweise liefern sie entscheidende Resultate.

2. Züchtung.

Der beste Nährboden ist Ascitesagar; ein Teil Ascites vom Menschen (steril aufgefangen oder durch BERKEFELD-Filter filtriert) und 2 Teile 3%iger Nähragar.

Der Nährboden wird in PETRI-Schalen ausgegossen. Das zu untersuchende Material (Lumbalflüssigkeit oder Rachenschleim) wird auf der Platte ausgestrichen. Die Untersuchung, besonders des Rachenschleims, muß möglichst bald — wenige Stunden — nach der Entnahme geschehen. Nach 20 bis 24 Stunden werden die gewachsenen Kolonien untersucht. Die Meningokokkenkolonien sind etwa 2—4 mm groß, kreisrund, hell durchscheinend schleierartig; bei schwacher Vergrößerung erscheinen die tiefliegenden oval, gelbbraun, grob granuliert, die oberflächlichen fast strukturlos feinkörnig, glattrandig, leicht gelblich, mit nicht wesentlich dunklerem Zentrum. (Die Kolonien des Dipl. crassus sind kleiner, weißgrau, kompakter, bei schwacher Vergrößerung braun, granuliert.) Im Ausstrichpräparat liegen die rein gezüchteten Kokken häufig zu vieren und sind von etwas unregelmäßiger Größe und Färbbarkeit; auch in den Reinkulturen sind sie dauernd streng gramnegativ.

Verwechselung ist möglich mit verschiedenen „Pseudomeningokokken", die sich häufig durch Wachstum bei Zimmertemperatur und durch ausgesprochen gelbe Farbe unterscheiden. In den meisten Fällen, besonders wenn die Kokken aus dem Rachenschleim gezüchtet sind, ist die Agglutinationsprobe mit Meningokokkenserum (zu beziehen vom Berliner Inst. f. Infektionskrankh., von MERCK, Darmstadt oder RIEDEL, Berlin) notwendig. Ausführung wie bei Cholera und Typhus, nur werden die Röhrchen erst nach 24 Stunden bei 55° (bei 37° kommen auch Pseudomeningokokken zur Agglutination) beobachtet. Positiver Grenzwert ungefähr 1 : 50, jedoch vom Titer des Serums abhängig. Kontrolle des verdächtigen Stammes mit Kochsalzlösung, möglichst auch mit normalem Serum, sowie Kontrolle des Serums mit einem zweifellosen Meningokokkenstamm ist unerläßlich. — Eine Unterscheidung der Diplokokken ist ferner ermöglicht durch ihr Verhalten

1. in Lackmus-Zuckernährböden (10%ige Zuckerlösungen in Lackmuslösung (KAHLBAUM) 2 Minuten gekocht, zu je 10 ccm nach Abkühlen 0·5% Normalsodalösung gesetzt, davon 1·5 ccm zu 13·5 ccm Gemisch von 3 Teilen 3% Nähragar + 1 Teil Aszites). Es zeigt nämlich:

	Säurebildung und Gärung in			
	Maltose	Dextrose	Lävulose	Laktose
Meningococcus . .	+	+	0	0
Dipl. catarrhalis .	0	0	0	0
Dipl. crassus . . .	+	+	+	+
Gonococcus . . .	0	+	0	0

2. in gallensauren Salzen. 2·5%ige Lösung von Natrium taurocholicum (Merck) in Bouillon wird zu gleichen Teilen mit der fraglichen Bouillonkultur gemischt und geschüttelt. Bei Meningokokken, Gonokokken und Pneumokokken Lösung, bei Diplococcus crassus und Streptokokken keine Veränderung. Auch als orientierende Vorprobe im hängenden Tropfen anwendbar.

3. Untersuchung des Blutes auf Agglutinine.

Ausführung genau wie bei Typhus, nur daß auch hier die Proben 24 Stunden bei 55° gehalten werden müssen. Benutzt man frische Aufschwemmung einer 24stündigen Agarkultur, so liefert normales Serum — das stets zum Vergleich herangezogen werden muß — höchstens in Verdünnung 1 : 5 (unvollständige) Agglutination. Aufschwemmungen in 0·9%iger Kochsalzlösung mit 0·25% Formalinzusatz (nach v. Lingelsheim) verhalten sich von 4 Wochen ab konstant, sind aber etwa 5mal leichter agglutinabel. Hier ist daher erst komplette Agglutination bei 1 : 25, inkomplette bei 1 : 50 als positiv anzusehen.

6. Diphtherie.

Zur Entnahme von diphtherieverdächtigem Material aus dem Rachen dient eine Stahlsonde mit festgedrehtem Wattebausch, die im Kork eines Reagenzglases steckt; man fährt mit dem Wattebausch über Mandeln und weichen Gaumen hin, steckt die Sonde sofort in das Glas, letzteres kommt in ein Holzfutteral und dieses in ein festes Kuvert, in welches zugleich die Notizen über die Entnahme gelegt werden. Die Entnahmeapparate lagern zweckmäßig in den Apotheken und werden nach der Beschickung der Untersuchungsstation übermittelt.

Reagentien zur Untersuchung: 1. Zur Färbung der mikroskopischen Präparate: a) Fuchsinlösung (s. oben), b) Reagentien zur Gramschen Färbung (s. oben), c) Reagentien zur Doppelfärbung nach M. Neisser: 1. 2 Teile Lösung a: Methylenblau, 1 g pulverförmiges Methylenblau (Meth. medicale Höchst) in 20 ccm 96%igem Alkohol gelöst; dazu 950 ccm Wasser und 50 ccm Eisessig; dazu 2. 1 Teil Lösung b: Kristallviolett Höchst 1·0, Alk. absol. 10·0, Aq. dest. 300·0. Ferner Chrysoidin, 1 g in 300 ccm kochendem Wasser gelöst. Beide Lösungen filtriert. Zur Färbung wird das Präparat zuerst 1—3 Sekunden in die Methylenblau-Kristallviolettlösung getaucht, dann Abspülen mit Wasser, sofort Aufgießen der Chrysoidinlösung für 3—5 Sekunden, wieder Abspülen mit Wasser. Der Leib der Diphtheriebazillen erscheint schwach braun gefärbt; in demselben zeigen sich dunkelblau gefärbte ovale Körnchen, in der Regel an jedem Ende des Bazillus ein Korn, manchmal nur an einem Ende, zuweilen in der Mitte und an den Enden. (Ernstsche Körner.) Viele Kokken und einzelne

Bazillen zeigen ähnliche Färbung, aber nicht Bazillen, welche den Diphtheriebazillen morphologisch ähnlich sind. Letztere geben die Doppelfärbung jedoch nur dann sicher, wenn sie auf LOEFFLERschem Serum bei 35° mindestens 9 Stunden und nicht länger als 24 Stunden gezüchtet sind.

2. Zur Kultur: PETRI-Schalen (Platten) mit erstarrter LOEFFLERscher Serummischung (3 Teile Rinderserum + 1 Teil Dextrosepeptonbouillon).

Verfahren bei der Untersuchung: Mit dem Wattebausch werden 6—8 Striche auf einer Serumplatte gemacht; diese bei 34—35° gehalten. Sodann werden Deckgläser bestrichen und gefärbt. Finden sich zahlreichere charakteristisch geformte und gelagerte Bazillen und fällt die Gram- und Doppelfärbung bei einem Teil der Bazillen positiv aus, so läßt sich schon aus dem „Original-Präparat" die Diagnose auf Diphtherie stellen. Sind nur vereinzelte verdächtige Bazillen vorhanden, so ist es besser, das Resultat der Kultur abzuwarten.

Die Serumplatten sind nach 6—8 Stunden durch Klatschpräparate mit Fuchsin- und Gramfärbung zu untersuchen. Häufchen typischer Bazillen gestatten sichere positive Diagnose; nur bei Entnahme von der Konjunktiva oder von Nasen- und Ohrenerkrankungen ist einer Verwechslung mit ähnlichen Bazillen dadurch vorzubeugen, daß nach etwa 18stündiger Kultur Ausstrichpräparate mit Doppelfärbung gemacht werden. — Findet man nach 6—8 Stunden in sechs Präparaten ausschließlich Kokken, so ist die Diagnose negativ zu stellen. Nochmalige Entnahme ist dann unter Umständen angezeigt. — Finden sich nach 6—8 Stunden vereinzelte verdächtige Bazillen, so sind die Platten nach weiterem 12stündigem Aufenthalt im Brütofen nochmals zu untersuchen, und zwar sind dann neben Klatschpräparaten auch Ausstrichpräparate anzufertigen, bei denen die Proben mehr vom Grunde der Striche entnommen sind. In diesem Stadium ist auch die Doppelfärbung zur Bestätigung heranzuziehen.

Bestehen auch jetzt noch Zweifel über die Natur der verdächtigen Bazillen, so sind sie durch Glyzerinagarplatten rein zu züchten; an der Reinkultur sind zu beachten: 1. Die Wachstumseigentümlichkeiten der Kolonie, morphologisches Verhalten der Bazillen, ihr Verhalten gegen Färbungen.

2. Die Säurebildung, geprüft entweder in (frisch ausgekochten) Röhrchen mit je 15 ccm Fleischbouillon; mit je einer Nadelspitze der Kultur beschickt und bei 35° gehalten; nach 20 Stunden wird ein Röhrchen, nach 44—48 Stunden ein zweites mit 1%iger Natronlauge unter Phenolphtaleinzusatz titriert; daneben Kontrolle mit zuverlässiger Diphtheriekultur und mit ungeimpfter Bouillon. — Oder auf THIELschem Nährboden (Nutrose + Traubenzucker āā 1·0, Kochsalz 0·5, Lackmuslösung 0·5, Wasser 100; neutralisiert bis Lackmusneutralpunkt und 2 ccm 1%ige Soda zugesetzt).

3. Anaerobes Wachstum, geprüft im tiefen Zuckeragarstich, mit Überschichtung von Agar. Pseudobazillen wachsen nicht.

4. Toxinbildung, geprüft a) mit ca. 20stündiger Bouillonkultur, von der einem Meerschweinchen von 200—300 g 0·5% seines Körpergewichts subkutan injiziert wird; b) mit dem Filtrat einer 10tägigen Bouillonkultur, von dem einem Meerschweinchen 0·1 ccm intrakutan in die enthaarte Bauchhaut injiziert wird.

In den meisten Fällen wird dann auf Grund folgender Merkmale eine Trennung der wesentlich in Betracht kommenden diphtherieähnlichen Pseudo-Diphtheriebazillen (PDb) und Xerosebazillen (Xb) von den Diphtheriebazillen (Db) möglich sein:

Glyzerinagarplatte: Db nach etwa 12 Stunden kleine graulichweiße Auflagerungen, die sich später nur wenig weiter entwickeln. Bazillen meist

kürzer und weniger keilförmig wie auf Serum. — PDb schnellwachsende, feuchte, weißglänzende, leicht abnehmbare Auflagerungen. Bei schwacher Vergrößerung feinkörnige, ansehnlichere Kolonien mit glatterem Rand wie Db, Bazillen regelmäßiger, meist etwas kürzer und dicker wie Db; Lagerung entweder in parallelen Reihen (Staketenform) oder in Radspeichenform. — Xb sehr langsam wachsende, trockene, schwer abnehmbare Kolonie. Lagerung und Form oft sehr Db-ähnlich.

Loefflersche Serumplatte: Db nach 6—10 Stunden, kleine, weiße, schleimige Tröpfchen, oft mit graulicher Verfärbung. Bazillen in jungen Kulturen meist Keilform, in älteren Kulturen oft an den Enden verdickt oder auch längs des Leibes aufgetrieben. Lagerung oft in spitzem Winkel zu zwei (V „Fünferform") oder in wirren Häufchen, oft wie die übereinander gelegten, gespreizten Finger beider Hände. (Nach Kurth müssen unter den Fünferformen solche sein, deren einzelne Schenkel mindestens fünfmal länger als breit sind, oder unter den nicht in Fünferform gelagerten einzelnen Bazillen solche, welche siebenmal länger als breit sind.) Bei Färbung mit den gewöhnlichen Farblösungen (s. oben) neben intensiv gefärbten Stellen oft blaßgebliebene Teile. Bei genauer Innehaltung oben angeführter Bedingungen fast stets positive Doppelfärbung. — PDb rascher wachsende, feuchte Auflagerungen. Bazillen gleichmäßiger in Gestalt und Größe wie Db, erreichen nie die oben erwähnten Maße, sind demnach etwas kürzer und plumper, liegen vorzugsweise nicht in Winkel-, sondern in Staketen- oder Radspeichenform. Bilden in älteren Stadien keine so großen Involutionsformen wie Db. Fast nie Doppelfärbung. — Xb sehr langsames Wachstum; matt aussehender, trockener, schwer abnehmbarer Belag, Form und Lagerung oft sehr Db-ähnlich. Aber in Serumkulturen nie in Involutionsformen und sehr selten in segmentiert zerfallenen Bazillen eine der Doppelfärbung bei Db ähnliche Färbung von Körnchen; letztere jedenfalls viel kleiner, spärlich und rund, erst nach 20—24 Stunden auftretend.

Gelatine: Db bei 18° geringes, PDb reichliches, Xb kein Wachstum.

Bouillon: Db schnelle, bald schwächere, bald stärkere diffuse Trübung. Feiner, sandartiger Beschlag, besonders an den Wänden des Gefäßes, seltener kleine Flöckchen; oft ein feines Häutchen an der Oberfläche. Meist starke Säurebildung; die Zunahme des Alkaliverbrauchs bis zum zweiten Tage beträgt bei Diphtherie im Mittel 0·3 ccm 1%iger NaOH auf 10 ccm Bouillon. — PDb schnelle, diffuse, kräftige Trübung. Massenhafter, schleimiger Bodensatz. Meist nur geringe Säurebildung, ja sogar Steigerung der Alkaleszenz. — Xb meist gar keine Trübung der Bouillon. Feine kleine Flöckchen an den Wänden und auf dem Boden des Gefäßes. Meist geringere Säurebildung wie Db, sehr selten Steigerung der Alkaleszenz.

Im Thielschen Nährboden erfolgt in spätestens 3 Tagen Rötung und Trübung, während die PDb in der Regel gar keine Änderung hervorrufen.

Tierversuch: a) mit lebender 24stündiger Kultur: Db fast stets Tod innerhalb 2 Tagen; bei der Sektion an der Impfstelle sulziges Ödem, auf der Pleura Exsudat, Nebennieren geschwollen und hyperämisch; Magenblutungen und -geschwüre. — b) mit Filtrat intrakutan: nach 48 Stunden Quaddel und Nekrose. — PDb keine Reaktion. — Xb manchmal an der Impfstelle Infiltration und Tod der Tiere unter chronischem Marasmus nach einigen Wochen. Diphtherieantitoxinbehandlung ohne Wirkung.

7. *Tuberkulose.*

Zum Nachweis von Tuberkelbazillen in Sputum dienen folgende Methoden:

1. Originalausstrichpräparate: Das Sputum (womöglich Morgensputum) auf schwarzlackierten Tellern ausgießen und die verdächtigen gelbweißen Partikel („Linsen") auf Deckgläsern oder Objektträgern dünn verstreichen, lufttrocken werden lassen, fixieren; dann färben mit konz. Karbolfuchsin unter Erwärmen in einem Uhrschälchen oder Porzellantiegel über kleiner Flamme, bis die Farblösung zu dampfen anfängt; dann noch einige Minuten in der Farbe lassen, für einige Sekunden in salzsauren Alkohol (s. oben), darauf $^1/_2$ Minute in reinem Alkohol; wenn das Präparat noch nicht genügend farblos ist, nochmals für einige Sekunden in dem salzsauren Alkohol und in Alkohol. Nachfärben mit wäßriger Methylenblaulösung (s. oben), Abspülen in Wasser, Trocknen zwischen Fließpapier, Einschluß in Kanadabalsam.

Statt der Entfärbung in salzsaurem Alkohol usw. und der Nachfärbung in Methylenblau kann man das Präparat ohne Abspülen aus der Karbolfuchsinlösung sogleich in Corallin-Methylenblau (1 Teil Corallin [Rosolsäure], 100 Teile absol. Alkohol mit 6 g Methylenblau gemischt, dazu 20 Teile Glyzerin) übertragen, 1 Minute darin bewegen (zur Entfärbung und Nachfärbung), mit Wasser abspülen, trocknen, Einschluß in Kanadabalsam. — Die Tuberkelbazillen erscheinen nach beiden Methoden rot auf blauem Grunde.

Gelingt der Nachweis durch Originalausstrichpräparate in Sputum nicht, so bewirkt man eine Konzentrierung des Materials durch das

2. Anreicherungsverfahren (nach Lorenz): 2—10 ccm Sputum werden mit der 2—3fachen Menge 15%igen Antiformins 5 Minuten lang in einem mit Gummistopfen verschlossenen Reagenzglase kräftig geschüttelt bis zur völligen Homogenisierung. Nach Entfernung des Stopfens kurzes Aufkochen. Darauf 15 Minuten langes Zentrifugieren. Das Antiformin wird dann abgegossen und der Bodensatz mit wenig Wasser auf einem Objektträger verrieben, fixiert und wie Sputum gefärbt.

Gelingt auch durch die Anreicherung der Nachweis nicht, so kommen weiter in Betracht:

3. Kulturverfahren: Ausstriche von Linsen nach mehrmaligem Abwaschen in sterilem Wasser — oder nach Vorbehandlung des Sputums mit Antiformin — auf Glyzerinserum-, Glyzerinagarröhrchen oder auf Platten mit Hesses Nährboden (5 g Nährstoff Heyden aus der Fabrik H. in Radebeul bei Dresden in 50·0 dest. Wasser unter Umrühren lösen, dazu eine Mischung von 5·0 g Kochsalz, 30 ccm Glyzerin, 10—20 g Agar, 5 ccm Normalsodalösung und 950 dest. Wasser zusetzen und zusammen unter stetem Umrühren 15 Minuten kochen). Röhrchen und Platten durch Gummikappen und Einstellen in feuchte Kammern sorgfältig vor Austrocknung hüten. Manchmal schon nach einigen Tagen (auf Heyden-Agar) makroskopisch sichtbare Kolonien; von den Platten event. Klatschpräparate; meist jedoch sehr langsames Wachstum, manchmal gar kein Wachstum selbst nach Ausstrich mit sicher tuberkelhaltigem Material. Daher in wichtigsten Fällen als zuverlässigste Methode heranzuziehen:

4. Der Tierversuch: Meerschweinchen subkutan oder intraperitoneal mit Injektionsspritze impfen. Wenn Tuberkelbazillen vorhanden, so Tod der Tiere nach 4—8 Wochen. Inguinal-, Mesenterial- und andere Drüsen stark geschwollen und verkäst; in der stark vergrößerten Milz, in der Leber und in

dem strangförmig verdickten Netz meist sehr zahlreiche, zum Teil verkäste, in der Lunge meist einige frischere Tuberkel. Zum Nachweis von Tuberkelbazillen nehme man die noch nicht verkästen Partien des tuberkulösen Gewebes. — Bei Quetschung der zugehörigen Inguinaldrüse ist diese öfters schon nach 8—10 Tagen deutlich geschwollen und enthält reichlich TB (Bloch).

Der Nachweis von Tuberkelbazillen im Eiter, Stuhl sowie von Organstückchen (nach Zerkleinerung derselben in sterilen Mörsern) kann ganz ähnlich wie bei Sputum geführt werden. Urin (nur mit dem Katheter zu entnehmen, um Smegmabazillen auszuschließen) sedimentiert man in Spitzgläsern oder mittels der Zentrifuge und untersucht das Sediment. Für Organstückchen kommt noch die

Schnittfärbung in Betracht. Die am besten auf dem Objektträger bereits aufgeklebten (s. oben) Schnitte werden unter vorsichtigem Erwärmen in konz. Karbolfuchsin 10 Minuten lang gefärbt, dann 3—5 Sekunden in salzsauren Alkohol getaucht, dann so lange in 60%igen Alkohol, bis keine Farbe mehr abgeht. Nach vorsichtigem Trocknen mit Fließpapier wäßrige Methylenblaulösung aufträufeln und 15 Sekunden einwirken lassen, sodann auf 10 bis 15 Sekunden in 96%igen Alkohol, dann trocknen zwischen Fließpapier, Aufhellen mit Xylol, Einbetten in Kanadabalsam. — Tuberkelbazillen rot, Gewebe blau.

8. Syphilis.

Zur Untersuchung syphilisverdächtiger Hautaffektionen auf Spirochaete pallida eignet sich am besten der aus der Tiefe stammende Gewebssaft, welchen man nach Reinigung der erodierten, nässenden Fläche mittels steriler Tupfer durch Reiben mit einem starken Platindraht, scharfen Löffel u. dgl. leicht erhält. Das erhaltene „Reizserum" kann man untersuchen 1. ungefärbt, event. nach Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung oder Aszitesflüssigkeit, im hängenden Tropfen oder auf planem Objektträger, wobei sich, nach Umrandung des Deckglases mit Wachs oder Paraffin, die Spirochäten stundenlang beweglich halten können. Ihr Auffinden wird durch Dunkelfeldbeleuchtung wesentlich erleichtert; 2. gefärbt, in sehr dünnen, so schnell als möglich angelegten Ausstrichpräparaten, am besten nach der für Malariaplasmodien angegebenen Färbung nach Romanowsky-Giemsa; nur ist das zur Verdünnung der Farbe dienende Wasser mit einigen Tropfen einer 1promilligen Kaliumkarbonatlösung zu versetzen und ferner die Färbedauer auf eine bis mehrere Stunden auszudehnen. In gut gelungenen Präparaten erscheinen dann die Spirochäten in zwar zarter, aber deutlicher Rotfärbung. — 3. Zum Sichtbarmachen der Spirochäten eignet sich auch das Tuscheverfahren nach Burri: Auf einen Objektträger wird ein Tropfen einer Mischung von 1 Teil Pelikantusche 541 und 9 Teilen Wasser gebracht. In diesen Tropfen bringt man etwas von dem zu untersuchenden Material und streicht mit einem anderen Objektträger nicht zu dünn aus. Nach dem Trocknen Besehen mit Ölimmersion. Die Spirochäten erscheinen hell leuchtend auf dunklem Grunde.

