Grondbeginselen der physiologie van den mensch / door L. Hermann.

Contributors

Hermann, Ludimar, 1838-1914.

Publication/Creation

Groningen : J.B Wolters, 1864 (Groningen : J. van der Woude.)

Persistent URL

https://wellcomecollection.org/works/q2n8k8cb

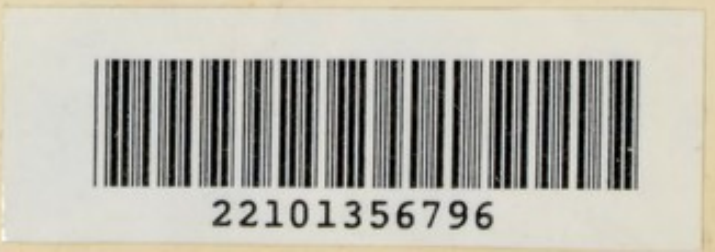
License and attribution

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

wellcome collection

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


22101356796

Med
K9414

II F 1203.

HANDBOEK DER PRAKTISCHE GENEESKUNDE

VAN

Dr. HERMANN LEBERT,

Hoogleeraar in de geneeskundige Kliniek en bijzondere Pathologie en therapie te Breslau.

Naar den tweeden Hoogduitschen druk door Dr. A. DRIELSMA.
Met eene voorrede van Dr. I. VAN DEEN, *Hoogleeraar in de geneeskunde te Groningen.*

Groningen, J. B. WOLTERS. In gr. 8°., 4 deelen, compressen druk, XXXV en 2193 blz. *f* 19.75.

BIJLAGEN TOT PROF. LEBERT'S HANDBOEK DER PRAKTISCHE GENEESKUNDE,

inzonderheid met het oog op de ziekten der schildklier.

Door Dr. A. DRIELSMA.

Groningen, J. B. WOLTERS. 1863. 8°. *f* 1.00.

HET ACUTE GEWRICHTS-RHEUMATISMUS,

DOOR

Dr. HERMANN LEBERT,

Klinisch Hoogleeraar te Breslau.

Uit het hoogduitsch vertaald door H. BEINS, *Med. et Art. obstr. Doctor te Groningen.*

Groningen, J. B. WOLTERS. 8°. *f* 1.65.

Met de uitgave der vier, bovenaan in het hoofd dezes genoemde boekdeelen, is een hoogst belangrijke arbeid van den hoogleeraar LEBERT, wat de Hollandsche vertaling betreft, voltooid geworden, zoodat de talrijke koopers van het eerste deel hetwelk wij in dit Tijdschrift (jaargang 1861, Boekbeschouwing bl. 416 en v.v.) hebben aangekondigd, binnen twee jaren tijds in de gelegenheid gesteld zijn geworden, zich het geheele werk aan te schaffen. Wij verheugen ons dat de voortvarende ijver van vertaler en uitgever die uitkomst gehad heeft, daar het niet te ontkennen is, dat een zoodanig werk eerst volkomen aan zijne bestemming voldoet, wanneer het geheel voltooid is, en zoo door den lezer over elk onderwerp op het gebied der praktische geneeskunde, hetwelk hem belangstelling inboezemt, terstond kan geraadpleegd worden. Aan die laatste woorden schrijve men echter geene verkeerde beteekenis toe, alsof het werk van LEBERT, naar onze meening, hoofdzakelijk bestemd ware om door den praktischen geneesheer, bij voorkomende gelegenheden, nageslagen en geraadpleegd te worden, daar steller dezes van oordeel is, dat het boek een veel grooter nut kan opleveren en allezins geschikt is, om door de studenten of andere aanstaande kunstoefenaars, als handleiding tot de praktische geneeskunde, van het begin tot het einde toe, bestudeerd te worden. Tot dat einde verdient het zelfs boven het uitvoerige en kostbare, onder de redactie van VIRCHOW uitgegeven, doch in acht jaren tijds

nog niet voltooide „*Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie*", naar onze bescheidene meening de voorkeur, dewijl het werk van één enkelen auteur meer eenheid in opvatting en bewerking belooft, dan de gemeenschappelijke arbeid van onderscheidene schrijvers, wier monographisch bewerkte bijdragen, hoe verdienstelijk ook op zich zelve, naauwelijks een organisch geheel kunnen opleveren. Daarenboven is het boek, dat wij aankondigen, afkomstig van eenen schrijver, die eene veeljarige ervaring als praktisch geneesheer opgedaan heeft, en in verschillende landen als hospitaal-arts en als klinisch docent is werkzaam geweest. Daardoor heeft het handboek van LEBERT, die de verklaring aflegt, reeds sedert vele jaren de bouwstoffen voor een uitvoerig werk van dien aard verzameld te hebben, eene geheel praktische strekking, en heeft de schrijver er inzonderheid naar gestreefd om aan de wezenlijke behoeften van den praktischen geneesheer te voldoen, en zijn geschrift tevens aan het tegenwoordig standpunt en de nieuwste grondregels der wetenschap te doen beantwoorden. Om aan dat beginsel getrouw te zijn, heeft de auteur er zich bij de bewerking zijner uitgebreide stof op toegelegd om zoo veel mogelijk van alle rigtingen partij te trekken, doch daarbij noch aan ziektekundige ontleedkunde, noch aan physische diagnostiek, noch aan scheikundige en mikroskopische onderzoekingen, noch aan geneeskundige statistiek, noch aan proefondervindelijke pathologie, en wat men meer zou kunnen noemen, uitsluitende waarde of overdreven lof toe te kennen, maar alle die hulpmiddelen naar hare waarde te schatten en zonder eenzijdigheid toe te passen. Door die zorgvuldige en onpartijdige aanwending van al de voortreffelijke, aan onzen leeftijd verschuldigde hulpmiddelen voor echt wetenschappelijke beoefening der pathologie, heeft de beroemde schrijver zich onmiskenbaar groote verdiensten verworven. Wat eindelijk de rangschikking der ziekten betreft, maakt de onderscheiding tusschen algemeene en plaatselijke ziekteprocessen den grondslag van de door LEBERT gevolgde verdeeling uit, terwijl elke dier beide groote Afdeelingen nader in klassen en groepen verdeeld wordt, hoofdzakelijk ontleend aan het verschil der aetiologische en pathogenetische momenten, waaraan de ziekteprocessen haren oorsprong te danken hebben. Het algemeen op die wijze verkregen overzigt is — bij alle onvolkomenheid, boven welke geenerlei systematische verdeeling verheven is — zeer geleidelijk, en zóowel de vóór elk boekdeel geplaatste inhoudsopgave als het algemeen aan het laatste deel toegevoegde Register, maken het opzoeken van elken ziektevorm zeer gemakkelijk.

De beide laatste, in het opschrift onzer aankondiging genoemde kleinere geschriften van denzelfden hoogleeraar, verdienen evenzeer eene gunstige aanbeveling en moeten als Supplementen of Bijlagen van het grootere werk beschouwd worden.

(Overgenomen uit de *Vaderl. letteroefeningen*, Jan. 1864.)

GRONDBEGINSELEN

DER

PHYSIOLOGIE VAN DEN MENSCH.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b28131617

GRONDBEGINSELEN

DER

PHYSIOLOGIE

VAN

DEN MENSCH,

DOOR

Dr. L. HERMANN.

UIT HET HOOGDUITSCH OVERGEBRAGT

DOOR

Dr. A. DRIELSMA.

Met 26 in den Tekst gedrukte houtsneêfiguren.





GRONINGEN,
J. B. WOLTERS.
1864.

29646067

9635

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY
Coll. welMOmec
Call No. QT

Gedrukt bij J. VAN DER WOUDE, te Groningen.

Aan den Lezer!

De redenen die ons bewogen hebben om HERMANN's *Grundriss der Physiologie des Menschen* in onze taal over te brengen, zijn hoofdzakelijk gelegen in de volgende drie punten waardoor zich, volgens ons bescheiden oordeel, juist het werk van HERMANN onderscheidt: 1° het principe van het behoud van arbeidsvermogen, zooals dit vooral door MAYER het eerst bij de leer der verschijnselen van het levend individu is in toepassing gebragt, wordt door HERMANN overal op den voorgrond gesteld, het is het uitgangspunt van al zijn beschouwingen; 2° de mathematische uitbreiding, die HERMANN aan sommige punten in de physiologie heeft gegeven; om maar enkele voorbeelden te noemen verwijzen wij naar de hoofdstukken over de stem, de spraak, het geluid, waarbij het klassieke werk van den genialen HELMHOLTZ tot grondslag is genomen; voorts den mechanischen spierarbeid, de beweging, terwijl de psychophysiek geheel volgens FECHNER bewerkt is; 3° de gelukkige wijze, waarop H. geslaagd is om alles wat op andere velden der natuurwetenschappen in den laatsten tijd is ontdekt, dienstbaar te maken aan de physiologie (DARWINS's theorie over het ontstaan der soorten bij dieren en planten door „natural selection," enz., enz.).

De doelmatige indeeling van het groote materiaal eensdeels en ten anderen de beknoptheid waarmede elk onderwerp beschreven wordt, zijn de twee glanspunten van HERMANN's werk. Doch één zaak mogen wij niet verzwijgen. HERMANN deelt het lot van, ik mag wel zeggen alle jeugdige geleerden: ze loopen te veel weg met het allernieuwste, zonder het oudere te kennen, veel minder te waarderen; — vandaar dat H. hier en daar in strijd is met de waarheid. Over enkele punten heb ik mijn hooggeschatten leermeester en vriend, prof. I. VAN DEEN, geraadpleegd en van zijne opmerkingen, waarvoor ik hem mijn dank betuig, in de eerste vellen gebruik gemaakt. Mijn

wensch om het geheele boek aldus te bewerken, kon echter niet worden vervuld, daar de afstand tusschen beider woonplaatsen en een andere tusschen beide gekomen omstandigheid (zie het Naschrift) dit te moeijelijk maakten.

De vraag of er behoefte bestond aan een werk over physiologie zooals deze „Grondbeginselen," laten wij aan den lezer zelf ter beantwoording over. Schrijver en Vertaler staan tot elkander in een te eigenaardige betrekking, dan dat de laatste bij zijn oordeel over het werk van den eerste, of liever over de vraag of daardoor in eene behoefte wordt voorzien, de beschuldiging van partijdigheid ooit ten volle van zich kan afwerpen. Doch niemand zal, bij een nadere en meer dan oppervlakkige kennismaking met den inhoud, ons van partijdigheid verdenken, wanneer wij beweren dat hier in een betrekkelijk uiterst klein bestek alles wordt teruggegeven, wat de ontdekkingen op het gebied der physiologie in den laatsten tijd hebben aan het licht gebragt. En het is juist aan boeken van dergelijk kaliber dat de tegenwoordige tijd, dat het tegenwoordig veelomvattend onderwijs behoefte heeft.

De tijd der lijvige boekdeelen is voorbij!

Zwolle, 2 September 1864. Dr. A. DRIELSMA.

VOORREDE.

Wanneer men voor eene wetenschap, welke nog slechts weinig afgeslotene hoofdstukken heeft aan te wijzen, en hoofdzakelijk op onopgeloste vraagstukken berust, een handboek wil schrijven, is misschien eene eenvoudige opsomming der feiten daarvoor de doelmatigste vorm, en in elk geval de veiligste, omdat men zich daarbij geheel van hypothesen kan onthouden. Doch in deze „Grondbeginselen" heeft de schrijver de nieuwste ontdekkingen op het gebied der natuurwetenschappen tot grondslag genomen en getracht aan zijne beschouwingen een systematisch afgeronden vorm te geven, daarbij natuurlijk overal zorgvuldig aanwijzende wat tot het gebied der feiten, wat tot dat der hypothesen behoort; het schema daarvoor vindt men in de inleiding. Alleen langs dezen weg is het voor den beginner mogelijk een overzigt te verkrijgen over de uitkomsten van het physiologische onderzoek, terwijl hij er tevens door zal opgewekt worden tot eigen onderzoek. De moeijelijkheden, aan zulk eene wijze van bewerking verbonden, zijn echter te groot, dan dat de schrijver zich niet bewust zou zijn, hoe weinig hij er in geslaagd is zijn doel te bereiken.

Alleen dit standpunt moest in de voorrede uitdrukkelijk aangegeven worden, met vermelding waarom daaraan boven zooveel andere de voorkeur gegeven is. Van welke gezigtspunten de schrijver bij de bewerking der bijzondere hoofdstukken is uitgegaan, zal duidelijker blijken uit een onderzoek van den inhoud dan zulks uit zoogenaamde praelegomena mogelijk is.

De afbeeldingen, tusschen den tekst geplaatst, bepalen zich — tegen de algemeen gevolgde gewoonte — tot de hoogst noodige,

doch zijn nooit weggelaten, waar zij tot een juist begrip van het behandelde onontbeerlijk schenen. De nadenkende lezer zal ze nergens te vergeefs zoeken.

Overeenkomstig het doel van dit werk, zijn geen bronnen opgegeven en alleen, gelijk gebruikelijk is, de namen der schrijvers opgenoemd. Bij dit laatste is hoofdzakelijk het volgende in aanmerking te nemen: vooreerst, dat zij aangehaald zijn bij het vermelden van opgaven die door anderen betwist worden of die zich nog niet bevestigd hebben, ten einde den zegsman daarvoor verantwoordelijk te stellen; ten tweede bij hoogst belangrijke onderzoekingen, ten einde den lezer bekend te maken met de namen der voornaamste onderzoekers op het gebied der physiologie.

Berlijn, Augustus 1863. **L. HERMANN.**

INHOUD.

INLEIDING.

EERSTE AFDEELING.

		Bladz.
Overzigt. Ontwerp van bewerking		1.
De stofwisseling van het organisme		9.
1e Hoofdstuk.	Scheikundige bestanddeelen van het menschelijke ligchaam	13.
	Vrije elementen	13.
	Scheikundige verbindingen	14.
	Anorganische verbindingen	14.
	Organische verbindingen	15.
	Stikstofhoudende zelfstandigheden (eiwitachtige ligchamen en hunne afstammelingen)	16.
	Koolhydraten en hunne afstammelingen	29.
	Vetzuren, vetten en aanverwante ligchamen	31.
	Aanhangsel	34.
2e Hoofdstuk.	Het bloed en zijne beweging	36.
I.	Het bloed	36.
II.	De beweging van het bloed	45.
	De beweging van het hart	46.
	De beweging van het bloed in de vaten	53.
3e Hoofdstuk.	Het opnemen en afgeven van gasvormige stoffen door het bloed. Ademhaling	65.
I.	De bijzondere ademhalingswerktuigen	66.
II.	De gaswisseling	74.
	Aanhangsel	78.
4e Hoofdstuk.	Afscheidingen	81.
I.	Afscheiding in het algemeen	82.
II.	De afzonderlijke afscheidingen	86.
	A. Parenchymsappen	86.
	B. Vloeistoffen die in holten besloten zijn	86.
	C. Afscheidingen van klieren	87.
5e Hoofdstuk.	Het opnemen van stoffen in het bloed, resorptie	112.
	Voorbereiding van het voedsel voor de resorptie, spijsvertering	112.
I.	Mechanisme van den spijsverteringstoestel	112.
II.	Chemisme van de spijsvertering	117.
	Opslorping. Vervolg (bladz. 112)	121.
6e Hoofdstuk.	Stofwisseling van het bloed	129.
	Het ontstaan en vergaan der bloedligchaampjes	129.
	Veranderingen der scheikundige bestanddeelen	133.
	Suikervorming in parenchymateuse weefsels	136.
	Constante waarde van de hoeveelheid bloed	139.
7e Hoofdstuk.	Stofwisseling van het organisme in zijn geheel	140.

Bladz.

I. Het voedsel . . . . . 140.
II. De uitscheidingen . . . . . 144.
III. Quantitatieve verhoudingen tusschen ontvangsten, uitgaven en zamenstelling . . . . . 146.
1. Noodzakelijke uitscheidingen van het organisme en vergoeding daarvan door de voeding . . 148.
2. Het opnemen van ontoereikend voedsel . . . 151.
3. Het opnemen van overtollig voedsel . . . . 154.

TWEEDE AFDEELING.

De verrigtingen van het organisme . . . . . 159.
8e Hoofdstuk. Krachtwisseling van het organisme in het algemeen en hare verhouding tot de stofwisseling . . . . . 161.
I. De aanvoer van spankrachten . . . . . 162.
II. Het ontstaan van levende krachten in het ligchaam (arbeidsverrigtingen des ligchaams) . . . . . 163.
III. Het afgeven van krachten aan de buitenwereld . . . 165.
IV. Onderlinge vergelijking der hoeveelheden opgenomen en afgegeven krachten (krachtbalans) . . . . . 165.
V. Invloed der krachtwisseling op de stofwisseling . . . 167.
9e Hoofdstuk. Ontwikkeling van warmte en verschillende warmtegraden van het ligchaam . . . . . 170.
I. Ontwikkeling van warmte . . . . . 170.
II. Warmtegraden des ligchaams . . . . . 171.
10e Hoofdstuk. Verrigtingen van werktuigelijken arbeid. (Bewegingsprocessen) . . . . . 176.
I. De spieren . . . . . 176.
A. De dwarsgestreepte spieren . . . . . 177.
B. De gladde spieren . . . . . 200.
II. Contractiele weefselcellen . . . . . 201.
III. De flikkercellen . . . . . 201.
IV. Cellen met moleculaire beweging . . . . . 203.
Aanhangsel. Het nut der spieren . . . . . 203.
Mechanisme van het skelet . . . . . 206.
Voorwaarden van het evenwigt en actieve locomotie van het geheele ligchaam . . . . . 211.
Stem . . . . . 217.
Spraak . . . . . 225.

DERDE AFDEELING.

De vrijmakingsorganen. Het zenuwstelsel . . . . . 231.
11e Hoofdstuk. De geleidingsorganen (zenuwen). . . . . 234.
A. Algemeene beschouwingen . . . . . 234.
B. Bijzondere zenuwphysiologie . . . . . 248.
12e Hoofdstuk. De peripherische eindorganen der zenuwen . . . . 255.
I. Het gezigtsorgaan . . . . . 255.
Zien . . . . . 270.
Bewegingen van het oog . . . . . 278.
Zien met beide oogen . . . . . 281.
Werktuigen die tot bescherming van het oog dienen . . . . . 294.
II. Het gehoororgaan . . . . . 295.
Hooren . . . . . 302.
Hooren met beide ooren . . . . . 311.
Werktuigen die tot bescherming van het oor dienen 313.
III. Het reukorgaan . . . . . 313.
IV. Het smaakorgaan . . . . . 315.
V. De overige zintuigsorganen . . . . . 317.
13e Hoofdstuk. De centrale eindorganen der zenuwen (organen van het centrale zenuwstelsel) . . . . . 327.

Bladz.
A. Algemeene beschouwingen . . . . . 327.
B. Bijzondere beschouwingen . . . . . 333.
1. Automatie . . . . . 333.
2. Reflexieprocessen . . . . . 339.
3. Zielsverrigtingen . . . . . 345.
4. Geleidingen in de centraalorganen . . . . . 351.
Aanhangsel. Beschrijving van den sympathicus . 358.

VIERDE AFDEELING.

Ontstaan, ontwikkeling en einde van het organisme . 361.
14e Hoofdstuk . . . . . 363.
A. Algemeene beschouwingen . . . . . 363.
Geslachtelijke voortplanting . . . . . 367.
Ontwikkeling van het bevruchte ei . . . . . 369.
B. Voortplanting bij den mensch . . . . . 371.
C. Ontwikkeling van het ei bij den mensch . . . 379.
D. Veranderingen na de geboorte . . . . . 396.
E. Dood . . . . . 397.
Naschrift . . . . . 401.

INLEIDING.

De physiologie is de wetenschap van de regelmatige processen in de zoogen. levende ligchamen of organismen, — de planten en dieren. De processen, die uitsluitend aan de levende ligchamen eigen zijn, en die alzoo gezamenlijk het leven uitmaken, kunnen, in hun geheel genomen, beschouwd worden als regelmatige veranderingen: 1° van den scheikundigen inhoud der ligchamen, 2° van de daarin werkende krachten, 3° van hun vorm. — Vroeger zocht men de oorzaak van deze eigenaardige processen in bijzondere, aan de organismen eigene, overerfelijke vermogens, waarvan men de som „levenskracht" noemde. Intusschen heeft men dit onbepaalde begrip laten varen, sedert men ontdekt heeft, dat in de levensprocessen, die het naauwkeurigst onderzocht zijn, dezelfde grondwetten heerschen als in de onbewerktuigde natuur, en inzonderheid sedert men een belangrijk beginsel van de hedendaagsche natuurwetenschap op de organische wereld heeft toegepast en daardoor den zamenhang tusschen de stoffelijke veranderingen en de krachtuitingen der organismen beter heeft verklaard. Op grond daarvan mag men aannemen, dat over 't algemeen in de levende ligchamen uitsluitend dezelfde krachten, naar dezelfde wetten werkzaam zijn als in de niet-levende, en dat het bij gevolg ook eenmaal gelukken zal, de thans nog duistere processen, inzonderheid die van den vorm, uit reeds bekende wetten te verklaren. Heeft deze hypothese op zich zelf reeds de waarschijnlijkheid voor zich, — zij levert buitendien nog het belangrijke voordeel op, dat zij, ook op het organisch gebied, den weg baant tot een naauwkeurig onderzoek en een juist begrip. Daarom hebben wij haar dan ook tot grondslag gekozen van onze beschrijving van het menschelijke organisme.

Het menschelijke zoowel als het dierlijke ligchaam is een organisme, waarin door oxydatie van zijne bestanddeelen, krachten vrij worden, d. i. spankrachten in levende krachten overgaan *). De laatsten doen zich voor als de verrigtingen of werkzaamheden van het ligchaam.

Wanneer oxydeerbare stoffen en de oxyderende zuurstof, die altijd in voorraad in het organisme aanwezig zijn, neiging hebben zich met elkander te verbinden, veroorzaken ze, zoo lang de verbinding nog niet plaats gehad heeft, spankrachten. — Door het tot stand komen dezer verbinding, — door de oxydatie-processen, — worden deze spankrachten vrij. — Hierdoor ontstaan bewegingen, die men in hare verschillende vormen waarneemt, nl. als werktuigelijken arbeid (beweging der massa) of als warmte, elektriciteit enz. (moleculaire bewegingen). Deze bewegingen noemt men de verrigtingen van het organisme. Als eene zoodanige verrigting, en wel als werktuigelijke arbeid, moeten tevens de regelmatige veranderingen in de vormen der morphotische elementen beschouwd worden, die men met den naam van groei, deeling enz. bestempelt.

Men kan het vrij worden van krachten bij de oxydatie (waarvan de gewone verbranding het meest bekende voorbeeld oplevert) naar de tegenwoordig heerschende begrippen ongeveer op de volgende wijze verklaren: Twee moleculen, die geneigd zijn zich te vereenigen (die b. v. scheikundig met elkander verwant zijn, zooals eene molecule koolstof en zuurstof), hebben, zoolang zij door de eene of andere omstandigheid verhinderd worden zich te vereenigen, eene zekere hoeveelheid spankracht. Beweging van de moleculen, met andere woorden levende kracht, kan eerst dan aanvangen, wanneer dat beletsel is uit den weg geruimd. Heeft dit plaats gehad, alsdan komt eerst de verbinding te voorschijn, d. i.: de eerste beweging, waardoor zich de vrij geworden spankracht doet gelden; deze verbinding bestaat in eene zamensmelting van de twee moleculen. Volgens de wet van het in stand houden der kracht kan echter eene vrij geworden kracht niet verdwijnen, maar moet zij in den een of anderen vorm levend blijven bestaan, zoolang zij niet, — b. v. door scheiding van de beide vereenigde moleculen, — op nieuw in spankracht wordt veranderd. De vorm nu dier beweging kan in een thypothetischen zin uiterst verschillend zijn; men stelt zich gewoonlijk alle aanhoudende moleculaire bewegingen voor als trillingen der moleculen (en der aetheratomen die haar omringen). Men beschouwt de verschillende vormen dezer bewegingen als het wezen der warmte, des lichts, der elektriciteit, enz. Is met de moleculaire beweging eene plaatsverandering tot buiten de ruimte van het gebied eener molecule verbonden, dan bestempelt men deze met den naam van beweging der massa of werktuigelijken arbeid.

De sterkte van de krachten, die in het ligchaam vrij worden, derhalve de hoegrootheid der verrigtingen van het

*) De hier gebezigde begrippen van spankracht en levende kracht moeten, evenals de wetten van hare veranderingen (wet van het bewaard blijven der kracht) als bekend voorondersteld worden. Het is onmogelijk te dezer plaatse daarvan eene breedvoerige verklaring te geven, omdat daarvoor, zal zij gemakkelijk begrepen worden, eene zekere uitvoerigheid, doch inzonderheid het gebruik van voorbeelden, onmisbaar is. Nergens is dit onderwerp uitstekender behandeld dan in het populaire geschrift van HELMHOLTZ: „Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte, enz. Ein Vortrag etc." Königsberg, 1854, waarnaar wij bij deze verwijzen.

organisme, hangt uitsluitend af van den omvang van het oxydatieproces en van de hoeveelheid spankracht, welke de oxydeerbare stoffen bezitten. Ontstaat b. v. door verbranding van een gram druivensuiker in koolzuur en water nu eens warmte, dan eens werktuigelijke arbeid, dan zijn de hoeveelheden warmte en arbeid ten eerste volkomen aan elkander aequivalent, en ten tweede wordt hare grootte bepaald door de hoeveelheid spankracht, in een gram druivensuiker aanwezig ten gevolge van zijne oxydeerbaarheid. (Deze hoeveelheid spankracht komt in dit geval in haar geheel in aanmerking, omdat de verbranding volledig plaats heeft).

Daarentegen zijn de vormen der verrigtingen aan voorwaarden onderworpen, waarvan het wezen, even als in de geheele natuurwetenschap, nog ten eenenmale onbekend is. Men weet alleen, dat bepaalde vormen van verrigting aan bepaalde deelen van het ligchaam gebonden zijn, die zoowel door de daarin aanwezige stoffen (hunne scheikundige zamenstelling), als door hun eigenaardigen bouw zich van elkander onderscheiden, en die men met den naam van organen bestempelt; dat wijders zekere vormen van verrigting, b. v. de ontwikkeling van warmte, veel vaker voorkomen dan andere; dat eindelijk in hetzelfde orgaan op verschillende tijden verschillende vormen van verrigting zich kunnen voordoen, en dat deze verscheidenheid gedeeltelijk door de later te bespreken vrij makende kracht der zenuwen veroorzaakt wordt.

Op grond van hetgeen wij in 't begin zeiden, moet elke verrigting van het ligchaam verbonden zijn met een verlies van oxydeerbaar ligchaamsmateriaal en van voorradige zuurstof. Aangezien nu de produkten der oxydatieprocessen (koolzuur, water enz.) niet op nieuw op de eene of andere wijze in het ligchaam zelf eene reductie ondergaan, maar gestadig daaruit verwijderd worden, zoo kan het verlies van het verbruikte niet anders dan van buiten af vergoed worden door opname van nieuwe zuurstof en van nieuwe stoffen, die oxydeerbare bestanddeelen van het ligchaam kunnen uitmaken. En dit heeft inderdaad plaats, aangezien het organisme gestadig van buiten opneemt: 1. zuurstof; 2. zelfstandigheden, die oxydeerbaar zijn of waaruit oxydeerbare bestanddeelen van het ligchaam kunnen gevormd worden, — organische voedingsstoffen.

Men vindt in het organisme behalve zijne oxydeerbare bestanddeelen ook nog andere, niet oxydeerbare (anorganische). Hunne beteekenis is slechts ten deele bekend; — zij schijnen hoofdzakelijk een werktuigelijk nut te hebben. Terwijl som-

mige dienen om de organische op te lossen, werken andere krachtdadig mede, om aan de vaste ligchaamsdeelen hun vorm te geven. Ook de anorganische stoffen worden voortdurend in zekere hoeveelheden naar buiten verwijderd, waarbij zij insgelijks gedeeltelijk dienen om de uit te scheiden oxydatieprodukten op te lossen; zij moeten dus ook gestadig vervangen worden door nieuwe stoffen, die van buiten worden opgenomen. Deze zijn de anorganische voedingsstoffen.

De stoffelijke bestanddeelen van het organisme worden dus te allen tijde gevormd door: 1. zekere hoeveelheden vrije zuurstof, 2. de aan de oxydatieprocessen onderhevige organische stoffen, op de meest verschillende trappen van oxydatie, 3. anorganische stoffen. Hieruit blijkt tevens, dat deze bestanddeelen door uitscheiding en opname aan eene gestadige wisseling zijn blootgesteld, welke onder den naam van stofwisseling van het organisme bekend is.

Nevens de stofwisseling hebben in alle ligchaamsdeelen zekere regelmatige gedaanteveranderingen van de morphotische elementen plaats (groei, deeling, enz.), waarvan tevens langzame veranderingen in den vorm van het geheele ligchaam een gevolg zijn. Het is vooralsnog onbekend, of er tusschen deze veranderingen en de stofwisseling eenig naauw verband bestaat (afgezien van hetgeen wij bladz. 2 gezegd hebben, dat namelijk de krachten, welke voor de vormveranderingen noodig zijn, gelijk alle andere, gevolgen van de stofwisseling zijn).

In volkomen tegenoverstelling met het dierlijke organisme bestaat het wezen van het plantaardige bij voorkeur in reductie, en dientengevolge in de verandering van levende krachten in spankrachten. De plant toch neemt verbindingen van zuurstof op, met name de produkten van de dierlijke oxydatie (koolzuur, water, ammoniakzouten, welke laatsten afkomstig zijn uit zekere dierlijke excreta en uit rottende dierlijke ligchamen) en reduceert ze, zet de radikalen (koolstof, waterstof, stikstof, enz.), zoowel onderling als met zuurstof verbonden, als zoogen. „organische verbindingen" in zich af, en geeft het grootste gedeelte der vrij geworden zuurstof aan de dampkringslucht over. Om de eenmaal verbonden moleculen te scheiden, worden hoeveelheden levende kracht vereischt, die gelijk zijn aan de spankrachten, welke na de scheiding weder aanwezig zijn; men kan dus zeggen, dat bij de reductie levende krachten in spankrachten overgaan. De levende krachten, welke de plant verbruikt, worden, naar het schijnt, hoofdzakelijk aangebragt: door de warmte, die zij ontvangt (door geleiding uit den omtrek, — de planten koelen af, — door uitstraling van de zon), verder door het licht, dat zij opslorpen, (scheikundige stralen) en eindelijk door de krachten, die door de verbindingen welke in de plant ontstaan, vrij worden. De spankracht echter, waarin deze levende krachten worden veranderd, wordt juist voorgesteld door het gescheiden voorhanden zijn van de vrijgeworden zuurstof en van de voor oxydatie vatbare organische verbindingen, die in de plant afgezet zijn. (Overigens mogen wij niet onvermeld laten, dat in de planten ook tegenovergestelde processen kun-

nen voorkomen, die analoog zijn aan de dierlijke; — zoo brengt menig deel der plant warmte voort: verder vereischen de vormprocessen in de planten, even als bij de dieren, levende krachten.) — Hieruit volgt het hoogst belangrijke feit, dat het planten- en het dierenrijk tot elkander in eene omgekeerde verhouding staan. De plant namelijk verbruikt levende kracht en verandert deze in spankracht, doordien zij reduceert, — het dier verandert spankracht in levende kracht, doordien het oxydeert. De plant verbruikt de oxydatieprodukten van het dier, CO_2, HO, enz, — het dier neemt de reductieprodukten van de plant op, O eenerzijds, en ten anderen de in de plant gevormde organische verbindingen van C, H, N, O, enz. De laatstgenoemde maken, afgezien van de anorganische stoffen, het eenige voedsel van het dier uit, want ook het vleeschetend dier nuttigt bij slot van rekening niets anders dan de omzettingen van plantaardig voedsel.

De oxydatieprocessen en dus ook de verrigtingen van het organisme staan grootendeels onder een zekeren regelenden invloed, die van een bijzonderen toestel, het zenuwstelsel, uitgaat. — Het ligt in den aard der zaak, dat deze invloed zich niet alleen uitstrekt tot den graad van oxydatie en de hoeveelheid van hare produkten, maar ook tot de grootte der vrij wordende krachten, — der verrigting. Evenwel zijn wij gewoon, naar gelang van hetgeen wij voor de wezenlijke verrigting van een orgaan houden, het eene of het andere der beide gevolgen op den voorgrond te plaatsen. Zoo beschouwen wij in eene spier den invloed van de zenuw op de beweging, derhalve de verrigting, als het wezenlijke, terwijl wij den gelijktijdigen invloed op de soort en hoeveelheid der gevormde oxydatieprodukten in den regel over het hoofd zien. Daarentegen houdt men bij de klier den invloed der zenuwen op de oxydatieprodukten (namelijk de specifieke bestanddeelen van het secretum) voor het wezenlijke, terwijl men gewoonlijk den gelijktijdigen invloed op de warmtevorming, derhalve de krachtuiting, geheel uit het oog verliest. — Hoe de verschillende invloeden zich doen gelden is nog volkomen onbekend; in een materieelen zin doen zij zich voor als zoogen. „vrijmakende kracht," d. i. als eene kracht, die eene zekere som van spankracht in levende kracht verandert. Gelijk bekend is, kan eene uiterst kleine vrij makende kracht groote hoeveelheden spankrachten vrij maken, en het is zeer waarschijnlijk, dat ook de vrij makende krachten van het zenuwstelsel, als krachten gemeten, zeer gering zijn; dat derhalve ook de oxydatieprocessen, waarop ook zij waarschijnlijk, even als alle krachtuitingen in het organisme, berusten, slechts een kleinen omvang hebben. — Een tweede, reeds genoemde en evenmin verklaarde invloed van het zenuwstelsel heeft betrekking op den vorm der bewegingen, waardoor zich de vrijgemaakte krachten openbaren; er schijnt alzoo een zeer naauw verband te bestaan tusschen de wijze, waarop zich deze invloed doet gelden, en den omvang daarvan.

Het volgende diene om het begrip van vrijmaking en van vrij ma-

kende kracht te verduidelijken: Onder vrijmakende kracht verstaat men die, welke een hinderpaal uit den weg ruimt, waardoor de hier of daar opgehoopte spankracht tot nu toe verhinderd werd, vrij te worden. Een opgewonden uurwerk, b. v., dat echter door een pal in zijn gang belemmerd wordt, bezit eene zekere som van spankracht; de zwaarte van het gewigt of de elasticiteit van de veêr zijn in hare werking ten opzigte van den vorm van beweging gestoord. Naauwelijks wordt intusschen de pal weggetrokken, of de spankrachten worden vrij, levend, het gewigt valt, de veêr nadert weder haren natuurlijken vorm, en het uurwerk gaat. De kracht, die den pal terug trekt, en alzoo het uurwerk vrij doet worden, zijne spankrachten vrij maakt, wordt de „vrijmakende kracht" genoemd. Hare grootte staat klaarblijkelijk dikwijls in geen de minste verhouding tot de grootte der vrij gemaakte kracht; dezelfde kracht, die den pal van een uurwerk, dat door een gewigt van één lood bewogen wordt, terug trekt, zou ook een uurwerk, dat door een gewigt van honderd pond wordt in beweging gebragt, kunnen vrij maken. Andere voorbeelden van zulke vrijmakingen zijn: een vonk, die eene massa kruid doet ontbranden en daardoor buitengewoon groote hoeveelheden kracht vrij maakt, — eene kleine beweging, die eene sterke batterij sluit. Evenwel bestaan er ook toestanden van vrijmaking, waarbij de vrij makende kracht niet, gelijk in de genoemde gevallen, oogenblikkelijk den geheelen voorraad van spankrachten, maar slechts een gedeelte daarvan vrij maakt, waarvan de omvang tot die van haar zelve in eene bepaalde, evenredige of meer zamengestelde verhouding staat. Wordt b. v. eene massa water door eene sluis met eene regthoekige deur verhinderd uit te stroomen, alsdan verhouden zich de uitstroomende hoeveelheden water, bijgevolg ook de levende krachten, die door haren val worden voorgesteld, als de hoogten, tot welke de sluisdeur wordt opgeheven, of de daartoe benoodigde — hier vrij makend werkende — krachten. Tot de laatste soort behooren, naar het schijnt, ook alle vrijmakingsprocessen in het organisme.

Uit de nadere beschouwing van het zenuwstelsel volgt inmiddels, dat men niet alleen zijne invloeden op de arbeidende organen van het ligchaam, maar ook die op zijne eigene afzonderlijke deelen moet in het oog houden, en ze als op elkander vrij makend werkend beschouwen. (Met den naam van arbeidende organen zullen wij hier kortweg, ter onderscheiding van de nerveuse, die organen bestempelen, waarin belangrijke hoeveelheden kracht vrij gemaakt worden en *gemakkelijk* aanwijsbare verrigtingen, ontwikkeling van warmte, werktuigelijke arbeid enz. te voorschijn treden, — derhalve spieren, klieren en parenchymateuse weefsels). Men kan zich namelijk een gedeelte van het zenuwstelsel, het zoogen. „geleidende," voorstellen als uit verschillende rijen van deeltjes bestaande, waarvan elk zekere spankrachten bezit, en die zoo met elkander verbonden zijn, dat de vrij geworden krachten van het eene deeltje de spankrachten van het naburige vrij maken; op deze wijze brengt eene vrij makende kracht, die op het eerste deeltje van zulk eene rij werkt, achtereenvolgens eene keten van vrijmakingen tot stand, totdat eindelijk de vrij geworden krachten van het laatste deeltje in een ander orgaan (b. v. gelijk hier boven, in een zoogen. arbeidend orgaan) krachten vrijmaken. Deze ketens van vrijmaking worden in twee soorten onderscheiden met verschillende uitgangs- en eindpunten; de eene gaat van zoogen.

„zintuigsorganen" uit, d. i. van organen, waarin een uitwendige invloed (drukking, warmte, geluid, licht, enz.) als vrij makend moment werkt, en eindigt in zoogen. „organen van het centrale zenuwstelsel." Men noemt deze keten de centripetale. De tweede, die van organen van het centrale zenuwstelsel uitgaat, loopt in de zoogen. „arbeidende organen" uit. De laatsten worden centrifugale genoemd.

Op grond daarvan moet men de organen van het centrale zenuwstelsel beschouwen als uitgangs- en eindpunten van ketenen van vrijmaking. Het is echter onbekend, welke processen in het eerste geval als oorspronkelijke vrij makende momenten werken, en welke andere in het tweede het gevolg zijn van de centripetaal loopende vrijmaking. Ten opzigte van deze vraag bestaan slechts hypothesen, waarover bij de organen van het centrale zenuwstelsel zal gesproken worden. Wij willen hier alleen aanmerken, dat er ook gevallen zijn, waarin de vraag eenvoudig opgelost schijnt, bij voorbeeld als eene centripetale keten in het centraalorgaan onmiddellijk eene centrifugale vrij maakt, zoodat eigenlijk slechts ééne keten, die van een zintuigsorgaan uitgaat en in een arbeidend orgaan eindigt, aanwezig is (reflexieproces). Eindelijk moet volledigheidshalve reeds hier aangemerkt worden, dat in een gedeelte van de centraalorganen zekere stoffelijke processen, — onder andere ook de zoodanige, die als vrij makende momenten voor centrifugale ketens werken, en zulke, die het gevolg zijn van centripetaal loopende, — op eene voor ons onverklaarbare wijze verbonden zijn met een onmogelijk nader te bepalen verschijnsel, dat men voorstelling noemt. (In de beide hier boven aangehaalde bijzondere gevallen noemt men de voorstellingen „wil" en „gewaarwording.") De som van alle aanwezige en mogelijke voorstellingen van een organisme wordt met den naam ziel bestempeld.

Het is nu de taak van de physiologie, de moleculaire processen van het organisme te onderzoeken en zijne verrigtingen, op de wijze, als tot dus ver is aangeduid, daaruit te verklaren. Daarentegen bezitten wij voor eene wetenschappelijke behandeling van de verschijnselen der ziel geen enkelen zekeren grondslag, daar zij onder geen der natuurwetenschappelijke begrippen kunnen opgenomen worden. De physiologie moet zich daarom hier voorloopig bepalen tot het onderzoek der organen, waaraan die verschijnselen gebonden zijn. Doch ook van al het overige, waarvan men de oplossing door haar als mogelijk mag aannemen, is nog slechts een klein gedeelte opgehelderd.

Het is moeijelijk bij de behandeling van hetgeen wij tot nu toe gezegd hebben streng logisch te werk te gaan. Daar wij zoo weinig weten van den zamenhang tusschen de scheikundige processen en de verrigtingen van het organisme, dat daarover na onze algemeene beschouwingen bijna niets meer valt te zeggen, zoo kan men er nog niet aan denken, beide, die zoo naauw met elkander verwant zijn, in hun natuurlijk verband te beschrijven. Het is daarom doelmatiger de stofwisseling en de krachtomzetting (met welk laatste woord wij gemakshalve de omzetting van spankrachten in levende krachten willen aanduiden) elk op zich zelf in eene afzonderlijke afdeeling te behandelen. Doch ook hierbij doet zich een nieuw bezwaar op door het in elkander grijpen der organische processen. Verrigtingen van het organisme namelijk, derhalve gevolgen van de krachtomzetting, met name werktuigelijke, worden dikwijls tot het bewegen der stoffen aangewend, zoodat het om een goed begrip van de stofwisseling te verkrijgen, een vereischte is, dat men daarmede bekend zij. Hierdoor zal men zich kunnen verklaren, dat reeds in de eerste afdeeling, die over de stofwisseling handelt, dikwijls over bewegingen, derhalve over vrij geworden krachten gesproken wordt, ofschoon zonder op haren oorsprong te letten. Van den anderen kant weten wij nog zoo weinig van de bijzondere stofwisseling der afzonderlijke arbeidende organen, dat het om vele redenen doelmatiger is, hetgeen daarover bekend is eerst in de tweede afdeeling bij de arbeidende organen (b. v. de spieren) nader te beschouwen. — De derde afdeeling omvat de physiologie van de vrijmakingsorganen, van het zenuwstelsel. — In de vierde wordt gesproken over het ontstaan, de ontwikkeling, de tijdelijke veranderingen en den dood van het organisme.

EERSTE AFDEELING.

DE STOFWISSELING VAN HET ORGANISME.

Eigenlijk moest men bij de leer van de stofwisseling alle stofdeeltjes, die in het organisme zijn opgenomen, op hun weg door het ligchaam vervolgen, overal de veranderingen opgeven, die zij door ontledingen of door onderlinge verbindingen (met name door oxydatie) ondergaan; en ten slotte nagaan, van welke ligchamelijke vormelementen zij op elke plaats bestanddeelen zijn. Dit is echter ten eenenmale onuitvoerbaar, deels omdat onze kennis van de processen der stofwisseling nog zoo gering is, ten anderen omdat de weg, die de stofdeeltjes doorloopen, de veranderingen, die ze ondergaan, geenszins in hun geheel vooraf bepaald zijn.

De wisseling der stoffen tusschen de bestanddeelen des ligchaams en de buitenwereld, gelijk ook onderling, geschiedt namelijk slechts voor een zeer klein gedeelte onmiddellijk, voor verreweg het grootste gedeelte door tusschenkomst van eene vloeistof, die gestadig in aanraking is met alle deelen des ligchaams, en ook met de organen, die als 't ware als poorten naar buiten moeten beschouwd worden,; — deze vloeistof is het bloed. Het neemt in de eerste plaats van buiten de zuurstof en het voedsel op, en verzorgt daarna de afzonderlijke deelen des ligchaams; op gelijke wijze geven slechts weinige dezer deelen hunne uitscheidingsprodukten regtstreeks naar buiten af, maar nagenoeg alle staan de gemelde voortbrengselen eerst aan het bloed af, dat ze op geschikte plaatsen uit het ligchaam verwijdert; eindelijk neemt het bloed gestadig bestanddeelen op, die hier of daar zekere veranderingen hebben ondergaan, en brengt ze naar andere plaatsen over om tot andere doeleinden te dienen. Elk deeltje, dat aan de stofwisseling is onderworpen, moet derhalve meermalen, vermoedelijk zeer dikwijls, een bestanddeel worden van eene zeer volumineuse vloeistof, waarin het zich met ontelbare andere vermengt, zoodat zijn verdere weg ten eenenmale afhangt van de toevallige plaats, waar het de bloedmassa weder verlaat.

Het is daarom noodzakelijk, dat men bij de beschrijving van de stofwisseling, van het bloed — als natuurlijk middenpunt daarvan — uitga. Daardoor zal men tevens het best in staat zijn, de voorwerpen die aan de stofwisseling onderhevig zijn, in die vormen te leeren kennen, waaronder zij onmiddellijk aan de processen aan de stofwisseling deel nemen. Daar namelijk alle stoffen, die van buiten in het organisme opgenomen zijn, in de eerste plaats in het bloed overgaan, daar verder bijna alle stoffen, die uit het ligchaam verwijderd moeten worden, vooraf bestanddeelen van het bloed moeten geweest zijn, en eindelijk daar de stoffen bijna op elken trap van verandering, dien zij in een of ander deel van het organisme doorloopen hebben, eerst weder bestanddeelen van het bloed moeten worden, voordat zij eene nieuwe verandering op eene andere plaats ondergaan, — zoo bevat het bloed gestadig een voorraad van alle bouwstoffen van de stofwisseling, en wel bijna op alle mogelijke trappen van verandering.

De leer der stofwisseling van het organisme zal dus beginnen met de leer van de stofwisseling des bloeds. Na eene korte vermelding van de voorwerpen der stofwisseling, d. i. van de scheikundige bestanddeelen des ligchaams (Hoofdstuk I), zal derhalve in de eerste plaats gesproken worden over het bloed, en wel met betrekking tot zijne bestanddeelen en beweging (Hoofdstuk II). Daarop volgen zijne opgenomen en uitgescheiden stoffen, die, overeenkomstig de rol, die het bloed als overbrenger van stoffen vervult, in twee soorten moeten onderscheiden worden: namelijk 1. die van de uitwendige wisseling, ontvangst van buiten en uitgaven naar buiten; 2. die van de inwendige wisseling met de bestanddeelen des ligchaams. De eerstgenoemde vallen in wezenlijkheid zamen met de opgenomen en afgegeven stoffen van het geheele organisme. — De gasvormige opgenomen en afgegeven stoffen van het bloed zijn zoo naauw met elkander verbonden, dat beide gezamentlijk, afgescheiden van de overige afgegeven (Hoofdstuk IV) en opgenomen stoffen (Hoofdstuk V), in een afzonderlijk hoofdstuk (III) behandeld worden. — Hierop volgt alsdan een algemeen overzigt van de stofwisseling van het bloed (Hoofdstuk VI) en aan het slot der afdeeling (Hoofdstuk VII) eene schets van de stofwisseling van het geheele organisme, waarbij wij dit alleen zullen beschouwen in zijn verband met de buitenwereld, zonder de inwendige stofbeweging daarbij in aanmerking te nemen.

EERSTE HOOFDSTUK.

Scheikundige bestanddeelen van het menschelijke ligchaam *).

Het menschelijke ligchaam is uit de volgende elementen zamengesteld: zuurstof, waterstof, koolstof, stikstof, zwavel, phosphorus, chloor, fluor, kiezel; — kalium, natrium, calcium, magnesium, ijzer. Als onstandvastige en hoogst waarschijnlijk onwezenlijke bestanddeelen komen nog koper en lood, en als begeleider van het ijzer, gelijk overal in de natuur, mangaan voor. Waarschijnlijk komen ook sporen van andere metalen, overal in eene geringe hoeveelheid verspreid, in het ligchaam voor, gelijk b. v. het lithium reeds daarin gevonden is (FOLWARCZNY).

I. *Vrije elementen.*

Men vindt slechts weinig van deze elementen in een vrijen toestand in het organisme, en wèl:

1. Zuurstof; zij wordt in een vrijen toestand in het ligchaam opgenomen, en daarin (zie Inleiding) tot de oxydatie (verbranding) van zijne bestanddeelen gebruikt. Om redenen, die wij later zullen vermelden, vermoedt men dat zij deze verbranding, die langzamerhand en zonder hulp van eene hoogere temperatuur plaats heeft, in haren gewijzigden toestand als ozon tot stand brengt. De zuurstof komt in alle vochten des ligchaams deels eenvoudig opgelost, deels los scheikundig gebonden voor.

2. Stikstof wordt gasvormig uit de dampkringslucht opgenomen en komt ten gevolge daarvan in de vochten des ligchaams opgelost voor. Buitendien wordt zij bij de oxydatie van

*) Als bestanddeelen des ligchaams worden hier niet beschouwd: de bestanddeelen van den darminhoud, omdat zij grootendeels van toevallige omstandigheden afhangen en alleen buiten het organisme, als het ware op zijne binnenste oppervlakte voorkomen.

stikstofhoudende organische verbindingen vrij en in dezen toestand uitgescheiden.

Ook waterstof komt vrij, gasvormig, in het darmkanaal voor als een ontledingsprodukt van een onbekenden oorsprong.

II. *Scheikundige verbindingen.*

Al de overige bestanddeelen des ligchaams zijn verbindingen van verscheidene elementen, en wel deels „organische," deels „anorganische." In het algemeen zijn alleen de eersten voor eene verdere oxydatie vatbaar en kunnen zij derhalve beschouwd worden als de eigenlijke krachtbronnen van het organisme (zie Inleiding), terwijl de laatsten bijna alle reeds zuurstof in toereikende hoeveelheid bevatten, en dus voor de oxydatie en verrigting van arbeid niet geschikt zijn. Behalve het water, dat als algemeen oplossingsmiddel een belangrijk bestanddeel van alle ligchaamsdeelen, met name van de vochten, uitmaakt, de kalkzouten, die als vaste onoplosbare ligchamen aan het skelet zijne stevigheid geven, en de anorganische produkten van de dierlijke oxydatieprocessen (koolzuur, enz.) — is de bestemming van de anorganische verbindingen in het ligchaam nog niet geheel duidelijk.

A. Anorganische verbindingen.

1. Water is, zooals reeds is aangemerkt, als algemeen oplossingsmiddel een hoofdbestanddeel van alle weefsels (ongeveer 70% van het geheele ligchaam). Het wordt in eene groote hoeveelheid gestadig met het voedsel opgenomen en onveranderd uitgescheiden; een klein gedeelte ontstaat in het ligchaam door oxydatie van de waterstof der organische verbindingen.

2. Koolzuur komt vrij, als opgelost gas, en in de vochten des ligchaams voor, als oxydatieprodukt van de koolstof der organische verbindingen, en wordt in groote hoeveelheden uit het ligchaam uitgescheiden. In vrijen toestand wordt het slechts in geringe hoeveelheid van buiten opgenomen.

3. Zoutzuur, waarvan de oorsprong onbekend is, komt vrij (?) in het maagsap voor.

4. Kiezelzuur is een bestanddeel van verschillende weefsels, met name van de hoornweefsels. Het wordt in kleine hoeveelheden in het voedsel opgenomen en langs wegen, die slechts voor een gedeelte bekend zijn, uitgescheiden.