Durch Drüsenpunktion erhaltene Gewebsflüssigkeit wird auf gleiche Weise untersucht.

Zum Nachweis von Spirochäten in Organen ist die Methode von Levaditi besonders geeignet. Kleine Stücke werden in 10%igem Formalin 24 Stunden fixiert, 24 Stunden in 96%igem Alkohol gehärtet und hierauf in Wasser einige Minuten ausgewaschen. Alsdann werden sie in eine Argentum nitric.-Lösung von 1·5—3% eingelegt und darin bei 38° 3—5 Tage lang vor

Licht geschützt gehalten. Danach werden sie kurz mit destilliertem Wasser ausgewaschen und auf 24—48 Stunden in eine Lösung von Acid. pyrogall. 2—4 g Formalin 5 ccm, Aq. dest. 100 ccm gebracht; dann wiederum Abspülen in destilliertem Wasser, Entwässern in Alcohol abs.; Einlegen in Xylol; Paraffineinbettung. Die Schnitte dürfen nicht über 5 μ dick sein. Die Spirochäten erscheinen dicker als in gefärbten Ausstrichpräparaten und sind als tiefschwarz gefärbte Gebilde zwischen den gelbbräunlichen Gewebselementen leicht aufzufinden. Nachfärbung des Gewebes (mittels GIEMSA-Farbe oder Toluidinblau) ist möglich, aber nur für bestimmte Studien von Vorteil.

Die Prüfung auf Syphilis-Antikörper durch die WASSERMANNsche Reaktion s. S. 789.

9. Gonorrhoe.

Zum Nachweis der Gonokokken in Eiter, Fäden oder Sediment aus Urin dienen folgende Verfahren:

1. Mikroskopisch: Eiter wird in möglichst dünner, gleichmäßiger Schicht auf Deckgläsern verteilt und nach der Auftrocknung in üblicher Weise fixiert. Fäden und Sediment aus Urin müssen vorsichtig in der Wärme angetrocknet und darauf zur Entfernung der Harnsalze mit Wasser abgespült werden. Färbung entweder mit wäßrigem oder alkalischem Methylenblau (LOEFFLER) oder mit Kontrastfärbungen, z. B. mit PAPPENHEIMs Methylgrün-Pyroningemisch (Methylgrün 00 cryst. gelblich 0·15, Pyronin 0·25, Alkohol 2·5, Glyzerin 20·0, 0·5%iges Karbolwasser 100; Farbdauer 2 Minuten), wobei die Zellkerne blaugrün, die Kokken dunkelrot erscheinen. Bei unsicherem Befund, spärlichen oder nicht typisch geformten und gelagerten Diplokokken ist Gramfärbung mit nachfolgender Fuchsinfärbung angezeigt (Gonokokken gramnegativ!).

2. Kulturell: Ausstrich von Eiter usw. auf Gemischen von Nähragar mit Aszites oder Menschenblutserum etwa zu gleichen Teilen oder auf WASSERMANNS Schweineblutserum-Nutrose-Agar (15 ccm Schweineserum, 30—40 ccm Wasser, 2—3 ccm Glyzerin, 0·8 g Nutrose kochen 15 Minuten unter Schütteln. Am folgenden Tage nochmals unter Schütteln 15 Mimuten kochen und zum Gebrauch vorrätig halten. Zum Gebrauch auf ca. 60° erwärmen, mit 2%igem Peptonagar mischen und zu Platten ausgießen). — Auf allen Nährböden nur kleine, tautropfenartige Kolonien. Differentialdiagnose gegen Meningokokken s. Genickstarre.

---

10. Blutuntersuchung bei Malaria, Trypanosen usw.

Die Blutentnahme erfolge bei Malaria nicht während des Fieberanfalls bzw. kurz nach demselben, sondern am besten 6—12 Stunden vor dem neuen Anfall. In eine mit Alkoholäther gereinigte, geeignete Hautstelle (Fingerbeere, Ohrläppchen) macht man mittels Nadel oder Impflanzette einen Einstich, wischt den ersten Blutstropfen ab und betupft dann den zweiten, neu hervorquellenden, noch kleinen Tropfen mit einem sorgfältigst gereinigten (Deckgläschen oder besser) Objektträger. Hierauf hält man ihn, mit dem Tropfen nach oben, horizontal in der linken Hand, führt mit der rechten die Kante eines zweiten (geschliffenen) Objektträgers unter einem Winkel von etwa 60° an den Tropfen heran, so daß das Blut sich längs der Kante verteilt und läßt nun den zweiten

Objektträger langsam über die Fläche des ersten hingleiten, wobei sich das Blut in sehr gleichmäßiger, dünner Schicht auf ihr ausbreitet. Durch schnelles Hin- und Herschwenken des Objektträgers in der Luft erfolgt fast augenblickliche Trocknung. Will man die Präparate längere Zeit aufbewahren, so ist es zum Schutze vor Feuchtigkeit (besonders in den Tropen) nach Kochs Vorschrift zweckmäßig, die Präparate in Fließpapier einzuhüllen und in sehr gut schließenden Gläsern über (mit Watte überschichtetem) Chlorkalzium aufzubewahren. Die sogenannte „Feuchtfixation" der frischen Präparate vor der Eintrocknung in warmer Sublimatlösung macht eine komplizierte weitere Behandlung nötig und ist für die gewöhnlichen diagnostischen Untersuchungen nicht erforderlich. — Darauf Färben entweder 1. nach Manson-Koch mit Borax-Methylenblaulösung (5% Borax, 2% Methylenblau medicinale Höchst, zur Färbung so weit mit Wasser verdünnt, daß sie in einer Schicht von 1 cm Dicke eben durchscheinend wird). Das vollkommen trockene Präparat einige Male eintauchen und mit gewöhnlichem Wasser spülen, bis es einen grünlichblauen Farbton angenommen hat; zwischen Fließpapier trocknen, in Zedernöl untersuchen. — Rote Blutkörperchen hellgrünblau, Leukozytenkerne dunkelblau, Plasmodien ebenfalls kräftig blau, auf den blassen Blutkörperchen sehr deutlich zu sehen. — Färbung besonders für Massenuntersuchungen geeignet. — 2. Färbung nach Romanowsky: 1%ige Lösung von Metylenblau medic. puriss. (Höchster Farbwerke) wird mit 0·1%igem in heißem Wasser gelöstem Eosin BA oder HG (Höchster Farbwerke) in kleinen Blockschälchen nach einem jedesmal zu ermittelndem Verhältnis (im allgemeinen 1 : 4 bis 1 : 7) gemischt. In diese Farbe bringt man die Präparate mit der Blutseite nach unten hinein und entnimmt von $^1/_2$ zu $^1/_2$ Stunde ein Präparat, spült es mit dem dünnen Strahl der Wasserleitung oder einer Spritzflasche beiderseits sorgfältig ab, trocknet zwischen Fließpapier und prüft die Farbwirkung. An gelungenen Präparaten sind die roten Blutkörperchen rosa, die Kerne sämtlicher Leukozyten und etwa vorhandener, kernhaltiger, roter Blutkörperchen karminviolett, der Protoplasmaleib der Lymphozyten blau, der großen mononukleären Leukozyten blaßblau, der neutrophilen Leukozyten blaßviolett bis blaßblau; das Protoplasma der Plasmodien blau, das Chromatin leuchtend karminrot bis karminviolett.

3. Jetzt verwendet man fast ausschließlich folgende empfehlenswertere Methode: „Färbung nach Giemsa: Sorgfältig getrocknetes und gepulvertes Azur II—Eosin 3 g + Azur II 0·8 g werden in 250 ccm Glyzerin (chemisch rein, Merck) von 60° C unter Schütteln gelöst und unter weiterem starken Schütteln 250 ccm Methylalkohol (I Kahlbaum) von gleicher Wärme hinzugefügt. Nach 24stündigem Stehen bei Zimmertemperatur wird das Gemisch filtriert, und von dem Filtrat für den öfteren Gebrauch am besten eine kleine Menge in ein Tropffläschchen (nie offen stehen lassen!) abgefüllt. — Die fertige Farbe ist haltbar und kann gebrauchsfertig von Dr. Grübler & Co., Leipzig, bezogen werden. — Zur Färbung füllt man einen graduierten Meßzylinder mit Wasser von 30—40° C, fügt unter stetem Schütteln pro Kubikzentimeter 1 Tropfen Farblösung zu und gießt diese frisch bereitete Farbe sofort auf die (wie für die Borax-Methylenblaufärbung vorbereiteten) Ausstrichpräparate. Nach 10—15 Minuten Abspülen derselben mit kräftigem Wasserstrahl, vorsichtiges Abtupfen mit Fließpapier und Trocknen, Einlegen in Kanadabalsam oder besser in eingedicktes Zedernöl. An gelungenen Präparaten verhält sich die Färbung der einzelnen Elemente wie bei dem Romanowskyschen Verfahren. Auch geeignet für die Untersuchung des Blutes auf Trypanosomen, Piroplasmen u. ä."

Oder: Schnellfärbung nach Giemsa: Die lufttrockenen, sehr dünnen Objektträgerausstriche kommen mit der Schicht nach oben in eine trockene Petri-Schale und werden mit 10—15 Tropfen der konzentrierten Giemsa-Lösung, die mit gleichem Volumen reinen Methylalkohols versetzt ist, betropft. Nach 30 Sekunden wird so viel Aq. dest. in die Schale gegeben, daß der Objektträger ganz mit Flüssigkeit bedeckt ist. Wasser und Farbe durch Schwenken gleichmäßig mischen, 3 Minuten stehen lassen. Lösung abgießen, abspülen im fließenden Wasser, trocknen, einbetten.

11. Tollwut.

Die Feststellung der Tollwut geschieht an dem Gehirn des unter verdächtigen Erscheinungen gestorbenen Menschen oder Tieres, und zwar

1. durch Untersuchung auf Negrische Körperchen: $^1/_2$—$^3/_4$ mm dicke Scheiben aus der Mitte des Ammonshorns (bei Katzen auch aus der Kleinhirnrinde) werden nach Henke-Zellers Schnellmethode auf 30—40 Minuten in Azeton von 37° eingelegt und hierauf auf 60—75 Minuten in flüssig gemachtes Paraffin von 55—60° Schmelzpunkt. Hierauf in üblicher Weise Ausgießen, Erstarrenlassen, Schneiden, am besten Bandserien von 5—10 μ Dicke, die auf dem Objektträger fixiert werden. Nach Entfernung des Paraffins in Xylol und Spülen in Alkohol abs. Färbung nach Mann: Färben im Gemisch von 35 ccm 1%ige wäßrige Methylblaulösung (nicht Methylenblau!) + 100 ccm Aq. dest., $^1/_2$—4 Minuten, dann kurz Abspülen in Wasser und abs. Alkohol, dann Schwenken in alkalischem Alkohol (30 ccm Alc. abs. + 5 Tropfen einer 1%igen Lösung von NaOH in Alc. abs.) 15—20 Sekunden; dann Abspülen in Alc. abs., in destilliertem Wasser 1 Minute und in mit Eisessig leicht angesäuertem Wasser 2 Minuten; dann schnelles Entwässern in Alc. abs., Xylol, Kanadabalsam. Die Negrischen Körperchen erscheinen als hochrote, rundliche Körper im Innern der großen Ganglienzellen, und zwar besonders häufig da, wo die Pyramidenzellen des Ammonhorns mit denen der Fimbrie zusammenstoßen. Die anderen Gewebselemente, insbesondere die Ganglienzellen, sind blau; nur die roten Blutkörperchen, vereinzelte Endothelien und der Nukleolus der Ganglienzellen halten den roten Farbstoff oft zäh fest, lassen sich aber durch ihre Lage, Form und andersartige rötliche Nuance fast stets mit Sicherheit von Negrischen Körperchen unterscheiden. Noch leichter gelingt dies durch die bessere Darstellung der Innenelemente bei Anwendung der Modifikationen der Mannschen Färbung nach Lentz: Härtung des Materials usw. wie oben. Dann Färbung in Eosin (extra B-Höchst 0·5 + 100 ccm 60%ige Alc.) 1 Minute, spülen in Wasser, Färben in Löfflers Methylenblau (gesättigte alk. Lösung Methylenblau B-Patent-Höchst + 100 ccm 0·01%ige KOH) 1 Minute, Spülen in Wasser. Dann: entweder: A.: Abtrocknen durch vorsichtiges Aufdrücken auf Fließpapier, Schwenken in alkalischem Alkohol (wie oben), bis schwache Eosin-Färbung, saurer Alkohol (Alc. abs. 30·0 + 1 Tropfen 50%ige Essigsäure), bis die Ganglienzüge noch eben als schwachblaue Linien sichtbar, kurzes Abspülen in Alc. abs., Xylol, Kanadabalsam; oder B.: Beizen mit Lugolscher Lösung (Jodi 1·0, Kal. jodat. 2·0, Aq. dest. ad 300·0) 1 Minute, Abspülen mit Wasser, Differenzieren in Methylalkohol, bis kein Blau mehr sichtbar und das Präparat rot ist, Abspülen in Wasser, Nachfärben in der Methylenblaulösung $^1/_2$ Minute lang, Abspülen in Wasser, Abtrocknen mit Fließpapier, Differenzieren in alkalischem und saurem Alkohol usw. wie unter A. Die Innenkörperchen sind bei A. als komma-, stäbchen-, ring- oder kugelförmige, bei B. als größere,

mehr runde und intensiver gefärbte, dunkelblaue bis schwarze Gebilde auch in den kleinsten Negrischen Körperchen sichtbar. In manchen Fällen genügen schon Ausstrichpräparate (Methylalkohol-Fixation, Färbung wie Schnitte) zum Nachweis der N. K. Werden diese nicht gefunden, so hat die Entscheidung zu erfolgen:

2. Durch den Tierversuch: Von dem unterdessen in Glyzerin aufbewahrten Gehirn werden kleine Stückchen aus der Rinde, dem verlängerten Mark und den zentralen Partien herausgeschnitten und mit steriler Bouillon zu einer dichten Emulsion verrieben. Von dieser wird eine geringe Menge einem trepanierten Kaninchen subdural, eine größere Menge (2—4 ccm) einem zweiten Kaninchen in die dicke Rückenmuskulatur neben der Wirbelsäule injiziert. Befindet sich das eingesandte Gehirn bereits in starker Fäulnis, so wird die Emulsion statt mit Bouillon mit 1%iger Karbolsäurelösung hergestellt und nach 24—48stündigem Stehen im Eisschrank zwei Kaninchen intramuskulär oder kutan oder korneal und zwei bunten mittelgroßen Ratten subkutan eingespritzt. Die subdural geimpften Kaninchen erkranken in der Regel im Laufe der dritten Woche an stiller, selten an rasender Wut, die intramuskulär geimpften meist später, manchmal erst nach vielen Wochen, die Ratten mit vereinzelten Ausnahmen schon in der zweiten bis dritten Woche. Eine endgültige negative Entscheidung darf nicht vor Ablauf von 3 Monaten getroffen werden.

III. Physikalisch-chemische Untersuchungsmethoden.

1. Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mittels des Schleuderpsychrometers.

Man schwingt zunächst das trockene Thermometer in der S. 33 angegebenen Weise, liest nach $^1/_2$ Minute ab, schwingt wieder $^1/_2$ Minute und wiederholt dies so lange, als noch eine Änderung der Temperatur eintritt. Sodann nimmt man die gleiche Bestimmung mit dem Thermometer vor, dessen Kugel mit befeuchtetem Musselin umhüllt ist. Die Temperatur des trockenen Thermometers sei t; die des feuchten t_1; man berechnet daraus die Differenz $t—t_1$ und findet dann die absolute Feuchtigkeit F_0 nach der Gleichung:

$$F_0 = F_1 — k \cdot B(t — t_1)$$

wo F_1 die maximale Feuchtigkeit (Sättigungsmaximum) bei der Temperatur t_1 bedeutet; zu entnehmen aus der umstehenden Tabelle 1. Spannungstafel

k = eine Konstante, bei der vorgeschriebenen Geschwindigkeit des Schwingens ermittelt zu = 0·0007;

B = Barometerstand, hat geringen Einfluß; kann innerhalb 15 mm Schwankung als konstant angesehen werden.

Nimmt man einen mittleren Barometerstand von 745 mm an, so ist der Wert des Faktors $k \cdot B \cdot (t — t_1)$ für Barometerstände zwischen 730 und 760 mm nur von dem für $(t — t_1)$ gefundenen Wert abhängig und läßt sich daher aus der umstehenden Tabelle 2 entnehmen.

In derselben sucht man zunächst in der ersten Kolumne die ganzen Grade von $t — t_1$ auf, und geht dann horizontal weiter bis zu der Kolumne, welche mit der Zahl der Zehntelgrade überschrieben ist. Man findet so den Wert, $k \cdot B \cdot (t — t_1)$, zieht diesen gemäß der oben gegebenen Gleichung von dem Wert für F_1 ab und hat damit F_0 (in mm Hg). — Für stark abweichende Barometerstände muß die Rechnung ohne Benutzung einer Tabelle ausgeführt werden.

Um die Sättigungsprozente zu finden, rechnet man $\frac{100 \cdot F_0}{F}$, wo F die

1. Spannungstafel.

Celsius	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
− 9	2·27	2·25	2·23	2·21	2·19	2·18	2·16	2·14	2·13	2·11
− 8	2·45	2·43	2·41	2·39	2·38	2·36	2·34	2·32	2·30	2·28
− 7	2·65	2·63	2·61	2·59	2·57	2·55	2·53	2·51	2·49	2·47
− 6	2·87	2·85	2·83	2·81	2·78	2·76	2·74	2·72	2·70	2·68
− 5	3·11	3·08	3·06	3·04	3·01	2·99	2·96	2·94	2·92	2·90
− 4	3·36	3·34	3·31	3·28	3·26	3·23	3·21	3·18	3·16	3·13
− 3	3·64	3·61	3·58	3·55	3·53	3·50	3·47	3·44	3·42	3·39
− 2	3·93	3·90	3·87	3·84	3·81	3·78	3·75	3·72	3·69	3·67
− 1	4·25	4·22	4·19	4·16	4·12	4·09	4·06	4·03	4·00	3·96
− 0	4·60	4·56	4·53	4·49	4·46	4·42	4·39	4·36	4·32	4·29
+ 0	4·60	4·63	4·67	4·70	4·73	4·77	4·80	4·84	4·87	4·91
+ 1	4·94	4·98	5·01	5·05	5·08	5·12	5·16	5·19	5·23	5·27
+ 2	5·30	5·34	5·38	5·42	5·45	5·49	5·53	5·57	5·61	5·65
+ 3	5·69	5·73	5·77	5·81	5·85	5·89	5·93	5·97	6·01	6·06
+ 4	6·10	6·14	6·18	6·23	6·27	6·31	6·36	6·40	6·45	6·49
+ 5	6·53	6·58	6·63	6·67	6·72	6·76	6·81	6·86	6·90	6·95
+ 6	7·00	7·05	7·10	7·14	7·19	7·24	7·29	7·34	7·39	7·44
+ 7	7·49	7·54	7·60	7·65	7·70	7·75	7·80	7·86	7·91	7·96
+ 8	8·02	8·07	8·13	8·18	8·24	8·29	8·35	8·40	8·46	8·52
+ 9	8·57	8·63	8·69	8·75	8·81	8·87	8·93	8·99	9·05	9·11
+10	9·17	9·23	9·29	9·35	9·41	9·47	9·54	9·60	9·67	9·73
+11	9·79	9·86	9·92	9·99	10·05	10·12	10·19	10·26	10·32	10·39
+12	10·46	10·53	10·60	10·67	10·73	10·80	10·88	10·95	11·02	11·09
+13	11·16	11·24	11·31	11·38	11·46	11·53	11·61	11·68	11·76	11·83
+14	11·91	11·99	12·06	12·14	12·22	12·30	12·38	12·46	12·54	12·62
+15	12·70	12·78	12·86	12·95	13·03	13·11	13·20	13·28	13·37	13·45
+16	13·54	13·62	13·71	13·80	13·89	13·97	14·06	14·15	14·24	14·33
+17	14·42	14·51	14·61	14·70	14·79	14·88	14·98	15·07	15·17	15·26
+18	15·36	15·45	15·55	15·65	15·75	15·85	15·95	16·05	16·15	16·25
+19	16·35	16·45	16·55	16·66	16·76	16·86	16·96	17·07	17·18	17·29
+20	17·39	17·50	17·61	17·72	17·83	17·94	18·05	18·16	18·27	18·38
+21	18·50	18·61	18·72	18·84	18·95	19·07	19·19	19·31	19·42	19·54
+22	19·66	19·78	19·90	20·02	20·14	20·27	20·39	20·51	20·64	20·76
+23	20·91	21·02	21·14	21·27	21·41	21·53	21·66	21·79	21·92	22·05
+24	22·18	22·32	22·45	22·59	22·72	22·86	23·00	23·14	23·27	23·41
+25	23·55	23·69	23·83	23·98	24·12	24·26	24·41	24·55	24·70	24·84
+26	24·99	25·14	25·29	25·44	25·59	25·74	25·89	26·05	26·20	26·35
+27	26·51	26·66	26·82	26·98	27·14	27·29	27·46	27·62	27·78	27·94
+28	28·51	28·27	28·43	28·60	28·77	28·93	29·10	29·27	29·44	29·61
+29	29·78	29·96	30·13	30·31	30·48	30·65	30·83	31·01	31·19	31·37

maximale Feuchtigkeit bei der Temperatur t bedeutet (zu entnehmen aus Tabelle 1). Das Sättigungsdefizit ergibt sich aus $F - F_0$. Um den Taupunkt zu finden, sucht man den Wert von F_0 unter den Spannungswerten der Tabelle 1 und findet daneben in der ersten Kolumne die zugehörige Taupunktstemperatur.