5. Zouten (zoogen. „aschbestanddeelen" van het ligchaam, omdat zij bij de volledige verbranding grootendeels onveranderd als „asch" overblijven). Alleen oplosbare zouten worden in de stofwisseling opgenomen; in het ligchaam wordt echter een gedeelte in een onoplosbaren toestand neêrgeslagen, terwijl een ander gedeelte opgelost blijft. De uitscheiding ge-

schiedt grootendeels door drekstoffen en pis. Behalve de kalkzouten die, gelijk gezegd is, tot steun van het skelet dienen, is de physiologische beteekenis der zouten nog onbekend; waarschijnlijk zijn zij voor een groot gedeelte van belang voor de oplossing van zekere organische ligchamen. Een gedeelte van de zamenstellende ligchamen der zouten, inzonderheid het koolzuur, zuringzuur, zwavelzuur en phosphorzuur, ontstaat eerst in het ligchaam door oxydatie van organische verbindingen. — De zouten, die het meest in het organisme voorkomen, zijn: chloornatrium, chloorkalium; koolzure natron, — kali, — kalk, — magnesia; zwavelzure natron, — kali, — kalk; phosphorzure natron, — kali, — kalk, — magnesia; fluorcalcium.

De ammoniakzouten moeten beschouwd worden als zouten die waarschijnlijk niet normaal (?) voorkomen, doch in elk geval in den normalen toestand slechts in uiterst kleine hoeveelheden aanwezig zijn (chloorammonium, koolzure ammoniak, phosphorzure natron-ammoniak, phosphorzure ammoniak-magnesia). De vorming van het ammoniak uit oxydatieprodukten van stikstofhoudende zelfstandigheden (uit pisstof enz.) heeft waarschijnlijk op de normale wijze buiten het organisme en alleen bij terughouding van die excrementitiële stoffen in het ligchaam plaats. Op deze wijze kan men verklaren, dat ammoniakzouten wel is waar dikwijls in het ligchaam voorkomen, doch altijd in uiterst kleine hoeveelheden, en dat zij meermalen volkomen ontbreken. Evenzoo is misschien het zwavelcyankalium in het speeksel een abnormaal ontledingsprodukt *).

Men moet de gasvormige ligchamen, die in den darm uit de ontleding van organische verbindingen ontstaan, zwavelwaterstof en verschillende koolwaterstoffen, niet als bestanddeelen des ligchaams beschouwen, omdat zij alleen door ontleding van voedingsmiddelen voor hunne opname in de stofwisseling ontstaan en terstond weder uitgescheiden worden; waarschijnlijk is zelfs een gedeelte van deze ontledingen abnormaal. — Voor het vrije ammoniak geldt hetzelfde als voor de ammoniakzouten.

B. Organische verbindingen.

Zooals reeds gezegd is, zijn het deze stoffen welke, als ze geoxydeerd worden, de verrigtingen van het organisme tot stand brengen. De oxydaties in het ligchaam geschieden veel langzamer dan die van de gewone regtstreeksche verbranding; bij deze doorloopen de elementen slechts weinig trappen van oxydatie in eene uiterst snelle opeenvolging, zoodat elk element in den kortsten tijd zooveel zuurstof opneemt, als het slechts kan binden. — Het organisme doorloopt zeer langzaam talrijke oxydatietrappen, waarvan elke volgende steeds een weinig meer zuurstof bevat dan de voorgaande. Dikwijls komen op een van deze trappen splitsingen voor, doordien zekere complexen der elementen bijzondere groepen vormen, die nu zelfstandig hun weg vervolgen en zich verder oxyderen. Dikwijls geschiedt ook de splitsing in dier voege, dat eene afdeeling hare hoogste oxydatie bereikt heeft en uit het ligchaam uitgescheiden wordt, of dat een afgescheiden ele-

*) [Wij kunnen dit geenszins aanneemen; deze stof wordt immers in het speeksel der menschen bijna altijd aangetroffen].

ment, dat niet verder voor oxydatie vatbaar is, afzonderlijk het ligchaam verlaat. Alleen de eindprodukten der oxydatie, die het ligchaam niet meer kunnen dienen, zijn (op eenige uitzonderingen na) voor de uitscheiding uit het ligchaam bestemd.

Als voorbeelden van trapsgewijze oxydaties en splitsingen noemen wij de volgende, door de kunst voort te brengen ontledingen: eenvoudige oxydatie: hypoxanthine ($C_{10}H_4N_4O_2$) gaat door oxydatie in xanthine ($C_{10}H_4N_4O_4$) over, en deze weder in piszuur ($C_{10}H_4N_4O_6$), elk door het opnemen van 2 atomen zuurstof. — Splitsing in verder oxydeerbare groepen en niet verder oxydeerbare eindprodukten: piszuur, met oxydatiemiddelen behandeld, splitst zich in allantoïne, pisstof, zuringzuur en koolzuur; men kan dit proces in de volgende formule uitdrukken:

$$\underset{\text{piszuur}}{2C_{10}H_4N_4O_6} + 6HO + 6O = \underset{\text{allantoïne}}{C_8H_6N_4O_6} + \underset{\text{pisstof}}{2C_2H_4N_2O_2} + 2C_2O_3 + 4CO_2$$

Verder: Valeriaanzuur ($C_{10}H_{10}O_4$) gaat door oxydatie onder afscheiding van koolzuur en water in boterzuur ($C_8H_8O_4$) over

$$C_{10}H_{10}O_4 + 6O = C_8H_8O_4 + 2CO_2 + 2HO.$$

Als voorbeeld van de afscheiding van een element dat niet verder kan oxyderen kan aangehaald worden, dat bij de oxydatie van zekere, nog niet nader onderzochte stikstofhoudende atoomcomplexen stikstof afgegeven en afzonderlijk uitgescheiden wordt.

Bij de opsomming van de organische bestanddeelen des ligchaams is het doelmatiger, de opeenvolgende reeksen der oxydatieprodukten, dan de gewone groepen van de organische scheikunde tot rigtsnoer te nemen. Voornamelijk bestaan er drie zulke reeksen, waarvan wij echter, met name wat de laagste trappen van oxydatie betreft, nog slechts zeer weinig weten. Tevens is de scheiding in de drie reeksen willekeurig, en wèl daarom, omdat hoogst waarschijnlijk ook de stoffen van de tweede en derde (koolhydraten en vetten) door oxydatie en splitsing uit de eerste kunnen ontstaan.

I. Stikstofhoudende zelfstandigheden. (Eiwitachtige ligchamen en hunne afstammelingen).

Stikstofhoudende organische verbindingen komen in alle vaste en vloeibare bestanddeelen van het ligchaam voor. Zij hebben onder alle scheikundige bestanddeelen des ligchaams de meest gecompliceerde zamenstelling, en moeten zeer vele trappen van verandering doorloopen, voordat zij in de atoomcomplexen overgaan, die tot de uitscheiding bestemd zijn. Zij blijven daarom waarschijnlijk onder alle organische ligchamen het langst in het organisme. Onder hare talrijke trappen van verandering komen er voor, waarin zij door de in het ligchaam aanwezige oplossingsmiddelen niet kunnen opgelost worden en daarom een vasten vorm aannemen. In dezen toestand vormen zij de wezenlijke bestanddeelen van de vormelementen des ligchaams (celvliezen, celkernen, enz.), en heeft men ze daarom ook weefselvormers genoemd; waarschijnlijk brengen zij het grootste gedeelte van den tijd, dien zij in het ligchaam blijven, in dezen

toestand door. Terwijl men van de onderstelling uitging, dat de vorming van vaste weefselbestanddeelen de voornaamste bestemming van de stikstofhoudende stoffen zou zijn, — eene hypothese, die evenwel door niets geregtvaardigd is, omdat de stikstofhoudende ligchamen ook in andere opzigten, b. v. als fermenten, verder met betrekking tot de krachtomzetting belangrijke diensten verrigten, — heeft men de veranderingen, die dezen toestand voorafgaan, met den naam bestempeld van voortschrijdende of progressieve, de daarop volgende, die ten laatste tot den vorm van uitscheiding leiden, met dien van teruggaande of regressieve metamorphose. In deze beide tijdperken — nl. in het eerste en derde tijdperk — komen zij bij voorkeur in oplosbare of althans voor imbibitie vatbare vormen voor. In het eerste tijdperk vormen zij de zoogen. „eiwitachtige ligchamen," wezenlijke bestanddeelen van bijna alle vloeistoffen des ligchaams, met name van het bloed en de weefselsappen, waaruit onmiddellijk de vormelementen hunne bouwstoffen ontleenen. Op dezen trap bezitten zij geen eigenlijke oplosbaarheid, want de eiwitachtige ligchamen behooren tot de colloïede zelfstandigheden (GRAHAM). Het is onbekend, op welke wijze uit de eiwitachtige ligchamen de weefselvormende stikstofhoudende zelfstandigheden ontstaan. Gewoonlijk worden de laatsten beschouwd als de naaste oxydatietrappen van de eerste, en met den naam van „albuminoïede ligchamen" bestempeld. Daar evenwel de scheikundige zamenstelling van deze evenmin als van gene naauwkeurig bekend is, is het nog ten eenenmale twijfelachtig, of men de albuminoïede ligchamen beschouwen moet als eenvoudige oxydatieprodukten of als geoxydeerde splitsingsprodukten van de eiwitachtige ligchamen. Voor sommige daarvan moet onvoorwaardelijk het laatste aangenomen worden, omdat zij een wezenlijk bestanddeel van de eiwitachtige ligchamen, namelijk de zwavel, missen. Ook de fermenten en kleurstoffen worden onder de albuminoïede ligchamen gerangschikt. — De stikstofhoudende ligchamen van de „teruggaande metamorphose" zijn zonder twijfel splitsingsprodukten van de voorgaanden. Hunne zamenstelling is voor het grootste gedeelte naauwkeurig bekend; zij vormen verscheidene, ofschoon slechts voor een gedeelte nader onderzochte reeksen, waarvan de leden gedeeltelijk kunstmatig door oxydatie en splitsing uit de voorgaande en ook regtstreeks uit albuminaten en albuminoïede ligchamen kunnen worden voortgebragt. Welke organische verbindingen evenwel nevens deze stikstofhoudende bestanddeelen uit de splitsing van de reeks der albuminaten ontstaan, — is niet met zekerheid bekend. Vele feiten maken het waarschijnlijk, dat de stikstofhoudende zelfstandigheden (afgezien van de afscheiding van eindprodukten,

koolzuur en water) op een zekeren trap van hare veranderingen in een stikstofhoudend en één of meer niet-stikstofhoudende organische atoomcomplexen gesplitst worden. Reeds bij de kunstmatige behandeling van eiwitachtige ligchamen met oxydatiemiddelen verkrijgt men nevens die stikstofhoudende ligchamen van de „teruggaande metamorphose" ook niet-stikstofhoudende produkten, met name vlugtige vetzuren; verder druivensuiker bij het koken van de chondrine (BOEDEKER en FISCHER) en van de eveneens stikstofhoudende chitine (BERTHELOT) met minerale zuren; de stikstofhoudende splitsingsprodukten der eiwitachtige ligchamen, die als amieden zijn zamengesteld, geven verder bij behandeling met oxydatiemiddelen niet-stikstofhoudende zuren: zoo ontstaat uit leucine leucinezuur, uit glycine het glycinezuur, uit alanine (welke niet in het ligchaam voorkomt, maar aan de sarkosine, een oxydatieprodukt van de kreatine, isomeer is) melkzuur (STRECKER). — Maar ook vele physiologische en pathologische feiten maken het meer dan waarschijnlijk, dat uit eiwitachtige ligchamen vetzuren, vetten en ook koolhydraten ontstaan. Wij willen de belangrijkste van deze feiten hier voorloopig opgeven: 1) Het vetgehalte van het dier staat in geen verhouding tot de opname van vet; zelfs wanneer er in het geheel geen vet wordt opgenomen kan het vetgehalte toenemen; er moet derhalve in het ligchaam zelf vet gevormd worden, waarbij òf stikstofhoudende zelfstandigheden òf koolhydraten een werkzaam aandeel hebben. Zekere door de ondervinding geblekene daadzaken, die in het 7de hoofdstuk zullen besproken worden, wijzen er echter op, dat beide processen plaats hebben. 2) Dikwijls gaan organen, die zeer rijk zijn aan stikstof en in een ziekelijken toestand verkeeren, in vetrijke massa's over (vettige ontaarding). 3) Zoo schijnen ook in het lijk uit organen, die rijk zijn aan stikstof, vetachtige massa's te ontstaan (vetwas, adipocire). 4) In melk, die aan de lucht is blootgesteld, vormt zich, onder het opnemen van zuurstof en het afgeven van koolzuur, een weinig vet; hoogst waarschijnlijk uit caseïne (F. HOPPE). 5) De vorming van koolhydraten uit eiwitachtige ligchamen schijnt aangenomen te moeten worden voor de vorming van glycogeen in de lever (Hoofdstuk VI), welke, op dezelfde wijze als de vetvorming tot het vetgebruik, in geen verhouding staat tot het opnemen van koolhydraten. 6) Volgens eene voorloopige mededeeling van J. RANKE, schijnt in de spier tijdens hare werkzaamheid uit eiwitachtige stoffen suiker gevormd te worden. — Op dezelfde wijze is het melkzuur, dat in de functionerende spier voorkomt, waarschijnlijk uit stikstofhoudende zelfstandigheden afkomstig *).

*) [Er bestaat meer waarschijnlijkheid, dat de melkzuur hier uit Inosit der spieren ontstaat. VAN DEEN heeft door den constanten stroom uit deze stof melkzuur verkregen].

De bewijskracht van de meeste dezer feiten voor de verandering der stikstofhoudende ligchamen beteekent daarom zoo weinig, omdat zij slechts aantoonen, dat op eene zekere *plaats* in het organisme, welke bij gevolg met alle overige in eene stoffelijke gemeenschap staat, in plaats van het eene ligchaam een ander te voorschijn treedt; natuurlijk volgt daaruit nog niet, dat ook het laatste uit het eerste ontstaat. Zoo werd b. v. een tijd lang onder de bewijzen voor de vetvorming uit eiwitachtige ligchamen aangevoerd, dat niet-vethoudende kristallenzen en andere stikstofhoudende ligchamen, wanneer zij in de buikholte van levende dieren gelegd worden, na verloop van eenigen tijd zeer vetrijk waren en aan stikstof hadden verloren. Doch uit proeven, die men met volkomen indifferente poreuse ligchamen, hout, vlierpit enz. tot contrôle heeft genomen, is gebleken, dat ook deze in de buikholte van levende dieren met vet doortrokken werden. Daarom hebben de ervaringen uit de algemeene stofwisseling de meest beslissende stem, bij de beschrijving waarvan wij derhalve later de vraag in haar geheel nogmaals zullen behandelen (Hoofdstuk VII); ook het feit van de verandering der melk is hierbij van groot gewigt, als de verklaring door nieuwe proefnemingen wordt bevestigd (Hoofdstuk IV). Vroeger heeft men ook nog de amyloïede ontaarding van organen die rijk zijn aan stikstof als bewijs aangehaald voor het ontstaan van koolhydraten uit stikstofhoudende ligchamen, doch dit feit heeft alle bewijskracht verloren, sedert men ontdekt heeft, dat het amyloïed een stikstofhoudend ligchaam is (C. SCHMIDT; FRIEDREICH en KEKULE) *).

De stikstofhoudende oxydatie- of splitsingsprodukten van de reeks der eiwitachtige ligchamen zijn, voor zoover bekend is, alle voor kristallisatie vatbaar en bijna alle gemakkelijk in water oplosbaar. Daarom zijn zij bijzonder geschikt om zich te vermengen met de excrementitiële stoffen, die zich door filtratie en diffusie afscheiden, en worden zij op deze wijze uit het ligchaam verwijderd. De laatste stof daarvan, die de stikstof het meest geconcentreerd houdt, is de *pisstof*; in dezen vorm wordt inderdaad het grootste gedeelte van de stikstof uit het ligchaam verwijderd. Somwijlen schijnt de pisstof zich reeds in het ligchaam verder in ammoniakzouten te ontleden. Bij een zeker gedeelte van de stikstofhoudende zelfstandigheden schijnt de afscheiding van de overige elementen zoo ver te gaan, dat uitsluitend stikstof, in geïsoleerden toestand, als gas uitgescheiden wordt.

De voornaamste stikstofhoudende ligchamen van het organisme zijn de volgende:

1. Eiwitachtige ligchamen (Albuminaten, Proteïnestoffen).

Deze stoffen hebben de volgende gemeenschappelijke kenmerken: zij komen voor in eene, in water oplosbare of liever door imbibitie opzwelbare en in eene onoplosbare (gestremde) wijziging; zij worden door verschillende invloeden (met name door hitte) uit den eersten toestand in den laatsten overgebragt, terwijl andere inwerkingen ze eenvoudig uit hare oplossingen uitscheiden, zonder hare wijziging te veranderen. Vermits het niet gelukt de

*) [VAN DEEN heeft inmiddels amyloïede ligchaampjes waargenomen, die alle eigenschappen van stijfselligchaampjes hadden; terwijl ze in een stikstofhoudende stroma zich bevonden, zie S. TRESLING, Gron. 1861. bladz. 62.]

onoplosbare wijziging weder in de oplosbare over te brengen, en verder bij de stremming de reactie van de oplossende vloeistof dikwijls verandert en het onoplosbare eiwit minder zwavel zou bezitten dan het oplosbare, — op grond van dat alles schijnt met de verandering der wijziging reeds eene scheikundige (oxydatieve) omzetting verbonden te zijn. De dierlijke eiwitachtige ligchamen zijn niet vatbaar voor kristallisatie (van de eenige stof, die dit vermogen wel bezit, weten wij niet zeker, of zij vooralsnog tot deze groep moet gebragt worden) *); hunne oplossingen moeten eenvoudig als imbibities beschouwd worden; zij bezitten daarom een zeer hoog endosmotisch aequivalent (zie Hoofdstuk IV) en behooren tot de colloïede stoffen (GRAHAM). Zij kunnen in de onoplosbare wijziging door verdunde zuren en alkaliën tot imbibitie gebragt worden; zekere ligchamen, die als fermenten werken, kunnen de zoo geïmbibeerde eiwitachtige stoffen en tevens de oplosbare wijzigingen in oplossingen van een klein endosmotisch aequivalent veranderen.— De eiwitachtige ligchamen vormen met vele metaalzouten onoplosbare verbindingen en worden bij gevolg door deze zouten uit hunne oplossingen neêrgeslagen. — De oplossingen van de eiwitachtige ligchamen draaijen, naar het schijnt alle, het polarisatievlak naar links, doch niet alle in denzelfden graad.

Alle eiwitachtige ligchamen bevatten C, H, O, N en S, sommige misschien ook P. Hunne formules zijn nog niet zeker bekend. Over 't algemeen is het den scheikundigen nog niet gelukt ze in een zuiveren toestand, en wel zonder bijmenging van aschbestanddeelen af te scheiden, en het is daarom mogelijk, dat de laatsten gedeeltelijk tot hunne wezenlijke bestanddeelen behooren. De afzonderlijke eiwitachtige ligchamen schijnen niet aanmerkelijk van elkander te verschillen. De graad van oplosbaarheid en de wijze, waarop zij zich tot de praecipitatie verhouden, — zijn de beide hoofdkenmerken van de afzonderlijke eiwitachtige ligchamen. Vermits nu de bijgemengde minerale zouten een grooten invloed op de oplosbaarheid uitoefenen, heeft men punten van verschil aangenomen, welke in verband met die bijmengsels bleken niet steekhoudend te zijn, zoodat de nomenclatuur van de eiwitachtige ligchamen op zeer onzekere grondslagen berust. Hoogst belangrijk is de vraag, of misschien sommige eiwitachtige ligchamen als oxydatieprodukten van andere moeten beschouwd worden. Sommigen hebben met name de vezelstof als een oxydatietrap van het eiwit beschouwd; ook zijn de „peptonen" (Hoofdstuk V), die door de werking van het maagsap uit de eiwitachtige ligchamen ontstaan, voor oxydaties gehouden, en wel omdat ozon oplossingen van eiwit in peptoonachtige ligchamen verandert (v. GORUP-BESANEZ). Intusschen is aangaande al de hierop betrekking hebbende feiten nog niets met zekerheid bekend. Onze kennis van de scheikundige zamenstelling is nog te gebrekkig om deze vraag te beslissen.

De volgende reacties dienen hoofdzakelijk tot het ontdekken van de eiwitachtige ligchamen: 1. Zij ondergaan door behandeling met salpeterzuur kwikoxydule, dat een weinig salpeterigzuur bevat, bij 100° eene roode kleurverandering (reagens van MILLON); 2. Zij worden door jodium geelbruin gekleurd; 3. geconcentreerd salpeterzuur kleurt ze geel, inzonderheid bij

*) [Waartoe zouden de bloedkristallen, die HERMAN hier bedoelt, dan gebragt moeten worden? Het is immers thans zeker, dat deze kristallen kleurloos zich kunnnen vormen, zooals VAN DEEN aangetoond heeft en deze kleurlose bloedkristallen zijn toch wel niets anders dan globuline-kristallen. Buitendien heeft v. D. ook gezien, dat uit hoendereiwit krystallen zich kunnen ontwikkelen.]

verwarming (reactie van xanthoproteïnezuur); 4. verhit met geconcentreerd zoutzuur vormen zij, aan de lucht blootgesteld, eene violet-blaauwe oplossing; 5. door behandeling met rietsuiker en zwavelzuur ondergaan zij in de koude eene wijnroode of violette kleurverandering.

Als dierlijke eiwitachtige ligchamen moeten genoemd worden:

1. Eiwit, albumine, — een wezenlijk bestanddeel van nagenoeg alle vloeistoffen des ligchaams. Het voornaamste kenmerk van deze stof is, dat zij in eene neutrale en zwakzure oplossing bij 60—70° C volkomen in de onoplosbare wijziging overgaat. In het ligchaam is het eiwit waarschijnlijk grootendeels met alkaliën als kali- of natronalbuminaat, of met chlooralkaliën scheikundig verbonden.

Oplossingen van eiwit worden verder in de koude neêrgeslagen door minerale zuren, looizuur, alkohol en vele metaalzouten, met name kwikchloried en basisch azijnzuur loodoxyde. Zij worden niet door organische zuren neêrgeslagen, tenzij men er neutrale alkalizouten heeft bijgevoegd.

2. Kaasstof, caseïne, — een bestanddeel van de melk. Als haar hoofdkenmerk wordt opgegeven, dat zij niet door hitte, maar wel door alle zuren, en verder door maagsap wordt neêrgeslagen. Het laatste moet niet toegeschreven worden aan de inwerking van een ferment (pepsine), want oplossingen van kaasstof worden niet neêrgeslagen door pepsine, welke zoo zuiver mogelijk wordt geïsoleerd en overigens nog alle eigenschappen van de natuurlijke pepsine bezit. — Alle eigenschappen van de caseïne komen naauwkeurig overeen met die van het kalialbuminaat, zoodat men beide als identiek moet beschouwen. De tegenwerping die men zou kunnen maken, dat kaasstof soms in eene zure oplossing voorkomt, namelijk in normaal zure melk, (F. HOPPE), vervalt door het feit, dat de melk tevens phosphorzuur alkali bevat, dat ook met kalialbuminaat zuur reagerende oplossingen kan vormen (ROLLETT). Ook het kalialbuminaat wordt even als de melk door leb gestremd, als men er melksuiker en een weinig vet bijvoegt (LEHMANN); waarschijnlijk is dit het gevolg van de vorming van melkzuur.

3. Globuline, — een bestanddeel van de kristallens, de bloedligchaampjes en waarschijnlijk van vele weefsels. Als haar kenmerk wordt opgegeven (BERZELIUS), dat zij door koolzuur (en andere zwakke zuren) neêrgeslagen en door toestrooming van zuurstof weêr opgelost wordt. Door nieuwe onderzoekingen (A. SCHMIDT) kenmerkt de globuline zich door haar vermogen om fibrinogene zelfstandigheid (zie 5.) uit hare oplossingen neêr te slaan, of, gelijk men dit noemt „fibrinoplastisch" te werken. (Meer hierover in Hoofdstuk II).

4. Een eiwitachtig ligchaam van het bindweefsel (ROLLETT), dat in water onoplosbaar, in kalkwater oplosbaar is. — (Ook gestremd eiwit en vezelstof

worden door kalkwater opgelost, doch deze oplossingen hebben niet dezelfde eigenschappen als die van het onderwerpelijk eiwitachtig ligchaam). Zoolang omtrent deze eiwitagtige stof, die men nog geen bepaalden naam gegeven heeft nadere onderzoekingen ontbreken, moeten wij ons van verdere mededeelingen onthouden.

5. Fibrinogene zelfstandigheid, in gestremden toestand fibrine genoemd, — een bestanddeel van het bloed, de lympha en vele transsudaten. Tot op den laatsten tijd werd als haar kenmerk beschouwd: de vrijwillige stremming (oorzaak van het stollen van het bloed), die door een nog onbekenden invloed van de levende vaatwanden verhinderd wordt, maar terstond weder tot stand komt, als de zelfstandigheid daaraan onttrokken wordt. Intusschen hebben proefnemingen geleerd (A. SCHMIDT), dat deze stremming niet „vrijwillig," maar door de inwerking van een ander ligchaam, de „fibrinoplastische" zelfstandigheid tot stand komt. De globuline schijnt een wezenlijk bestanddeel van alle fibrinoplastisch werkende ligchamen te zijn. — Ook de fibrinogene zelfstandigheid wordt volgens sommigen door koolzuur neêrgeslagen en door zuurstof weder opgelost. (Het nadere hierover in Hoofdstuk II).