2. Tabelle für den Faktor $k \cdot B \cdot (t - t_1)$.

$t-t_1$	0·0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
0	0·00	0·06	0·11	0·16	0·21	0·26	0·32	0·37	0·42	0·48
1	0·53	0·58	0·63	0·69	0·74	0·79	0·84	0·90	0·95	1·00
2	1·05	1·11	1·16	1·21	1·26	1·31	1·37	1·42	1·47	1·52
3	1·58	1·63	1·68	1·74	1·79	1·84	1·89	1·95	2·00	2·05
4	2·10	2·16	2·21	2·26	2·31	2·37	2·42	2·47	2·52	2·57
5	2·63	2·69	2·74	2·79	2·84	2·90	2·95	3·00	3·05	3·10
6	3·16	3·21	3·26	3·32	3·37	3·42	3·47	3·52	3·58	3·63
7	3·68	3·73	3·79	3·84	3·89	3·95	4·00	4·05	4·10	4·15
8	4·21	4·26	4·31	4·37	4·42	4·47	4·52	4·57	4·63	4·68
9	4·73	4·79	4·84	4·89	4·94	5·00	5·05	5·10	5·15	5·20
10	5·26	5·31	5·36	5·42	5·47	5·53	5·58	5·63	5·68	5·73
11	5·79	5·84	5·89	5·94	6·00	6·05	6·10	6·16	6·21	6·26
12	6·31	6·37	6·42	6·47	6·52	6·57	6·63	6·68	6·73	6·78
13	6·84	6·85	6·94	6·99	7·05	7·10	7·15	7·21	7·26	7·31
14	7·36	7·42	7·47	7·52	7·57	7·63	7·68	7·73	7·68	7·83
15	7·89	7·94	7·99	8·05	8·10	8·16	8·21	8·26	8·31	8·36
16	8·42	8·47	8·52	8·57	8·63	8·68	8·73	8·79	8·84	8·89
17	8·94	8·99	9·05	9·10	9·15	9·21	9·26	9·31	9·36	9·41
18	9·47	9·52	9·57	9·63	9·68	9·73	9·78	9·83	9·89	9·94
19	9·99	10·04	10·10	10·15	10·20	10·26	10·31	10·36	10·41	10·46

Beispiel: t wird gefunden zu $20{\cdot}5^0$; t_1 zu $15{\cdot}4^0$; $t - t_1 = 5{\cdot}1^0$.

In Tabelle 1 findet man $F = 17{\cdot}94$ mm; $F_1 = 13{\cdot}03$ mm. Aus obenstehender Tabelle entnimmt man $k \cdot B \cdot (t - t_1) = 2{\cdot}69$, indem man in der ersten Kolumne $(t - t_1)$ die Zahl 5 aufsucht und von dieser aus horizontal weitergeht bis zu der 0·1 überschriebenen Kolumne; als den der Temperaturdifferenz $5{\cdot}1^0$ zugehörigen Wert findet man hier $= 2{\cdot}69$. Folglich hat man:

$$F_0 = 13{\cdot}03 - 2{\cdot}69 = 10{\cdot}34 \text{ mm}.$$

Die Sättigungsprozente sind $= \frac{100 \cdot 10{\cdot}34}{17{\cdot}94} = 57{\cdot}6\,\%$; das Sättigungsdefizit $= 17{\cdot}94 - 16{\cdot}74 = 7{\cdot}20$ mm; der Taupunkt $= 11{\cdot}8^0$.

2. Bestimmung des CO_2-Gehaltes der Luft.

A. Genaue Bestimmung.

Als Reagenzien sind erforderlich: 1. Eine Oxalsäurelösung, die durch Auflösen von 2·864 g unverwitterter Oxalsäurekristalle im Liter erhalten wird; 1 ccm davon entspricht 1 mg CO_2. 2. Eine Barythydratlösung von solcher

Konzentration, daß 1 ccm durch etwa 1 ccm der Oxalsäure neutralisiert werden. Die Flasche muß im Verschluß ein mit Natronkalk gefülltes **U**-Rohr enthalten, so daß bei der Entnahme nur CO_2-freie Luft in die Flasche nachströmen kann; andernfalls ändert sich der Titer der Lösung zu rasch. Die Entnahme der Barytlösung erfolgt mittels Pipette, die in einen als Saugheber wirkenden Gummischlauch eingeführt wird. 3. Eine Lösung von 1% Phenolphtalein in 70%igem Alkohol.

Vor der Bestimmung ist der Titer des Barytwassers zu kontrollieren. Dies geschieht, indem 25 ccm Barytwasser in einem ERLENMEYER-Kolben mit 2 Tropfen Phenolphtalein versetzt und mit der Oxalsäure bis zur verschwindenden Rotfärbung titriert werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die Exspirationsluft möglichst wenig auf die Barytlauge einwirken kann. Am besten wird die Titration ein zweites Mal rasch in gleicher Weise wiederholt.

Bei Ausführung der CO_2-Bestimmung nimmt man einen langhalsigen Kolben von etwa 3—5 Liter Inhalt, dessen Kapazität vorher durch Ausmessen mit Wasser genau bestimmt war. In diesen wird durch etwa 50 Stöße mit einem Blasebalg, der mit langem Ansatzrohre versehen ist, die Luft des Untersuchungsraumes getrieben. Jetzt wird der Kolben mit einer Gummikappe verschlossen und Barometerstand und Temperatur der Luft festgestellt. Nunmehr läßt man 100 ccm Barytwasser in eine Pipette einfließen und dieses unter leichtem Lüften der Gummikappe in den Kolben laufen. Hierbei ist die Pipette möglichst tief einzuführen. Dann wird der Kolben mit dem Barytwasser etwa 10 Minuten lang unter Drehbewegung geschüttelt. Hierbei wird alle im Kolben vorhandene CO_2 von der Barytlauge gebunden. [$Ba(OH)_2 + CO_2 = BACO_3 + H_2O$.] Jetzt wird am besten in der Nähe des geöffneten Fensters der Inhalt des Kolbens in eine kleine Flasche übergegossen, und diese luftdicht verschlossen. Hier läßt man den weißen Niederschlag sich vollkommen absetzen. Von der darüberstehenden völlig klaren Flüssigkeit werden 25 ccm abpipettiert und in der oben beschriebenen Weise zurücktitriert.

Waren z. B. bei der Titerstellung des Barytwassers auf 25 ccm desselben 24 ccm Oxalsäure, also auf 100 ccm 96 ccm Oxalsäure verbraucht, dagegen für 25 ccm des mit der untersuchten Luft geschwenkten Barytwassers nur 22 ccm Oxalsäure, oder für die ganzen verwendeten 100 ccm nur 88 ccm, so kommen 8 ccm auf Rechnung der CO_2 jener Luft, und diese entsprechen = 8 mg CO_2. Um die Milligramme CO_2 in Kubikzentimeter zu verwandeln, muß man erstere durch das Volumgewicht der CO_2 dividieren, das bei verschiedenen Temperaturen und verschiedenem Luftdruck folgenden Wert hat:

1 Liter CO_2 wiegt Gramm:

	740 mm	744 mm	748 mm	752 mm	756 mm	760 mm	764 mm	768 mm
10°	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86	1·87	1·88	1·89
12°	1·81	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86	1·87	1·88
14°	1·79	1·80	1·81	1·82	1·83	1·84	1·85	1·86
16°	1·78	1·79	1·79	1·81	1·82	1·82	1·83	1·84
18°	1·76	1·77	1·77	1·79	1·80	1·81	1·82	1·83
20°	1·74	1·75	1·75	1·77	1·78	1·79	1·80	1·81
22°	1·73	1·73	1·74	1·75	1·76	1·77	1·78	1·79
24°	1·71	1·72	1·73	1·74	1·75	1·76	1·76	1·77

Hatte man zur Zeit des Versuchs z. B. 15° und 760 mm Barometerstand, so sind die 8 mg CO_2 durch 1·83 zu dividieren, und man findet so 4·37 ccm CO_2. Enthielt die Sammelflasche beispielsweise 3420 ccm Luft, so war der Gehalt der Luft an CO_2: $\frac{4 \cdot 37}{3420} = \frac{x}{1000}$, also 1·28 Promille.

B. Approximative Bestimmung.

Der Lunge-Zeckendorffsche Apparat wird entweder von Cramer in Zürich fertig bezogen, oder man stellt sich den Apparat folgendermaßen zusammen: Zu einem Pulverfläschchen von etwa 80 ccm Kapazität wird ein passender doppelt durchbohrter Kautschukstopfen ausgesucht. Die eine Bohrung trägt ein gerades, bis zum Boden des Fläschchens reichendes Glasrohr und an dessen äußerer Spitze ein Stück Gummischlauch; durch die andere Bohrung ist ein kurzes gekrümmtes Glasrohr gesteckt, dessen äußeres Ende durch einen Kautschukschlauch mit einem Gummiballon von etwa 70 ccm Kapazität verbunden ist. Ein Längsschlitz in dem letzterwähnten Gummischlauch liefert ein Ventil, das beim Komprimieren des Ballons die Luft vollständig austreten läßt, wenn gleichzeitig der Kautschukansatz auf dem geraden Glasrohr zugeklemmt wird; läßt man aber dann den Ballon los und hebt gleichzeitig jenen Verschluß auf, so geht alle Luft nur durch das gerade Glasrohr und das Pulverfläschchen in den Ballon, während das Ventil keine Luft passieren läßt.

In das Fläschchen bringt man 10 ccm einer dünnen, mit Phenolphtalein rot gefärbten Sodalösung (man hält sich zweckmäßig eine Lösung von 5·3 g wasserfreier Soda in 1 Liter = $^1/_{10}$ Normalsodalösung vorrätig, in welcher man 0·1 g Phenolphtalein aufgelöst hat. Von dieser Lösung verdünnt man am Versuchstage 2 ccm mit 100 ccm destillierten, ausgekochten und wieder abgekühlten Wassers). Sodann läßt man mit Hilfe des Ballons und der beschriebenen Ventilwirkung eine Ballonfüllung Luft des Untersuchungsraumes nach der anderen durch die Sodalösung streichen; nach jeder frischen Füllung schließt man mit dem Finger den offenen Kautschukschlauch und schüttelt das Gläschen eine volle Minute lang, damit alle CO_2 der Luft absorbiert wird. In dieser Weise fährt man fort, bis die Sodalösung entfärbt ist. Aus der bis dahin verbrauchten Zahl von Ballonfüllungen läßt sich der CO_2-Gehalt der Luft annähernd entnehmen. Im Mittel braucht man

in einer	Luft	von	0·3	Promille	CO_2	48	Ballonfüllungen
„	„	„	0·4	„	„	35	„
„	„	„	0·5	„	„	27	„
„	„	„	0·6	„	„	21	„
„	„	„	0·7	„	„	17	„
„	„	„	0·8	„	„	13	„
„	„	„	0·9	„	„	10	„
„	„	„	1·0	„	„	9	„
„	„	„	1·2	„	„	8	„
„	„	„	1·4	„	„	7	„
„	„	„	1·5	„	„	6	„

Geht der CO_2-Gehalt der Luft über 1·5 Promille hinaus, so ist es besser, den Versuch mit einer doppelt so starken Sodalösung (2 ccm der Stammlösung mit 50 ccm Wasser verdünnt) zu wiederholen. Bei Verwendung dieser Lösung zeigen an:

1·2	Promille	CO_2	16 Ballonfüllungen
1·5	„	„	12 „
2·0	„	„	8 „
2·2	„	„	7 „
2·5	„	„	6 „
3·0	„	„	5 „
3·7	„	„	4 „

Jeder Apparat liefert je nach der Kapazität des Ballons, des Fläschchens usw. verschiedene Resultate. Obige Tabellen geben daher nur Mittelwerte. Will man einigermaßen sichere Resultate haben, so muß man in Luft von verschiedenem CO_2-Gehalt die CO_2 mittels der oben angegebenen genauen Methode bestimmen, und gleichzeitig sehen, wieviel Ballonfüllungen mit einem bestimmten Apparat auf diesen bekannten CO_2-Gehalt verbraucht werden. Für den in dieser Weise in 2 oder 3 Luftarten geeichten Apparat entwirft man eine korrigierte Tabelle und erhält dann sehr befriedigende Resultate.

3. Untersuchung der Luft auf Kohlenoxyd und schweflige Säure.

a) Die auf CO verdächtige Luft wird, wie bei der CO_2-Bestimmung, in einem großen Glaskolben gesammelt und mit 20 ccm einer 20%igen Blutlösung eine Viertelstunde lang geschüttelt. Der Nachweis von CO kann alsdann erfolgen.

1. Chemisch: a) 15 ccm 1%ige Tanninlösung werden zu je 5 ccm der fraglichen Blutlösung und einer gleich starken normalen Blutlösung zugesetzt und geschüttelt. Bei CO-Blut entsteht ein Niederschlag, der nach 1—2 Stunden bräunlichrot wird, beim Kontrollblut ein Niederschlag, der graubraun wird. (Die Probe ist monatelang haltbar.)

b) 5 ccm 20%ige Ferrocyankaliumlösung und 1 ccm 33%ige Essigsäure werden zu je 10 ccm der fraglichen Blutlösung und einer gleich starken normalen Blutlösung zugesetzt und geschüttelt. Bei CO-Blut bildet sich alsbald ein rotbrauner, beim Kontrollblut ein graubrauner Niederschlag. (Die Probe ist nicht haltbar.)

2. Spektroskopisch: Man verdünnt beide Blutlösungen ca. 200—300fach bis zu blaßroter Farbe und vergleicht sie im Spektroskop. CO-Blut gibt zwei Absorptionsstreifen im Gelb (zwischen den Linien *D* und *E*) wie das normale Oxyhämoglobin-Blut, nur etwas von *D* nach *E* hin verschoben. Dieser Unterschied ist jedoch nur mit sehr guten Instrumenten deutlich zu erkennen. Um leichter erkennbare Unterschiede zu erhalten, setzt man zu beiden Lösungen einige Tropfen einer reduzierenden Flüssigkeit, z. B. Schwefelammonium. Das CO-freie Blut weist alsdann nur einen breiten, dunklen Absorptionsstreifen etwa an der gleichen Stelle von *D* bis *E* bis in Grün hinein auf, während das CO-Blut seine zwei Streifen beibehält.

b) SO_2-Bestimmung in der Luft.

Prinzip: Eine bestimmte Menge Luft wird durch $^1/_{50}$ Normal-Jodlösung geleitet und darin die SO_2 absorbiert: $SO_2 + J_2 + 2\,H_2O = SO_4H_2 + 2\,HJ$. Der unveränderte Jod-Rest wird alsdann durch Titration mit $^1/_{50}$ Normal-Natriumthiosulfatlösung ($2\,Na_2S_2O_3 + 2\,J = 2\,NaJ + Na_2S_4O_6$) bestimmt und daraus die SO_2-Menge berechnet.

Ausführung: Mittels eines Aspirators wird eine bestimmte Luftmenge durch eine Peligotsche Röhre mit 20 ccm $^n/_{50}$ Jodlösung und weiterhin durch eine gleiche Vorlage mit 5 ccm $^n/_{50}$ Natriumthiosulfatlösung gesaugt, durch

welch letztere etwa mitgerissene Joddämpfe zurückgehalten werden. Nach dem Durchleiten gießt man beide Lösungen in ein Becherglas zusammen, spült beide Vorlagen mit destilliertem Wasser aus und dieses gleichfalls in das Becherglas, setzt einige Tropfen Stärkelösung als Indikator hinzu und titriert bis zur Entfärbung.

Berechnung: Gesetzt, nach dem Durchsaugen der Luft wären zur Titration der 15 ccm Jodlösung (nämlich 20 ccm Jodlösung — 5 ccm Natriumthiosulfatlösung) nicht 15, sondern nur 10 ccm $^n/_{50}$ Natriumthiosulfatlösung gebraucht worden, so wären 5 ccm der Jodlösung duch SO_2 gebunden worden. Nun entspricht 1 ccm der Jodlösung 128 mg SO_2, mithin 5 ccm 640 mg SO_2. Die durchgesaugte Luftmenge enthielt also 0·640 g SO_2.

4. Chemische Trinkwasseranalyse.

A. Organische Stoffe (Sauerstoffverbrauch).

Reagenzien. 1. Oxalsäurelösung, 0·63 g im Liter gelöst. 10 ccm dieser Lösung verbrauchen 0·8 mg Sauerstoff zur Oxydation. Die Lösung ist etwa 2 Wochen haltbar. 2. Lösung von 0·35 g Kaliumpermanganat ($KMnO_4$) in 1 Liter Wasser. Diese Lösung ist in folgender Weise auf die Oxalsäure genau einzustellen: In einen Kochkolben von 300 ccm Kapazität kommen 100 ccm reines destilliertes Wasser und 5 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 Säure + 3 aq.). Man erhitzt und hält 5 Minuten im Sieden; fügt dann zur Zerstörung etwa noch vorhandener organischer Substanzen so viel $KMnO_4$ zu, bis bei weiterem Erhitzen schwache Rosafärbung bestehen bleibt. Dann fügt man 10 ccm der Oxalsäurelösung zu, und läßt in die heiße Flüssigkeit aus der auf den Nullpunkt wieder aufgefüllten Bürette Chamäleonlösung zufließen, bis eben schwache Rötung eintritt. Die bis zu diesem Punkte verbrauchten Kubikzentimeter Chamäleonlösung vermögen dann gerade jene 0·8 mg Sauerstoff abzugeben, welche die 10 ccm Oxalsäure zur Oxydation erfordern. Die Chamäleonlösung wird eventuell der einfacheren Rechnung wegen noch weiter verdünnt, bis 10 ccm genau 0·8 mg O entsprechen.

Ausführung: In dem vorhin gebrauchten Kochkolben werden 100 ccm des zu untersuchenden Wassers + 5 ccm verdünnte Schwefelsäure zum Sieden erhitzt; man fügt 7—8 ccm Chamäleonlösung und kocht genau 10 Minuten; wird während des Siedens die Farbe erheblich blasser, so setzt man einige weitere Kubikzentimeter Chamäleonlösung zu. Nach Ablauf der 10 Minuten läßt man 10 ccm der Oxalsäurelösung einlaufen, worauf sofort Entfärbung eintritt, nimmt den Kolben von der Flamme fort und fügt nun tropfenweise Chamäleonlösung zu, bis schwache Rosafärbung bestehen bleibt. — Von dem Gesamtverbrauch an Chamäleonlösung zieht man die zur Oxydation der 10 ccm Oxalsäure verbrauchten Kubikzentimeter ab und erhält so die Menge Chamäleon, welche von den organischen Stoffen der 100 ccm Wasser zur Oxydation konsumiert sind.

Beispiel: Titer der Chamäleonlösung: 9·4 ccm = 10 ccm Oxalsäurelösung = 0·8 mg Sauerstoff; 1 ccm Chamäleon also = 0·085 mg Sauerstoff. — 100 ccm Wasser verbrauchten im Versuch im ganzen 17·6 ccm Chamäleonlösung; davon gehen 9·4 auf Rechnung der zugesetzten Oxalsäure; es bleiben = 8·2 ccm = 8·2 × 0·085 mg Sauerstoff. 100 ccm Wasser verbrauchen folglich = 0·697 mg, 1 Liter = 6·97 mg Sauerstoff. — Will man auf Verbrauch von Permanganat umrechnen, so ist die Sauerstoffmenge mit 3·94 zu multiplizieren.

B. Ammoniak.

Das Nesslersche Reagens erzeugt mit den fast stets in Wässern vorhandenen Kalksalzen einen Niederschlag, der die Abschätzung der mit NH_3 entstehenden Färbung hindert. Zur Entfernung der Kalksalze versetzt man daher zunächst 300 ccm des zu untersuchenden Wassers in einem hohen Zylinder mit 1 ccm Natronlauge (1 : 4) und 2 ccm Sodalösung (1 : 3). Nach 6—12stündigem Stehen und vollständigem Absetzen des Niederschlages nimmt man von der klaren Flüssigkeit 20 ccm und versetzt mit 1 ccm des Nesslerschen Reagens. Durch Gelbfärbung oder gelbrötlichen Niederschlag ist NH_3 nachgewiesen.

Zur quantitativen Abschätzung löst man 3·141 g Salmiak (= 1 g NH_3) in 1 Liter Wasser. Davon entnimmt man 50 ccm und verdünnt auf 1 Liter, so daß 1 ccm dieser Lösung 0·05 mg NH_3 enthält. Nun füllt man in drei gleiche Zylinder je 100 ccm dest. Wasser, setzt dem einen 0·1 ccm, dem zweiten 0·5 ccm und dem dritten 1·0 ccm der NH_3-Lösung zu, einem NH_3-Gehalt von 0·005, von 0·025 und von 0·05 mg in 100 ccm entsprechend. In jeden Zylinder gibt man ferner 1 ccm Nesslerschen Reagens, füllt nun einen vierten Zylinder mit 100 ccm des zu untersuchenden Wassers, versetzt auch dieses mit 1 ccm Nessler und vergleicht die Färbung der Proben, indem man von oben durch die Höhe der Schicht gegen eine weiße Unterlage sieht. Ist die Farbe des Wassers keiner der Proben von bekanntem NH_3-Gehalt gleich, so werden weitere Stufen von letzterem hergestellt, bis das untersuchte Wasser und eine Probe von bekanntem Gehalt harmonieren.

C. Salpetrige Säure.

100 ccm Wasser werden in einem Zylinder mit 1—2 ccm verdünnter SO_4H_2 und mit ungefähr 3 ccm Zinkjodidstärkelösung versetzt. Blaufärbung zeigt Nitrite an.

Quantitative Abschätzung erfolgt durch kolorimetrische Vergleichung, wie bei der Bestimmung des NH_3. Als Vergleichsflüssigkeit dient eine Lösung von 1·815 g $NaNO_2$ (= 1 g N_2O_3) in 1 Liter; zum Gebrauch werden 10 ccm auf 1 Liter verdünnt, so daß 1 ccm = 0·01 mg N_2O_3 enthält. Von dieser Lösung fügt man zu je 100 ccm 0·2, 1·0 und 5·0 ccm, und schaltet nach Bedarf weitere Vergleichsstufen ein.

Oder: Etwa 10 ccm Wasser werden mit etwas Sulfanilsäurelösung (0·5 g Sulfanilsäure in 150 ccm verdünnter Essigsäure) versetzt und nach einiger Zeit etwas α-Naphthylaminlösung hinzugefügt. Rotfärbung zeigt N_2O_3 an. — Die α-Naphthylaminlösung wird hergestellt, indem man 0·2 g festes α-Naphthylamin mit 20 ccm Wasser kocht, die farblose Lösung vom Rückstand abgießt und mit 150 ccm verdünnter Essigsäure versetzt.

D. Salpetersäure.

Qualitativ: 2 ccm Wasser werden im Reagenzglas mit einigen Tropfen Brucinlösung versetzt; dann läßt man bei schräger Haltung des Glases vorsichtig konzentrierte Schwefelsäure am Rande herunterfließen. An den Berührungsstellen der beiden übereinander geschichteten Flüssigkeiten entsteht vorübergehend ein rosafarbener Ring.

Oder: Von einer Lösung von 0·1 g Diphenylamin in 1 Liter konzentrierter $SO\,H_2$ gießt man 2—3 ccm in ein Reagenzglas, setzt tropfenweise

das zu untersuchende Wasser zu und schüttelt; bei starkem Nitratgehalt tritt schon nach 1 Tropfen, bei mäßigem Gehalt erst nach 5—10 Tropfen bleibende Blaufärbung ein.

Quantitativ: Eine vom Apotheker zu bereitende Indigolösung von solcher Stärke, daß ungefähr 8 ccm durch 1 mg N_2O_5 entfärbt werden, wird mit Salpeterlösung von bekanntem Gehalt genau titriert. Letztere bereitet man dadurch, daß 7·484 g Kaliumnitrat (= 4·0 g N_2O_5) in 1 Liter Wasser gelöst werden; davon werden 10 ccm zu 1 Liter aufgefüllt; 1 ccm der Lösung enthält davon 0·04 mg, 25 ccm enthalten 1 mg N_2O_5. 25 ccm dieser Lösung werden sodann in einem Kolben von 150 ccm Kapazität mit 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure versetzt, und Indigolösung aus der Bürette zugelassen, bis flaschengrüne Färbung mehrere Minuten bestehen bleibt. Der Versuch wird sogleich wiederholt und diesmal die Indigolösung bis nahe an die gefundene Grenze in einem Strahle zugesetzt, und dann wieder bis zur Färbung titriert, die jetzt etwas später einzutreten pflegt. Sind beispielsweise 9 ccm Indigolösung verbraucht, so zeigt ein Kubikzentimeter der Lösung $^1/_9 = 0·11$ mg N_2O_5 an.

Um den Nitratgehalt eines Wassers zu bestimmen, nimmt man 25 ccm, versetzt mit 50 ccm konzentrierter SO_4H_2 und verfährt genau wie oben. Wird wesentlich mehr als 8 ccm Indigolösung verbraucht, so ist das Wasser mit destilliertem Wasser entsprechend zu verdünnen und der Versuch zu wiederholen.

E. Chloride.

Reagenzien: 1. $^1/_{10}$ Normal-Silberlösung (17·0 g $AgNO_3$ = 10·8 g Ag in 1 Liter Wasser gelöst); 1 ccm der Lösung sättigt 3·55 mg Cl bzw. 5·85 mg ClNa. 2. Neutrale Kaliumchromatlösung, etwa 3%.

Ausführung: 100 ccm Wasser werden in einem Wasserglas mit 3 bis 5 Tropfen der Kaliumchromatlösung versetzt. Dann fügt man aus der Bürette die Silberlösung zu, bis nach Umrühren mit einem Glasstabe die gelbe Farbe der ganzen Flüssigkeit sich in einen gelbroten Farbenton verwandelt hat. Die Zahl der bis dahin verbrauchten Kubikzentimeter Silberlösung gibt, multipliziert mit 3·55, die Milligramme Chlor an, die in 100 ccm Wasser enthalten waren.

F. Härte.

Seifenlösung, durch Auflösen von 20 g reiner Seife im Liter Alkohol von 56 Volumprozenten bereitet, wird gegen eine Kalk- oder besser Bariumlösung von bekanntem Gehalt titriert. Man löst zu dem Zweck 0·523 g $BaCl_2$ in 1 Liter Wasser; diese Lösung entspricht 12 (deutschen) Härtegraden, d. h. 100 ccm enthalten eine 12 mg BaO äquivalente Ba-Menge. Man füllt dann 100 ccm Bariumlösung in eine Glasstopfenflasche von 200 ccm Kapazität, fügt Seifenlösung aus einer Bürette zu, setzt den Stopfen auf und schüttelt kräftig, fährt dann mit dem Zusatz der Seifenlösung fort, und zwar so lange, bis nach dem Schütteln ein feinblasiger Schaum auf der ganzen Oberfläche der Flüssigkeit etwa 5 Minuten stehen bleibt. Je nach dem Ausfall des Versuchs wird dann die Seifenlösung mit 56%igem Alkohol so weit verdünnt, daß gerade 45 ccm derselben bis zur Schaumbildung erforderlich sind.

Von dem zu untersuchenden Wasser werden ebenfalls 100 ccm in eine Stöpselflasche gefüllt und allmählich mit Seifenlösung titriert, bis bleibender Schaum auftritt. Werden mehr als 45 ccm verbraucht, so ist das Wasser zu verdünnen. Der Verbrauch an Seifenlösung ist dann nicht etwa der Härte des Wassers einfach proportional, sondern letztere ergibt sich aus folgender Tabelle:

Verbrauch an Seifenlösung		Härte in deutschen Härtegraden (Milligramm CaO in 100 ccm Wassers)
3·4	0·4 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	0·5
5·4		1·0
7·4		1·5
9·4		2·0
11·3	0·38 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	2·5
13·2		3·0
15·1		3·5
17·0		4·0
18·0		4·5
20·8		5·0
22·6	0·36 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	5·5
24·4		6·0
26·2		6·5
28·0		7·0
29·8		7·5
31·6		8·0
33·3	0·34 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	8·5
35·0		9·0
36·7		9·5
38·4		10·0
40·1		10·5
41·8		11·0
43·4	0·32 ccm Seifenlösung entsprechen einer Härtezunahme um 0·1°	11·5
45·0		12·0

G. Eisennachweis.

Qualitativ: 1. Bei Anwesenheit nicht zu kleiner Mengen von Ferrosalzen im Wasser erhält man beim Einwerfen eines kleinen Kristalles Ferrizyankalium (rotes Blutlaugensalz) grünblaue Färbung.

2. Kleine Eisenmengen (bis hinab zu 0·15 mg Fe) sind noch bei Zusatz einer 10%igen Natriumsulfidlösung (etwa 1 ccm auf 100 ccm Wasser) an der entstehenden gelbgrünen bis braunen Färbung zu erkennen. Das entstandene Ferrosulfid ist in Salzsäure löslich zum Unterschiede von Blei- und Kupfersulfid.

Quantitativ: Größere Eisenmengen können gleich nach der Entnahme durch Titrieren mit Chamäleonlösung unter Zusatz von Schwefelsäure in der Kälte ermittelt werden. — Man stellt sich eine normal-Kaliumpermanganatlösung her durch Auflösen von 31·63 g Kaliumpermanganat im Liter. 10 ccm dieser Lösung werden zu einem Liter aufgefüllt. Dies ergibt eine Hundertstel-Normallösung, wovon 1 ccm 0·56 mg Fe entspricht. — 100 ccm des zu untersuchenden Wassers werden mit etwa 5 ccm Schwefelsäure versetzt und aus einer Bürette die Permanganatlösung bis zur bleibenden schwachen Rotfärbung hinzugefügt. Die verbrauchten Kubikzentimeter, mit 0·56 multipliziert, ergeben den Gehalt des Wassers an Fe. — Bei geringen Eisenmengen kann man nach völliger Oxydation der Ferrosalze durch Eindampfen und Zusatz von Salzsäure die entstandenen Ferrisalze kolorimetrisch bestimmen, indem man Ferrozyan-

kalium zu dem wieder gelösten Rückstand hinzufügt. Das dabei entstehende Berlinerblau wird in üblicher Weise mit einer Lösung von bekanntem Gehalt verglichen.

H. Mangannachweis.

1. Etwa 25 ccm Wasser werden mit etwa 10 ccm 25%iger Salpetersäure in einem ERLENMEYER-Kölbchen etwa 5 Minuten lang gekocht. Jetzt läßt man etwas abkühlen und kocht nach Zusatz von einer tüchtigen Messerspitze Bleisuperoxyd nochmals 10 Minuten lang. Bei Anwesenheit von Mangan zeigt die Flüssigkeit nach dem Absetzen der suspendierten Teilchen eine Rotfärbung infolge Bildung von Permangansäure.

2. Nach BAUMERT und HOLDEFLEISS: Um den Mangangehalt eines Wassers zunächst annähernd kennen zu lernen, mischt man 10 ccm des Wassers in einem Reagenzglase mit einigen Tropfen 10%iger Lösung von Ammoniumpersulfat $S_2O_8(NH_4)_2$ und verdünnter Salpetersäure, fügt dann etwas mehr Silbernitratlösung, als zur Fällung des Chlors notwendig ist, hinzu und schüttelt um; tritt sogleich oder nach einigen Minuten eine mehr oder weniger deutliche Rotfärbung ein, so enthält das Wasser etwa 0·5 mg und mehr Mangan im Liter. Bleibt diese Reaktion aus oder tritt sie erst nach einiger Zeit ein, so schüttelt man 10 ccm des Wassers nach Zusatz von einigen Tropfen KOH oder NaOH kräftig durch und fügt etwas Jodkalium, Salzsäure und Stärkelösung hinzu; eine sofort eintretende Blaufärbung zeigt, besonders bei Durchsicht auf einem weißen Hintergrunde, noch einen Mangangehalt bis unter 0·1 mg im Liter deutlich an (bei dieser Probe ist etwa vorhandene salpetrige Säure vorher durch Erhitzen mit etwas Salzsäure, Eisen durch Schütteln des Wassers mit Zinkoxyd oder Bariumkarbonat abzuscheiden). — Genauere quantitative Bestimmung s. Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, Heft 12, Berlin 1909, S. 183.

I. Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit.

Die elektrische Leitfähigkeit des Wassers, welche gleich dem reziproken Werte ihres spezifischen Widerstandes ist, wird zum überwiegenden Teile durch den Gehalt an Mineralsalzen bedingt. Sie ist daher geeignet, eine Veränderung des Gehaltes an diesen Salzen schnell erkennen zu lassen. — Bestimmt wird die Leitfähigkeit durch Widerstandsmessung nach der Methode der WHEASTONE-KIRCHHOFFschen Brückenverzweigung. Das Prinzip der Messung ist folgendes: Verteilt sich der Strom eines elektrischen Elements im Punkte A (Fig. 222) auf zwei Drähte, die sich in B wieder vereinigen, so geht durch den Draht e (Brücke), der zwei Punkte dieser Drähte verbindet, kein Strom, wenn sich die Widerstände der Drahtstücke $a:b = c:d$ verhalten. Die Stromlosigkeit von e erkennt man daran, daß ein in den Draht e eingeschaltetes Telephon zu tönen aufhört.

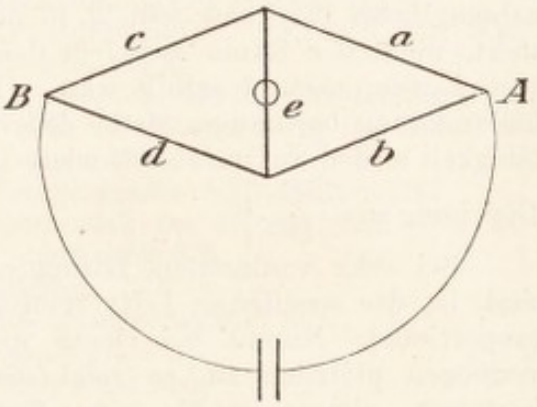


Fig. 222.

Zur Ausführung der Bestimmung gießt man das zu untersuchende Wasser in ein mit Platinelektroden versehenes Aufnahmegefäß und vergleicht seinen

Widerstand (W) mit einem bekannten Rheostatenwiderstand (R)[1], indem man durch beide den Sekundärstrom eines Induktionsapparates schickt, und diesen in der Brücke zum Verschwinden bringt, dadurch, daß man einen Schleifkontakt auf einem über einer Teilung ausgespannten Drahtwiderstand hin- und herschiebt. Der Punkt der Stromlosigkeit der Brücke wird durch ein Minimum der Tonstärke im Telephon angezeigt. Auf der Meßbrücke ist das Verhältnis $a : b$ direkt ablesbar. Da der Nullpunkt des Stromes in der Brücke eintritt, wenn sich $W : R = a : b$ verhält, so braucht man nur den bekannten bei R eingeschalteten Widerstand mit der auf der Skala gefundenen Zahl zu multiplizieren und erhält daraus W. Der Widerstand wird in Ohm angegeben. Von erheblichem Einfluß auf die Messung ist die Temperatur des Wassers. Meist werden die Messungen auf 18° bezogen.

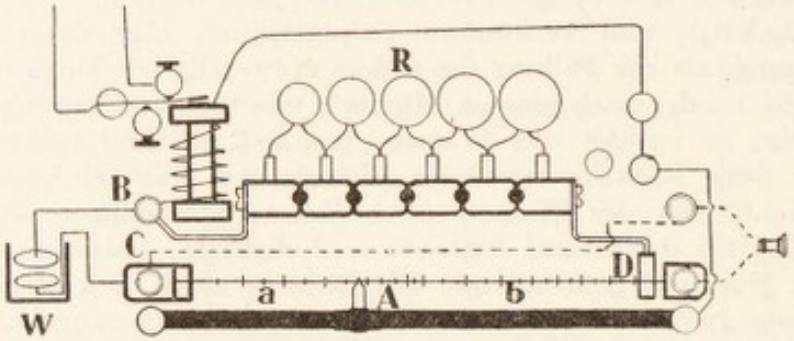


Fig. 223.

Beispiel: Waren bei R 1000 Ohm eingeschaltet und stand der Schleifkontakt A beim Tonloswerden des Telephons auf 0·3, so ist $W = 0{\cdot}3.1000 = 300$ Ohm.

Die Einheit bei diesen Messungen ist die Leitfähigkeit eines Körpers, von dem ein Würfel von 1 qcm Seitenfläche den Widerstand 1 Ohm besitzt. In dieser Einheit ausgedrückte Werte bezeichnet man mit $\varkappa$. Um die Leitfähigkeit des Wassers darauf zu beziehen, muß die Widerstandskapazität C des Aufnahmegefäßes bestimmt sein, d. h. man muß den Widerstand kennen, der entsteht, wenn der Raum zwischen den beiden Elektroden von einer Flüssigkeit vom Leitvermögen 1 erfüllt wäre. [Man kann dies z. B. mit einer $^1/_{10}$ Chlorkaliumlösung bestimmen, deren Leitvermögen bei 18° = 0,01119 ist. Die Leitfähigkeit $\varkappa$ der zu untersuchenden Flüssigkeit berechnet sich dann nach der Gleichung $\varkappa = \frac{C}{W} \cdot$]

Bei sehr verdünnten Lösungen, wie es die Gebrauchswässer durchweg sind, ist das spezifische Leitvermögen dem Gehalt an gelösten Salzen nahezu proportional. Nimmt bei einem wiederholt kontrollierten Wasser das Leitvermögen plötzlich zu, so zeigt dies meist an, daß eine Vermischung mit härterem, nimmt es ab, eine Vermischung mit weicherem Wasser stattgefunden hat.

---

[1] W und R würden in der schematischen Figur 222 den Abschnitten c und d entsprechen.

Register.

ABC-Prozeß 398.
Abelscher Petroleumprüfer 384.
Abdeckereien 430.
Abessinische Röhrenbrunnen 152.
Abfallstoffe 127; Beschaffenheit ders. 387; Entfernung ders. 386; Gesundheitsschädigungen durch 389.
Abfälle der rohen Nahrungsmittel 179.
Abfuhrsysteme 392.
Aborte 392; Desinfektion ders. 577.
Abrin 603.
Abschwächung der Bakterien 535.
Absolute Feuchtigkeit 33ff; 70.
Absonderung bei übertragbaren Krankheiten 560; der Kranken 582.
Absperrungsmaßregeln bei den gemeingefährlichen Krankheiten 558.
Absterbebedingungen der Bakterien 535
Abwässer als Infektionsquelle 556; Untersuchung 428; chemische 428; mikroskopische 428; Pilze 428; Beseitigung der organischen Stoffe 418; gewerbliche 416.
Abwässerreinigung 397. 411; biolog. Verfahren 418. 422; Chemikalienzusätze 397. 416; Faulkammern 417; Klärbrunnen 414; Klärtürme 415; Sedimentieranlagen 412; Stauverfahren 423.
Abwässerreinigungsanlage 424.
Acetylengas 378.
Adipocire-Bildung 433.
Aëroben 526.
Aërogengas 378.
Agameten 546.
Agar-Agar für Bakteriennährböden 528; zum Choleranachweis (Bereitung) 802.
Agglutination, Anwendung der 786; Autohämaggl. 610; Isohämaggl. 610; Säureaggl. 609.
Agglutinationsprobe, Ausführung bei Typhus 793; mikroskopische 786; quantitative 786.
Agglutinine 607.
Agglutinierende Sera 625.
Agglutinoide 608.
Agglutinophore Gruppe 607.
Aggressine 606.
Aitkens Methode der Staubzählung 91.
Akklimatisation 73.
Aktinometer 56.
Aktinomyces 636.
Aktinomykose bei Schlachttieren 240.
Aktive Immunisierung 621.
Albumosen 171.
Aleuronatbrot 258.
Alexine 591. 599.
Algen in Trinkwasser 143.
Alkalien als Desinfektionsmittel 541.
Alkoholgenuß 52.
Alkoholmißbrauch 178.
Allergie 590.
Alttuberkulin 706.
Alluvium 102.
Aluminiumkochgeschirre 191.
Aluminiumsulfat, Versetzen von Wasser mit 160.
Amboceptor 599ff.; Austitrieren des 603; Titerbestimmung des hämolytischen 789.
Amerikanische Schnellfilter 160.
Ammoniak im Wasser 128. 139; Bestimmung 822.
Amöben 730.
Amöbendysenterie 730.
Amphiont 741.
Anaëroben 526.
Anaphylaxie 589.
Anaphylatoxin 617.
Anchylostomum duodenale 136.
Anemometer 28. 361.
Aneroidbarometer 24.
Angina 683; durch Streptokokken 643.
Anilinfarbstoffe als Desinfektionsmittel 541; als Färbemittel für Bakterien 776. 519.

Anisogamie 546.
Anopheles claviger 744.
Anpassung an Klima 75.
Ansteckungsverdächtige im Sinne des Seuchengesetzes 558.
Anthrakosis 94. 494.
Anthrazitkohle 331.
Antiaggressine 607.
Antiendotoxine 424.
Antiformin zum TB-Nachweis 810.
Antigene 589. 613; Nachweis 613.
Antihämolysine 612; bei Staphylokokken 641.
Antiimmunkörper 609.
Antiinfektiöse Sera 624.
Antikenotoxin 366.
Antikomplement 609.
Antikörper 588; spezifische 603.
Antitoxinbildung 596.
Antitoxische Sera 624.
Antitoxin 593.
Antitoxingehalt der Milch 204.
Antizyklonen 29.
Aqua cresoli 573.
Arak 269.
Aräometer 212. 214.
Arbeit bei hohen Temperaturen 493.
Arbeiterbäder 286.
Arbeiterhäuser 309.
Arbeiterkrankheiten 485.
Arbeiternahrung 199.
Arbeitsleistung, Einfluß auf den Nährstoffbedarf 180.
Arbeitsräume, gewerbliche 488.
Arbeitszeit 488.
Arctomys bobac 676.
Argandbrenner 377.
Arktische Zone 67.
Armee, Kost in der 202.
Arsen 506; in gewerblichen Abwässern 426; im Wasser 134. 139.
Artesische Brunnen 129.
Arzt, Verhalten bei übertragbaren Krankheiten 584ff.
Ästhesiometer 462.
Aschenklosett 397.
Ascus 515.
Aspergillus 634.
Aspirationsaufsatz 357.
Aspirationspsychometer 34.
Aspirationssystem bei Ventilation 354.
Aspirationsthermometer 42.
Ätherische Öle als Desinfektionsmittel 541.
Äthylalkohol als Desinfektionsmittel 541.
Atmometer 314.
Atmosphäre 23.
Atoxyl 736.
Ätzkalk als Desinfektionsmittel 541; zur Reinigung von Kanalwasser 397.
Aufsaugungsvermögen, kapillares 106.
Augenkrankheiten in gewissen Berufen 490.
Ausflockung 608.
Ausnutzbarkeit der Nahrungsmittel 187.
Austern 234.
Austitrieren des Amboceptors 603; des Komplements 603.
Austrocknung der Bakterien 539.
Austrocknungsfrist der Häuser 317ff.
Autan 568.
Autodämpfe, Giftigkeit 84.
Autoform, Verfahren 568.
Autogamie 546.
Autograph von Campbell 56.
Autolyse 534.
Avidität 688.