6. Vrijwillig strembare eiwitachtige ligchamen van den inhoud der spierbuizen. Hunne stremming is de oorzaak van de lijk- en warmteverstijving der spier (BRÜCKE, KÜHNE). De vrijwillige stremming is hoogst afhankelijk van de temperatuur, komt des te sneller tot stand, naar mate de laatste hooger is, en oogenblikkelijk bij een zekere grens der temperatuur, die voor de afzonderlijke daartoe behoorende ligchamen verschillend is. Voor die van de spieren van een kikvorsch is zij 40° en 45°, voor die van de spieren van een zoogdier 49—50°, voor die van de spieren van een duif 53° C. (Het nadere hierover in Hoofdstuk X).

7. Syntonine, — verkregen door spierzelfstandigheid met zeer verdund zoutzuur uit te trekken. Door de ontdekking van de sub 6. genoemde stoffen is het hoogst waarschijnlijk geworden, dat de syntonine eenvoudig een veranderde vorm van gene is. Evenwel schijnt het nog niet doelmatig, den naam syntonine, waarmede bepaalde reacties verbonden zijn, op gene over te brengen.

8. Haematokrystalline, — een bestanddeel van de bloedligchaampjes, een dimorph kristallijn ligchaam, waarvan de kristallen tot het rhombische en hexagonale stelsel behooren; de hexagonale vorm is tot nu toe alleen bij het eekhorentje gevonden (v. LANG bij ROLLETT). — Een tijd lang stond dit ligchaam bekend als een albuminaat, dat kleurloos verkregen werd, kon kristalliseren en bij 63—65° C. stremde,

doch dat moeijelijk gescheiden kon worden van de bloedkleurstof, waarmede het vermengd was (LEHMANN). Evenwel schijnt het niet zonder ontleding van de dichroïtische kleurstof der bloedligchaampjes gescheiden te kunnen worden. Althans de langs den eenvoudigsten weg verkregen kristallen van haematokrystalline zijn gekleurd en pleochromatisch (ROLLETT) en kunnen ontleed worden (door koolzuur bij aanwezigheid van veel water) in eene kleurstof die opgelost blijft, en in eene kleurlooze stof, die amorph wordt neêrgeslagen en in verdunden natron oplosbaar is (A. SCHMIDT). De laatste schijnt identiek te zijn met globuline; zij werkt, gelijk ook de haematokrystalline, sterk fibrinoplastisch. De haematokrystalline schijnt dus geen eenvoudig eiwitachtig ligchaam, maar eene verbinding van kleurstof en globuline te zijn, waaruit de natuurlijke bloedkleurstof gevormd wordt.

2. Naaste afstammelingen van de eiwitachtige ligchamen, Albuminoïede stoffen.

Deze groep bezit op verre na niet zulke goede kenmerken als de voorgaande en de volgende. Men heeft daaronder alles zamengevat wat tot geen der beide andere te brengen is. Verder zijn de daaronder gebragte ligchamen bijna nog minder bekend dan de albuminaten. In het algemeen kan men in deze groep drie soorten van ligchamen onderscheiden: weefselbestanddeelen, fermenten en kleurstoffen.

I. Weefselbestanddeelen; zijn gelijk reeds bladz. 16 en 17 gezegd is, alle onoplosbaar of hebben een zeer hoog endosmotisch aequivalent. Gemeenschappelijke kenmerken ontbreken daarbij geheel en al. Daartoe moeten gebragt worden:

a. Mucine (slijmstof); — bevat geen zwavel, is een bestanddeel van de zoogen. „slijmweefsels" (Wharton'sche gelei, embryonaal bindweefsel, glasachtig ligchaam, pulpa der tanden) en van de afscheidingen der slijmvliezen, waar het alleen uit te niet gaande kliercellen schijnt afkomstig te zijn. Hoofdstuk IV. Het vormt met water zeer taaije, kleverige imbibities, en is waarschijnlijk altijd met alkali verbonden. Door azijnzuur en minerale zuren wordt het neêrgeslagen.

Met dit ligchaam heeft zeer veel overeenkomst de pyine (etterstof), ofschoon zij zwavel bevat; zij zou volgens sommigen identiek zijn met het „proteïnetritoxyd," dat door oxydatiemiddelen uit eiwit wordt verkregen (MULDER).

b. Keratine (hoornstof), rijk aan zwavel, de stof van de wanden der epitheliale cellen en derhalve ook van de hoornweefsels, die uitsluitend uit zoodanige cellen bestaan (opperhuid, haren, nagels, horens, veêren enz.); zij is in water onoplosbaar, wordt in alkaliën opgelost, zwelt door im-

bibitie en wordt gedeeltelijk in azijnzuur opgelost. Zij wordt in het ligchaam gebragt, zonder verdere veranderingen te ondergaan uitgescheiden.

c. Elastine, zwavelvrij, de zelfstandigheid van de elastieke vezels en vliezen, in alle media volkomen onoplosbaar.

d. Glutine, lijm, zwavelhoudend, — wordt bereid door koking van de zoogen. „lijmgevende of collagene" weefsels (bindweefsels, beenderen, vezelkraakbeen enz.) met water: zij komt in ziekelijk (leukaemisch) bloed oorspronkelijk voor (SCHERER). Het is niet bekend, of het lijm in genoemde weefsels het vaste of vloeibare bestanddeel uitmaakt. De vroegere meening, dat bijna de geheele stof door koking in water wordt opgelost, — waartoe men geleid werd door de, volgens opgave, gelijke zamenstelling van het lijm en van het onveranderde bindweefsel, (dat alleen bevrijd is van de in koud water, alkohol en aether oplosbare stoffen) — heeft door de ontdekking van een nieuw eiwitachtig ligchaam in het bindweefsel (bladz. 21) haren steun verloren. — Het is een kenmerk van het lijm, dat de door koking verkregen oplossing bij het koud worden in een gelei overgaat, die weder door koking in water wordt opgelost; wanneer dit eenige malen herhaald wordt, verdwijnt het vermogen van in een gelei te kunnen overgaan. De oplossing wordt door looizuur, chloorwater, alkohol en eenige metaalzouten (sublimaat, platinachloried) neêrgeslagen.

e. Chondrine, kraakbeenlijm, — bevat zwavel en wordt door koking uit hyalijn kraakbeen en uit het hoornvlies verkregen. — Zij gaat insgelijks in eene gelei over en onderscheidt zich daardoor van de glutine, dat zij door meer ligchamen neêrgeslagen wordt.

f. Cerebrine, een stikstofhoudend bestanddeel van de zenuwzelfstandigheid, waarvan wij hoegenaamd niets naders weten.

II. Fermentachtige ligchamen. Bij gemis van betere kenmerken verstaat men onder zulke ligchamen de zoodanige, die, in hun wezen nog bijna geheel onbekend, door hunne aanraking met andere ligchamen, daarin sommige, inzonderheid oxydatieve veranderingen kunnen tot stand brengen, zonder zelve daarbij merkbaar veranderd of verbruikt te worden, zoodat eene kleine hoeveelheid van het ferment voor groote hoeveelheden van de te veranderen stof voldoende is. Vroeger was men geneigd, alle fermentachtige ligchamen onder de eiwitachtige te brengen, omdat eenige daarvan (b. v. het leverferment, BERNARD) volgens sommigen in de hitte stremmen. Doch alle de fermenten, die men in den laatsten tijd in den meest zuiveren toestand heeft verkregen, zijn geen eiwitachtige ligcha-

men. — De inwerking van de fermenten is ten eenenmale onbegrijpelijk; de meesten vereischen eene temperatuur van ongeveer 30—40° om te kunnen werken. Behalve door koude wordt de werking gestoord door het aanwezig zijn van vele zelfstandigheden, die meerendeels met den naam van „vergiffen" bestempeld worden (alkohol, arsenik, zuringzuur, blaauwzuur, vele metaalzouten enz.). —

Onder de fermenten, die in het ligchaam voorkomen, moeten genoemd worden:

a. Suikervormende; zij veranderen zetmeel en zetmeelachtige ligchamen (glycogeen) in dextrine en suiker. Zij komen voor in het speeksel, pancreassap, darmsap en in de lever.

b. Melkzuurvormende; zij veranderen suiker, door melkzure gisting, in melkzuur. Men vindt ze in het maagsap, in de melk enz. (Ook eene alkoholische suikergisting zou in het ligchaam voorkomen, HUTSON FORD.) — Uit stikstofhoudende zelfstandigheden schijnt door de werking van zekere fermenten insgelijks melkzuur te kunnen ontstaan (vergel. bladz. 18); zoo zou dit b. v. het geval zijn bij de zure gisting van de pis, waarbij melkzuur uit pisstof ontstaat onder den invloed van het slijm (SCHERER) *).

c. Stoffen, waardoor de eiwitachtige ligchamen worden opgelost; zij veranderen de onoplosbare wijziging van de eiwitachtige ligchamen in eene oplosbare, die zich echter van de gewone oplosbare eiwitachtige ligchamen onderscheidt; ook de laatsten worden in een gelijksoortigen toestand overgebragt. Zulke fermenten komen voor in het maagsap (pepsine), in het pancreas- en darmsap. Alleen de beide eersten zijn nader bekend. Zij onderscheiden zich daardoor, dat men zich bij het eerste eene imbibitie van het gestremde eiwitachtige ligchaam door verdunde zuren moet denken (BRÜCKE), het laatste evenwel voornamelijk niet-geïmbibeerde stukken oplost (DANILEWSKY). Bij het eerste begint de oplossing uit het midden, bij het laatste uit den omtrek. Met de oplossing schijnt een oxydatieproces verbonden te zijn (verg. bladz. 20).

d. Stoffen, die met vetten emulsies vormen en vetten ontleden (verg. beneden de vetreeks); zoodanige komen voor in de gal, het darmsap en vooral in het pancreassap.

Wij mogen eerlang eene naauwkeuriger kennis van de fermenten verwachten, daar men eene methode heeft leeren kennen, om eenige

*) [De vorming van melkzuur laat zich beter verklaren uit de suiker, die toch wel altijd, hoewel in zeer geringe hoeveelheid in de urine aanwezig is. Zie bladz. 30].

daarvan uit hunne oplossingen neêr te slaan (BRÜCKE). Deze bestaat daarin, dat men in de vloeistof een neêrslag van grooten omvang te voorschijn brengt, waardoor het ferment medegesleept en ingesloten wordt. Door het afgefiltreerde neêrslag in geschikte media op te lossen verkrijgt men het ferment afzonderlijk. Daartoe zijn alkoholisch-aetherische oplossingen van cholestearine (BRÜCKE) en collodium (DANILEWSKY) het meest geschikt, die met waterige vloeistoffen vermengd, op de genoemde wijze praecipitaten vormen, welke vervolgens door aether gemakkelijk worden opgelost *).

III. Stikstofhoudende kleurstoffen. Zij zijn nog zeer weinig bekend; men vermoedt dat zij alle van ééne en dezelfde kleurstof, namelijk de bloedkleurstof, afstammen.

a. Haematine, bloedkleurstof, ijzerhoudend (waarvan de formule nog niet vast bepaald is). De verschillende kleurstoffen, die dezen naam dragen, verschillen in vele opzigten van elkander. Waarschijnlijk zijn zij alle reeds ontledingsprodukten van eene verbinding eener kleurstof met globuline, de haematokrystalline (verg. bladz. 22), die in de bloedligchaampjes oorspronkelijk aanwezig is. Als ligchamen, die daaronder het best gekenmerkt en zonder twijfel ontledingsprodukten van deze natuurlijke bloedkleurstof zijn, kent men: de haemine (TEICHMANN) en de haematoïdine (VIRCHOW), die beide kunnen kristalliseren. De meeste van deze kleurstoffen zijn dichroïtisch (zie Hoofdstuk II). De oorsprong van de bloedkleurstof is nog onbekend.

b. Galkleurstoffen. Onder de vele dergelijke stoffen, die men daarvan heeft bereid, schijnen slechts twee werkelijke galbestanddeelen te zijn: de geelroode cholepyrrhine, biliphaeïne of bilifulvine, welke kristalliseerbaar en identiek is met de haematoïdine (VALENTINER), en de groene biliverdine, welke door oxydatie uit de eerste kan verkregen worden. Het ontstaan der galkleurstoffen uit de bloedkleurstof is ook langs den physiologischen weg bijna zeker bewezen (zie Hoofdstuk VI).

c. Piskleurstoffen. De verschillende, hoofdzakelijk roode en blaauwe kleurstoffen, die men uit urine bereid heeft, zijn nog niet in hare zamenstelling bekend, terwijl men evenmin weet, welke daarvan oorspronkelijk aanwezig zijn. Daaronder moeten genoemd worden: eene roode kleurstof (urohaematine, HELLER), die op de haematine gelijkt en ijzerhoudend is en het (overigens kleurlooze) indican, een gepaarde suikerverbinding, waaruit bij ontleding indigo geboren wordt. Het indican komt dikwijls in de urine en ook in het bloed (CARTER) voor, (evenwel weten wij nog niet of wij het moeten beschouwen als een normaal, dan wel als een toevallig bestanddeel des ligchaams, dat welligt uit zekere voedingsstoffen afkomstig is).

d. Kleurstoffen van de hoornzelfstandigheden (haren, rete Malpighi), van de chorioïdea, van de longen, de spieren, enz., die alle volkomen onbekend zijn. Eene daar-

*) COHNHEIM's onlangs opgegevene methode is nog beter.

van, de zwarte melanine, welke zeer verspreid voorkomt, is sterk ijzerhoudend, hetgeen inzonderheid pleit voor haar ontstaan uit bloedkleurstof.

3. Hoogere oxydatietrappen (stikstofhoudende splitsingsprodukten) van de eiwitachtige ligchamen.

Deze zijn, gelijk reeds (bladz. 19) gezegd is, naauwkeuriger bekend, kunnen kristalliseren, zijn meestal in water oplosbaar en ligtelijk vatbaar voor diffusie. Voor een gedeelte zijn zij volgens de type der amieden zamengesteld; men kan ze evenwel ook onder andere gezigtspunten, b. v. als aminezuren beschouwen. Hoe hooger de ligchamen hunne plaats innemen in de reeks der oxydaties, des te eenvoudiger is hunne zamenstelling; enkele daaronder, inzonderheid de laatste, pisstof, kunnen zelfs kunstmatig uit anorganische stoffen bereid worden. De reeks van deze oxydatieprodukten is vooralsnog niet volkomen bekend. Ofschoon de meesten reeds kunstmatig door oxydatiemiddelen uit eiwitachtige ligchamen of uit hunne naaste afstammelingen (lijm enz.) zijn bereid geworden, zijn toch slechts weinige leden der reeks regtstreeks in de naastvolgende hoogere produkten door oxydatiemiddelen omgezet. Ook moet men aannemen, dat er verschillende zulke oxydatiereeksen bestaan, die nevens elkander verloopen, want sommige van de daartoe behoorende ligchamen zijn zwavelhoudend, andere niet.

Als maatstaf voor de hier gekozen opeenvolgende reeksen hebben wij de verhouding van C tot N genomen: bij de oxydaties wordt namelijk altijd meer C en H in den vorm van CO_2, HO of andere verbindingen afgescheiden, zoodat altijd produkten met meer N achterblijven. Het laatste en tevens het meest N bezittend is de pisstof. Bij eene nog onbekende oxydatiereeks blijft echter, zooals meermalen gezegd is, ten laatste zuivere N over.

1. Leucine ($C_{12}\ H_{13}\ NO_4$; — N: C=1: 12; amied van het leucinezuur $C_{12}\ H_{11}\ O_5$. HO); bestanddeel van bijna alle klierweefsels, met name van de alvleeschklier. — Zij ontstaat uit albuminaten en hunne afstammelingen (lijm, mucine enz.) door splitsingsmiddelen (koken met zuren of alkaliën), en inzonderheid gemakkelijk door ontleding. Daarom komt zij meestal voor in organen, die zich in een staat van ontleding bevinden.

2. Cystine ($C_6\ H_6\ NO_4\ S_2$; — N: C=1: 6), zwavelhoudend, en bijgevolg behoorende tot eene bijzondere reeks; is gevonden in het nierweefsel en somwijlen in de urine.

3. Inosinezuur ($C_{10}\ H_6\ N_2\ O_{10}$. HO; — N: C=1: 5); waarschijnlijk is dit ligchaam zamengesteld uit 1 at. azijnzuur, 1 at. zuringzuur en 1 at. pisstof: — $C_4\ H_3\ O_3 + C_4\ O_6 + C_2\ H_4\ N_2\ O_2 = C_{10}\ H_7\ N_2\ O_{11}$, (LIEBIG). Het is een bestanddeel van het spiersap.

4. Taurine ($C_4\ H_7\ NO_6\ S_2$; — N: C=1: 4;) kan

kunstmatig bereid worden uit aethionzuur ammoniak, (STRECKER), is zwavelhoudend en behoort welligt met cystine tot dezelfde reeks. Zij is een bestanddeel van de gal, waarin zij met cholalzuur (C_{48} H_{40} O_{10}) tot taurocholzuur (C_{52} H_{45} NO_{14} S_2 + 2HO) gepaard is; men heeft haar ook in het nierweefsel gevonden.

5. Glycine (glycokol, lijmsuiker), (C_4 H_5 NO_4; — N: C=1 : 4; amied van het glycinezuur C_4 H_3 O_3. HO), bestanddeel van de gal, waarin zij met cholalzuur (C_{48} H_{40} O_{10}) tot Glycocholzuur (C_{52} H_{43} NO_{12} + 2HO) gepaard is; verder komt zij voor in het bloed en de urine, waar zij met benzoëzuur (C_{14} H_6 O_4) tot hippurzuur (C_{18} H_9 NO_6 + 2HO) gepaard is. In zamenstelling komt de tyrosine (C_{18} H_{11} NO_6) met het hippurzuur zeer overeen; waarschijnlijk bevat zij ook glycine, (welligt verbonden met saligenine [FRERICHS en STAEDELER] of met bitteramandelolie [FRÖHDE]); zij komt meestal te gelijk met leucine voor, en kan uit eiwitachtige ligchamen enz. door oxydatie of ontleding (rotting) verkregen worden. Ook de glycine kan op deze wijze, inzonderheid uit lijm, bereid worden.

6. Kreatine en kreatinine (C_8 H_9 N_3 O_4 en C_8 H_7 N_3 O_2; — N: C=1 : $2\frac{2}{3}$); bestanddeelen van de spier- en zenuwzelfstandigheid, van het bloed en de urine. De eerste is neutraal, de laatste alkalisch, terwijl beide gemakkelijk in elkander overgaan.

7. Sarcine of Hypoxanthine (C_{10} H_4 N_4 O_2; N: C=1 : $2\frac{1}{2}$); een bestanddeel van het spiersap en verscheidene klieren (lever, milt, misschien ook nieren).

8. Xanthine (C_{10} H_4 N_4 O_4; — N: C=1 : $2\frac{1}{2}$), een oxydatieprodukt van het vorige; komt overal te gelijk daarmede voor, buitendien nog in de urine.

9. Piszuur (C_{10} H_4 N_4 O_6 of C_{10} H_2 N_4 O_4. 2HO), een tweebasisch zuur; — N: C=1 : $2\frac{1}{2}$); het is een oxydatieprodukt van het vorige ligchaam en een bestanddeel van de spieren, klieren, (van het bloed) en de urine. Waarschijnlijk is het altijd aan natron gebonden (als zure piszure natron). — Gelijk men uit de formules ziet, vormen de drie laatstgenoemde ligchamen eene eenvoudige oxydatiereeks; elk van deze kan door oxydatiemiddelen kunstmatig uit het voorgaande bereid worden.

Het piszuur kristallisseert gemakkelijk in verschillende, gedeeltelijk eigenaardige vormen (zoogen. „wetzsteenen," d. i. rhombische plaatjes, die aan de stompe hoeken afgerond zijn; zoogen „Dumbells," een vorm, die veel gelijkt op afgebroken trommelstokjes). Dit zuur is moeijelijk op te lossen in water, in zuren in het geheel niet. — Zijn beste kenmerk bestaat in de „murexiedproef:" Wanneer men piszuur zachtkens met salpeterzuur verwarmt en wèl tot droogwordens toe, daarbij vervolgens een weinig ammoniakgas

of eene oplossing daarvan voegt, — alsdan neemt het résidu terstond eene hoog purperroode kleur aan, die na toevoeging van natronloog purperblaauw wordt.

10. Allantoïne ($C_8 H_6 N_4 O_6$; — N: C=1: 2); zij is een oxydatieprodukt van het piszuur en kan daaruit verkregen worden. Zij komt in de urine van den mensch slechts zelden voor (daarentegen gewoonlijk in de pis van zuigende kalveren en in het allantoïsvocht).

11. Pisstof ($C_2 H_4 N_2 O_2$; — N: C=1: 1; amied van het koolzuur). Zij is een oxydatieprodukt van het piszuur en een bestanddeel van de meeste dierlijke vloeistoffen, inzonderheid van de uitscheidingen, het eindprodukt van de oxydatie der eiwitachtige ligchamen. Buiten het ligchaam wordt zij gemakkelijk onder het opnemen van water in koolzure ammoniak ontleed ($C_2 H_4 N_2 O_2 + 4HO = 2 [NH_4O. CO_2]$).

De pisstof kristalliseert in vierzijdige prisma's, is gemakkelijk in water en alkohol, moeijelijk in aether oplosbaar; hare oplossing smaakt bitterachtig. — Men kan haar op verschillende wijzen kunstmatig bereiden, b. v. 1° uit het cyaanzure ammoniak, dat aan haar isomeer is (WÖHLER), 2° uit phosgeengas en ammoniak (NATANSON), 3° uit koolzuren aether en ammoniak (NATANSON) *); verder kan men haar uit de meeste van de hierboven in de laatste plaats genoemde ligchamen door oxydatiemiddelen kunstmatig verkrijgen. — Kenmerkende reacties zijn: 1° door praecipitatie met salpeterzuur kwikoxyde vormt zij een onoplosbaar dubbelzout, 2° door praecipitatie met salpeterzuur vormt de pisstof een moeijelijk op te lossen zout.

II. Koolhydraten en hunne afstammelingen.

De koolhydraten van het ligchaam zijn gedeeltelijk als zoodanig in het voedsel opgenomen (suiker, regtstreeks genuttigd of uit gebruikt zetmeel gevormd), deels in het ligchaam eerst door oxydatie ontstaan, en wel hoogstwaarschijnlijk als splitsingsprodukten van albuminaten en hunne afstammelingen (bladz. 18), doch waarschijnlijk ook van vetten; (uit glycerine heeft men suiker bereid — BERTHELOT en VAN DEEN). Wegens hunne gemakkelijke oxydeerbaarheid †) worden zij even spoedig verbruikt als zij ontstaan, en zijn zij daarom nergens blijvende weefselbestanddeelen. Hunne oxydatieprodukten in het organisme zijn nog weinig bekend. Een gedeelte schijnt zeer snel, — volgens sommigen, nadat het eerst in melkzuur is overgegaan, — in CO_2 en HO ontleed te worden. Een ander gaat misschien door oxydatie in vlugtige vetzuren over; althans wordt suiker, als het met ozon behandeld wordt §) in koolzuur, water en

*) 1° $NH_4O. C_2NO = C_2 H_4 N_2 O_2$
2° $C_2 O_2 Cl_2 + 4NH_3 = 2NH_4Cl + C_2 H_4 N_2 O_2$.
3° $2 (C_4 H_5 O. CO_2) + 2NH_3 = 2C_4 H_6 O_2 + C_2 H_4 N_2 O_2$.

†) [Het is nog de vraag, of koolhydraten gemakkelijker dan eiwitachtige stoffen worden geoxydeerd, — indien men er op let, dat bijna altijd iets suiker in de urine is, en dat in sommige ziekten niet de suiker maar wel de eiwitachtige stoffen geoxydeerd worden, (diabetes) zoude men het tegenovergestelde moeten aannemen.]

§) [Als ze in alcalèsche vloeistof zich bevindt].

mierenzuur (v. GORUP-BESANEZ) ontleed. Men heeft de hypothese gesteld, dat de koolhydraten in vaste vetzuren en in glycerine, derhalve in ware vetten overgaan. Later zullen wij de gronden, die hiervoor pleiten, bij de vetreeks opgeven. Eindelijk wordt ook opgegeven, dat de vorming van alkohol uit suiker in het organisme kan plaats vinden (HUTSON FORD). — De koolhydraten, die in het ligchaam voorkomen, zijn de volgende:

1. Glycogeen ($C_{12} H_{11} O_{11}$. HO); een bestanddeel van de lever, de spieren, den moederkoek enz. Het gaat door dezelfde invloeden als zetmeel, derhalve door zuren en door de suikervormende fermenten (blad. 24), in dextrine (?) en suiker over. Over de meeningen met betrekking tot zijn oorsprong, zie Hoofdstuk VI.

Deze stof is wit, amorph, zwelt in water op, en vormt bij verwarming eene opaliserende oplossing.

2. Dextrine ($C_{12} H_{10} O_{10}$), — komt somwijlen in het bloed voor, waarschijnlijk afkomstig van de onvolledige omzetting van het gebruikte zetmeel of glycogeen in suiker.

3. Suikersoorten. Twee daarvan, druiven- en melksuiker, komen in het organisme voor.

a. Druivensuiker ($C_{12} H_{12} O_{12}$), (lever-, pis-, zetmeelsuiker, glukose); zij ontstaat deels uit het voedsel, hetzij regtstreeks gebruikt, of uit genuttigd zetmeel gevormd, of uit andere suikersoorten (riet-, vrucht-, melksuiker) ontstaan, die in den darm in druivensuiker overgaan, — deels uit het glycogeen, dat in het ligchaam gevormd wordt. Zij is in de meeste bestanddeelen des ligchaams in geringe hoeveelheden gevonden. Van hare oxydatie geldt over 't algemeen hetzelfde wat van de koolhydraten is opgegeven. Een zeer klein gedeelte wordt in een niet geoxydeerden toestand met de urine uitgescheiden (BRÜCKE).