Babesia 738; bigemina 738; canis 739; parva 739.
Bäche, Wasser der 129.
Bäder 285.
Bakterien 91. 520; Absterbebedingungen 535; aërobe 526; anaërobe 526; Krankheitserregung 534; Lebensäußerungen 530; Lebensbedingungen 525; Morphologie 519; Mutation 542; Stoffwechselprodukte 536; Tötung 536; Transformationen 542; Variation 542.
Bakterienextrakte (zur Schutzimpfung) 623.
Bakteriengehalt der Butter 228; der Frauenmilch 221; der Kuhmilch 220; des Wassers, zeitliche Schwankungen in Brunnenwasser 145.
Bakterienhemmende Mittel 537.
Bakterientötende Mittel 539.
Bakterienproteine 534.
Bakterienzahl in der Milch 214.
Bakteriologische Untersuchung des Wassers 144.
— Untersuchungsanstalten 560.
— Untersuchungsmethoden 776ff.
Bakteriolysine 598ff. 624.
Bakteriotropine 589. 607.
Bakterium acidi lactici 206.
Bakterium coli, Eigenschaften 671; als Krankheitserreger 671; Kultur 670; Vorkommen 671; im Wasser 147.
Bandwurm 236.
Baracken 473. 481.
Barlowsche Krankheit 222.
Barometer 24.
Barometrischer Gradient 29.

Bauart des Hauses 322.
Baudouinsche Reaktion 231.
Bauflucht 299.
Baugrund 288.
Bauordnung 296.
Bauordnung u. Wohnungskontrolle 296.
Bauplatz 287.
Bauprämien 308.
Bauweise, geschlossene, offene 300.
Baumwolle 274.
Baumwollfasern 275.
Baumwollstaub 495.
Bazillen, säurefeste 694.
Bazillenträger bei Diphtherie 685; bei Cholera 722; bei Typhus 662. 667; bei Genickstarre 653; bei Pest 682.
Bazillus 522; aërogenes 670; als Krankheitserreger 670; anthracis 655; botulinus 241. 714; coli 670; diphtheriae 683; dysenteriae 673; enteritidis 671; der hämorrhagischen Sepsis 674; der Hühnercholera 674; influenzae 714; der Kaninchenseptikämie 675; leprae 710; des malignen Ödems 713; des malignen Ödems im Boden 123; mallei 681; des Mäusetyphus 672; paratyphi 671; pestis 675; pyocyaneus 717; des Rauschbrands 714; des Rhinoscleroms 670; des Schweinerotlaufs 717; suipestifer 672; suisepticus 672; tetani 711; tuberculosis 689; typhi abdominalis 659; der Wildseuche 674.
Bebauungsplan 295.
Beef tea 254.
Beggiatoa alba 430.
Begräbnisturnus 435.
Beleuchtung durch Tageslicht 366; künstliche 375; von Schulen 452; indirekte 453.
Beleuchtungsprüfer nach Thorner 372.
Benzin-Sicherheitslampen 509.
Beobachtung kranker oder verdächtiger Personen bei übertragbaren Krankheiten 560.
Beratungsstellen 444.
Bergkrankheit 27.
Bergwerke, Unfälle 508.
Bergarbeiterkrankheiten 538.
Beri-Beri 74. 176. 261.
Berieselung zur Reinigung des Kanalwassers 219; des Untergrundes 421.
Berkefeldsches Filter 165.
Bejerinkscher Nährboden 530.
Berufskrankheiten 483.
Berufswahl, Unterstützung bei der 468.
Bestattungsvorschriften für an einer Seuche Gestorbene 558. 561.
Betten-Desinfektion 569.
Bettfederreinigungsanstalten 507.
Beulenpest 676.
Bevölkerungszunahme 17.
Bier 264; Fälschungen 266; Nachweis der Fälschungen 266; Zusammensetzung 265.
Bierdruckapparate 267.
Bierhefe 519.
Biersurrogate 266.
Bierwürze 264.
Biersche Stauung 619.
Biologisches Verfahren 422.
Blastomycetes 517.
Blaue Milch, Bazillen der 208.
Blei in Gewerbebetrieben 500; in Kochgeschirren 190; im Wasser 134.
Bleivergiftung, basophile Körnelung der roten Blutkörper bei 500.
Bleirohre 164.
Bleiweiß 502; Fabrikation 503.
Blennorrhoea neonatorum 650.
Blepharoplast 545.
Blocks 474.
Blutnachweis, forensischer 614.
Blutvergiftung 558. 648.
Boden 55. 101; chemisches Verhalten 110; Durchlässigkeit 105; Durchtritt von Flüssigkeiten durch den 119; Einfluß auf Infektionskrankheiten 631; Flächenwirkung 105; Filtration durch den 122. 127; Mikroorganismen 125. 128; Nitrobakter 108; pathogene Bakterien 123; Porenvolum, Bestimmung 103; Temperatur 108; übersättigter 128; Verhalten des Wassers im 113; Verunreinigungen 126; Wasserkapazität 106.
Bodenbakterien 108; hygienische Bedeutung der 125; Verteilung der 122; Weiterverbreitung der 124.
Bodenfeuchtigkeit 288.
Bodenfiltration zur Reinigung des Kanalwassers 418.
Bodenluft 111.
Bodenprofil 117.
Bodenverunreinigung durch Abfallstoffe 391.
Bodenwasser 113; Grundwasser 113.
Bogenlicht 379.
Bora 31.
Borax als Milchzusatz 208. 213.
Borax-Methylenblau 813.
Borsäure als Milchzusatz 209.
Böse Wetter in Kohlengruben 509.
Botriocephalus latus 238.
Botulismus 241.
Brandmauern 299.

Brandpilze 259.
Branntwein 269.
Braten des Fleisches 250.
Brauchwasser 131.
Brausebäder 286.
Breslauer Desinfektionsmethode 567.
Brennmaterialien 327.
Brom als Desinfektionsmittel 540. 564.
Bronchomykosen 635.
Brot 258.
Brotöl 260.
Brotsorten 258; Dörrbrot 260; Zusätze 260.
Brucin 824.
Brunnen 127. 151; Desinfektion 579; Lokalinspektion 148.
Bubonenpest 676.
Bücher, Desinfektion 566. 573.
Budenbergs Desinfektionsofen 570.
Burrische Tusche-Methode 520. 529.
Butter 227; Bakteriengehalt 228; Baudouinsche Reaktion 231; Pasteurisieren des Rahms 228; Ranzigwerden der 228; Fremde Fette 229; Hehnersche Zahl 230; Hüblsche Jodzahl 230; Köttstorfersche Zahl 230; neue Butterzahl Polenske 230; Phytosterin 229; Palmin 231.
Buttermilch 232.
Buttersäurebazillen 206.
Buttersäure-Gärung 532.
Butteruntersuchung 228. 229.
Butyrometer 213.

Caisson 492.
Chamberlandsche Filter 166.
Chaptalisieren 268.
Chemotaxis 524. 591.
Chlamydosporenbildung 516.
Chlamydozoon 752; variolo-vaccinae 752.
Chlor 83; als Desinfektionsmittel 540. 565.
Chloride im Wasser 127. 139ff.; Bestimmung 823.
Chlor-Einatmung in Gewerbebetrieben 498.
Chlorkalk als Desinfiziens 425.
Chlorkalkfabrikation 498.
Chlorkalkmilch zur Desinfektion 565.
Chloroform als Desinfektionsmittel 541.
Cholera, Agglutination 720; Nachweis durch Agglutinationsversuch 801; Bakteriologischer Nachweis 799; Entnahme des Untersuchungsmaterials 797; Epidemiologie 721; Immunisierung 788; individuelle Disposition 724; Infektionsquellen 722; Inkubation 727; Nachweis durch Pfeifferschen Versuch 801; Prophylaxis 727; Tierversuch 720; Übertragung durch Milch 210.
Choleradiagnose 799.
Cholerarot 719.
Choleratoxine 720.
Choleravibrio 718; Differentialdiagnose 719; Nachweis 799; Nachweis im Wasser 800; Nitritbildung durch 727; Züchtung 719.
Cholera infantum 62. 66. 440.
Chrom in Gewerbebetrieben 506.
Chromatin 520; der Protozoen 545.
Ciliophora 729.
Cladothrix 430.
Claviceps purpurea 259.
Clostridium 522.
Coccaceae 543.
Colibakterien 671; bei Schlachttieren 240; im Wasser 147.
Colititer 148.
Colonienzählung 783.
Corallin-Methylenblau, Färbung mit 810.
Crenothrix 132. 430.
Culex 746; fatigans 771.
Cyklonen 29.
Cysticerkenkrankheit 237.
Cystitis 670.

Dach 317.
Dachpappenfabriken 512.
Dampfdesinfektion 569; Kunows Kontrollapparat für 573.
Dampfheizung 346.
Dampfkessel 510.
Dampfmaschinen 510.
Darmbakterien, Beeinflussung durch Genuß- und Reizmittel 177.
Darmkatarrhe der Säuglinge durch Streptokokken 643.
Darmkrankheiten 61. 67. 68.
Darmsaitenfabriken 512.
Dauerbrandöfen 333.
Davysche Sicherheitslampe 509.
Deckenbildung der Hefen 518.
Degenerationsformen bei Bakterien 523.
Denguefieber 771.
Dermatomykosen 635.
Desinfektion 562; von Aborten 577; von Ausscheidungen 576; von Badewasser 576; von Betten 577; von Büchern 574. 578; von Brunnen 152. 166. 579; von Düngerstätten 577; von Eisenbahnwagen 579; von Eß- und Trinkgeschirr 576; durch Formaldehyd-Entwicklung 566; der Hände

577; von Kehricht 577; von Kleidern 577. 578; von Krankenwagen 577; von Ledersachen 573. 578; von Pelzwerk 578; von Strohsäcken 577. 578; von Stuhlgang usw. 576; von Teppichen 578; durch trockene Hitze 566. 574; von Uniformen 574; von Verbandsgegenständen 576; von Wäsche 577; des Wassers 182; von Wasserleitungen 579; von Wohnräumen 578.
Desinfektionsmittel, praktische 540.
Desinfektionsordnungen 578.
Desinfektionsvorschriften 558.
Desinfektorenschulen 578. 582.
Desodorisierung von Fäkalien 396.
Dextrangärung 532.
Diagnostische Immunsera 785; Herstellung der 784; Anforderungen an 785.
Diastase, Bildung durch Bakterien 533.
Diatomeen im Wasser 143.
Dicke der Mauern 315.
Dieudonnés Blutagar 802.
Differentialmanometer 361.
Diluvium 102.
Diphenylamin 822.
Diphtherie 683; bakteriologischer Nachweis 807; Epidemiologie 685; Heilserum, Wertbestimmung 687; Letalität der 689; Standardserum 687.
Diphtheriebazillus 683; Differentialdiagnose 806; Übertragung durch Milch 210.
Diplococcus crassus 651; lanceolatus 646; flavus 651.
Diplokokkus 522.
Disposition 71; Ursachen 585ff.; örtliche und zeitliche 627; Bekämpfung 631.
Distoma hepaticum 238.
Döckers Baracke 482.
Dominantes Komplement 601.
Doppelfärbung von Schnitten nach Weigert 780; von Diphtheriebazillen nach Neisser 807.
Dorsets Nährboden 694.
Dourine 736.
Drainage auf Rieselfeldern 419.
Drepanidium 742.
Dreschmaschinen, Sicherheitsvorrichtungen 511.
Drigalski-Conradi, Nährboden nach 792; Bereitung 794.
Druck in Schulbüchern 459.
Dunkelfeldbeleuchtung 520.
Durchlässigkeit des Bodens 105.
Durchtritt von Flüssigkeiten durch den Boden 119.
Dynamitfabrikation 510.
Dysenterie 673. 730; bakteriologischer Nachweis 796.
Dysenterieamöben im Wasser 134. 731.

Ehrlichs Seitenkettentheorie 593.
Eier 255.
Einfamilienhaus 307.
Einfuhrverbote 556.
Einschlußblenorrhöe 650. 768.
Einsteigschachte 401.
Eis 167. 189.
Eisen im Wasser 131. 138; Nachweis 824.
Eisensalze zur Reinigung von Kanalwasser 397.
Eisenvitriol als Desodorans 396.
Eisen, Zufuhr in der Nahrung 175.
Eisschränke 189.
Eiterkokken 97.
Eiterung 648.
Eiterungen bei Schlachttieren 239; durch Parasiten 548.
Eiweiß, Verbrennungswärme des 168.
Eiweißansatz 171. 180.
Eiweißmilch 226.
Eiweißverarmung 182.
Eiweißzerfall 170.
Ektoenzyme 531.
Ektoplasma 521.
Ektotoxin 533. 593. 623.
Elektrisches Licht 379.
Elektrizität der Luft 59.
Elektroskop 59.
Email der Eisenwaren 502. 504.
Empfänglichkeit für Infektion 554.
Endoblastoderma 520.
Endoenzyme 531.
Endokarditis durch Pneumokokken 646; durch Streptokokken 643.
Endos Nährboden, Bereitung 795.
Energiequotient 186.
Endotoxine 534. 593. 602. 624.
Entamoeba histolytica 730; coli 731; tetragena 730.
Enteisenung des Grundwassers bei Brunnenanlagen 153; bei zentraler Wasserversorgung 153.
Enteisenungsanlage 155.
Enteritisbazillus 671. 672.
Enteritis der Kühe 211.
Entfettung 183.
Entflammungspunkt 384.
Entmanganung des Grundwassers 157.
Entoplasma 520.
Entwicklungshemmung der Bakterien 535.
Eosin 777.

Epitheliosis desquamativa conjunctivae 770.
Epitoxoide 595.
Erbbaurecht 308.
Erdklosett 396.
Erfrierungen 50. 52.
Ergograph nach Mosso 462.
Erkältungen 50. 52. 68.
Ermüdungsprüfung bei Schulkindern 462.
Ernährung 168; Einfluß auf Wasserdampfabgabe 37; der Kinder 219.
Ernährungsstörungen bei Schulkindern 449. 464.
Ermittelungsverfahren bei übertragbaren Krankheiten 559.
Erysipel 643; -kokken 647.
Erythrasma 635.
Eschsche Nährboden 719.
Essig 272.
Essigsäuregärung 532.
Eß- und Trinkgeschirr als Infektionsquellen 555.
Eugenik 19.
Exhaustoren 496.
Exkrete, gasförmige 85.
Explosionsgefahr durch Leuchtgas 384; durch Petroleum 383.
Extractum carnis frigide parat. 254.

Fabrikabwässer 409.
Fabrikinspektoren 513.
Fachschulen 468.
Fadenpilze 515.
Fäkalien, Präparation ders. 396.
Fälschungen der Nahrungsmittel 193; Milch 208; Butter 229; Mehl 259; Wein 268; Bier 266 usw.
Farben, giftige 278.
Farbstoffbildung durch Bakterien 530.
Farbstoffe gegen Trypanosomen 735.
Faulraum 417.
Faulverfahren 411.
Fäulnis 515. 532; -alkaloide 533.
Favus 638.
Febris quartana 745; tertiana 745.
Fenster 302. 317.
Ferienkolonien 464.
Fermente; Abderhaldensche Schutz- 605.
Fermentwirkungen durch Bakterien 531.
Fernhaltung vom Schulbesuch bei den übertragbaren Krankheiten 463.
Fernthermometer 342.
Fette 172.
Fett, Leistungen des 172; Verbrennungswärme des 168.
Fettansatz 183.
Fettbestimmung in der Milch 212.
Fettkäse 232.
Fettsäuren 173. 229; Vergärung durch Bakterien 531.
Fettverlust 183.
Feuchtigkeit, absolute 33ff. 65; relative 33. 35; der Luft 33; der Luft, Tension 33; der Wohnungen 319.
Fickersches Typhusdiagnostikum 787.
Fiebererregung 549.
Filterbetrieb, Störungen im 159; Überwachung des 159.
Filtersteine 160.
Filtration des Flußwassers 157; durch den Boden 122. 127.
Filzlinoleum für Schulzimmer 451.
Finnen 236.
Firstventilation 357.
Fische 234.
Fixator 591.
Fixierung von Deckglaspräparaten 778.
Fixierungsreaktion (Bordet u. Gengou) 617.
Flächenwirkung des Bodens 105.
Flecktyphus 767; Prophylaxis 767.
Fleisch 233; Braten 250; Gefrier- 252; Kochen 250; Kühl- 252; Zubereitung 250; Hackfleisch 240; Vergiftung durch Toxine 240.
Fleischansatz 182.
Fleischbeschau 245.
Fleischextrakt 253.
Fleischfasern im Wasser 142.
Fleischparasiten 235ff.
Fleischpräparate 254.
Fleischsorten 234.
Fleischschaugesetz 245.
Fleischvergiftung 240. 672.
Fliegen als Verbreiter von Cholera 725.
Flöhe als Pestüberträger 679.
Flugstaub im Verhüttungsprozeß 503.
Flügel-Anemometer 28.
Flußwasser, Verunreinigungen des 133.
Flußwasserversorgung 159.
Flüsse, Selbstreinigung 130.
Formaldehyddesinfektion, apparatlose 568.
Formaldehyd als Desinfektionsmittel 541. 565. 566.
Formaldehyddesinfektionsapparat 574.
Formaldehydschrank zur Kleiderdesinfektion 573.
Formalin 541. 567; als Milchzusatz 213.
Fortbildungsschulen 468ff.
Fraktionierte Kultur 527.
Frauenmilch 220; Bakteriengehalt der 221.

Freibank 246.
Friedensportion 202.
Friedländers Pneumobazillus 670.
Friedrichs Verfahren 398.
Früchte 263.
Fruchthyphen 516.
Fuchsinagar 795.
Füllöfen 333.
Fundamentierung und Bau des Hauses 311.
Fürsorge, für Kinder 438; für Kranke 472.
Fürsorgestellen für Lungenkranke 704.
Fuselöl 270.
472.
Fußboden, in Schulzimmern 451.
Fußbodenheizung in Krankenhäusern 480.

Gallisieren 268.
Gallensaure Salze, zur Unterscheidung der Diplokokken 807.
Gameten 546.
Gartenanlagen 296.
Gartenstadtbewegung 309.
Gärtners Bücherdesinfektion 574.
Gärung 515.
Gärwirkung, Beobachtung in Gärkölbchen 532.
Gase, Exkrete des Menschen 85; übelriechende 83; giftige in Gewerbebetrieben 497.
Gasglühlicht 378.
Gaskochherde 331.
Gasöfen 336.
Geburtenziffer 17; -rückgang 18.
Gefangenenkost 203.
Geflügeltuberkulose 694.
Gehörsschädigungen in gewissen Berufen 491.
Geißeln bei Bakterien 521. 524.
Geißelfärbung 780.
Gekochte Milch, Nachweis 209.
Gelatine für Bakterien-Nährböden 528; zum Choleranachweis, Bereitung 801.
Gelbfieber 74. 770.
Gelenkrheumatismus 643.
Gemäßigte Zone 68.
Gemmenbildung 516.
Gemüse 263; Salzlieferung durch 175.
Genickstarre 650; Bakteriologischer Nachweis 806; Pyocyanase gegen 650.
Gentianaviolett 776.
Genuß- und Reizmittel 176. 264.
Geognostisches Verhalten des Bodens 101.
Geologische Formation 102.
Geruch des Trinkwassers 131. 138.
Geschlecht, Einfluß auf den Nährstoffbedarf 180.
Geschlossene Bauweise 288.
Geschmacksreize, Einfluß der 177.
Geschmack des Trinkwassers 138.
Gespannter Dampf, zur Desinfektion 571.
Gesundheitsrat, Internationaler 557.
Getränke 264.
Getreide 255.
Gewerbliche Abwässer 417; Beseitigung der 426; Verunreinigung des Grundwassers und der Flußläufe durch 512.
Gewerbebetriebe, Belästigung u. Schädigung der Anwohner durch 511.
Gewerbehygiene 483.
Gewerbestatistik 484.
Gewichtszunahme im Kindesalter 184.
Gewürze 272.
Giemsas Färbung 813.
Gießfieber 505.
Giftkammern 506.
Gipsdielen 315.
Gipsstaub 495.
Glanz von Lichtquellen 381.
Glasstaub 494.
Glasur der Töpferwaren 501.
Glossina palpalis 736; morsitans 736.
Glyzerinvergärung durch Bakterien 532.
Goldsalze als Desinfektionsmittel 541.
Gonokokkus 649; -nachweis 812.
Gräber 434.
Gradient, barometrischer 29.
Gramsche Färbung 519. 779.
Granulationsgeschwülste 548; durch Sproßpilze 687.
Graupen 257.
Grenzsperren 556.
Gries 257.
Grubenarbeiter 507.
Grubeninhalt als Infektionsquelle 556.
Grubenräumung 393.
Grubensystem 393.
Grundwasser 56. 113. 126; Bakterienfreiheit des 124; chemische Zusammensetzung 128; Entstehung von 113; hygienische Bedeutung des 121; Veredelung durch den Boden 126; Verunreinigungen des 126. 435.
Grundwassermessung 115.
Grundwasserniveau, Schwankungen 115; 118. 120.
Grundwasserversorgung 155.
Grüne Gemüse 175.
Grütze 257.
Guarnierische Körperchen 752.
Guldberg-Waagesches Gesetz 595.
Gullie 402.

Haarhygrometer 34.
Hadernkrankheit 508.
Hamburger Desinfektionsapparat 574.
Hämolysine 603. 598ff.; bei Streptokokken 644; bei Staphylokokken 640.
Hämorrhagische Sepsis, Erreger 674.
Hämosporidia 740.
Hämoproteus, noctuae 741; columbarum 741; Danilewskyi 741.
Halteridium 741.
Hände als Infektionsquelle 555.
Händedesinfektion 577. 563.
Hanf 274.
Hängender Tropfen 777.
Haptophore Gruppe 594. 608.
Härte des Wassers 133; Bestimmung 823.
Hauptagglutinine 609.
Haushaltungsschulen 469.
Hausschwamm 318.
Hauswässer, Bakteriengehalt ders. 388.
Hautpflege 285.
Hauttemperatur 47.
Hefe 257.
Hefepilze 517.
Hefnerlampe 366.
Heidelberger Tonnen 394.
Heimarbeit 468.
Heißwasserheizung 344.
Heizanlagen, Regulierung ders. 341.
Heizluftkanäle 340.
Heizung 332; in Krankenhäusern 480; in Schulen 454.
Heizkörper 347.
Heizvorrichtungen 330.
Helligkeitsmessung auf Arbeitsplätzen 372; -strahlen 42.
Helmintheneier im Wasser 135.
Herpes tonsurans 635.
Hesses Nährboden für Tuberkelbazillen 811.
Heubazillen in der Milch 207. 209.
Hilfsschulen für minderwertige Kinder 462.
Histogene Immunität 596.
Histopin 642.
Hitzschlag 50. 66; infantiler 442.
Hochdruckwasserheizung 344.
Hochreservoire für Wasserversorgung 163.
Höhenklima 70.
Höhensonne 58.
Holosteric-Barometer 24.
Hopfen 265.
Hopfenschwefeldarren 512.
Humanisierte Lymphe 756.
Humus 103.
Hundswut 771; Schutzimpfung 774.
Hühnercholera 674
Hühnertuberkulose 694.
Hüttenarbeiter 500.
Hüttenwerke, Produktion gasförmiger Verunreinigungen der Luft 512.
Hygrometer 34; Wursters Kleider- 34; Koppes 34.

Immunagglutinine 609.
Immunisierung, aktive 621ff.; passive 624; kombinierte 625.
Immunisierungseinheit 687.
Immunität 585ff.; Ursachen 586; angeborene, natürliche 588. 596.
Immunkörper 600.
Immunopsonine 606.
Immunsera, Anforderung an 785; Titerermittelung der 786.
Impfung, Technik 763.
Impfzwang 752.
Inaktivierung des Serums 600.
Individuelle Disposition 585ff.
Indol 530; Nachweis 530.
Industrieabwässer 512.
Infektion durch Insekten 585; durch Berührungen 584; durch Milch 210; durch Nahrungsmittel 585; durch Einatmung 585; durch Wasser 585.
Infektionskrankheiten 514.
Infektionswege 553. 582; Einengung582.
Infektionsquellen 553.
Influenza, Epidemiologie 714. Prophylaxis 717.
Infusorien im Wasser 142ff.
Inkubationszeit 548.
Insekten, Infektion durch 585; als Überträger von Gelbfieber 770; von Malaria 741; von Pest 676; von Trypanosen 735; bei Poliomyelitis 768.
Isodyname Werte der Nährstoffe 199.
Isogamie 546.
Insolation 71.
Insolationswärme 323.
Interdiurne Veränderlichkeit 43.
Isothermen 68.
Invaliditäts- u. Altersversicherung 487.
Invasionskrankheiten 514.
Invasionsstätte der Krankheitserreger 586.
Involutionsformen 525.
Isobaren 25.
Isolierspitäler 481.

Jägerscher Wollstoff 281.
Jewell-Filter 161.
Jenner 757.
Jod als Desinfektionsmittel 540.
Jodoform als Desinfektionsmittel 541.

Johnes Kapselfärbung 780.
Jugendfürsorgevereine 468.
Jugendheime 469; -horte 464.
Jugendpflege 469.
Jute 274.

Kachelöfen 336.
Kadaveralkaloide 533.
Kaffee 270.
Kaffee- und Teehäuser 178.
Kaffeol 270.
Kainit 397.
Kakao 270.
Kala Azar 738.
Kalbfleisch 235.
Kaliumpermanganatverfahren 568.
Kaltblütertuberkulose 694.
Kälte als Konservierungsmittel 216.
Kaltluftkanäle bei Luftheizung 339.
Kalk im Wasser 133.
Kalkdefizit 175.
Kalkmilch als Desinfektionsmittel 565.
Kalkstaub 494.
Kamine 332.
Kanalgase, Fernhaltung 404.
Kanalinhalt als Infektionsquelle 556; Beseitigung dess. 409.
Kanalprofil 400.
Kapselbildung bei Bakterien 521.
Kapselbakterien 646.
Kapselfärbung, Johnes 780.
Karbolfuchsin als Färbemittel 776. 810.
Karbolsäure 541. 565.
Karden 497.
Kartoffeln 262.
Karzinom 638.
Kasein, Gerinnung des 206.
Käse 232.
Katalasen 208. 213.
Kautschuk 504.
Kefyr 232.
Kehricht 389. 430.
Kellerwohnungen 321.
Kenotoxin 86.
Keratomykosen 635.
Kesselbrunnen 151.
Keuchhusten 717.
Kies 103.
Kieselgurfilter 166.
Kind, Ernährung mit Kuhmilch 220; Ernährung mit Milchsurrogaten 226; Verdaulichkeit der Kuhmilch 221.
Kinder, künstlich genährte 441; uneheliche 445.
Kinderfürsorge 438.
Kindergärten 447.
Kinderhorte 464.
Kinderlähme 768.
Kindermehl 226.
Klärbecken 412. 414.
Klärgruben 397.
Klärung, chemische von Abwässern 415; mechanische von Abwässern 411.
Kleider als Infektionsquelle 555; Desinfektion 573; Hygrometer 32.
Kleiderdesinfektion durch Formaldehyd 573.
Kleiderstoffe 276; chemisches Verhalten 275; mikroskopisches Verhalten 274; physikalisches Verhalten 275.
Kleidung 49; Beziehungen zur Wärmeabgabe 278; Beziehungen zur Wasserdampfabgabe 281; als Schutz gegen Wärmestrahlen 282; und Hautpflege 273.
Kleidung, Abhaltung der Wärmestrahlen 282; Aufbau der Gewebe 276; Benetzbarkeit 276; Dicke der 276; hygroskopisches Verhalten 276; kapillare Aufsaugung 277; wasserhaltende Kraft 277.
Klima 23. 60. 64; Einfluß auf den Nährstoffbedarf 180.
Knochendarren 512.
Kobragift 593. 624. 713.
Kobraksche Maske 497.
Kochen als Desinfektionsmittel 564; der Milch 219. 225; des Wassers 166.
Kochgeschirre 190.
Kochkiste 190.
Kochsalzdefizit 175.
Kochsalzglasur 501. 504.
Kochschulen 468.
Koffein 270.
Kognak 270.
Kohlebreiverfahren 422.
Kohlehydrate 173; Verbrennungswärme 169.
Kohlehydratbedarf, Deckung des 174.
Kohlen als Brennmaterial 327. 331.
Kohlenbergwerke 508.
Kohlenoxydeinatmung in Gewerbebetrieben 499.
Kohlenoxydgas 82.
Kohlenoxyduntersuchung in Luft 820.
Kohlensäure 81.
Kohlensäurebildung bei Bakterien 532.
Kohlensäureeinatmung in Gewerbebetrieben 499.
Kohlensäuregehalt der Luft, Bestimmung 81. 817; approximative Bestimmung nach Lunge-Zeckendorf 817; der Wohnungsluft 350; zur Prüfung von Ventilationsanlagen 361.
Kohlenwasserstoffe 83.
Kokkenträger, mit Meningokokken 653.

Kolloide 596.
Kolloidale Reaktionen 596.
Kombinationsaufgaben zur Ermüdungsprüfung 462.
Kommißbrot 258.
Komplement 595. 598; Bindung bei Syphilis 614; Austitrierung des 613; -bindende Antikörper (Reagine) 612; Kältetrennungsversuch 604.
Komplementablenkung (Neisser und Wechsberg) 602; Komplementfixierung (Bordet und Gengou) 617.
Komplementoid 598.
Kompressor 249.
Kondensationshygrometer 34.
Kondensierte Milch 217.
Konditorwaren 261.
Konidien 515.
Konservesalz 242.
Konservierung der Nahrungsmittel 189.
Konservierungsmethoden 250.
Konservierungsmittel in der Milch 208. 219.
Konsumvereine 201. 486.
Kontagien in gewerblichen Abwässern 512.
Kontagiöse Krankheiten 63. 550; Beziehung zur Witterung 63.
Kontinentales Klima 68.
Kontrolle der Milch 211.
Konzession für gewerbliche Anlagen 512.
Kopulationsspindel bei Protozoen 546.
Korbrost 334.
Korngröße, Boden 103.
Kornrade 259.
Körperbestand, Erhaltung des 180.
Körpergewicht des Kindes 184.
Körpergröße, Einfluß auf den Nährstoffbedarf 180.
Korridorsystem 473.
Kostmaß der Kinder 185.
Kostsätze in öffentlichen Anstalten 202.
Kraftwechsel 168; Umfang des 168.
Krankenfürsorge 438. 472.
Krankenhäuser 472; Wahl des Platzes 472.
Krankenserum, Gewinnung des 785.
Krankenversicherung 487.
Krankenwagen, Desinfektion 579.
Krankenzimmer, Ölfarbenanstrich 479.
Krankheitserregung durch Bakterien 534.
Krankheitsverdächtige im Sinne des Seuchengesetzes 560.
Kreissägen, Sicherheitsvorrichtungen 511.
Kreolin 541.
Kresole 541. 565.
Kriegsportion 203.
Krötengift 593.
Küchenausgüsse 403.
Kugelmühlen 496.
Kühlanlage 249.
Kühlhallen 249.
Kühlkisten 223.
Kuhmilch 204. 219; Bakteriengehalt der 221; chemische Zusammensetzung der 204. 220; Präparate für Säuglinge 226; Verdaulichkeit der 221.
Kuhpocken 751; originäre 757. 763.
Kultur, fraktionierte 527.
Kulturverfahren 782.
Kumis 232.
Kunstbutter 231.
Kunsteis 167.
Künstliches Selterwasser 167.
Kunstwollfabriken 507.
Kupferarsenfarben 506.
Kupfergefäße 190.
Kupfersalze als Desinfektionsmittel 541.
Küstenklima 69.
Kuti-(Kutan-)reaktion 703.

Lab 232.
Lackierer 502.
Lackmusmolke 733; Bereitung 795.
Lahmanns Reformbaumwolle 280.
Laktation, Nahrungszufuhr bei der 181.
Laktobutyrometer 213.
Laktodensimeter 212.
Laktoskop 212.
Lampenglocken 380.
Landseen als Wasserbezugsquelle 130.
Landskala für Windstärke 27.
Landwinde 29.
Langes Nährböden 661.
Lapine 762.
Läuse als Krankheitsübertrager 585. 767.
Laveriana 741.
Lebensalter, Einfluß auf den Nährstoffbedarf 180.
Lecithin als Komplement 604.
Ledersachendesinfektion 566. 574.
Leguminosen 262.
Lehm, Korngröße usw. des 103.
Leibesübungen 471.
Leichenbestattung 432.
Leichenhallen 437.
Leichenschau bei den gemeingefährlichen Krankheiten 557.
Leichenverbrennung 436.
Leichtverdaulichkeit der Nahrungsmittel 187.
Leimgebende Substanzen 171.
Leimsiedereien 512.

Leinen 274.
Leishmania donovani 740; tropika 740.
Leistungskern der Zelle 593.
Leitfähigkeit des Wassers 822; Bestimmung der 822.
Lepra, Bekämpfung 711; Epidemiologie 710.
Leprabazillus 710.
Leptomitus lacteus 429.
Leptothrix 429.
Leuchtbakterien 531.
Leuchtgas 384.
Leukine 607.
Leukolysine 533; bei Staphylokokken 641.
Leukozytose 619.
Levaditische Methode zur Darstellung der Spirochaete pallida 810.
Licht 56; Bogenlicht 379; Glühlicht 378; in Wohnungen 366; Wirkung auf Mikroorganismen 56; Wirkung der chemischen Strahlen 48. 56.
Lichtmessung 370; nach Pleier 371; Relativphotometer 374.
Lichtprüfer nach Cohn 375; Thorner 372.
Lichtqualität 381.
Lichtstärke 380; eines Fensters 372.
Liebigsche Suppe 227.
Liernurs System 408.
Lipasen durch Bakterien 532.
Löfflers Diphtherie-Nährboden 806; Verfahren zur Typhusisolierung 795.
Lokale Wasserversorgung 150.
Lokalheizungen 332.
Lokalinspektion, Beurteilung einer Wasserversorgung durch 148.
Lokalisten 727.
Lophotricha 524.
Lorenz' Anreicherungsverfahren 809.
Lubenauscher Nährboden 694.
Luft des Bodens 111; chemisches Verhalten 77; gasförmige Bestandteile 77. 82; komprimierte 492; physikalisches Verhalten 22; staubförmige Bestandteile 77.
Luftbakterien 92.
Luftbewegung 28; Einfluß der Gebirge auf 31; hygienische Bedeutung 31. 86; Messung 28; Verteilung auf Erdoberfläche 29.
Luftdruck 27; Einfluß auf Bakterien 527; Einfluß der Schwankungen auf Bodenluft 28.
Luftelektrizität, elektrische Spannung 59; Zerstreuung 59.
Luftfeuchtigkeit 33.
Luftheizung 338.
Luftkeime 91, 95.
Luftkubus 351. 478.
Luftstaub 77. 91.
Lufttrockenheit 39.
Luftumwälzungsverfahren 348.
Luftverunreinigung durch Abfallstoffe 389; durch Gewerbebetriebe 512; durch Leuchtflammen 382.
Luftwärme 41; hygienischer Einfluß 43; Tages- und Jahresmittel 43.
Lüftung, Sauglüftung 354; Drucklüftung 352.
Lukaslicht 378.
Lumpensortiererinnen 508.
Lumpenwolle 275.
Lungenheilstätten 704.
Lungenentzündung 646.
Lungenseuche 240.
Lunge-Zeckendorfs Methode zur Kohlensäurebestimmung 819.
Lustigsches Serum, bei Pest 681.
Lymphe, animale 762; humanisierte 763; originäre 762.
Lymphdrüsen 587.
Lynchia 742.
Lysol 541.
Lyssa 771.

Magerkäse 232.
Magermilch 206.
Makkaroni 257.
Makrogametocyten 741.
Makrophagen 590.
Mais 257.
Malachitgrünnährboden 795.
Malaria 66. 71. 745; Blutuntersuchung 812; endemische Ausbreitung 749; Prophylaxe 749; Malariaparasiten 745; Färbetechnik 812.
Mal de Caderas 736.
Malergewerbe 502.
Malignes Ödem 99.
Malleïn 682.
Maltafieber 654.
Malzextrakt 265.
Malzsuppe 227.
Mangan im Wasser 132. 139; Nachweis 825.
Manganchlorür als Desodorans 396.
Mannitagar 796.
Mannsche Färbung für Negrische Körperchen 815.
Mantelöfen 333.
Margarine 231.
Masern 766; Disposition 766; Infektionsquellen 766; Inkubation 766; Prophylaxis 766.
Mastitis der Kühe 210; Prüfung auf 214.

Maul- und Klauenseuche 240; Schutzimpfung 624; Übertragung durch Milch 210.
Mäusetyphus 672.
Maximalthermometer 41.
May-Grünwaldsche Färbung 782.
Mehl 257.
Meldepflicht bei übertragbaren Krankheiten 559; für zureisende Personen 560.
Meningitis 651.
Meningococcus 651; Nachweis 806.
Meningokokkenserum 654.
Mennige 501.
Menschenblut (-eiweiß), Nachweis 611 ff.
Merkaptan 83.
Merista 522.
Merkfähigkeit als Ermüdungsprüfung 462.
Merulius lacrymans 318.
Messinggefäße 190.
Metachromatische Körnchen 520.
Metallfadenlampe 379.
Metallfolien 504.
Metallegierungen für Eß-, Trink-, Kochgeschirre 504.
Meteorwasser 126.
Meterkerze als Helligkeitsmaß 366.
Methämoglobinbildung 499.
Methylalkoholvergiftung 270.
Methylenblaufärbung 812.
Miasmen 85. 550.
Micrococcus 521; Stellung im System 638.
Micrococcus catarrhalis 654; gonorrhoeae 654; intracellularis meningitidis 650ff.; Melitensis 655; tetragenus 654.
Microsoma vaccinae 752.
Miethäuser 289.
Mietskasernen 288.
Mikrozytase 591.
Mikrophagen 590.
Mikroskopische Untersuchung des Trinkwassers 142.
Mikrosporie 638.
Milch, Abkühlen der 216; Antitoxingehalt der 204. 597; Ausnutzung der Nährstoffe 205. 221; Bakterienzahl in der 214; bakterizide Kraft 204. 222; bittere 207; Eiweiß 226; Entrahmen 208; Fälschung 208; Fettbestimmung 212; Heubazillen 207. 209; Infektionen durch 210; Kochen 209. 216; kondensierte 217; Kontrolle 211; Krankheitserreger in der 209; Pasteurisieren der 216; Peptonisierung 207; rote oder gelbe 208; Säurebestimmung nach Soxhlet 213; Säuregrad der 213; spezifisches Gewicht der 211; Sterilisieren der 216. 222; Streptokokken in der 207; Typhusinfektion durch 209. 663; Untersuchung der 211; Wasserzusatz zur 208. 213; Zersetzungen der 203. 213; Zusatz von Konservierungsmitteln zur 209. 213.
Milch, Fermente der 208. 214; Leukozytenprobe 214.
Milchflaschen, Verschlüsse 224.
Milchkochapparate 224ff.
Milchküchen 225. 445.
Milchpulver 218.
Milchsäure 206.
Milchsäurebakterien 206. 532.
Milchsäuregärung 532.
Milchsurrogate 219.
Milchwagen zur spez. Gew.-Best. 212.
Milchwirtschaften, Überwachung der 215.
Militärtauglichkeit, Abnahme der 465.
Milzbrand 655; bei Schlachttieren 239; Schutzimpfung 658; Übertragung durch Milch 210; Diagnose durch Präcipitation 612; Gipsstäbchen 657; Nachweis an Tierhaaren 657.
Mineralische Staubarten 494.
Mineralische Stoffe in Abfallstoffen 387.
Mineralisierung organ. Stoffe im Boden 107.
Mineralsäuren als Desinfektionsmittel 540.
Minimalthermometer 41.
Minusvarianten 18.
Mischinfektionen 549.
Mischkanal bei Luftheizung 342.
Mistral 31.
Mitagglutination 609.
Mittelholm-Schulbank 458.
Molke 206. 232.
Moniertafeln 315.
Monotricha 524.
Moros Perkutanreaktion 703.
Mortalität, Einfluß des Berufes auf 483.
Mörtel 320.
Motoren für Ventilation 356.
Muchsche Granula 690.
Mückenvertilgung 750.
Mucor 634.
Mumifikation 433.
München, Grundwasserschwankungen 117. 121.
Muskelarbeit, Einfluß auf Wasserdampfabgabe 38.
Mutterkornpilz 259.
Muttermilch 219; Menge der 220.

Mycelium 515.
Mycoderma 519.
Mykantin 319.
Mykosen 633.
Myopie als Berufskrankheit 490; bei Schulkindern 448.
Mytilotoxin 242.

Nährgelatine für Bakterien 528.
Nährlösung für Bakterien 526.
Nährstoffe, Bedeutung der einzelnen 168ff.; Verbrennungswärme der 168.
Nährstoffmengen, Ermittelung der erforderlichen 178.
Nagana 735.
Nahrung, Temperatur der 189. 192; Volum der 187.
Nahrungsaufnahme, Einfluß der Geschmacksreize auf die 176.
Nahrungsbedarf, Deckung des 193.
Nahrungsmittel, Abfälle der 179; Aufbewahrung der 189; Ausnutzbarkeit der 187; biologische Wertigkeit 172; chemische Zusammensetzung 195; als Infektionsquelle 581; Konservierung 189; Leichtverdaulichkeit 187; Nährwert 193ff.; Preis 197; Salzgehalt 175; Typhusinfektion durch 635; vegetabilische 255ff.; Verdaulichkeit 187; Wassergehalt 191; Zubereitung 189; Verfälschung 193.
Nahrungsstoffe, Resorption der 187.
Nahrungsverbrauch, in verschiedenem Alter 81. 180.
Natron bicarbonicum, als Milchzusatz 208. 213.
Nebenagglutinine 609.
Negrische Körperchen 772. 814.
Neissers Doppelfärbung bei Diphtheriebazillen 807.
Nephrolysin 604.
Nernstlampe 379.
Neurolysin 604.
Neutralrotagar 795; Bereitung 795.
Neutuberkulin 706.
Nickel, vernickelte Kochgeschirre 190.
Nicollesche Modifikation 780.
Niederdruckdampfheizung 347.
Niederdruckwasserheizung 344.
Niederschläge 55; hygienische Bedeutung 55.
Nitrate in der Milch 213; im Wasser 127. 139.
Nitrifikation 532.
Nitrite im Wasser 127. 139.
Normalagglutinine 609.
Normalkerze 365.
Not-Auslässe 401.
Nudeln 257.
Nukleasen durch Bakterien 532.
Nutzungsquotient 184.
Nystagmus der Kohlenhauer 490.