De druivensuiker kristalliseert in kleine, rhombische plaatjes, die kruimelige hoopen vormen; zij is in water gemakkelijk op te lossen; de oplossing draait het polorisatievlak naar regts en reduceerst metaaloplossingen in de warmte. Hierop berusten verschillende suikerproeven. (De meest gewone, die van THOMMER, is de volgende: de oplossing wordt met kaliloog ontleed, vervolgens voorzigtig zwavelzuur koperoxyde daarbij gevoegd; nu vormt zich niet, zooals gewoonlijk, een lichtblaauw neêrslag van koperoxydehydraat, maar eene donker blaauwe oplossing. Heeft men er te veel koper bijgedaan, zoodat zich een neêrslag vormt, dan moet dit afgefiltreerd worden. De heldere, blaauwe oplossing geeft na verloop van eenigen tijd, doch dadelijk bij het verwarmen, een geelrood tot rood neêrslag van koperoxydule). — Eene oplossing van druivensuiker gaat na toevoeging van gistcellen onder verwarming in alkohol en koolzuur over (alkoholische gisting); bij aanwezigheid van zekere andere fermenten levert de druivensuiker melk- en boterzuur (melkzure- en boterzure gisting).

b. Melksuiker $C_{12} H_{11} O_{11}$); — bestanddeel van de melk, waarschijnlijk afkomstig van druivensuiker.

Zij gaat gemakkelijk in kristallisatie over, is in water oplosbaar, draait het polarisatievlak meer naar regts dan druivensuiker; niet regtstreeks vatbaar voor de alkoholische gisting, maar eerst nadat zij is overgegaan in eene voor gisting vatbare suikersoort, die van de druivensuiker verschilt, de zoogen. „lactose;" doch even als de druivensuiker kan zij ook de melkzure gisting ondergaan.

4. Inosiet, spiersuiker ($C_{12}H_{12}O_{12}$); wordt, daar het de alkoholische gisting niet kan ondergaan, niet onder de suikersoorten gerekend. Het vormt een bestanddeel van de spieren en verschillende klieren. Waarschijnlijk is ook het inosiet een splitsingsprodukt van de reeks der albuminaten.

Het gaat in kristallisatie over, is in water oplosbaar, kan de alkoholische gisting niet ondergaan, daarentegen wel de melkzure, gelijk de vorigen; het reduceert koperoxydehydraat niet, doch houdt het opgelost. Het oefent geen werking uit op gepolariseerd licht.

5. Melkzuur ($C_6H_5O_5.HO$), — bestanddeel van bijna alle weefselsappen, met name van de functionerende spiervezels en van vele afscheidingsprodukten. Zijn oorsprong is waarschijnlijk tweeledig: het ontstaat uit de koolhydraten (suiker), en verder door splitsing uit de reeks der albuminaten (vergel. bladz. 18). Van de wijze, hoe de melkzuur in het organisme gevormd wordt, is ons niets naders bekend.

III. Vetzuren, Vetten en aanverwante ligchamen.

De reeks der in het ligchaam voorkomende vetzuren (met de gemeenschappelijke formule $C_{2n}H_{2n-1}O_3 + HO$) is de volgende:

Butinezuur	$C_{40}H_{40}O_4$
Stearinezuur	$C_{36}H_{36}O_4$
Palmitinezuur	$C_{32}H_{32}O_4$
Myristinezuur	$C_{28}H_{28}O_4$
Laurostearinezuur	$C_{24}H_{24}O_4$
Cahrinezuur	$C_{20}H_{20}O_4$
Cahrylzuur	$C_{16}H_{16}O_4$
Cahronzuur	$C_{12}H_{12}O_4$
(Valeriaanzuur	$C_{10}H_{10}O_4$)
Boterzuur	$C_8H_8O_4$
(Propionzuur	$C_6H_6O_4$)
Azijnzuur	$C_4H_4O_4$
(Merenzuur	$C_2H_2O_4$)

Verder komt nog een zuur voor dat zeer naauw met deze reeks verwant is:

Oleïnezuur	$C_{36}H_{34}O_4$

dat men beschouwen kan als een palmitinezuur, waarin een at. H door een at. Acetyl (C_4H_3) is vervangen:

$$C_{32}\left[\begin{matrix}H_{31}\\C_4H_3\end{matrix}\right]O_4 = C_{36}H_{34}O_4.$$

De eerstgenoemden en het oleïnezuur zijn niet vlugtig, de overigen des te vlugtiger, naarmate zij lager in de reeks staan, daar het kookpunt voor elk atoom C_2H_2, dat van de formule afgaat, 90^0 C. daalt. Alleen de vetzuren met de formule $C_4nH_4nO_4$ schijnen in het organisme voor te komen, terwijl de overigen niet met zekerheid zijn aangetoond; het voorheen dikwijls aangenomen margarinezuur ($C_{34}H_{33}O_3$) schijnt niets anders te zijn dan een mengsel van stearine- en palmitinezuur. (HEINTZ). Met name de niet vlugtige vetzuren, doch ook die welke in de reeks het naast daarop volgen, als ook het oleïnezuur verbinden zich met een ligchaam, dat naar de type der alkoholen is zamengesteld, het lipyloxydhydraat of glycerine ($C_6H_8O_6$) onder het afgeven van water, tot stoffen, die men vetten („neutrale vet-

ten") noemt; men bestempelt ze met den naam van: butine, stearine, oleïne, palmitine, myristine, caprinine, capryline, butyrine, enz. — Omgekeerd kunnen deze weder (onder opneming van water) in het vetzuur en glycerine door verschillende middelen, door zekere fermenten (bladz. 25), doch vooral door alkaliën ontleed worden. De verbinding van het vetzuur met alkali, die in het laatste geval wordt gevormd, noemt men zeep en het proces zelf verzeeping. — De vetten zijn deels vast, deels halfvloeibaar, deels vloeibaar (oliën), in water geheel onoplosbaar, in warmen alkohol en aether gemakkelijk oplosbaar. In water worden zij door zekere middelen tot eene emulsie gebragt. — Door oxydatiemiddelen gaan de vetzuren, die hooger in de reeks staan, onder het afgeven van CO_2 en HO, in de volgende meer vlugtige over. Dit proces komt reeds, als zij in de lucht aan zich zelf zijn overgegeven, gedeeltelijk in de vetten tot stand, doordien zich de vetzuren van de glycerine scheiden en beide oxyderen. De daarbij ontstaande reuk van de vlugtige vetzuren is voor deze oxydatie, het „ransig worden" kenmerkend.

1. Neutrale vetten (met name stearine en palmitine, vermengd met oleïne) komen in alle vloeistoffen en weefsels van het ligchaam voor, en zijn op vele plaatsen in eene aanmerkelijke hoeveelheid opgehoopt, gedeeltelijk vrij in vloeistoffen gesuspendeerd (in emulsie), deels in cellen bevat. Zij zijn gedeeltelijk uit het voedsel afkomstig, doch grootendeels zijn zij oxydatie- en splitsingsprodukten, waarschijnlijk deels van de reeks der albuminaten, deels van de koolhydraten. De gronden voor de eerste meening hebben wij reeds bladz. 18 opgegeven. Voor de tweede pleit het volgende: 1. Een ligchaam dat zeer naauw met de vetten verwant is, het was, wordt door de bijen bij eene uitsluitende voeding met suiker in groote hoeveelheden gevormd. 2. Eene toevoeging van koolhydraten bij een voedsel dat rijk is aan albuminaten, bevordert de ophooping van vet in het ligchaam (mesting). 3. In de vruchten der olijven schijnt uit een afstammeling van de koolhydraten, het manniet, vet gevormd te worden (De Luca). — Uit een theoretisch oogpunt is eene vetvorming uit koolhydraten nog niet genoegzaam verklaard. Wel is waar kan glycerine (PASTEUR), kunnen vlugtige vetzuren (bladz. 29) uit suiker ontstaan, doch de vorming van de niet-vlugtige vetzuren uit koolhydraten is evenmin bewezen als begrijpelijk, omdat hiermede een reductieproces moest verbonden zijn. De ervaring, dat de koolhydraten de mesting begunstigen, kan overigens ook op die wijze verklaard worden, dat zij als ligt oxydeerbare ligchamen de inwerking van de zuurstof der albuminaten terughouden en daardoor de omzetting van de laatsten in vetten begunstigen (F. HOPPE). De gronden, die voor de laatste zienswijze pleiten, zullen in het 7de hoofdstuk beschreven worden.

De vetten worden slechts in zeer kleine hoeveelheden als zoodanig uitgescheiden (huidsmeer, melk); voor het grootste gedeelte worden zij in het organisme verder geoxydeerd, en wel beide bestanddeelen daarvan, meestal nadat deze vooraf van

elkander gescheiden werden. De naaste oxydatieprodukten van het vetzuur zijn de hoogere vlugtige vetzuren, ten laatste natuurlijk altijd CO_2 en HO; die van de glycerine zijn onbekend, misschien suiker (bladz. 29).

2. Vetzuren. De niet-vlugtige schijnen slechts in eene geringe hoeveelheid en altijd aan alkaliën gebonden, in den vorm van zeepen voor te komen; de laatste komen voor in het bloed, de lympha, in de gal enz. — De vlugtige vetzuren komen op veel plaatsen voor, met name in klieren en afscheidingsprodukten, deels vrij, deels aan bases gebonden. Zij kunnen afkomstig zijn van de oxydatie der vetten (bladz. 31), van de koolhydraten (bladz. 29), en eindelijk ook van de albuminaten (bladz. 18). Van hunne naaste vorming is bijna niets bekend. — Waarschijnlijk worden zij zeer snel door de oxyderende invloeden van het organisme ontleed en worden als koolzuur en water uitgescheiden.

3. Cholestearine ($C_{32} H_{44} O_2$), een wasachtig, kristalliseerbaar ligchaam, dat gelijk de glycine als een alkohol is zamengesteld; zij is een bestanddeel van de gal, het bloed, de hersenen, de milt enz. — Haar oorsprong is ten eenenmale onbekend. Sedert men haar ook in het plantenrijk heeft ontdekt (BENEKE), mag men aannemen, dat een gedeelte er van uit het voedsel afkomstig is. Hare oxydatieprodukten zijn insgelijks onbekend; een gedeelte wordt onveranderd uitgescheiden.

Alleen om hypothetische redenen wordt de cholestearine tot de vetreeks gebragt. Deze redenen zelve (welke steunen op een zamenhang tusschen de cholestearine en het palmitinezuur, LEHMANN), kunnen hier echter niet nader uiteengezet worden, omdat zij nog niet door proefneming bewezen zijn.

4. Cholalzuur (cholzuur) ($C_{48} H_{40} O_{10}$), een bestanddeel van de gal, waarin het, met glycine en taurine gepaard, het glyco- en taurocholzuur vormt. Hypothetisch laat men dit zuur uit vetten ontstaan (zie Hoofdstuk IV). — Zijne naaste ontledingsprodukten zijn: choloïdinezuur ($C_{48} H_{38} O_8$) en dyslysine ($C_{48} H_{36} O_6$), in welken vorm het gedeeltelijk (door de drekstoffen) uitgescheiden wordt. Waarschijnlijk heeft zulk eene ontleding alleen in den darm plaats; doch welke oxydatieprodukten het cholalzuur in het bloed levert, is ons volkomen onbekend.

Het verband tusschen het cholalzuur en de vetzuurreeks bestaat volgens eene hypothese van LEHMANN in het volgende: Men kan het cholalzuur beschouwen als een palmitinezuur, waarin 1 at. H door 1 at. acetyl ($C_4 H_3$) (vergel. het oleïnezuur bladz. 31) en 2 at. H door 2 at. van een onbekend radikaal $C_6 H_4 O_3$ vervangen zijn:

$$C_{32} \begin{bmatrix} H_{29} \\ C_4 H_3 \\ C_{12} H_8 O_6 \end{bmatrix} O_4 = C_{48} H_{40} O_{10}.$$

Verder pleegt men tot deze categorie van stoffen nog eenige andere

ligchamen te brengen, die nagenoeg onbekend of althans in het organisme niet met zekerheid zijn aangetoond: oleophosphorzuur, glycerinephosphorzuur, lecithine, myeline, enz., — bestanddeelen van hersenzelfstandigheid, den eijerdojer, enz.

Aanhangsel.

Behalve de hier opgenoemde eigenlijke bestanddeelen des ligchaams, kan men voortdurend nog een groot aantal andere in het organisme aantreffen, die men in tegenoverstelling van gene toevallige kan noemen. Of en in hoe verre ook de eigenlijke bestanddeelen door andere stoffen kunnen vervangen worden, kan a priori daarom niet beslist worden, omdat men volstrekt niet alle eigenschappen kent, waardoor gene voor het organisme van dienst kunnen zijn. Evenwel is het boven allen twijfel verheven, dat gelijk overal zoo ook in het organisme, elke zelfstandigheid kan vervangen worden door eene andere, welke in de wezenlijke eigenschappen volkomen met haar overeenstemt. Het blijft echter eene groote vraag, of er wel stoffen zijn die als volkomene plaatsvervangsters van de belangrijke organische bestanddeelen des ligchaams, b. v. van de eiwitachtige stoffen, kunnen dienen; dit laat zich veel eerder denken van zulke bestanddeelen des ligchaams, die eene werktuigelijke beteekenis hebben, zooals b. v. van de beenvormende kalkzouten. Proefnemingen, daarover in 't werk gesteld, (ROUSSIN) hebben geleerd, dat isomorphe zelfstandigheden elkander in het organisme kunnen vervangen.

Doch buiten twijfel worden gestadig ook zulke stoffen met het voedsel opgenomen, die niet dienen kunnen om het verlies van wezenlijke bestanddeelen des ligchaams te vergoeden en toch in de stofwisseling overgaan; deze vormen de toevallige bestanddeelen des ligchaams. Voor haar geldt de regel, dat zij na een zeer kort verblijf in het organisme weder uitgescheiden worden; doch zoo lang zij zich daarin bevinden, ondergaan zij ook grootendeels de oxyderende werkingen, die in het ligchaam plaats grijpen, voor zoover zij daarvoor toegankelijk zijn, en kunnen zij dus bij sommige verrigtingen, vooral bij de warmtevorming, mede van dienst zijn. Het zijn juist deze toevallige bestanddeelen die men, om ligt te begrijpen redenen, op hun togt door het ligchaam en in hunne veranderingen gemakkelijker kan nagaan dan de gewone, — een feit, waarvan men met voordeel partij kan trekken tot het maken van gevolgtrekkingen ten opzigte van de processen der normale stofwisseling. Van organische stoffen worden geheel of grootendeels onveranderd weder uitgescheiden: de meeste

vrije organische zuren, veel alkaloïeden, de meeste kleur- en riekende stoffen. Plantenzuren, die in neutrale alkalizouten in het ligchaam komen, worden volkomen verbrand en als koolzure alkaliën uitgescheiden. Alkoholische en aetherische stoffen worden insgelijks volkomen verbrand. Looizuur gaat in galluszuur over. De organische zuren van de benzoëzuur-groep (gemeenschappelijke formule: $C_{2n}\ H_{2n-8}\ O_4$) worden niet geoxydeerd, doch vereenigen zich in de lever met glycine tot gepaarde verbindingen (bladz. 27) en worden als gepaarde zuren uitgescheiden; zooals het benzoëzuur ($C_{14}\ H_6\ O_4$) als hippurzuur ($C_{18}\ H_9\ NO_6$), het toluylzuur ($C_{16}\ H_8\ O_4$) als tolurzuur ($C_{20}\ H_{11}\ NO_6$); evenzoo het salicylzuur ($C_{14}\ H_6\ O_6$), dat met die groep zeer naauw verwant is, als salicylurzuur ($C_{18}\ H_9\ NO_8$). Eene gelijksoortige verandering ondèrgaan sommige stoffen, die door dezelfde radikalen naauw met die zuren verwant zijn; zoo gaat benzoylwaterstof (bitteramandelolie $C_{14}\ H_6\ O_2$), kaneelzuur ($C_{18}\ H_8\ O_4$) e. a. in hippurzuur, — salicylwaterstof en salicine in salicylurzuur over. Ook het kinazuur ($C_{14}\ H_{12}\ O_{12}$), dat gemakkelijk tot benzoëzuur kan gereduceerd worden, levert in het ligchaam hippurzuur (LAUTEMANN). Aangezien de plantenwereld veel van deze genoemde stoffen in eene groote hoeveelheid bezit, is het hippurzuur een gewoon ligchaamsbestanddeel der plantenetende dieren (behalve wanneer zij nog zuigen), en van den mensch bij plantaardig voedsel.

TWEEDE HOOFDSTUK.

Het bloed en zijne beweging.

I. Het bloed.

Het roode bloed van den mensch bestaat uit eene kleurlooze, alkalisch reagerende vloeistof (liquor s. plasma sanguinis), en mikroskopisch kleine ligchaampjes, die in eene zeer groote hoeveelheid (4—5,5 millioen in een cub.$^{mm.}$; WELCKER), waarschijnlijk in eene naauwe onderlinge aanraking, in de vloeistof gesuspendeerd zijn. Deze bloedligchaampjes zijn grootendeels rood, voor een klein gedeelte ($^1/_{500}$—$^1/_{350}$, WELCKER; — in het bloed van de miltader daarentegen $^1/_{10}$, HIRT) kleurloos.

Roode bloedligchaampjes.

De roode bloedligchaampjes van den mensch zijn ronde, in het midden eenigzins uitgeholde (biconcave) schijfjes; hun grootste middellijn bedraagt gemiddeld $^1/_{135}$$^{mm.}$. — Zij zijn gelijkmatig rood gekleurd. — Wat hunne consistentie betreft, zijn zij zeer week, buigzaam en veêrkrachtig; hun inhoud wordt niet door een vlies omsloten (ROLLETT), evenmin bestaat er eene kern, zoodat men ze volstrekt niet als cellen kan beschouwen.

De bloedligchaampjes der zoogdieren, — de ovalen van den kameel uitgezonderd, — verschillen niet van die van den mensch; die van de vogels zijn ovaal en biconvex; die van de amphibiën ovaal, plat en zeer groot (tot $^1/_{12}$$^{mm.}$ middellijn bij Proteus); die van de visschen zijn meestal rondachtig ovaal. De bloedligchaampjes der vogels, amphibiën en visschen hebben kernen. — Onder de ongewervelde dieren vindt men slechts bij weinig afdeelingen roode bloedligchaampjes. Nagenoeg alle ongewervelde, en onder de gewervelde dieren de Amphioxus lanceolatus, hebben kleurloos of geelachtig bloed, met kleurlooze ligchaampjes van zeer verschillenden vorm.

Het soortelijk gewigt van de bloedligchaampjes is iets grooter dan dat van het plasma; want zij zakken in stilstaand bloed, als zij daarin niet (door stremming, zie beneden) verhinderd worden, langzaam naar den bodem. In stilstaand bloed ver-

eenigen zich de roode bloedligchaampjes gemakkelijk tot zuilen, die er als geldrollen uitzien. De oorzaak daarvan is niet zeker bekend. Bij verdunning van het plasma door toevoeging van water, zwellen zij door opname van dit laatste bolvormig op en worden eindelijk onzigtbaar; bij concentratie van het plasma door toevoeging van zouten schrompelen zij tot tandvormige ligchamen zamen, doordien zij water afgeven.

De scheikundige bestanddeelen der roode bloedligchaampjes zijn:

1. Een rood, dimorph kristallijn, dichroïtisch (in opvallend licht rood, in doorvallend groen), ijzerhoudend ligchaam, de haematokrystalline. Zij kan ontleed worden in eene in water oplosbare, ijzerhoudende, kristallijne kleurstof en een amorph, in water onoplosbaar eiwitachtig ligchaam, dat dezelfde eigenschappen bezit als de globuline (bladz. 21). Dit ligchaam kan door verschillende invloeden van de overige bestanddeelen der roode bloedligchaampjes gescheiden worden, waarbij het zich in de vloeistof des bloeds oplost. Deze inwerkingen zijn inzonderheid (ROLLETT): het laten bevriezen en weêr ontdooijen van het bloed, het laten doorgaan van elektrische ontladingen, algeheele verwijdering van de gasvormige bestanddeelen des bloeds; verder (v. WITTICH) behandeling van het bloed met aether. De beide eerstgenoemde agentia lossen ook het overige gedeelte van de zelfstandigheid der bloedligchaampjes („stroma" ROLLETT) in het bloedvocht op; evenwel zijn beide processen van elkander onafhankelijk. — De haematokrystalline heeft eene fibrinoplastische werking (zie beneden). Het dichroïsme van de bloedkleurstoffen wordt door zuurstof vernietigd en wordt derhalve niet aangetroffen in het aan zuurstof rijke (slagaderlijke) bloed (BRÜCKE).

Wij zullen hier eenige oudere en meer ingewikkelde methoden om bloedkristallen te bereiden met stilzwijgen voorbijgaan, omdat zij gedeeltelijk niet de echte haematokrystalline leveren, deels geheel onnaauwkeurige voorschriften aangeven. Voor dat men de haematokrystalline naauwkeuriger kende, hielden sommigen nog andere uit bloedligchaampjes bereide zelfstandigheden voor hare regtstreeksche bestanddeelen, die men tegenwoordig alle als ontledingsprodukten van de haematokrystalline beschouwt. De voornaamsten daarvan zijn: 1) amorphe eiwitachtige ligchamen (globuline); 2) een, zooals opgegeven wordt, kleurloos, kristallijn eiwitachtig ligchaam (de haematokrystalline van LEHMANN; vergel. bladz. 23) *); 3) verscheidene, voor een gedeelte dichroïtische kleurstoffen, die men uit het bloed kan bereiden, en die deels in water oplosbaar (de haematine van v. WITTICH, amorph), deels onoplosbaar zijn (de haemine van TEICHMANN, kristalliseerbaar); 4) bloedkleurstoffen, die bij de natuurlijke ontleding van het bloed gevormd worden (de haematoïdine van VIRCHOW, kristallijn). — Onder de genoemde ligchamen is de haemine van praktisch belang geworden, omdat hare kristallen, die gemakkelijk bereid kunnen worden en zoo kenmerkend zijn, bij het aantoonen van bloed (b. v. in geregtelijke gevallen) van dienst kunnen zijn. Men verkrijgt ze door koking van het

*) [De door VAN DEEN gevormde kleurlooze bloedkristallen kunnen onmogelijk als ontledingsprodukten worden beschouwd.]

voorwerp, b. v. van de verdachte vlek, met watervrij azijnzuur (ijsazijn) en voorzigtige verdamping van het gewonnen uittreksel; de kristallen vormen rhombische plaatjes, die meer of minder donkerbruin zijn gekleurd, in water, alkohol en aether onoplosbaar, doch in alkaliën oplosbaar zijn onder kleurverandering.

De dichroïtische oplossingen van de bloedkleurstof toonen het verschijnsel van de onechte inwendige dispersie der lichtstralen; hieruit moet men het gevolg trekken, dat zij kleine deeltjes in zich gesuspendeerd houden, die op eene andere wijze het licht breken. Het schijnt derhalve dat met de vernietiging van het dichroïsme door de zuurstof eene oplossing van deze gesuspendeerde ligchaampjes gepaard gaat (BRÜCKE).

2. Geringe hoeveelheden van verschillende vetten, zeepen en cholestearine.

3. Zouten, met name kali- en phosphorzure verbindingen.

4. Water.

5. Gassoorten (zie beneden).

Kleurlooze bloedligchaampjes.

De kleurlooze bloedligchaampjes (lymphligchaampjes) zijn ronde kernhoudende cellen, met eene eenigzins gekorrelde, op moerbeziën gelijkende oppervlakte; zij zijn grooter dan de roode (ongeveer $^1/_{90}{}^{mm.}$). Zij toonen de grootste overeenkomst met de cellen van de lympha, waarvan zij ook [grootendeels] afkomstig zijn (Hoofdstuk VI). Hunne scheikundige bestanddeelen zijn nog niet naauwkeurig bekend; waarschijnlijk komen zij, met uitzondering van de kleurstof, nagenoeg overeen met die van de roode. Veel redenen pleiten er voor (Hoofdstuk VI), dat de kleurlooze bloedligchaampjes de eerste beginselen zijn van de roode; op zekere plaatsen (inzonderheid in het bloed van de miltader) komen overgangsvormen tusschen beide voor.

Buitendien heeft men nog andere, zeer onstandvastige en twijfelachtige vaste deelen in het bloed beschreven; namelijk de „vezelstofschotsen" en de „moleculaire fibrine" (ZIMMERMANN). — De nieuwste onderzoekingen (ALEX. SCHMIDT) hebben het waarschijnlijk gemaakt, dat de laatste stof een neêrslag is van fibrinoplastische zelfstandigheid (globuline).

Bloedvloeistof.