Ödem, malignes 100. 715.
Öfen 332ff.
Ofenklappen 328.
Öffentliche Anstalten, Kost in 202.
Oidienbildung 516.
Oidium, -lactis 206. 633.
Öle, zur Beleuchtung 376.
Ölgas 377; Fettgas 377.
Ölverschluß bei Pissoirs 397.
Ookinet 741.
Oosporen 516.
Ophthalmoreaktion nach Calmette 703.
Opsonine 605. 791; bei Staphylokokken 642.
Opsonischer Index 606.
Organellen 544.
Organische Stoffe im Wasser 128. 139; Bestimmung 821; in Abfallstoffen 387.
Organotrope Substanzen 538.
Orientbeule 737.
Otitis durch Pneumokokken 646; durch Streptokokken 643.
Otomykosen 633.
Oxydasen durch Bakterien 532.
Oxydation im Boden 107.
Oxydationskörper für Abfallstoffe 422.
Ozaenabazillen 670.
Ozon 79; als Desinfektionsmittel 542.
Ozonapparate 79.
Ozonisierung des Wassers 162; der Luft im Zimmer 351. 365.

Palmin 231.
Pappenheims Gonokokkenfärbung 812.
Pappatacifieber 771.
Paraboloidkondensor 520.
Paraffinkerzen 376.
Paraform 568.
Parasitäre Krankheiten 513.
Parasiten des Getreides 259; im Fleisch 235.
Parasitenträger 555. 560.
Parasitotrope Substanzen 538.
Paratyphus 674.
Pariser Sanitätskonferenz 557.
Parks Nährböden 694.
Partialagglutinine 609.
Partialamboceptoren 609.
Passive Immunisierung 624.
Pasteur-Chamberlandsche Filter 165.
Pasteurisieren des Bieres 266; der Milch 216. 218.

Pasteurs Methode der Schutzimpfung 622.
Pathogene Bakterien in Abfallstoffen 388; im Boden 123; in Luft 98; im Wasser 137. 144.
Patronenfabrikation 510.
Pavillonsystem bei Krankenhäusern 473; bei Schulen 450.
Penicillium 633.
Pepplers Geißelfärbung 780.
Pepton, Nährwert 172.
Peptone in Fleischpräparaten 254.
Peptonisierung der Milch 207.
Peptonlösung zur Choleradiagnose 799; Herstellung 801.
Perhydrasemilch 209.
Peritricha 524.
Perkutanreaktion 703.
Perlsucht 210. 693; bei Schlachttieren 239.
Permeabilität des Bodens 105; der Kleider 277.
Permutitverfahren 157.
Peroxydasen 208. 213.
Peroxydasen durch Bakterien 532.
Personaleinheit, Berechnung des Nährstoffbedarfs für 179.
Pest, bakteriologische Feststellung 802; Diagnose 675; Einschleppung 679; Epidemiologie 676; Immunisierung 680; Infektionsquellen 678; Infektionswege 678; Inkubationszeit 679; Nachweis durch Agglutination 786. 805; Nachweis durch Tierversuch 676; individuelle Disposition 679; Reichsgesetzliche Bestimmungen 681.
Pestbazillus 675.
Pestbubo 677.
Pestkommission, deutsche 680.
Pestlaboratorien 680.
Pestpneumonie 677.
Petiotisieren 268.
Petrischalen 782.
Petrographischer Charakter des Bodens 102.
Petroleum 376; Glühlicht 378.
Petroleumöfen 337.
Pfeffer 272.
Pfeifferscher Versuch 787; Ausführung bei Cholera 787; Ausführung bei Typhus 793.
Pferdefleisch 243; Nachweis 611.
Pflegepersonal, Verhalten bei übertragbaren Krankheiten 583.
Phagozytischer Index 606.
Phagozytose 590.
Pheanthrenapparat zur Kontrolle der Dampfdesinfektion 573.
Phlebotomus 771.
Phosphor in Gewerbebetrieben 505.
Phosphornekrose 505.
Photochemische Methode nach Wingen 375.
Photometer 373; Zinkkugel- 58.
Phytalbumosen 593.
Pielersche Wetterlampe 509.
Pigmentbildung durch Bakterien 531.
Pilze, Nährwert 263.
Piroplasmosen 738. 812.
Pirquets Kutireaktion 703.
Pityriasis versicolor 635.
Plasmodidae 743.
Plankton 159.
Plasmine 534.
Plasmolyse 521.
Plastin der Protozoen 545.
Platinpinsel 783.
Plattengießen, Bakterienkultur durch 529. 782.
Pleuritis durch Pneumokokken 646.
Pneumobazillus Friedländer 670.
Pneumokokkus 646; Immunisierung 647.
Pocken 751; Disposition 754; Infektionsquellen 753; Prophylaxis 754; bei Schlachttieren 240; Schutzimpfung 755; Seuchengesetz 754.
Poliomyelitis 768.
Polyzeptor 601.
Porengröße des Bodens 103.
Porenventilation 313. 353.
Porenvolum des Bodens 103; Bestimmung des 104.
Poudrettefabrikation 394.
Präzipitation 784; Anwendung der 788.
Präzipitine 610; Castellanischer Versuch 610.
Präzipitierende Sera 610.
Präzipitoide 612.
Preßhefe 519.
Preßkopf 358.
Protoxoide 595.
Protozoen 544.
Protozoenkrankheiten 729.
Pseudodiphtheriebazillen 808.
Pseudodysenterie 673; Flexner 674; Y 674.
Pseudomeningokokken 651.
Psychrometer 34.
Ptomaïne 533.
Puerperalfieber 640.
Pulsionssystem 354.
Pulverfabrikation 510.
Pyämie 649; bei Schlachttieren 239.
Pyocyanase 717; bei Genickstarre 717; bei Diphtherie 717.
Pyrheliometer 56.

Quarantäne 557.
Quartanafieber 745.
Quecksilber in Gewerbebetrieben 505.
Quecksilberbarometer 24.
Quecksilberfadenlampe 163.
Quecksilbersalze als Desinfektionsmittel 541.
Quellwasser 128.
Quellwasserversorgung 154.

Rabitzputz 315.
Rachitis 446.
Radialsysteme 399.
Radiatoren 345.
Radioaktivität 113.
Radiumemanation 113.
Rahm 206. 227.
Rahmgemenge (Biederts) 226.
Rassendisposition in den Tropen 74.
Rassenhygiene 19.
Rattentrypanose 735.
Rauch 94. 330.
Rauchverunreinigung der Luft 94. 512.
Räuchern des Fleisches 252.
Raumwinkelmesser nach L. Weber 370.
Ranzigwerden der Butter 228.
Ratten als Pestüberträger 676. 679; Trypanosomen 735.
Reagine 617.
Reaktivierung von Immunserum 609.
Rezeptoren 1. Ordnung 593; zweiter Ordnung 608; dritter Ordnung 598.
Rechen zur Reinigung von Abwässern 411.
Rechenexempel als Ermüdungsprüfung 462.
Reduktasen 208. 213.
Reduktasen durch Bakterien 532.
Reduktionswirkungen der Bakterien 530.
Refrigerator 249.
Regen 55ff.
Regenerativbrenner nach Siemens 380.
Regenrohre 401.
Regentage 55.
Reichsgewerbeordnung 487.
Reichsgesetz betr. Bekämpfung gemeingefährlicher Krankheiten 557.
Reihenhäuser 305.
Reinkultur 258.
Reißwolf 496.
Rekurrensfieber 731.
Rekurrensspirillen 731.
Relative Feuchtigkeit 33. 35.
Resorption der Nahrungsstoffe 187.
Respiratoren 497.
Respiratoren gegen Infektionserreger 585; gegen Staub 497.
Retrovaccine 762.
Revaccinationszwang 761.
Rhinanthusarten 259.
Rhinosklerombazillen 670.
Rieselfelder 420.
Rinderpest 240; Schutzimpfung 625.
Rindertuberkulose 693.
Rippenheizkörper 345.
Röckner-Rothes Klärverfahren 416.
Rohrregister 345.
Röhrenbrunnen 153.
Romanowsky-Giemsa, Färbung nach 813.
Rothescher Turm 416.
Rotzbazillus 681.
Rubners Universal-Desinf.-Apparat 574.
Ruhr, bazilläre 673; bakteriologischer Nachweis 796; durch Amöben 730.
Ruhrserum 784.
Rum 270.
Ruß 94; Bestimmung der Menge 91.
Rußverunreinigung der Luft 512.

Saccharomyces 517; lithogenes 637; neoformans 638.
Sago 257.
Salicylsäure, als Milchzusatz 209. 213.
Salpetersäure im Wasser 139; Bestimmung 822.
Salpetrige Säure in Luft 83; Einatmung in Gewerbebetrieben 498; im Wasser 139; Bestimmung 822.
Salze in der Nahrung 175.
Salzen des Fleisches 252.
Salzsäure in Gewerbebetrieben 498.
Salvarsan 734.
Sandfang 412.
Sandfiltration des Flußwassers 157.
Saprol 541.
Saprolverschluß 397.
Saprophytische Bakterien 85. 99. 107. 240; toxigene 536.
Sarcina 522.
Sättigungsdefizit 34. 37. 40; Bestimmung 816.
Sauerstoff 78.
Sauerstoffverbrauch des Wassers, Bestimmung 821.
Sauerteig 519.
Saugkappe 357.
Säuglingsmilch, Gewinnung der 445.
Säuglingssterblichkeit 294; Bekämpfung ders. 445, an Magendarmerkrankungen 438.
Säulenöfen 344.
Säurebildung durch Bakterien 530.
Säurefeste Bazillen 694.
Säuregrad der Milch 213.

Schachtbrunnen 151.
Schachtöfen 334.
Schankstätten, Kontrolle der 178.
Schalenkreuz-Anemometer 28.
Scharlach 765.
Scharlachepidemien, Entstehung durch Milch 210.
Schaumorgane 714.
Schicht- oder Sickerwasser 113.
Schiefertafeln 459.
Schilfhautsäckchen 623.
Schimmelpilze 96. 515; als Krankheitserreger 633.
Schizogonie 545.
Schizomyceten 519.
Schizonten 545.
Schizotrypanum Cruzi 737.
Schlachthäuser 245.
Schlachttiere 238.
Schlafkrankheit 736.
Schlagende Wetter 510.
Schlangengift 593. 624.
Schleifstaub 494.
Schleimige Gärung 532.
Schleuderpsychrometer 35; Anwendung 815.
Schleuderthermometer 42.
Schlußdesinfektion 575.
Schneetage 55.
Schnellfilter, amerikanische 160.
Schnittbrenner 377.
Schnitte von Organen 779.
Schokolade 271.
Schornstein 332.
Schornsteinaufsatz 357.
Schreibkrampf 489.
Schriftgießer 501.
Schriftsetzer 501.
Schrot zum Flaschenspülen 501.
Schuhwerk 283.
Schulen 447; Hallen- 450.
Schularzt 464.
Schulbäder 285.
Schulbänke 455.
Schulbücher 460.
Schulentlassene Jugend 467.
Schulkinder, ärztliche Untersuchung der 464.
Schulkrankheiten 447.
Schulschwester 465.
Schulspeisung 464.
Schultinte 461.
Schulutensilien 459.
Schulzahnkliniken 465.
Schulzimmer 451; Reinigung 461.
Schutzbrillen 491.
Schutzimpfung 619.
Schutzpockenimpfung 755.
Schutzvorrichtungen des Körpers gegen Infektion 586.
Schwancks Arbeiterschutzanzug 511.
Schwankungen des Grundwasserstandes 115. 120. 121.
Schwarzkopfscher Apparat für Dampfkessel 510.
Schwedersches Verfahren zur Abwasserklärung 417.
Schwefelkohlenstoffeinatmung in Gewerbebetrieben 499.
Schwefelwasserstoff als Luftverunreinigung 83; in Gewerbebetrieben 499.
Schweflige Säure 83; Einatmung in Gewerbebetrieben 499; zur Raumdesinfektion 564; Bestimmung in der Luft 820.
Schweinefleisch 234.
Schweinepest 672.
Schweinerotlauf 240; Schutzimpfung gegen 625.
Schweineseuche 240. 675.
Schwemmkanalisation 399.
Seeklima 68ff.
Seeskala für Windstärke 28.
Seewinde 21.
Seide 275.
Seifenlösung als Desinfektionsmittel 541.
Seitenketten 593.
Seitenwände des Hauses 312.
Selbstreinigung der Flüsse 130. 411.
Selterwasser 167.
Senf 272.
Sensibilisator 604.
Sensibilisierung 604.
Separationssystem 392. 405.
Sepsis 548.
Sepsis haemorrhagica 674.
Septikämie 548. 649; bei Schlachttieren 239.
Sera, Herstellung der 784.
Serotoxinimpfung 626.
Serum, Gewinnung vom Kranken 785; Diagnostik 784.
Serumtherapie bei Diphtherie 687; bei Streptokokken 645; bei Tetanus 712; bei Typhus 668; bei Pest 680.
Sesamöl 231.
Seuchengesetz 557.
Shone-System 407.
Sicherheitslampen in Bergwerken 509.
Siderosis 494.
Siemensscher Ofen zur Leichenverbrennung 437.
Silbersalze als Desinfektionsmittel 541.
Sinkkasten 402.
Sinkstoffe 411.

Skoliose, habituelle 448.
Skorbut, bei Mangel an Kalisalzen 175.
Skorpionengift 593.
Skrophulose 446.
Soda, als Milchzusatz 208. 213.
Sodalösung als Desinfektionsmittel 563.
Solanin 263.
Solutol 541.
Solveol 541.
Sommerventilation 355.
Sonnenscheindauer 42. 56.
Sonnenstäubchen 95.
Sonnenstich 50. 66.
Sonnenstrahlen, Wirkung der 56ff.
Sonnenstrahlung 42. 56. 71.
Soor 637.
Sophol 650.
Soxleths Fettbestimmung 212; Milchkocher 224; Säurebestimmung der Milch 213.
Soziale Hygiene 21.
Soziale Medizin 21.
Spaltpilze 519; als Parasiten 638ff.; Formtypen bei 519; Vermehrung der 525.
Spannungsdefizit 34.
Spannungstafel für Luftfeuchtigkeit 816.
Spermatolysin 604.
Spezifisches Gewicht der Milch 211.
Sphaerotilus natans 430.
Spiegelfabrikation 505.
Spinnengift 593.
Spirillaceae 639.
Spirillum 519; Stellung im System 639.
Spiritusglühlicht 378.
Spiritusöfen 337.
Spirochaete 519; Stellung im System 639.
Spirochaete pallida 733; Nachweis 811; Kultur 734.
Spirochätenkrankheiten 731.
Sporangium 515.
Sporen bei Bakterien 524; im Boden 123; der Schimmelpilze 516.
Sporenfärbung 780.
Sporoblasten 546.
Sporotrichon 637.
Sporozoïten 546.
Sprengstofffabrikation 510.
Sprinkler-Verfahren 424.
Sproßpilze 517; als Parasiten 637.
Spucknäpfe 705.
Stallprobe bei Milchkontrolle 214.
Staphylokokkus 522; pyogenes 610ff; Agglutination 642; Immunisierung 642; Opsoningehalt des Immunserums 642; Verbreitungsweise 641.
Staub 39. 55. 88. 91; Gesundheitsgefahr des 91.
Staubexplosionen 510.
Staubinhalation in Gewerbebetrieben 493.
Stäubcheninfektion bei Tuberkulose 696.
Stearinlichter 376.
Stechmücken bei Malaria 744; Vertilgung 750.
Stegomyia 770.
Sterblichkeitsstatistik 1. 12. 18. 23; Sommerakme 61; Winterakme 63.
Sterilisieren der Milch 217. 223.
Sticherscher Kontrollapparat 573.
Stickstoffgleichgewicht 171.
Stillprämien 219. 444.
Stoffwechselprodukte der Bakterien 530.
Stomoxys calcitrans 768; bei Trypanosen 735.
Strahlenpilz 635.
Strahlung der Sonne 42. 56. 71. 323.
Straßen 297.
Straßenanlagen 295.
Straßenpflaster 298.
Straßenreinigung 299.
Straßenvirus 772.
Straßenwassereinläufe 401.
Streptokokkus 522; Stellung im System 643; mitior 644; mucosus 644; pathogenes 644ff.; brevis 644.
Streptokokken, Agglutination 645; Immunisierung 645; in der Milch 214; Virulenzgrad der 644.
Streptothrix Israeli 636; Madurae 636.
Strohsäcke, Desinfektion 578.
Sublimatlösung als Desinfiziens 565.
Sublimatpastillen 565.
Sublimat zur Raumdesinfektion 566.
Subsellien 455.
Substance sensibilatrice 604.
Subtropische Zone 65.
Succus carnis 254.
Suctoria 730.
Sulfate im Wasser 127. 129.
Sumpfgasgärung 530.
Surra 735.
Susserin 625.
Süverns Verfahren 398.
Synoptische Witterungskarten 30.
Syntoxoide 595.
Syphilis 733; bei Arbeitern 506; bakteriologischer Nachweis 811; Nachweis durch Komplementfixierung 613.
Syphon 403.
System, hämolytisches 613.
Systematik der Spaltpilze 638.

Tabak 270. 271.
Tabaksrauch 272.
Tabaksstaub 495.
Taenia echinococcus 238; mediocanellata seu saginata 238; solium 237.
Tageraum an Krankensälen 477.
Tageskost, Verteilung auf Mahlzeiten 192.
Tageslicht, Messung desselb. 367.
Talglichter 376.
Talsperren 130.
Tantallampe 379.
Taschentücher als Infektionsquelle 686.
Taubildung 34.
Taucherglocken 26.
Taupunkt 34; Bestimmung 34.
Taumellolch 259.
Tee 270.
Temperator 346.
Temperatur, Einfluß auf Bakterien 527. 539; des Trinkwassers 131. 138. 163.
Temperaturregler 346.
Temperaturregulierung der Wohnräume 323.
Tension des Wasserdampfes 33.
Teppiche, Desinfektion 578.
Tertianafieber 745.
Tetanus 711.
Tetanusbazillus im Boden 123.
Tetanuspasmin 596.
Tetanustoxine 596.
Tetrapapier 79.
Theobromin 271.
Thermometer 41.
Thermophilentiter 148.
Thermophore 190.
Thiels Nährboden 808.
Thomasschlackenstaub 495.
Thorners Lichtprüfer 372.
Thursfields Desinfektionsofen 570.
Tierische Bazillen 618.
Tierische Parasiten im Wasser 133. 134.
Tierkadaver 430.
Tilletia caries 259.
Tollwut 771.
Tonfilter 161.
Tonerdesalze zur Reinigung von Kanalwasser 397. 398.
Tonstaub 494.
Tonwaren 502.
Tonneninhalt als Infektionsquelle 556.
Tonnensystem 394.
Torfstreuklosett 397.
Torula 517.
Toxinbildung 534. 535.
Toxoide 595.
Toxone 595.
Toxophore Gruppe 594.
Trachom 768.
Trennung von Harn und Fäzes 397.
Treppen 317.
Trichinen 235.
Trichinose, Verbreitung 631.
Trichophytie 637.
Trinkerasyle 178.
Trinkwasser 131; Abkochen des 164; bakteriologische Untersuchung 143; Bedeutung der chemischen Verunreinigungen des 139. 141. 151ff.; chemische Desinfektion des 165; chemische Untersuchung des 139; Geruch des 131. 138; Geschmack 131. 138; mikroskopische Untersuchung 142; Temperatur des 131. 139. 163; Typhusinfektion durch 663; Untersuchung des 792.
Trinkwasseranalyse, Ausführung 821.
Trockene Hitze zur Desinfektion 566. 574.
Trockenheit der Luft 37ff.
Trogklosetts 403.
Trompetenbazillen 694.
Tropenanämie 51.
Tröpfcheninfektion 97. 556; bei Tuberkulose 696.
Tröpfchenübergang in Luft 96.
Tropfverfahren bei Abwässern 424.
Tropikaparasiten 746.
Tropische Zone 65ff. 73.
Trypanosoma, Gambiense 736; Cruzi 737.
Trypanosomen 734; Mikroskopischer Nachweis 812.
Trypsin 171.
Trypanrot 735.
Tsetsekrankheit 735.
Tuberkelbazillus 689; Abarten 693; Abtötung 693; Anreicherungsverfahren im Sputum 810; in der Butter 228; Färbung 810; Kultur 691; in der Milch 208; Nachweis durch Sedimentierungsverfahren 810; Nachweis im strömenden Blut 690; pathogene Wirkung 692; Züchtung 693; Typus humanus 693; Typus bovinus 693; Disposition 699.
Tuberkulose; Bekämpfung 702; Epidemiologie 694; individuelle Disposition 699; Infektionsquellen 695; Übertragung durch Milch 208; bei Schulkindern 450; Stich- und Depotreaktion 703.
Tuberkuloseserum 707.
Tunnelarbeiter 50.
Typhus, Agglutination 666; Bakteriolysine 669; Bakteriologische Fest-

stellung 794; Bazillenträger 662; bei Fabrikarbeitern 506; gesetzliche Bestimmungen 669; Immunisierung u. Serumtherapie 668; Übertragung 662; Schutzimpfstoff 668; Verbreitung u. Bekämpfung 661.
Typhusbazillus 659.
Typhusbazillen, Nachweis 792.
Typhusinfektion durch Nahrungsmittel 581; durch Trinkwasser 663.