De bloedvloeistof bevat eene stof, die in bloed, dat aan zich zelf is overgelaten, zich zeer spoedig, schijnbaar van zelf, in den vorm van uit elkander geplozen vezels uitscheidt, en daarbij de bloedligchaampjes in zich houdt opgesloten, — de zoogen. „vezelstof" of de „fibrine." Deze uitscheiding, de stolling des bloeds, verandert het vloeibare bloed in eene weeke roode massa; na verloop van eenige uren trekt deze zich tot een kleiner volume zamen, terwijl zij een geelachtig vocht, de bloedwei naar buiten perst. De wei bevat alle

bestanddeelen van de bloedvloeistof, met uitzondering van de uitgescheiden vezelstof. De overblijvende, in de wei drijvende, digte roode massa, de bloedkoek (placenta sanguinis), bestaat derhalve uit de vezelstof en de bloedligchaampjes. — Hebben de bloedligchaampjes vóór de stolling (b. v. als deze vertraagd is) tijd gehad om een weinig naar beneden te zinken, alsdan bevat de bovenste laag van den bloedkoek geen ligchaampjes, is daarom wit en heeft na de zamentrekking eene eenigzins kleinere doorsnede dan het roode gedeelte. Deze laag noemt men de spekhuid (crusta phlogistica, omdat zij voorkomt in het bloed bij ontstekingachtige ziekten). — Door het pas ontlaste bloed met een stokje te slaan, verkrijgt men de vezelstof in een zuiveren toestand, doordien zij zich bij het stollen aan het stokje, waarmede men slaat, in vezeltjes vasthecht; het overblijvende vocht, dat nu niet meer kan stollen (het „geslagen bloed") bestaat uit de wei en de bloedligchaampjes.

Het ligchaam, dat als „vezelstof" uitgescheiden wordt, is eene stof, die zeer naauw met het eiwit verwant is, de „fibrinogene zelfstandigheid" (A. SCHMIDT), die in het natuurlijke bloedplasma is opgelost en in opgelosten toestand alle eigenschappen van het eiwit bezit, maar door koolzuur uit hare oplossing neêrgeslagen wordt (doch niet zoo gemakkelijk als globuline). Zij wordt niet, zooals men vroeger aannam, van zelf, maar (A. SCHMIDT) door de inwerking van een bestanddeel der bloedligchaampjes, namelijk de „fibrinoplastische zelfstandigheid" uitgescheiden. Boven is reeds aangemerkt, dat de globuline der bloedligchaampjes vooral als de fibrinoplastische zelfstandigheid moet beschouwd worden; doch ook vele andere ligchamen (bindweefsel, de media van het oog, kleurlooze bloedligchaampjes, lymphligchaampjes, enz.) hebben, waarschijnlijk door hun gehalte aan globuline, eene fibrinoplastische werking. Of men de inwerking van de fibrinoplastische zelfstandigheid als eene soort van gistingsproces moet beschouwen, d. i. of één en dezelfde hoeveelheid daarvan achtereenvolgens verschillende hoeveelheden van fibrinogene zelfstandigheid kan doen stremmen, dan wel of zij bij het proces zelf verbruikt wordt, — is nog niet uitgemaakt.

De inwerking van de fibrinoplastische zelfstandigheid op de fibrinogene, met andere woorden de stolling van het bloed, kan door velerlei omstandigheden verhinderd, vertraagd of versneld worden. Zij wordt verhinderd door een nog raadselachtigen invloed van den levenden vaatwand (BRÜCKE): het bloed kan niet stollen, zoolang het in de vaten zich beweegt, waarbij elk deeltje gestadig met den levenden vaatwand in aanraking komt, maar eerst nadat het uit de vaten verwijderd is, of na den dood, of ook in de levende vaten, zoodra het bloed

op de eene of andere plaats begint stil te staan, waardoor de centrale bloedlagen aan den invloed van den wand worden onttrokken. De stolling wordt verder vertraagd of zelfs verhinderd door de toevoeging van alkaliën, alkalische zouten, door koolzuur of andere zwakke zuren, die de globuline uit hare oplossingen neêrslaan. Versneld wordt zij door blootstelling aan de lucht (zoo zal bloed in open vaten sneller stollen dan in geslotene), door het contact met vreemde vaste ligchamen (b. v. slaan), door warmte tot aan 55°.

Het bloed bevat een grooter gehalte aan fibrinoplastische zelfstandigheid dan noodig is, om alle fibrinogene stoffen te doen stremmen. Immers de vloeistof, die men uit het gestolde bloed naar buiten perst (bloedligchaampjesbevattende wei) kan nog andere vloeistoffen, die fibrinogene zelfstandigheid bevatten, b. v. transsudaten (Hoofdstuk IV.) doen stremmen; òf zij kan de stremming van zulke fibrinogeenhoudende vloeistoffen bespoedigen, die wel is waar eene fibrinoplastische stof bevatten, doch in eene zoo geringe hoeveelheid of van zoo weinig kracht, dat hare vrijwillige stremming zeer langzaam tot stand komt (b. v. chyl en lympha).

In weêrwil van het groote volume, dat de fibrinogene zelfstandigheid in den gestremden toestand inneemt, is hare hoeveelheid toch zeer gering: niet meer dan nagenoeg 0,2%.

De overige bestanddeelen van de bloedvloeistof (derhalve met andere woorden: de bestanddeelen van de bloedwei) zijn:

1. Water, ongeveer 90% (het serum = 100 genomen).

2. Eiwit, in eene groote hoeveelheid, ongeveer 8—10%; waarschijnlijk voor een gedeelte aan alkaliën gebonden (als natronalbuminaat). Ook andere eiwitachtige ligchamen, b. v. caseïne, worden door sommigen in de bloedwei aangenomen (v. PANUM); men moet echter de „serumcaseïne" beschouwen als fibrinoplastische zelfstandigheid (globuline), die in de wei is opgelost (A. SCHMIDT).

3. Oxydatietrappen van de eiwitachtige ligchamen, zoogen. extractiefstoffen, met name glycine (als hippurzuur), kreatine, kreatinine, hypoxanthine en pisstof, soms ook piszuur, allen in zeer geringe hoeveelheid.

4. Druivensuiker, in eene geringe hoeveelheid, die bovendien nog verschilt naar gelang van de localiteit (zie Hoofdstuk VI).

5. Vetten, zeepen, vetzuren en cholestearine; de vetten gedeeltelijk door middel van de zeepen opgelost, gedeeltelijk in emulsie gehouden, insgelijks slechts in eene geringe, overigens ongelijke hoeveelheid (0.1—0.2%).

6. Eene zekere riekende stof, die voor elke soort van bloed kenmerkend is. De gele kleurstof van de wei ontstaat misschien uit de bloedligchaampjes [?].

7. Zouten, en wel bij voorkeur natronzouten, chloor- en koolzuurverbindingen, derhalve inzonderheid keukenzout en koolzure soda.

8. Gasvormige bestanddeelen.

Gasvormige bestanddeelen van het bloed.

Het bloed bevat zuurstof, koolzuur en stikstof, gedeeltelijk slechts in geäbsorbeerden toestand, gedeeltelijk in losse scheikundige verbindingen.

De grondwet voor de absorptie van gassen door vloeistoffen (wet van HENRY-DALTON-BUNSEN) is deze: het absorptievermogen is voor verschillende vloeistoffen en gassen verschillend: met het toenemen der temperatuur neemt het af en wordt bij het kookpunt der vloeistof = 0. Het volume van een bepaald gas, dat door eene bepaalde vloeistof bij eene gelijkblijvende temperatuur opgenomen wordt, is onafhankelijk van de drukking, waaronder het gas staat; — of met andere woorden (onder toepassing van de wet van MARIOTTE): het gewigt van de opgenomen hoeveelheid gas is evenredig aan de drukking. — Hieruit volgt, dat in eene luchtledige ruimte (waar de drukking = 0 is) geen gas geabsorbeerd kan blijven, maar dat het geabsorbeerde naar buiten moet stroomen. (Is de luchtledige ruimte afgesloten en wordt het naar buiten gestroomde gas niet verwijderd, dan zal er eindelijk weder eene drukking ontstaan, waaronder het overschot geabsorbeerd blijft). — Daar verder verschillende gassoorten geen drukking op elkander uitoefenen, zoo zal eene vloeistof, die een gas, b. v. koolzuur, geabsorbeerd houdt in eene ruimte, die door een ander gas, b. v. waterstof gevuld is, haar gas op dezelfde wijze laten uitstroomen als in de luchtledige ruimte. Want de drukking in de met waterstof gevulde ruimte is voor koolzuur = 0; in plaats daarvan zal waterstof, naar gelang van hare drukking, geabsorbeerd worden. Men kan dus geabsorbeerde gassen uit eene vloeistof drijven: 1. door eene verhoogde temperatuur, inzonderheid tot het kookpunt toe; 2. door de luchtledige ruimte (luchtpomp, vacuum van TORICELLI); 3. door een vreemd gas door de vloeistof te laten gaan of door haar daarmede te schudden. — Van al deze methoden heeft men gebruik gemaakt voor de analyse van de in het bloed aanwezige gassoorten (MAGNUS, LOTHAR MEYER, SETSCHENOW).

1. Zuurstofgas is in slagaderlijk bloed (zie beneden) gemiddeld ten bedrage van 15.78 procenten in volume *) gevonden (SETSCHENOW); in het aderlijke bloed is de hoeveelheid zuurstof hoogst wisselvallig (Hoofdstuk III); in het aderbloed van rustende spieren bedroeg zij gemiddeld uit 5 bepalingen 5.96 proc. in vol. (SCZELKOW). De verhouding tusschen gasvrij bloed en zuurstofgas, toont, dat dit laatste door bloed niet alleen geabsorbeerd, maar grootendeels scheikundig gebonden wordt. De opname van zuurstof is namelijk op een klein gedeelte na geheel onafhankelijk van de drukking, zij volgt derhalve niet de wet van DALTON. Wanneer men alleen bloedwei, zonder bloedligchaamgjes neemt, dan wordt het gas slechts geabsorbeerd, en wel juist in die hoeveelheid, als het volgens de wet van DALTON geabsorbeerde gedeelte van de zuurstof bedraagt, die door het bloed in

*) [Volgens L. MEYER en NAWROCKI is deze hoeveelheid minder, en wel gemiddeld 12%].

zijn geheel [wei met bloedligchaampjes] is opgenomen (L. MEYER). Men moet bij gevolg aannemen, dat de zuurstof door eene in de bloedligchaampjes bevatte zelfstandigheid scheikundig gebonden, doch door het serum eenvoudig geabsorbeerd wordt (d. i. door het water daarvan, want serum absorbeert juist zooveel zuurstof als eenvoudig gedestilleerd water) *). Men moet deze wijze van beschouwing op het natuurlijk zuurstofgehalte van het bloed toepassen. — De scheikundige verbinding in de bloedligchaampjes is zoo los, dat de gebonden zuurstof door dezelfde middelen als de eenvoudig geabsorbeerde uitgedreven wordt (verhitten tot kookhitte, luchtledige ruimte, laten doorstroomen van gas). Door kooloxydegas wordt niet alleen de geheele in het bloed aanwezige hoeveelheid zuurstof verdrongen †), maar het maakt ook het bloed, dat daarbij eene licht scharlakenroode kleur aanneemt, ongeschikt om op nieuw scheikundig zuurstof te binden. Kooloxydegas moet derhalve in de bloedligchaampjes insgelijks scheikundig gebonden worden, en wel vaster dan zuurstof; de gebonden hoeveelheid is gelijk aan die van de zuurstof (HOPPE, BERNARD, L. MEYER). Nadat men zekere stoffen (wijnsteenzuur) bij het bloed heeft gevoegd, is een groot gedeelte van de zuurstof zoo stevig gebonden, dat deze voortaan niet meer door de genoemde middelen kan verwijderd worden (L. MEYER).

Vele ervaringen pleiten voor de waarschijnlijkheid, dat de in de bloedligchaampjes gebondene zuurstof hier althans gedeeltelijk in den gewijzigden toestand van de actieve zuurstof, het ozon, aanwezig is, op dezelfde wijze als in de reeds lang bekende zoogen. ozonoverbrengers (b. v. ijzeroxydulezouten, platinamoor): 1. De bloedligchaampjes, derhalve normaal of geslagen bloed, werken als ozonoverbrengers, d. i. zij bezitten het vermogen om bij contact met ozonhoudende vloeistoffen (terpentijnolie) aan deze laatsten ozon te onttrekken en het op ligt te oxyderen ligchamen (guajaktinctuur, jodetum kalicum) over te brengen (daarbij wordt de guajaktinctuur blaauw gekleurd, het jodkalium ontleed en geeft het vrij geworden jodium met stijfselpap de blaauwe kleur). (SCHÖNBEIN, HIS). — 2. In het normale bloed kan ozon door zijne werking op de genoemde herkenningsmiddelen aangetoond worden (A. SCHMIDT) §). Dat alleen de roode bloedligchaampjes het ozon bevatten, wordt door de werkeloosheid van eenvoudig serum bewezen. Van

*) Evenwel wordt ook opgegeven (PFLÜGER), dat eenvoudig serum insgelijks een weinig zuurstof onafhankelijk van de drukking opneemt, — een resultaat, dat misschien berust op eene verontreiniging van het serum met bloedligchaampjes (LUDWIG).

†) [Het kooloxydegas wordt daarom in den laatsten tijd ook gebezigd, om het zuurstofgehalte van het bloed (L. MEYER en NAWROCKI) op eene zeer gemakkelijke wijze te bepalen].

§) [Terwijl omgekeerd, bloed, — zelfs in zeer geringe hoeveelheid — door ozon kan worden aangetoond; hetwelk bij medico-forensische gevallen van groot gewigt is (VAN DEEN)].

hunne bestanddeelen schijnt de haematokrystalline alleen als ozonoverbrenger te moeten gelden, en onder hare bestanddeelen wederom alleen de haematine, vermits na praecipitatie van de globuline door koolzuur in verdund bloed (zie bladz. 21) niets veranderd wordt, doch enkel globuline geen ozonoverbrenger is; verder vindt men dezelfde eigenschappen bij bloed, dat door vliezen gediffundeerd, verdund is, dat derhalve ook niets van het stroma der bloedligchaampjes bevat [en bij bloed dat zeer oud is en in ontbindingstoestand zich bevindt, VAN DEEN]. — Met deze ervaringen laat zich zeer goed overeenbrengen de bestemming van het bloed, om de aan de dampkringslucht ontnomen zuurstof op de oxydeerbare bestanddeelen des ligchaams over te brengen.

2. Koolzuur komt in het slagaderlijk bloed (SETSCHENOW) gemiddeld ten bedrage van 30, in het aderlijke bloed van rustende spieren (SCZELKOW) in eene hoeveelheid van 35 procent in volume voor. Blijkens absorptieproeven is ook hier een gedeelte scheikundig gebonden (dat derhalve aan de wet van DALTON gehoorzaamt), een ander, verreweg het kleinste gedeelte, is slechts geabsorbeerd; dit laatste is veel grooter dan het overeenkomstige gedeelte zuurstof (omdat, gelijk men weet, koolzuur in eene veel grootere hoeveelheid door water wordt geabsorbeerd). Daar evenwel eenvoudig serum zich tegenover koolzuur volkomen op dezelfde wijze verhoudt als het bloed in zijn geheel, zoo moet het scheikundig gebonden gedeelte van het koolzuur niet in de bloedligchaampjes, maar, tegelijk met het geabsorbeerde gedeelte, in het serum gezocht worden. Het bestanddeel van de wei, waaraan een gedeelte van het koolzuur gebonden is, is het phosphorzure natron ($2NaO.HO.PO_5$) (FERNET).

Ook het koolzure natron van het serum kan (bij absorptieproeven) koolzuur (tot den vorm van dubbelkoolzure zouten) binden; intusschen bevat het natuurlijke bloed geen dubbelkoolzure natron.

3. Stikstof komt in het bloed voor ten bedrage van nagenoeg 1—2 procenten in volume. Ook zij is misschien voor een klein gedeelte scheikundig gebonden, en wel in de bloedligchaampjes (FERNET, SETSCHENOW).

Soorten van bloed.

De zamenstelling van het bloed is niet overal in het ligchaam gelijk. Het voornaamste onderscheid vindt men bij het slagaderlijke bloed (in de slagaderen van den grooten bloedsomloop, het linker hart en de longaderen) en het aderlijke (in de aderen van den grooten bloedsomloop, het regter hart en de longslagaderen), en wèl hoofdzakelijk in het gasgehalte en in de kleur. Het slagaderlijke bloed bevat meer zuurstof (daarentegen minder koolzuur) dan het aderlijke en heeft eene helderder (schar-

laken roode) kleur; buitendien bezit het geen dichroïsme, zooals bij het laatste wel het geval is. Het verschil van kleur staat in een naauw verband met dat van het zuurstofgehalte; want door schudden met zuurstof (of dampkringslucht) wordt donker bloed licht rood, door schudden met andere gassoorten (kooloxydegas uitgezonderd, zie bladz. 43) het lichtroode donker.

Buitendien bezit het slagaderbloed — volgens sommigen — meer water, vezelstof, zouten, suiker en extractiefstoffen, daarentegen minder bloedligchaampjes en minder pisstof dan het aderlijke. Zijne temperatuur is gemiddeld 1°C hooger. — De oorzaak van de werking der gassen op de kleur van het bloed ligt grootendeels in de verandering, die de bloedligchaampjes in hun vorm ondergaan. Zoo zouden zij door binding van zuurstof zamenschrompelen en meer hol worden, daarentegen door onttrekking van zuurstof (het laten doorstroomen van koolzuur enz.) opzwellen (HARLESS); in overeenstemming hiermede moeten zij in het eerste geval als een sterke holle spiegel, het licht met meer geconcentreerde stralen terugkaatsen, in het laatste meer verspreiden. Althans de toevoeging van zouten maakt het bloed op deze wijze (bladz. 37) lichter, de toevoeging van water in tegendeel donkerder. Intusschen werken de gassen ook onafhankelijk van den vorm der bloedligchaampjes op de kleurstof alleen (b. v. als men gene door toevoeging van water heeft vernietigd) op dezelfde wijze. De opheffing van het dichroïsme door zuurstof (bladz. 37) pleit ook voor eene regtstreeksche inwerking van de gassen op de kleurstof. — Bevat buitendien het slagaderlijke bloed minder bloedligchaampjes, dan bezit het ook als gevolg daarvan eene minder gesatureerde kleur.

Hoeveelheid bloed.

De hoeveelheid bloed in het menschelijke ligchaam is niet naauwkeurig bekend; zij bedraagt ongeveer $^1/_{13}$ (BISCHOFF), bij pasgeborenen $^1/_{19}$ (WELCKER) van het ligchaamsgewigt.

De meest bekende methoden voor het bepalen van de hoeveelheid bloed zijn de volgende: 1. Men kan het bloedquantum berekenen uit de verdunning, welke eene bekende, ingespoten hoeveelheid water in de geheele bloedmassa tot stand brengt; men bepaalt de verdunning door vergelijking van het watergehalte van twee bloedproeven, die men onmiddellijk voor, en eenigen tijd na de inspuiting van water heeft genomen (VALENTIN); (deze methode leidt tot verkeerde uitkomsten, omdat het water zich niet gelijkmatig met de geheele bloedmassa vermengt, en omdat het verdunde bloed terstond met de weefsels in diffusie geraakt, dus water (en wel door de nieren) afgeeft en vaste stoffen opneemt). 2. Men bepaalt de vaste bestanddeelen van de geheele bloedmassa, die men verkrijgt door bij een onthoofd mensch het bloed te laten uitloopen en het overschot dat in de vaten overgebleven is, met water uit te spuiten (en wel zóó lang als het afvloeijende water nog rood is gekleurd); uit het vaste overblijfsel kan men het bloedquantum berekenen, als men vooraf in eene niet verdunde bloedproef het gehalte aan vaste bestanddeelen bepaald heeft (ED. WEBER); (deze methode is onnaauwkeurig, omdat men onmogelijk al het bloed uit de vaten kan spuiten). — 3. Men verdunt de geheele bloedmassa (die men op dezelfde wijze als bij 2. verzamelt en buitendien nog door uitloogen van het geheele ligchaam) zoo lang met water, tot dat zij volkomen dezelfde kleur heeft, als een specimen bloed, dat men vooraf uit het ligchaam genomen, vervolgens gemeten en met eene gemeten hoeveelheid water verdund heeft; nu kan men het bloedquantum gemakkelijk berekenen uit de massa water die voor de verdunning gebruikt is (WELCKER, HEIDENHAIN); (deze methode heeft het gebrek, dat niet alle soorten van bloed dezelfde kleurende kracht bezitten; zij is intusschen het meest voor verdere volmaking vatbaar).

II. De beweging van het bloed.

Het bloed beweegt zich voortdurend met eene groote snelheid door alle deelen des ligchaams langs wegen, die door het vaatstelsel worden aangewezen en die het nergens verlaat. Alle uitgaven van stoffen hebben derhalve door de wanden der gesloten buizen plaats; op ééne enkele uitzondering na (het naar binnen stroomen van de lympha) geschieden de ontvangsten op dezelfde wijze. Tot deze wisseling van stof zijn evenwel alleen die deelen van het vaatstelsel geschikt, welke de dunste wanden hebben, de haarvaten of capillairen. Daar het vaatstelsel een volkomen gesloten geheel vormt en de beweging des bloeds altijd in dezelfde rigting plaats heeft, zoo moet deze altijd in den vorm van een cirkel geschieden, waarom men haar dan ook circulatie, bloedsomloop heeft genoemd.

Men kan zich daarom het vaatstelsel voorstellen als eene cirkelvormige buis, die op velerlei wijzen vertakt, doch overal gesloten is; de plaatsen van de buis, waar de vertakking den kleinsten diameter heeft, beantwoorden aan de stelsels van haarvaten. Slechts op twee plaatsen is de buis niet vertakt: de aorta en de longslagader, elk met de haar toebehoorende helft van het hart; van elk dezer plaatsen kan men niet dan door een capillair stelsel in de andere komen. Er bestaan bij gevolg twee hoofdstelsels van haarvaten: de longhaarvaten en de haarvaten van den grooten bloedsomloop (zie beneden); elk bloeddeeltje moet deze beide stelsels bij elke circulatie eenmaal doorloopen. Het voornaamste onderscheid tusschen deze beide stelsels van haarvaten ligt in de gaswisseling van het bloed (zie Hoofdstuk III); in de longhaarvaten neemt het bloed zuurstof op en geeft koolzuur af; in de capillairen van den grooten bloedsomloop heeft het omgekeerde plaats. Het bloed is derhalve op zijn geheelen weg van de longhaarvaten tot die van den grooten bloedsomloop rijk aan zuurstof, derhalve lichtrood (bladz. 44) of slagaderlijk, omgekeerd op zijn weg van de haarvaten van den grooten bloedsomloop tot die van de longen arm aan zuurstof en rijk aan koolzuur, derhalve donkerrood of aderlijk. De geheele bloedsomloop wordt derhalve verdeeld in eene slagaderlijke en eene aderlijke helft.

Daar waar de beide onvertakte gedeelten van het vaatstelsel ontspringen (de eene in de slagaderlijke, de andere in de aderlijke helft) zijn de voornaamste drijfwerken in den vorm van twee zamentrekbare, met kleppen voorziene buizen geplaatst, de beide helften van het hart, en wel de linker aan de slagaderlijke zijde (oorsprong van de aorta), de regter aan de aderlijke (oorsprong van de longslagader).

Van het hart uitgaande, noemt men nu elke vaatvertakking, die bloed naar een stelsel van haarvaten heen voert een slagaderstelsel, en elke vaatvertakking, die bloed uit een stelsel van haarvaten afvoert, een aderstelsel. Er bestaan derhalve twee slagader-, en twee aderstelsels. Het slagaderstelsel van den grooten bloedsomloop (aortastelsel) brengt slagaderlijk bloed uit het linker hart in de haarvaten van den grooten bloedsomloop, het aderstelsel van den grooten bloedsomloop leidt het aldaar aderlijk geworden bloed in het regter hart, van daar brengt het stelsel der longslagaderen het aderlijke bloed in de haarvaten van de long, en het stelsel van longaderen het aldaar slagaderlijk geworden bloed in het linker hart.

Vermits bij de vaatverdeelingen bijna altijd de som van de dwarssneden der takken grooter is dan die van den stam, zoo neemt de geheele dwarssnede van het vaatstelsel in het algemeen met de vertakking toe, zoo dat zij het kleinst is aan de beide onvertakte plaatsen (aorta en art. pulmonalis), het grootst in de capillaire deelen. De vaatbuizen, met name de slagaderen, bezitten eene zeer volkomen elasticiteit.

Ofschoon de geheele bloedbeweging één circulatie is, wordt toch dikwijls te onregte dat gedeelte, dat zich van het linker hart door de capillairen van den grooten bloedsomloop tot aan het regter hart uitstrekt met den naam van grooten bloedsomloop, het andere met dien van kleinen bloedsomloop bestempeld. — Een gedeelte van het aderbloed des ligchaams, namelijk dat uit de haarvaten van den darm en de milt komt, vereenigt zich in een aderstam (poortader), die niet zoo op zich zelf naar het regter hart gaat, maar zich eerst in een tweede stelsel van haarvaten in de lever, als eene slagader, vertakt; eerst uit deze komt het bloed in de aderen, die regtstreeks naar het hart leiden; ook dit gedeelte van het vaatstelsel wordt onjuist poortadercirculatie genoemd.

Onder de bewegende krachten, die den bloedsomloop tot stand brengen, staat de beweging van het hart bovenaan; alvorens derhalve die krachten nader in haar verband te beschouwen, moeten wij eenige belangrijke bijzonderheden aangaande het hart laten voorafgaan.

De beweging van het hart.

Het hart bestaat uit twee spierachtige holle organen, die volkomen van elkander gescheiden en op gelijke wijze gebouwd zijn. Door rhythmische zamentrekkingen en inrigtingen, die als veiligheidskleppen werken, beweegt het zijn inhoud, in eene bepaalde rigting — door zich heen. De regter helft is in de aderlijke, de linker in de slagaderlijke afdeeling van den bloedsomloop geplaatst; de eerste bevat dus alleen donkerrood, de laatste alleen lichtrood bloed (bladz. 45); de

eerste brengt het uit het ligchaam komende bloed door de holle aderen in de longslagader, deze het bloed, dat uit de longen door de longaderen terugkeert, in de aorta. Elke helft van het hart bestaat uit een boezem met dunne wanden, die het instroomende bloed het eerst opneemt, en eene kamer met een dikken wand, die het in de slagader perst.

De spiervezels, waaruit het grootste gedeelte van den hartwand bestaat, zijn, ofschoon aan den wil geheel onttrokken, dwarsgestreept en, afwijkende van bijna alle anderen, vertakt en onderling netsgewijze zamenhangende. Zij vormen verscheidene, op verschillende wijzen verloopende, gedeeltelijk als spiralen gekronkelde lagen; die van de kamers ontspringen uit de vezelkraakbeenige ringen aan de grenzen van de boezems en hechten zich gedeeltelijk op dezelfde plaats weder vast, doch zijn ook gedeeltelijk *), nadat zij zich in de mm. papillares hebben omgeslagen, aan de chordae tendineae van de klapvliezen bevestigd. De spieren der boezems zijn volkomen gescheiden van die der kamers; daarentegen gaan veel vezels van de eene helft van het hart naar de andere over.

Het hart der zoogdieren en vogels verschilt niet van dat van den mensch. Bij de geschubde amphibiën staan beide kamers met elkander in gemeenschap, bij de naakten bestaat er over het algemeen slechts één kamer; bij de eersten ontspringt de aorta en longslagader uit de gemeenschappelijke kamerruimte, bij de naakte amphibiën ontspringt slechts een vat uit de kamer, dat zoowel het ligchaam als de longen met bloed voorziet. Het hart van de visschen en van de larven der batrachiën komt over 't algemeen slechts overeen met de regter helft van het menschelijke hart (eene kamer en een boezem); in de slagaderlijke helft van den bloedsomloop is geen hart ingelascht, zoodat de kieuwaderen regtstreeks in de aorta overgaan. — Bij de ongewervelde dieren, die meestal geen afgesloten vaatstelsel bezitten, wordt een eigenlijk hart met kamers en boezems slechts bij enkele afdeelingen aangetroffen, bij anderen bestaat eenvoudig eene opene buis, die met kleppen voorzien is (b. v. het rugvat der insecten); anderen hebben hoegenaamd niets van dien aard.

De rhythmische bewegingen van het hart bestaan in eene afwisselende zamentrekking der boezems en kamers. De beide helften van het hart werken volkomen evenwijdig en gelijktijdig. Tijdens de zamentrekking (systole) van de boezems heeft de verslapping (diastole) van de kamers plaats en omgekeerd; de systole van de kamers volgt onmiddellijk op die van de boezems; daarentegen volgt op de systole der kamers een kort tijdperk van rust, tot dat de eerstvolgende systole der boezems weder begint; wijders duurt de systole van de boezems korter dan die van de kamers.

Het hart en de groote vaten liggen binnen de borstkas in eene ruimte, welke de longen, die buiten haar natuurlijk volume zijn uitgezet (zie Hoofdstuk III), gestadig trachten te vergrooten. Het hart en de groote vaten staan derhalve onder eene negatieve drukking, d. i. hunne wanden, met name de meer veêrkrachtige van de boezems en van de aderstammen, worden uit elkander getrokken. De boezems moeten derhalve, zoodra zij verslapt zijn, altijd door opzuiging uit de aderen met

*) [Over den oorsprong en de aanhechtings-plaatsen der spieren van het hart, zie DONDERS, Physiologie übersetzt von THEILE, 1859, § 7].

bloed gevuld worden. Maar ook de verslapte kamers worden door dezelfde omstandigheid met bloed gevuld, terwijl deze vulling nog begunstigd wordt door eene zekere actieve uitzetting (de zoogen. „zelfregeling *)," zie beneden). In het korte tijdperk van rust tusschen het einde van de kamersystole en het begin van de boezemsystole, tijdens welke, volgens het hierboven medegedeelde, het geheele hart verslapt is, moeten derhalve zoowel de boezems als de kamers met bloed gevuld zijn.

De na elke pause tot stand komende zamentrekking der boezems begint aan de spierachtige inmondingen der aderen, zij vernaauwt in de eerste plaats deze laatsten, en vervolgens de geheele holte van den boezem. De drukking, die daardoor op den inhoud wordt uitgeoefend, moet het grootste gedeelte daarvan in de — wel is waar reeds gevulde, maar nog voor uitzetting vatbare — kamers ontlasten; want de terugkeer naar de aderen is haar gedeeltelijk door die vernaauwing van hare inmondingen, deels door eene regtstreeksche sluiting van klapvliezen (venae coronariae en onderste holle ader), gedeeltelijk door verwijderde klapvliezen der aderen in de bovenste holle aderen afgesloten of moeijelijk gemaakt †). De kamers zullen zich derhalve zoo ver met bloed vullen, tot dat hare spanning grooter is geworden dan die der boezems, welke tegen het einde van hunne systole allengs een weinig verslappen. Is dit oogenblik gekomen, dan sluiten zich de „aderlijke" klapvliezen aan de grens van kamer en boezem (atrioventriculaire klapvliezen).

Deze klapvliezen (waarvan regts de tricuspidalis, aan de linkerzijde de bicuspidalis of mitralis geplaatst is) bestaan uit 3, resp. 2 vliezige platen, die met eene breede grondvlakte aan de wanden van de grensopening zijn vastgehecht, en met hare vrije randen door de chordae tendineae aan de mm. papillares. In de rust hangen zij slap in de kamers naar beneden. Zoodra echter in de kamer eene hoogere drukking bestaat dan in den boezem, alsdan worden zij door den teruggaanden stroom naar boven gedreven, ontplooid, en daar zij door de chordae verhinderd worden, in den boezem om te slaan, zoo worden hare binnenste randen tegen elkander gedrukt, waardoor eene volkomene sluiting tot stand komt.

Onmiddellijk nadat de aderlijke klapvliezen zich sluiten, begint de systole der kamers. De sluiting der klapvliezen wordt door de gelijktijdige zamentrekking der tepelvormige spieren nog versterkt, en de zamentrekking van de kamers perst nu hun geheelen inhoud met groote kracht in de slagaderen (aorta en

*) [Deze „zelfregeling" zoude berusten op het gesloten worden der uitmondingen van de a. a. coronariae tijdens de kamersystole; deze sluiting wordt echter — en teregt — door velen niet aangenomen — zie hierachter].

†) [Het terugstroomen van het bloed naar de aderen wordt voorkomen door de wijze, op welke de boezems zich zamentrekken, niet door de klapvliezen, (zoo als HERMANN zegt); want ten eersten, — wat het linker atrium betreft, hebben de venae pulmonales geene klapvliezen, en ten tweede kan in den regter boezem de valvula Eustachii, — alleen bij het embryo van grooten invloed, — de vena cava inferior niet sluiten; zoodanigen invloed heeft ook de valvula Thebesii niet volkomen op de uitmonding van de vena coronaria, en de vena cava superior bezit geene klapvliezen, evenmin als eenige tak, waaruit ze is zamengesteld, met uitzondering van de vena jugularis communis].

art. pulmonalis). Zoodra de systole ophoudt, sluit de hooge drukking de halvemaansgewijze klapvliezen, die aan den oorsprong der slagaderen zijn geplaatst, zoodat eene terugstrooming van het bloed naar de verslapte kamers onmogelijk is. Na een kort tijdperk van rust, gedurende hetwelk (zooals boven is gezegd) de kamers met den inhoud der boezems gevuld worden, begint het spel op nieuw met de systole van de boezems.

De halvemaansgewijze klapvliezen zijn drie wagenzakvormige vliezen, welke aan den omtrek van den oorprong der slagaderen aan elke zijde zijn vastgehecht. Terwijl het bloed in de slagaderen binnenstroomt, worden zij tegen de slagaderwanden aangedrukt. Zoodra echter de drukking in de slagaderen grooter wordt dan in de kamers, slaan zij naar beneden om en stooten met hunne randen tegen elkander, welke in dien toestand eene ster met drie stralen vormen. In deze ligging sluiten zij de kamers volkomen af.

De arteriae coronariae, die de hartzelfstandigheid met bloed voorzien, ontspringen meestal zoo diep uit de aorta (in de Sinus Valsalvae), dat hare openingen bedekt worden door de klapvliezen, die tegen den wand aanliggen; (evenwel schijnt eene volkomene sluiting nooit tot stand te komen, omdat de klapvliezen zich niet vast tegen den aortawand aansluiten, RÜDINGER). Tijdens de systole van de kamers stroomt dus weinig of geen bloed daarin, doch zij worden wèl gevuld gedurende de diastole onder de hooge drukking, die alsdan aan den oorsprong van de aorta bestaat. De kamerwanden verkrijgen derhalve hun slagaderlijk bloed niet terwijl zij zamengetrokken zijn, maar eerst op het oogenblik der verslapping; alsdan treedt het zonder moeite naar binnen en bewerkt het te gelijker tijd eene zelfstandige uitzettting door de zwelling der wanden, waardoor het instroomen van het bloed onder de diastole begunstigd wordt (zie boven). Deze inrigting, die overigens van vele zijden (met name door HYRTL) bestreden is, is de zelfregeling, de zoogen. „Selbststeuerung" van het hart (BRÜCKE).

Uit hetgeen wij hierboven over de systole van de boezems gezegd hebben volgt, dat zich waarschijnlijk nooit al het bloed daaruit ontlast, en dat altijd een kleine teruggaande stoot in de aderen moet plaats hebben, welke echter buiten de borstkas slechts zelden (als aderpols) te bespeuren is. De beteekenis van de boezems is hierin gelegen, dat zij de vulling van de kamers onafhankelijk maken van de op dit oogenblik bestaande spanning in het aderstelsel, en dat zij het sluiten van de atrio-ventriculaire klapvliezen te weeg brengen (LUDWIG). Verder zou, ingeval er geen boezems bestonden, op het oogenblik van de diastole der kamers zich eene plotselinge vermindering van drukking ver naar achter in het aderstelsel uitstrekken; doch door de omstandigheid, dat het uiteinde van het aderstelsel (de boezem) op het oogenblik van de diastole der kamer een kleiner lumen verkrijgt, blijft de drukking in het aderstelsel nagenoeg standvastig. De boezems werken derhalve ook als regulatoren voor de bloedbeweging in de aderen.

De vorm van het verslapte hart (naauwkeuriger gezegd:

van de beide kamers) is in het algemeen eene soort van scheeven kegel, waarvan de basis (eene dwarssnede door de grens van boezems en kamers) eene ellips is. Door de systole (van de kamers) verandert de kegel in dier voege, dat de basis ronder wordt, en de vroeger schuinsche as een loodregten stand verkrijgt, zoodat een regte kegel ontstaat. Deze vormverandering gaat gepaard met eene draaijing om eene (de dwarse) as en, ten gevolge van de eigenaardige ligging van het hart in de borstkas, met eene meer regtstandige ligging van de punt van het hart; de laatstgenoemde slaat daarbij tegen den wand der borstkas aan (LUDWIG). Het slaan van de punt van het hart tegen den wand van de borstkas kan wijders veroorzaakt worden door den zoogen. „reactiestoot," waaraan elk bewegelijk ligchaam, waaruit eene vloeistof in de eene of andere rigting naar buiten stroomt, in eene tegenovergestelde rigting is blootgesteld (GUTBROD, SKODA). Van beide momenten heeft men gebruik gemaakt ter verklaring van den hartstoot of stoot van de punt van het hart, dien men tusschen de 5de en 6de rib, een weinig binnen de loodlijn, welke men door den borsttepel heeft getrokken, voelt en ziet. Treft de stoot juist eene rib, alsdan ziet men niet meer dan eene ligte schudding van den omtrek.

Aan het blootgelegde hart zoowel als aan de borstkas in de hartstreek hoort men met het ongewapende oor of met het stethoskoop twee spoedig op elkander volgende toonen, de „harttoonen." De eerste (systolische) is dof en duurt even lang als de systole van de kamers; hij wordt veroorzaakt door de trillingen van de gespannen atrio-ventriculaire klapvliezen [volgens sommigen door de spierzamentrekking van het hart]. Hij wordt onmiddellijk gevolgd door den tweeden (diastolischen) toon, die derhalve zamenvalt met het begin van de diastole der kamers. Korter en helderder, is hij het gevolg van de plotselinge sluiting der halvemaansgewijze klapvliezen.

Vrijmaking en Rhythmus van de hartbewegingen *).

Als men het hart uit het ligchaam heeft verwijderd, dan klopt het nog gedurende eenigen tijd, bij koudbloedige dieren nog dagen lang. Zijne bewegingen moeten bij gevolg, althans gedeeltelijk, vrij gemaakt worden door inrigtingen, die in zijn eigen zelfstandigheid zijn gelegen; men vermoedt met groote waarschijnlijkheid, dat deze gelegen zijn in de (onderling zamen-

*) Voor eene juiste opvatting der zaak is het goed bij de hoofdprocessen van de stofwisseling tegelijker tijd over de invloeden van het zenuwstelsel te spreken, ofschoon bij deze anticipatie begrippen moeten gebezigd worden, die eerst in de derde afdeeling verklaard worden.

hangende) gangliëncellen, die in de spierzelfstandigheid van het hart, met name in het septum atriorum en in de grens tusschen boezems en kamers, zijn gelegen (REMAK en ROSENBERG). Althans een gedeelte van deze gangliën moet automatisch rhythmische zamentrekkingen van het hart vrij maken, en ook de opeenvolgende rigting der zamentrekkingen (van de boezems tot de kamers) moet gegrond zijn op hunne rangschikking en verbinding. Men kan in een rustend, maar nog voor opwekking vatbaar hart door verschillende prikkels, die op de hartzelfstandigheid werken (werktuigelijke, thermische, scheikundige, elektrische prikkels) langs den weg van reflexie ééne of meer geregelde zamentrekkingen van de afdeelingen van het hart te voorschijn roepen; dit heeft gemakkelijker plaats als men van de inwendige, dan wanneer men van de uitwendige oppervlakte van het hart uitgaat. De aanwezigheid van zuurstofhoudend bloed in de haarvaten van het hart schijnt zoowel eene voorwaarde te zijn voor de automatische, als voor de door reflexie opgewekte werkzaamheid der hartgangliën (LUDWIG, VOLKMANN, GOLTS). Intusschen zijn de eigenlijke oorzaken van de rhythmische automatie ten eenenmale onbekend *).

Ook fragmenten van de hartspier, die geen gangliën bezitten, kunnen, gelijk elk ander stuk van eene spier, door regtstreeksche prikkeling zamengetrokken worden. — Niet alle gangliëncellen van het hart hebben de hierboven besproken automatisch-rhythmische functie, zooals de (meestal aan harten van kikvorschen genomen) isolatieproeven hebben geleerd, waardoor men de afzonderlijke gangliëngroepen van elkander kan isoleren en hare werking afzonderlijk leeren kennen (BIDDER, STANNIUS, HEIDENHAIN, v. BEZOLD e. a.) De belangrijkste resultaten van deze proeven zijn: het isoleren van de bovenste gangliën der boezems, (in den adersinus van den kikvorsch) door afsnijding of onderbinding veroorzaakt een stilstand van het hart (die, als men den prikkel der lucht afsluit, aanhoudend is, GOLTZ), terwijl de geïsoleerde sinus blijft voortkloppen. [Deze proef gelukt ook, als men de prikkelbaarheid van den vagus door curare-vergiftiging geheel vernietigt, CZERMAK]. Worden nu de hartboezems van de kamer gescheiden, dan blijven gene in rust, terwijl deze weder begint te kloppen. Men heeft daarom twee soorten van gangliën van het hart onderscheiden: rhythmisch-automatische (die bij voorkeur in den adersinus en in de kamers worden aangetroffen) en zulke die de beweging stuiten (voornamelijk in de hartboezems). De laatsten zouden de rhythmisch-motorische krachten van de kamer op zich zelf kunnen onderdrukken, doch moeten onderdoen voor de som van beide rhythmische organen. —

*) [VAN DEEN heeft aangetoond, dat in onthoofde en met strychnine vergiftigde kikvorschen tetanische bewegingen ontstaan, ook zonder dat het dier op eenige wijze geprikkeld wordt. Hij leidde daaruit af, dat de verschillende automatische bewegingen tot stand komen door den invloed van de verschillende bestanddeelen van het bloed op de zenuw-centra.

L. TRAUBE heeft in den laatsten tijd op grond van door hem genomene proeven beweerd, dat de opwekkende werking van het hart afhangt: van den invloed van de CO^2, op het musculo-motorische zenuwsysteem, (dus op de 3 door BEZOLD aangewezene centra voor de hartbeweging, — zie hierachter); — 2, van den meerderen of minderen tegenstand, dien de hartspieren aan het muscolomotorische systeem in den weg leggen; — deze tegenstand staat in omgekeerde verhouding tot het zuurstofgehalte der hartspieren; — en 3, van de prikkelbaarheid van het regulatorische systeem; die in regtstreeksche verhouding staat tot de zuurstof van de medulla oblongata. De CO^2 van het veneuse bloed is een prikkel voor de hartbeweging. Deze beweging is des te krachtiger en menigvuldiger hoe meer zuurstof in de hartspieren aanwezig is, en hoe minder in de medulla oblongata. — Indien deze stellingen van TRAUBE waar zijn, en voorshands hebben wij geene redenen om daaraan te twijfelen, dan zijn ze van het allergrootst gewigt, niet alleen voor de leer der physiologie, maar ook voor die der pathologie van het hart].

Men heeft in den laatsten tijd de automatie van de hartgangliën als onnoodig willen wegcijferen, door de voorstelling, dat het zuurstofhoudend bloed in de wanden van het hart opwekkend op de gangliën werkt (GOLTZ), terwijl tot nu toe het laatste eenvoudig als voorwaarde voor de opwekbaarheid van de hartgangliën, gelijk over het algemeen van alle zenuwtoestellen (zie de 3de afdeeling) beschouwd werd. De inmondingsplaatsen der aderen (sinus bij het hart van kikvorschen) bezitten de meest opwekbare gangliën; zijn deze eens opgewekt, alsdan zou zich de opwekking even als bij peristaltische bewegingen, werktuigelijk of door zenuwverbinding op de naburige gangliën voortplanten. Doch de rhythmus van de opwekking wordt daardoor verklaard, dat op elke plaats door de zamentrekking, die op de opwekking volgt, de prikkel zelf, namelijk het bloed, een tijdlang verwijderd wordt. De normale prikkel zou door een anderen, b. v. door dampkringslucht, volkomen vervangen kunnen worden: daardoor zou het uitgesneden hart in de lucht blijven voortkloppen. Indien echter elke prikkel van het geheele hart of alleen van den sinus wordt afgesloten (b. v. wanneer men het hart, waaruit men door uitpersing al het bloed heeft verwijderd, onder olie brengt, vooral na isolering van den sinus), alsdan staat het hart stil. Wijders zou de rhythmische beweging ophouden, wanneer men de vrije bewegelijkheid van het bloed in het hart verhindert (door zamensnoering). — De belemmerende werking van den vagus (zie beneden) moet dientengevolge als eene vermindering van de opwekbaarheid in de gangliën van het hart, inzonderheid van den sinus, beschouwd worden.

De bewegingen van het hart staan wijders onder den invloed van de zenuwen, die van buiten af naar het hart loopen (van den plexus cardiacus), en deels van den vagus, deels van den sympathicus afkomstig zijn. De vezels die in den vagus verloopen hebben het vermogen, als zij aanhoudend (werktuigelijk, scheikundig of elektrisch) geprikkeld worden, de veelvuldigheid der zamentrekkingen van het hart te verminderen en bij sterker prikkeling een stilstand van het geheele hart in het tijdperk van de diastole te weeg te brengen (BUDGE, ED. WEBER). Bij zoogdieren (en den mensch) bestaat zulk een prikkeling, die van den oorsprong van den vagus in het verlengde merg uitgaat, tijdens het geheele leven; want eene doorsnijding van de vagi vermeerdert plotseling de veelvuldigheid der hartbewegingen.

Het is geen vereischte, dat de aanhoudende prikkeling van den vagus in den gewonen tetanischen vorm plaats hebbe, om de belemmerende werking op het hart uit te oefenen, maar daartoe is eene opwekking voldoende, die in een matig snellen rhythmus plaats heeft (v. BEZOLD); men kan zich derhalve in die gevallen, waarin eene automatische opwekking van het centrum van den vagus in het verlengde merg plaats heeft, deze als eene „rhythmische" in plaats van eene „tonische" opwekking voorstellen. — Tijdens den stilstand, die door prikkeling van den vagus ontstaat, maakt elke regtstreeksche prikkeling van het hart eene plaatselijke zamentrekking vrij. — De vagus behoort met betrekking tot zijne werking op het hart tot de zoogen. „regulatorische" of „belemmeringszenuwen" (Hemmungsnerven) (zie hierover het 11de hoofdstuk).

Wij weten nog weinig met zekerheid van de werking der sympathische vezels op het hart. Volgens proefnemingen zou bij zoogdieren (konijn) door het halsgedeelte van den sym-

pathicus tonisch eene bespoedigende werking op het hart worden uitgeoefend. Doorsnijding daarvan vertraagt in de meeste gevallen den hartslag, prikkeling van het onderste gedeelte bespoedigt dien. In de gevallen, waarin deze werkingen niet tot stand kwamen, was de veelvuldigheid der hartbewegingen reeds vooraf zeer groot (v. BEZOLD). Aangaande het middenpunt van dien tonus is niets bekend *).

De gemiddelde veelvuldigheid der hartbewegingen is bij het foetus het grootst (184 in eene minuut), daalt tot het 21ste jaar (72) en klimt weder een weinig in den hoogen leeftijd (79 in het 80ste jaar). — De wezenlijke rhythmus der hartbewegingen is hoogst ongelijk; vooral werken gemoedsbewegingen daarop zeer duidelijk (waarschijnlijk door tusschenkomst van de nn. vagi). Onder de overige invloeden zijn de voornaamste: versnellende: eene verhoogde temperatuur van den omtrek, spierbewegingen, eene opgerigte houding, (ook passief zonder spierinspanning), de spijsvertering na den maaltijd, het gebruik van alkoholische dranken; — vertragende: koude, rust, eene horizontale ligging, vasten, dranken die rijk zijn aan koolzuur. Buitendien is de rhythmus der hartbewegingen bij het vrouwelijk geslacht en bij kleine personen sneller dan bij mannen en lange personen. Eindelijk bestaat er eene zekere afhankelijkheid der veelvuldigheid van de tijden van den dag (onafhankelijk van voedsel en beweging), die echter nog niet voldoende geconstateerd is.

Zeer veel geneesmiddelen en vergiften hebben invloed op de veelvuldigheid, deels door inwerking op het verlengde merg (door tusschenkomst van den vagus), deels door regtstreeksche werking op het hart (of zijne sympathische centraalorganen).

De beweging van het bloed in de vaten.

Hare oorzaken.

Indien men zich in het met bloed gevulde vaatstelsel elke impulsie tot beweging weg denkt, dan is het bloed overal aan eene gelijkmatige drukking blootgesteld, die een weinig grooter is dan wanneer zij eenvoudig het gevolg was

*) [Volgens de laatste onderzoekingen van BEZOLD bestaat er een opwekkend centraal zenuwsysteem, voor het hart in de medulla oblongata; van daar gaan zenuwvezels naar het halsgedeelte en vervolgens door het geheele ruggemerg heen. Deze zenuwvezels verlaten het ruggemerg weder op verschillende plaatsen; gaan door de foramina intervertebralia in de grensstreng van den nervus sympathicus over, en van hier naar het hart, waarop zij eene sterke inciterende werking uitoefenen.

De normale werkzaamheid van het hart heeft volgens hem drie bronnen: 1.) in het zenuwsysteem van het hart zelve, 2.) in de medulla oblongata en 3.) in den nervus sympathicus van den hals.

Wat de merkwaardige ontdekking van een zenuwcentrum in de medulla oblongata voor het hart betreft, zoo heeft BEZOLD die door veelvuldige proeven bewezen en wordt deze zaak ook ondersteund door proeven van MOLESCHOTT, reeds vroeger genomen, dat namelijk eene vermeerdering van de hartbeweging waargenomen wordt door elektrische prikkeling van het centraaleinde van den nervus vagus].

van de zwaartekracht, — een bewijs, dat het gezamenlijke volume van het bloed grooter is dan het natuurlijke lumen van het vaatstelsel (BRUNNER). Wordt nu in zulk een stelsel plotseling de spanning op twee plaatsen ongelijk gemaakt, dan moet er terstond eene strooming ontstaan van die plaats waar de spanning het sterkst is naar die waar zij zwakker is. Deze gelijkmaking van spanning heeft des te sneller plaats, en de stroomsnelheid is derhalve des te grooter, naarmate de weêrstand geringer is, die haar tegenwerkt. Gedurende de gelijkmaking moet derhalve elk oogenblik het nog bestaande overblijfsel van verschil in spanning des te grooter zijn, naarmate de weêrstand grooter is. Buitendien kan men gemakkelijk begrijpen, dat onder overigens gelijke omstandigheden de stroomsnelheid met het verschil in spanning toeneemt.