Überempfindlichkeit 589. 614.
Übersättigter Boden 128.
Überwachung der Milchwirtschaften 215.
Ulcus corneae serpens 646.
Unempfänglichkeit für Infektion 586.
Unfälle durch explosionsfähiges Material 510; durch Maschinenbetrieb 510; in Bergwerken 508.
Unfallversicherung 487.
Uniceptoren 593.
Uniform, Desinfektion 574.
Universal-Desinfektionsapparat 574.
Ustilago carbo 259.

Vaccine 751.
Vaccinetherapie 606.
Vaccinekörperchen 751.
Vakuumthermometer 56.
Variola 751.
Variolation 621. 755.
Vegetabilische Nahrungsmittel 256ff.
Vegetarianer 197.
Ventilation 330; in Krankenhäusern 480; der Schulen 454; der Wohnung 350.
Ventilationsanlagen, Leistung ders. 362. Prüfung ders. 361.
Ventilationsbedarf 351.
Ventilationsöfen 334.
Ventilationsöffnungen 355.
Ventilatoren 360.
Veränderlichkeit, interdiurne 43.
Verbrennen als Desinfektionsmittel 564.
Verbrennungsraum der Öfen 331.
Verbrennungswärme der Nährstoffe 160.
Verdampfungsapparate 330.
Verdaulichkeit der Nahrungsmittel 187.
Verdünnungsverfahren zur Reinzüchtung von Bakterien 528.
Verdunstung 95.
Verdunstungszone 118.
Verfälschung der Nahrungsmittel 193. 208. 229.
Vergiftung, gewerbliche 497ff.; durch Leuchtgas 382.
Verhüttungsprozeß 500.
Verpilzung des Wassers 427.
Verstäubungsapparate 330.
Verunreinigungen des Flußwassers 133; des Grundwassers 126. 127. 128.
Verwesung 533.
Vibrio 522; Stellung im System 639.
Vierhäuser 307.
Virus fixe 774.
Vitamine 175.
Vodelsche Trikotstoffe 281.
Volksbäder 285.
Volksküchen 201. 203. 486.
Vollmilch 205.
Vollparasiten 535.

Wachstuchfabriken 512.
Wachstum des menschlichen Körpers 184.
Wachstumsintensität 184.
Wachtelweizen 259.
Walderholungsstätten 704.
Waldschulen 462.
Wandtafeln in Schulen 459.
Warings' System 407.
Warmwasserheizung 344.
Wärmeabgabe 32. 48. 87.
Wärme der Luft 41; der Hauswände 324.
Wärmeleitungsvermögen der Kleider 277.
Wärmeproduktion 48; durch Leuchtflammen 381.
Wärmeregulation, chemische 48; physikalische 48.
Wärmeregulierung der Wohnräume 321.
Wärmestauung 47. 51. 87.
Wärmestrahlen 56.
Wärmestrahlung von Lichtquellen 381.
Wäsche als Infektionsquelle 580.
Wasser s. Trinkwasser.
Wasserbakterien 144ff.
Wasserbedarf des Menschen 126; des menschlichen Körpers 174.
Wasserdampfabgabe 37; Einfluß der Muskelarbeit und Ernährung auf 38.
Wasserdampf der Luft 33; Tension 33.
Wasserdampfdesinfektion 569.
Wassergas 327; zur Beleuchtung 378.
Wassergehalt der Nahrungsmittel 191.
Wasserheizung 343.
Wasserkapazität 106; kleinste des Bodens 106. 118.
Wasserklosetts 403.
Wasserleitung, Desinfektion 579; Bleirohre 164.
Wasserleitungsröhren 163.
Wassermannsche Reaktion 613.
Wasserschleier als Luftfilter 339.

Wasserstoffsuperoxyd 78; als Desinfektionsmittel 540; als Milchzusatz 209. 213.
Wasserzusatz zur Milch 208. 212.
Webers Photometer 373.
Weichkäse 232.
Wein 267; Bestandteile 268; Fälschungen 269.
Weingesetz 269.
Weinhefe 519.
Weinsorten 268.
Widalsche Reaktion 609; Ausführung bei Typhus 793.
Wild 234.
Wildseuche 675.
Wind 28; Einfluß auf Wasserdampfabgabe 38; hygienische Bedeutung 31.
Windfahne 28.
Winterventilation 355.
Witterung 23. 60; Einfluß auf den Nährstoffbedarf 180.
Witterungskarten, synoptische 30.
Wohnhaus 287. 288.
Wohnküche 305.
Wohnung 287; hygienische Schädigungen 292; Durchlüftung 305; abnorme Feuchtigkeit 319; Mauerfeuchtigkeit 321.
Wohnungsdesinfektion 566.
Wohnungsinspektion 299.
Wohnungsluft 81. 83. 86ff. 98. 100; als Infektionsquelle 556.
Wohnungsreform 294.
Wohnungsstatistik 290. 291.
Wolle 274.
Wollstaub 495.
Wundinfektionskrankheiten 100.
Wurstvergiftung 241. 714.
Wut bei Schlachttieren 239.
Wutkrankheit 771; Übertragung durch Milch 772.

Xerosebazillen 808.

Yoghurt 233.

Zählung von Bakterienkolonien 783.
Zementstaub 494.
Zentrale Wasserversorgung 153.
Zentralheizung 337.
Zeolithe 157.
Zertifikatmilch 215.
Zimmerdesinfektion 579; -luft s. Wohnungsluft.
Zimmerwärme, Regulierung der 348.
Zink 505.
Zirkulationsöfen 334.
Zoogloea 521.
Zoonosenübertragung in Gewerbebetrieben 507.
Zugluft 353.
Zündholzfabrikation 505.
Zündhütchenfabrikation 510.
Zweilochbrenner 377.
Zwieback 260.
Zwischenböden 315.
Zygosporen 516.
Zyklone 30.
Zymase 518.
Zymophore Gruppe 608.
Zytolyse 604.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

CARL FLÜGGE

DIE VERBREITUNGSWEISE UND BEKÄMPFUNG DER TUBERKULOSE

auf Grund experimenteller Untersuchungen im hygien. Institut der Königl. Universität Breslau, 1897—1908.

Mit 21 Figuren und einer Tafel. Lexikon-Oktav.

Gebunden in Halbfranz M. 23.—, geheftet M. 20.—.

Soziale Medizin und Hygiene.

„Dieses Robert Koch gewidmete Werk gehört zu dem besten, was auf dem Gebiet der Tuberkuloseforschungen veröffentlicht ist. Für den Medizinalbeamten dürften sich die hier gesammelten Arbeiten als unentbehrlich erweisen."

Zeitschrift für Medizinal-Beamte.

„Möge jeder, der sich ein Bild über den heutigen Stand der Tuberkuloseforschung und über die Verbreitung der Tuberkulose überhaupt machen will, dieses Werk lesen."

Münchener Medizinische Wochenschrift.

„Für die Erkenntnis der Verbeitungsweise der Tuberkulose, für die bakteriologisch-hygienische, gewissermaßen äußere Seite der Tuberkulosefrage, hat Flügge ein Standardwerk geschaffen, das wohl nimmer umgestoßen werden kann und das jedem Interessierten auf das wärmste zu genauerem Studium empfohlen sei."

ZEITSCHRIFT FÜR HYGIENE UND INFEKTIONSKRANKHEITEN. Her. von Prof. Dr. **C. FLÜGGE,** Geh. Medizinalrat und Direktor des hygienischen Instituts der Universität Berlin, und Prof. Dr. **G. GAFFKY,** Wirklicher Geh. Obermedizinalrat in Hannover.

Die „Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten" erscheint in Bänden von 30—35 Druckbogen in zwanglosen Heften mit Abbildungen und Tafeln. Drei Hefte bilden einen Band. Einzelne Hefte sind nicht käuflich. (Erschienen sind 77 Bände.) Der Preis eines Bandes beträgt ca. M. 22.—.

Prospekte über die einzelnen Bücher, sowie Fachkataloge über medizinische Literatur kostenlos auf Verlangen vom

VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG, MARIENSTRASSE 18.

GEWERBLICHE VERGIFTUNGEN

deren Vorkommen, Erscheinungen, Behandlung, Verhütung.

von **Dr. J. Rambousek,**

K. K. Bezirksarzt der Statthalterei in Prag.

Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Groß-Oktav.

Gebunden in Leinwand. M. 13.50, geheftet M. 12.—.

Gesundheits-Ingenieur.

Über gewerbliche Vergiftungen liegt zwar eine reiche Literatur vor, doch fehlte es bisher an einer systematischen Bearbeitung des umfangreichen, zerstreut liegenden und deshalb schwer übersehbaren Materials. Diese in der praktischen und sozialen Hygiene sehr fühlbare Lücke ist durch die Arbeit Rambouseks jetzt beseitigt worden.

Mit Recht hat Verfasser vor allem die in der neuesten Zeit gesammelten Erfahrungen eingehend berücksichtigt und so ein Gesamtbild über das Vorkommen von gewerblichen Vergiftungen in der modernen Industrie geschaffen, alles Veraltete, was den jetzigen Verhältnissen in Industrie und Gewerbe nicht mehr entspricht, ist beiseite gelassen.

Das Buch ist allen denjenigen warm zu empfehlen, die sich für das Gebiet der Gewerbehygiene aus fachmännischen und sozialen Gründen interessieren.

OBERGUTACHTEN ÜBER UNFALLVERGIFTUNGEN

Dem Reichs-Versicherungsamt und anderen Gerichten erstattet

von **L. Lewin.**

Groß-Oktav. geheftet M. 10.—.

Mediz. Klinik.

Die Kenntnis dieser zum erstenmal veröffentlichten Obergutachten über eine Reihe verschiedenartigster, im praktischen gewerblichen Leben nicht ungewöhnlicher Vergiftungsunfälle ist wegen des aufklärenden Nutzens, den sie durch das in ihnen enthaltene wissenschaftlich, klinisch und unfallrechtlich wertvolle Material schaffen werden, und wegen ihrer Bestimmung, als Wegweiser für Beurteilungen auf dem schwierigen Gebiete der Unfallvergiftungen zu dienen, für die beteiligten Kreise von großer Wichtigkeit.

„L. Lewin, der auf dem Gebiete der forensischen Toxikologie bekannte Verfasser, übergibt in der vorliegenden Schrift eine Reihe von 36 Obergutachten der Öffentlichkeit, die zum größeren Teil dem Reichs-Versicherungsamt erstattet wurden und das gesamte Gebiet der in den Betrieben vorkommenden Vergiftungen zum Gegenstande haben. Ein besonderer Vorzug der mitgeteilten, meist recht ausführlichen Gutachten besteht für den ärztlichen Leser darin, daß sie nicht nur Ausschnitte geben, sondern stets das Gesamtbild der in Rede stehenden Vergiftung aufrollen und in bezug auf den speziellen Fall, d. h. den Akteninhalt, erörtern. Bei der Schwierigkeit dieses Stoffes verdienen die hierbei zutage tretenden Bemühungen des erfahrenen Chemikers um eine weitere Klärung und Sichtung der Lehre von den Unfallvergiftungen weitgehende Anerkennung."

Med.-Archiv f. d. Deutsche Reich.

„Das Lewinsche Buch ist sehr geeignet, das Rüstzeug des Medizinalbeamten auf dem Gebiete der Gewerbehygiene zu verstärken."

Prospekte über diese Bücher, sowie Fachkataloge über medizinische Literatur kostenlos auf Verlangen vom

VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG, MARIENSTRASSE 18.

HANDBUCH DER KOSMETIK

Unter Mitwirkung von

Geh. Rat. Prof. Dr. Axenfeld (Freiburg i. Br.), Dr. C. Brons (Dortmund), Dr. J. Colman (Berlin), Prof. Czerny (Straßburg), Geh. Rat Prof. Dr. Fritsch (Berlin), Dr. L. Golodetz (Hamburg), Prof. Dr. Julius Heller (Berlin), Prof. Dr. E. Holländer (Berlin), Dr. A. Lorand (Karlsbad), Dr. Ferd. Mainzer (Berlin), Zahnarzt Mamlok (Berlin), Dr. E. Meirowsky (Köln), Prof. Dr. C. Mense (Cassel), Dr. Ludwig Meyer (Berlin), Oberstabsarzt Dr. Ed. Müller (München), Dr. Gustav Muskat (Berlin), Privatdozent Dr. G. Nobl (Wien), Prof. Dr. J. Pagel (Berlin), Dr. Pürckhauer (Dresden), Prof. Paul Friedr. Richter (Berlin), Dr. H. E. Schmidt (Berlin), Dr. Conr. Siebert (Berlin), Dr. F. B. Solger (Rostock), Dr. Artur Strauss (Barmen) und Dr. Gottfr. Trautmann (München)

herausgegeben von

Professor Dr. Max Joseph,
Berlin.

Mit 164 Figuren und 203 Rezepten im Text, sowie einem Anhang von 101 Rezepten.

Gr.-Oktav. 1912. geb. in Halbfranz M. 25.—, geh. M. 22.—.

Das Werk versucht als erstes seiner Art, die Kosmetik auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen und darf daher das Verdienst in Anspruch nehmen, aus der Fülle der zum großen Teil unwirksamen, ja schädlichen kosmetischen Mittel und Behandlungsweisen solche gesammelt und kritisch dargestellt zu haben, die wirklich zweckmäßig und mit Erfolg erprobt sind. Das Werk erstreckt sich nicht nur auf die eigentliche „Schönheitspflege", sondern auf die Beseitigung körperlicher Mängel überhaupt.

Es liegt auf der Hand, daß die infolge von Kriegsverwundungen verbleibenden zahllosen körperlichen Mängel der kosmetischen Medizin in jenem weiteren Sinne zur Zeit ein unabsehbares Feld zur Entfaltung eines oft unschätzbar wertvollen Wirkens bieten. Bei der Bedeutung, die solche körperlichen Mänge für den damit Behafteten haben, ist es geradezu eine soziale Pflicht eines jeden Arztes, sich gründlich mit den Aufgaben der kosmetischen Medizin, mit ihren Mitteln und Erfolgen zu beschäftigen. Hier wird das Joseph'sche Handbuch hervorragende Dienste leisten, indem es seinen Gegenstand von allen Seiten behandelt und auch nicht ansteht, lehrreiche Mißerfolge anzuführen. Wir machen noch besonders auf die guten Abbildungen und die reiche Rezeptsammlung aufmerksam.

Prospekte über das Buch, sowie Fachkataloge über medizinische Literatur kostenlos auf Verlangen vom

VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG,
MARIENSTRASSE 18.

BLUTKRANKHEITEN UND BLUTDIAGNOSTIK

Lehrbuch der morphologischen Hämatologie

von **Dr. med. Otto Naegeli,**

Professor der inneren Medizin an der Universität Tübingen.

Zweite vollkommen umgearb. und verm. Auflage.

Mit 24 Figuren im Text und 20 farbigen Tafeln. Royal-Oktav. (XVI und 720 Seiten und 20 Blatt Erklärungen zun den Tafeln.)

Gebunden in Ganzleinen M. 26.—, geheftet M. 24.—.

Münchener med. Wochenschrift.

„Naegeli hat es verstanden, nicht nur sein Buch auf der Höhe der Zeit zu halten, sondern es auch überall durch eigene Forschungen weiterzuführen und auszubilden. Das ist ein ganz besonderer Vorzug eines Lehrbuches. Die Technik der Blutuntersuchungen ist beträchtlich erweitert worden. Alles in allem: das Naegelische Werk ist das beste Lehrbuch der morphologischen Hämatologie, das die Weltliteratur aufzuweisen hat."

Berliner klin. Wochenschrift.

„Dem Anfänger sowohl wie dem Geübten, dem Praktiker wie dem Forscher wird dieses hervorragende Buch die größten Dienste leisten."

Klinisch-therapeut. Wochenschrift.

„Naegelis Werk zeichnet sich überall durch klare, leichtfaßliche Darstellung, durch möglichst vollständige Berücksichtigung der Literatur ohne Beeinträchtigung der subjektiven Anschauung und durch eine streng wissenschaftliche Objektivität aus.

Zentralbl. für Biochemie u. Biophysik.

Die ausgezeichneten Tafeln, welche schon der ersten Auflage beigegeben waren, wurden zum großen Vorteil des Ganzen vermehrt. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das vorzügliche Lehrbuch auch in seiner Neuauflage die allgemeine Beliebtheit behalten und sich sowohl unter Studierenden wie Ärzten, wie auch unter den Fachkollegen, neue Freunde erwerben wird."

ÜBER DEN EINFLUSS VON RECHTSANSPRÜCHEN BEI NEUROSEN

Öffentliche Antrittsrede gehalten am 13. Februar 1913

von **Dr. med. Otto Naegeli,**

Professor an der Universität Tübingen.

Oktav. Geheftet M. 1.40.

Jahresbericht über Soziale Hygiene.

„Die Ausführungen sind äußerst beachtenswert und dürften nicht nur für gerichtliche Sachverständige interessant, sondern auch besonders für innere Kliniker, Chirurgen und praktische Ärzte, die gelegentlich einmal Gutachten zu erstatten haben, lesens- und beherzigenswert sein."

Prospekte über diese Bücher, sowie Fachkataloge über medizinische Literatur kostenlos auf Verlangen vom

VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG, MARIENSTRASSE 18.

MÖLLER-MÜLLER

GRUNDRISS DER ANATOMIE DES MENSCHEN

FÜR STUDIUM UND PRAXIS.

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. 1914.
Mit 91 Figuren im Text und 2 farbigen Regionentafeln.
Gebunden in Ganzleinen M. 6.—.

Das handliche, für Studierende besonders bequem und praktisch eingerichtete, klar, kurz und übersichtlich gehaltene Buch gehört zu den beliebtesten seiner Art. Die vorliegende zweite Auflage enthält wesentliche Verbesserungen, besonders bezüglich des histologischen und entwickelungsgeschichtlichen Inhaltes, und berücksichtigt die jüngsten Forschungsergebnisse sorgfältigst.

Wir empfehlen das Buch besonders noch den für den Kriegssanitätsdienst Ausgebildeten zur Ergänzung und Befestigung der in beschleunigtem Lehrgang nur unvollständig erworbenen anatomischen Kenntnisse, die gerade bei Verwundetenpflege von großer Wichtigkeit sind.

Auch dem geübten Sanitätsbeamten sowie den Krankenschwestern kann das kleine Handbuch als Repetitorium und Nachschlagebuch gute Dienste leisten.

Medizinische Blätter.

„Ein äußerst praktisches Kompendium, das vor den anderen den Vorzug fast unfehlbarer Exaktheit hat."

Ärztliche Zentralzeitung.

„Ausgezeichnete Darstellung, präzise Ausdrucksweise und meisterhafte Behandlung des komplizierten Materials sowie gute Abbildungen werden dem Werke viele Freunde sichern."

Prospekte über das Buch, sowie Fachkataloge über medizinische Literatur kostenlos auf Verlangen vom

VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG,
MARIENSTRASSE 18.

In unserem Verlag ist dieses Jahr in fünfter Auflage erschienen:

DORNBLÜTH

KLINISCHES WÖRTERBUCH.

Die Kunstausdrücke der Medizin erläutert.

Die wissenschaftliche Medizin verwendet so viel Kunstausdrücke und Fremdwörter, daß es auch dem Belesenen unmöglich ist, sie im Gedächtnis zu bewahren. Das Dornblüthsche Wörterbuch stellt sie mit Angabe ihrer Ableitung in knapper Form aus allen in Betracht kommenden Sprachen übersichtlich zusammen, und zwar solche Wörter, die dem Leser wirklich begegnen.

Das Buch dürfte besonders während des Krieges den vielen Damen und Herren gute Dienste leisten, die sich dem Roten Kreuz zur Verfügung gestellt haben, sowie den Schwestern, die sich noch in der ersten Ausbildungszeit befinden.

Das Zentral-Komitee der deutschen Vereine vom Roten Kreuz hat daher im Interesse der für den Kriegssanitätsdienst auszubildenden Schwestern und Helferinnen das Wörterbuch im „Schwesternblatt“ wiederum angelegentlichst empfohlen.

Seit seinem ersten Erscheinen erfreut sich das Buch infolge seiner praktischen Gestaltung großer Beliebtheit und weiter Verbreitung.

Gebunden in Ganzleinen M. 5.—

Bei Bezug einer grösseren Anzahl von Exemplaren durch Vereine, Krankenhäuser oder dergl. entsprechende Preisermässigung.

Reichs-Medizinal-Anzeiger. „Das Buch ist mit Fleiß, vieler Sorgfalt und auch mit großem Geschick verfaßt worden.“

Klinisch-therapeutische Wochenschrift. „Dornblüths Klinisches Wörterbuch ist in der fünften Auflage erschienen, der beste Beweis dafür, daß es einem Bedürfnis entspricht. Wiederholte Stichproben haben ergeben, daß das Wörterbuch in der Tat auf der Höhe ist.“

Die Sanitätswache. „Das hübsch ausgestattete Werk bietet in der Tat als Nachschlagewerk alle Vorzüge der Handlichkeit und Reichhaltigkeit. Wir können den Kollegen die Anschaffung wohl empfehlen. Wünschenswert wäre es, wenn die Krankenanstalten jedenfalls überall ein Exemplar zur Verfügung hielten.“

Österr. Ärzte-Zeitung. „Das klinische Wörterbuch wird mit Nutzen von allen Interessenten verwendet werden.“

General-Anzeiger für Krankenpflege und Badefach. „Die 5. Auflage dieses unübertrefflichen Werkes zeichnet sich neben der sachlichen Anordnung und Reichhaltigkeit, noch durch eine gute Ausstattung aus und es wäre zu wünschen, daß viele Anstalten und Krankenhäuser je ein Exemplar ihrer Bibliothek einverleibten.

Prospekte über das Buch, sowie Fachkataloge über medizinische Literatur kostenlos auf Verlangen vom

VERLAG VON VEIT & COMP. IN LEIPZIG, MARIENSTRASSE 18.