De volgende krachten veranderen nu het evenwigt in spanning van het vaatstelsel en brengen daardoor den bloedsomloop tot stand:

1. De beweging van het hart. De eerste systole (wanneer men zich het stelsel vooraf in rust denkt) stuwt eene bepaalde hoeveelheid bloed (den inhoud van de linker kamer, zie beneden), die kort te voren in het aderstelsel stroomde, in het veêrkrachtige slagaderstelsel, verhoogt derhalve de spanning daarin. De verhoogde spanning moest dadelijk door de capillairen heen in evenwigt gesteld worden met de verminderde spanning in het aderstelsel, indien het bloed niet een grooten weêrstand ontmoette in de wrijving langs de wanden *) van de fijne vaattakken en inzonderheid van de capillairen; deze weêrstand vertraagt den doortogt door de haarvaten in die mate, dat de eerstvolgende systole nog plaats heeft voor dat de gelijkmaking voltooid is, derhalve eene verhoogde spanning in het slagaderstelsel aantreft. Bij elke volgende systole herhalen zich dezelfde omstandigheden; de overvulling van het slagaderstelsel, en derhalve de spanning van het bloed daarin door de uitzetting van de veêrkrachtige slagaderwanden, wordt bijgevolg gedurig grooter. Het toenemende verschil in spanning moet echter het bloed te gelijker tijd steeds sneller door de haarvaten drijven, en dit verschil zal ten laatste zoo groot worden, dat het in de

*) Naauwkeuriger uitgedrukt, moet de weêrstand van eene vloeistof, die door eene buis stroomt, voorondersteld dat zij, gelijk water of bloed, zich aan den wand vasthecht (dien nat maakt), niet gezocht worden in de wrijving langs de wanden, maar in de zoogen. „inwendige wrijving." De buitenste wandlaag van zulk eene vloeistof staat namelijk volkomen stil. Wanneer men zich nu de geheele massa in een oneindig aantal zeer dunne concentrische lagen ontleed voorstelt, dan zal de laag, die het digtst bij de onbewegelijke ligt langs deze moeten heenschuiven, en zoo verder elke volgende langs de naaste uitwendig gelegene. Elke dergelijke verschuiving wordt in de wrijving („inwendige wrijving") door een weêrstand tegengewerkt, die een gedeelte van de bewegende kracht doet wegsmelten, d. i. in warmte verandert; elke laag wordt dus in haren loop vertraagd en wèl moeten natuurlijk de buitenste lagen altijd meer vertraagd worden dan de binnenste, en die in de as gelegen zijn het minst. In de as is bij gevolg de snelheid het grootst. Evenzoo moet in naauwere buizen de vertraging van de axiale laag grooter zijn dan in wijdere.

tijdruimte tusschen twee systolen juist zooveel bloed door de haarvaten stuwt, als bij elke systole in het slagaderstelsel wordt uitgestort. Nu kan onder gelijkblijvende omstandigheden geen verhooging van spanning meer plaats hebben; het dan nog bestaande verschil in spanning tusschen het slagaderlijk en het aderlijk stelsel is blijvend; het brengt een onafgebroken stroom voort door de capillairen, die juist zooveel bloed door deze drijft, als het hart rhythmisch in de slagaderen ontlast. De rhythmische verplaatsing uit het aderstelsel in het slagaderlijke is bijgevolg veranderd in eene onafgebroken strooming uit het slagaderstelsel in het aderlijke door de haarvaten.

De inhoud van de linker kamer, derhalve de hoeveelheid bloed, die eene systole ontlast, bedraagt, volgens bepalingen langs verschillende wegen verkregen, 150—190 gram. Deze methoden zijn hoofdzakelijk de volgende: 1. (LEGALLOIS, COLIN). Men meet regtstreeks den inhoud van de kamer, door deze vóór de lijkverstijving met eene vloeistof te vullen, waarvan het soortelijk gewigt bekend is, en de kamer, vóór en na deze proef te wegen. Daar het onmogelijk is bij deze methode de normale spanning van het hart na te bootsen, zoo levert zij onbruikbare resultaten op. — 2. (VOLKMANN). Men berekent uit de snelheid van den bloedstroom in de aorta en uit hare dwarssnede, hoe groot de bloedkolom is, welke het hart in een bepaalden tijd langs een weg zoo groot als zijn eigen lengte voorstuwt, dus hoeveel het hart zelf in een bepaalden tijd ontlast; met hulp van de veelvuldigheid van den pols vindt men dat de door elke systole ontlaste hoeveelheid nagenoeg $^1/_{400}$ van het ligchaamsgewigt, derhalve, als men dit laatste op 75 k. grm. stelt, 187.5 grm. bedraagt. — 3. (VIERORDT). Wanneer men bekend is met de snelheid in de eene of andere totaaldwarssnede van het slagaderstelsel, met de grootte van dit laatste en eindelijk met de grootte van het ostium arteriosum sinistrum, dan kan men de gemiddelde snelheid in dit ostium, derhalve ook de in een bepaalden tijd door de linker kamer ontlaste hoeveelheid bloed eenvoudig berekenen volgens de wet, dat de snelheden van twee dwarssneden in eene omgekeerde reden staan van haren vlakteinhoud (zie beneden). — De hoeveelheid bloed, die de systole van de regter kamer in het slagaderstelsel van de longen drijft, moet volkomen gelijk zijn aan die van de linker, omdat door elke dwarssnede van het vaatstelsel in denzelfden tijd evenveel bloed stroomt en beide helften van het hart zich even dikwijls zamentrekken.

De hoegrootheid van het verschil in spanning (de drukking van het bloed) tusschen het slagader- en het aderstelsel kan men gemakkelijk opmaken uit de stevigheid van de gevulde slagaderen en de slapheid van de aderen; wijders uit de hoogte van den bloedstraal, welke uit geopende vaten naar buiten wordt gespoten: bij de aderen is deze hoogte zelden aanmerkelijk, terwijl daarentegen de slagaderen het bloed tot eene hoogte van verscheidene voeten uitspuiten.

Men kan de drukking van het bloed absoluut bepalen, als men het bloedvat zijdelings met een manometer in verbinding brengt. Men kan het bloed zelf als manometervocht bezigen, wanneer men het in eene loodregte buis laat klimmen en de hoogte der kolom meet (HALES). Met veel meer vrucht maakt men gebruik van den gewonen kwikmanometer, die alsdan „haematodynamometer" (POISEUILLE) wordt ge-

noemd. A priori volgt, dat de drukking van het bloed op eene en dezelfde plaats van het slagaderstelsel (de aanstonds optegeven afwijkingen daargelaten, die door de polsgolf worden veroorzaakt, — derhalve de gemiddelde drukking van het bloed van eene slagaderplaats) vermeerderen moet: 1. met den graad van vulling van het vaatstelsel over het algemeen, derhalve met de hoeveelheid bloed; 2. met de veelvuldigheid en hevigheid der zamentrekkingen van het hart, want hoe vaker het hart bloed uit de aderen in de slagaderen overpompt, en hoe grooter de hoeveelheid daarvan is, des te grooter moet, volgens hetgeen wij vroeger hebben gezegd, het standvastige verschil in spanning in het slagaderlijk- en aderlijk stelsel worden. — De spanning moet wijders in verschillende deelen van het slagaderlijk stelsel zelf eene ongelijke hoogte hebben. Daar elke weêrstand de gelijkmaking van het verschil in spanning vertraagt (blad. 53), zoo heeft de weêrstand, die elk stuk van eene slagader door de wrijving aan hare wanden biedt, een gelijksoortigen invloed op de spanningen in de afzonderlijke deelen van het slagaderstelsel, als de weêrstand van de haarvaten op de spanning in het slagaderlijk- en aderlijk stelsel. Stroomopwaarts van elken weêrstand moet de spanning standvastig grooter zijn dan stroomafwaarts. Hieruit volgt, dat de drukking van het bloed in het slagaderlijk stelsel in de rigting van de linker kamer naar de haarvaten in het algemeen standvastig kleiner wordt, dat die verminderingen het snelst tot stand komen op plaatsen waar de grootste weêrstand bestaat, derhalve bij vernaauwingen en die punten waar takken, vooral onder groote hoeken, van den stam uitgaan; — dat derhalve in de slagaderlijke hoofdstammen, uithoofde van hun wijd lumen en geringe vertakking, de drukking nagenoeg gelijk blijft aan die van den bulbus aortae, terwijl zij in de fijnere en fijnste slagaderen zeer snel afneemt. — Eindelijk moet, omdat de weêrstand in de haarvaten van de longen geringer is dan die van den grooten bloedsomloop, ook het verschil in spanning tusschen de longslagaderen en longaderen geringer, de drukking in de longslagaderen bij gevolg lager zijn dan in de arteriën van den grooten bloedsomloop, aangezien de rhythmisch overgepompte hoeveelheden bloed hier en ginds gelijk zijn. — Men schat de drukking van het bloed in de aorta van den mensch op 250mm Hg, in de art. brachialis werd zij regtstreeks bepaald op 110—120mm (FAIVRE). In de art. pulmonalis zou zij nagenoeg $^1/_3$ der hoogte bedragen die zij in de groote slagaderen van den grooten bloedsomloop bereikt (BEUTNER).

Dienovereenkomstig zijn ook de arbeidseffecten (d. i. de produkten van de bewogen massa's in de klimhoogten, hier drukkingshoogten) van de regter kamer (3 maal) kleiner, en daarom hare spierlaag dunner, dan

die van de linker. Men kan den arbeid van eene systole der linker kamer berekenen, als men de ontlaste hoeveelheid bloed (bladz. 54) op 175 grm. en de drukking in de aorta op 250mm Hg=3mtr. bloed schat, ten bedrage van 0.525 kilogrammeters, derhalve den arbeid van 24 uren (75 systolen in de minuut) ten bedrage van 56700 kgrmtr., (waarvan intusschen een klein gedeelte op rekening van den boezem komt; want de ontlediging van de kamer heeft gedeeltelijk door elastische krachten plaats, omdat zij tijdens hare diastole door den boezem buiten de grenzen van haar natuurlijk volume wordt uitgezet, zie blad. 47). Deze geheele arbeid wordt, zooals wij reeds gezegd hebben, door de wrijving in de vaten in warmte omgezet.

De onafgebroken bloedstroom door de haarvaten vooronderstelt eene nagenoeg standvastige spanning van de slagaderlijke uiteinden, waarvan zij het onmiddellijk vervolg zijn. In deze uiteinden zal derhalve eene vermeerdering van drukking, die aan de systolen beantwoordt, naauwelijks opgemerkt kunnen worden. Wanneer men echter het slagaderstelsel in eene omgekeerde rigting tot aan het hart volgt, dan ontmoet men aan elke plaats een regelmatig verschil van drukking, namelijk eene vermeerdering van drukking, die aan de systole, en eene vermindering, die aan de diastole beantwoordt. Dit verschil in drukking, dat men gemakkelijk aan elk stuk van eene slagader kan constateren (zie beneden), is des te aanmerkelijker, naarmate men digter bij het hart komt, derhalve het sterkst aan den oorsprong van de aorta (en art. pulmonalis), het zwakst, meestal niet op te merken, in de fijnste uiteinden der slagaderen; men noemt dit den pols. Hij vertoont zich niet in het geheele slagaderstelsel gelijktijdig op de zelfde wijze, maar elke phase daarvan (b. v. het maximum) vertoont zich aan de slagaderen, die verder van het hart verwijderd zijn, later dan aan de meer nabij gelegene, d. i.: het verschil van drukking loopt in den vorm van eene golf van het hart naar de haarvaten door de slagaderen, waarbij het te gelijker tijd gestadig in intensiteit afneemt. De hoeveelheid bloed, die door de systole in den aanvang van het slagaderstelsel is gedreven, moet namelijk eerst de spanning daarin verhoogen; doch in het volgende oogenblik tracht het slagaderstuk, dat meer uitgezet is dan zijn volume tijdens de diastole bedraagt, door zijne veêrkracht zich van het overtollige te ontlasten; de terugweg is aan het bloed afgesneden door de halvemaansgewijze klapvliezen, die zich alsdan sluiten; het overschot wordt derhalve naar voren gedreven, en gelijk in elke elastieke buis, moet de uitgezette plaats als golfberg spoedig naar de haarvaten heen stroomen. Ware nu het slagaderstelsel eene blind geslotene buis, dan moest klaarblijkelijk de golfberg in eene onveranderde grootte tot aan het einde loopen en hier teruggekaatst weder terugkeeren. Daar echter door het onafgebroken afvloeijen in de haarvaten het systolisch overschot

in het slagaderstelsel gedurig afneemt en tot aan de eerstvolgende systole, volgens hetgeen wij hierboven gezegd hebben, geheel verdwenen moet zijn, zoo wordt ook de golfberg gedurende zijne afstrooming steeds kleiner en kleiner en op het einde van zijn weg = 0. — Evenwel gaat onder zekere omstandigheden de polsgolf in de haarvaten en door deze zelfs in de aderen over, d. i. met andere woorden: onder zekere omstandigheden gaat het boven gegeven schema niet volkomen door, de stroom door de haarvaten heeft niet meer onafgebroken plaats, maar ook dan nog doet zich de hartrhythmus gelden; — dit is het geval, wanneer door eene plotselinge verwijding van eene slagader haar weêrstand afneemt, zoodat het tot nu toe bestaande evenwigt tusschen den weerstand en het verschil van spanning van het slagader- en aderstelsel plaatselijk gestoord wordt, b. v. na doorsnijding van eene zenuw, die de slagaderen vernaauwt (BERNARD).

De snelheid van de voortplanting der polsgolf (die men wel onderscheiden moet van de later te bespreken snelheid van den bloedstroom) kan men met het uurwerk meten, wanneer men den tijd, dien een golfberg noodig heeft om door een verwijderd slagaderstuk te gaan, vergelijkt met den tijd van de systole of met dien van den pols in een slagaderstuk, dat digt bij het hart is gelegen. Hij bedraagt gemiddeld 34,5 voet in eene seconde (E. H. WEBER).

Van de verhooging der bloeddrukking en de (zigtbare en voelbare) uitzetting van het lumen, welke in elk slagaderstuk tijdens den doorgang van den polsgolfberg, tot stand komt, maakt men gebruik om den pols naauwkeuriger waar te nemen. De eerste veroorzaakt in den zijdelings met de slagader verbonden manometer (bladz. 55) geregelde schommelingen van het kwik. Om deze aanschouwelijk voor te stellen, zet men op het kwik in den open arm van het instrument een schijfje en laat dit door middel van een pennetje, waaraan b. v. een potlood bevestigd is, op een met wit papier bekleeden cilinder verschillende lijnen teekenen; deze cilinder draait gelijkmatig (door een uurwerk) om eene loodregte as (kymographion van LUDWIG). De op- en neêrgaande bewegingen van het kwik worden daarop als golfvormige kromme lijnen afgeteekend. Echter geven deze geen uitsluitsel aangaande het tijdelijk verloop van de drukkingsschommelingen, omdat het kwik door zijne traagheid zeer spoedig zelf schommelingen te weeg brengt, die met de drukkingsschommelingen wel is waar een gelijken duur, maar geen gelijk verloop hebben. Om het verloop van de drukkingsschommelingen te bepalen, maakt men gebruik van de uitzetting der slagader. Hiertoe dienen de sphygmografen, die men ook bij den mensch kan aanwenden: men zet op de slagader een plaatje, dat hare uitzettingen en vernaauwingen volgende, een hefboomsarm, die om eene horizontale as draait in beweging brengt; ook hier laat men op een draaijenden cilinder die met wit papier bekleed is (VIERORDT) of op een beweegbaar plaatje (MAREY) dezelfde lijnen door een pennetje afteekenen. Het instrument van MAREY geeft de naauwkeurigste uitkomsten, omdat daarbij de eigene trillingen van den hefboom verhinderd zijn door eene zooveel mogelijke vermindering van zijne massa en eene zoo groot mogelijke verhooging van den weêrstand (door veêren, die de beweging tegenwerken).

Op de plaats waar zich de aorta verdeelt, wordt een gedeelte van de polsgolf teruggekaatst, zoodat aan de slagaderen van het bovenligchaam de

pols in den normalen toestand dubbel slaat (pulsus dicrotus). De tweede pols kan echter niet dan door fijne werktuigen aangetoond worden, b. v. met den sphygmograaf van MAREY, merkbaar als een kleine golfberg, die op het neêrdalend gedeelte van de polsgolf geplaatst is.

Over de drukkingsschommelingen in de slagaderen tijdens de ademhaling, zie beneden.

De drukking van het bloed in de haarvaten kan niet gemeten worden; men kan echter wel hare veranderingen beoordeelen uit de wijdte, als ook uit de maat der filtratie (Hoofdstuk IV). Volgens het boven gegeven schema moest zij wat den tijd betreft standvastig zijn, de pas genoemde gevallen daargelaten, waarin de polsgolven zich door de haarvaten voortplanten. Elke vermindering van den weêrstand in de toevoerende, en elke vermeerdering in de afvoerende vaten moet de drukking doen toenemen. Buitendien rijst en daalt zij met de algemeene bloeddrukking.

In de aderen is de (door den manometer te bepalen) bloeddrukking hoogst ongelijk, in de groote aderstammen negatief en toenemende naar den omtrek. Evenals de rhythmische inspuitingen van bloed in de slagaderen hier telkenmale een berggolf doen ontstaan, moesten ook de hoeveelheden bloed, die het aderstelsel rhythmisch ontlast, in dit laatste telken male een dalgolf, die naar de haarvaten verloopt, veroorzaken, indien zulks niet door de hartboezems belet werd (bladz. 49). Over de drukkingsschommelingen tijdens de ademhaling, zie beneden.

2. De aspiratie van de borstkas (vergelijk Hoofdstuk III). Het hart en de groote vaatstammen staan door de veêrkracht der longen, die buiten de grenzen van haar natuurlijk volume zijn uitgezet, onder eene negatieve drukking, hunne wanden worden uit elkander getrokken. Zij zijn derhalve sterker met bloed gevuld dan dit onder andere omstandigheden het geval zoude zijn. Dit heeft inzonderheid betrekking op de meer veêrkrachtige deelen, derhalve op de aderstammen en de hartboezems (bladz. 47). De aspiratie van de borstkas bewerkt derhalve, zooals reeds bij het hart is gezegd, dat de hoeveelheid bloed, die aan de in het hart uitmondende aderstammen ontnomen wordt, terstond weder vervangen wordt door instroomend nieuw bloed uit de buiten de borstkas gelegene aderen. — Elke inademing vergroot wijders, door eene nog sterkere uitzetting van de veêrkrachtige longen, de genoemde negatieve drukking en oefent derhalve op de geheele bloedmassa eene aspiratie in de rigting naar de borstkas uit; maar ook deze aspiratie moet zich bij voorkeur in het aderstelsel doen gelden. In de slagaderen veroorzaakt zij slechts eene geringe vermindering van de spanning; daarentegen wordt het aderlijk bloed door haar met kracht naar het hart gedreven. — De gewone

uitademing heft alleen de door de inspiratie tot stand gebragte verhooging der negatieve drukking weder op; daarentegen moet eene krachtige uitademing, die door spierkrachten is opgewekt, b. v. als door de geslotene stemspleet (zooals bij het hoesten) aan het uitstroomen van de lucht een hinderpaal is gesteld, de negatieve drukking in de borstkas in eene positieve veranderen, derhalve hart en vaten (met name de aderen) zamendrukken, en op deze wijze eene belangrijke voortstuwing van bloed in de aderen, en in de slagaderen eene minder aanmerkelijke verhooging van drukking ten gevolge hebben.

Dienovereenkomstig zuigt het centrale uiteinde van eene doorgesneden ader bij de inademing lucht in; omgekeerd zwellen de aderen bij eene krachtige uitademing, met name bij het hoesten, aanmerkelijk op. Sluit men na eene diepe inademing de stemspleet en laat men daarop eene sterke inspanning tot uitademing volgen, dan wordt de positieve drukking in de borstkas zoo sterk, dat de aderstammen bijna gesloten worden, voortdurend minder bloed in het hart naar binnen stroomt, en de bloedsomloop ten laatste volkomen stil staat (ED. WEBER). — De invloed van den toestand der borstkas op de slagaderen vertoont zich insgelijks in eene geregelde schommeling van de bloeddrukking (verhooging bij de uit-, vermindering bij de inademing), die echter niet isochroon is met de bewegingen van het hart, maar met die der ademhalingen, en daarom nagenoeg 4maal langzamer dan de pols is.

Daarom vertoonen zich de polsgolven van de kromme lijnen van het kymographion op een tweede golfstelsel (van de ademhaling) geplaatst. Wanneer men door eene tusschengevoegde naauwe buis (SETSCHENOW) de polsgolven belet zich in den manometer voort te planten, dan verkrijgt men de respiratiegolven zuiver.

3. Voorbijgaande zamendrukking van de aderen door spieren in haren omtrek. Elke zoodanige zamendrukking van een aderstuk moet zijn inhoud in de rigting naar het hart wegstuwen, daar aan hetzelve de weg in eene tegenovergestelde rigting door het sluiten van de klapvliezen der ader wordt afgesloten.

De beweging van het bloed in de aderen doet zich derhalve op de volgende wijze voor: wanneer het bloed het stelsel der haarvaten doorloopen heeft, dan is zijne snelheid volgens het hierboven ontworpen schema nagenoeg $= 0$, omdat de spanning in het slagaderstelsel alleen voldoende is om de noodige hoeveelheden bloed (b. v. 175 grm. in $\frac{1}{15}$ minuut) door den weêrstand van de haarvaten heen te drijven. De kracht van het hart, die door den weêrstand geheel is verbruikt (in warmte omgezet), werkt derhalve niet meer in op het aderlijk bloed *). Daarentegen zijn de volgende krachten

*) Dit moet men evenwel niet al te streng opvatten; in werkelijkheid is de zaak veel ingewikkelder dan hier volgens een schema (van WEBER) is voorgesteld, zoodat de spanning in de slagaderen dikwijls plaatselijk die maat overschrijdt en het bloed met nog grooter snelheid in de aderen komt, vaak onder zulk eene hooge drukking, dat de aderen bloed naar buiten spuiten, als men er in snijdt. Daarom wordt er gewoonlijk onder de krachten, die den aderlijken bloedsomloop tot stand brengen, ook nog gesproken van een „overblijfsel van de beweegkracht, die van het slagaderstelsel uit werkt" („vis a tergo;" „volhardingsvermogen," enz.).

werkzaam: 1. de zwaartekracht; deze kan bij den bloedsomloop als voortbewegende kracht alleen werken op afdalende aderen (b. v. die van het hoofd bij eene opgerigte houding van het ligchaam), daarentegen als belemmerend moment op opstijgende aderen: de aderen van den voet moesten b. v. onder de drukking van hare hooge bloedkolom zoo buitengemeen uitgezet en gespannen, en de daardoor veroorzaakte weêrstand zoo groot zijn, dat de geheele bloedbeweging in het onderste lid volkomen moest stilstaan. Daarom zijn de overige momenten voor den aderlijken bloedsomloop uiterst gewigtig, namelijk: 2. de aspiratie van de borstkas, en 3. de spierbewegingen van het ligchaam. — In elk geval volgt uit het medegedeelde, dat de bloedsomloop in de aderen zeer ongeregeld plaats heeft.

De beweging van het bloed in de haarvaten, die men aan doorzigtige deelen (b. v. in het zwemvlies en in het darmscheil van den kikvorsch) onder het mikroskoop kan waarnemen, verandert in de takjes van het fijne netwerk dikwijls van rigting. Men is hier in de gelegenheid de (bladz. 53 aanm.) vermelde ongelijke snelheid der verschillende bloedlagen aan de voortdrijvende bloedligchaampjes regtstreeks waar te nemen. Die in de as liggen hebben de grootste, de wandstandige, waaronder dus ook altijd de zwaardere kleurlooze bloedligchaampjes voorkomen, eene oneindig geringere snelheid. In de fijnste haarvaten, waardoor slechts eene eenvoudige rij van roode bloedligchaampjes zich met moeite een weg kan banen, ziet men deze verschillende vormen aannemen, door zich naar plaatselijke omstandigheden te schikken: zij worden uitgerekt, buigen en knikken op die plaatsen, waar zich de haarvaten verdeelen, en nemen vervolgens hun natuurlijken vorm weder aan.

Snelheid van de beweging des bloeds.

Bij elke beweging van eene vloeistof door een buisstelsel moet in bepaalde tijdperken door elke totaal-dwarssnede van het stelsel dezelfde hoeveelheid vocht stroomen. Zoolang aan deze voorwaarde door het een of ander beletsel niet is voldaan, moeten, als het stelsel rekbaar is, voor de plaats van den weêrstand de dwarssneden zich in evenredigheid daarvan verwijden, moet derhalve eene stuwing tot stand komen. Zoo veroorzaakt b. v. (bladz. 53—54) de weêrstand van de haarvaten de standvastige voortstuwing (vergrooting van dwarssnede) in het slagaderlijk stelsel. Zoodra dus de bloedsomloop ongestoord zijn gang gaat, moet ook door elke totaaldwarssnede van het vaatstelsel in een bepaalden tijd dezelfde hoeveelheid bloed stroomen. Hieruit volgt wijders, dat de stroomsnelheid in de verschillende totaaldwarssneden in omgekeerde reden staat tot de grootten van de dwarssneden; zij is derhalve het grootst in het begin van de aorta en de art. pulmonalis, het kleinst (ongeveer 400maal kleiner dan in de aorta) in de haarvaten (vergel. bladz. 46). Op gelijke wijze verhouden zich de snelheden in de totaaldwarssneden van eene afzonderlijke vertakte of onvertakte vaatafdeeling. In een vaatstuk, dat overal even wijd en onvertakt is, bestaat bij gevolg overal eene gelijke snelheid.

Hoeveel bloed echter in een bepaalden tijd door elke dwarssnede van het vaatstelsel stroomt, hangt natuurlijk af van het aantal en de kracht der hartbewegingen. Indien n het aantal van de systolen in een bepaalden tijd voorstelt, a de

hoeveelheid bloed van eene kamer (bladz. 54), dan is de bloedmassa m, die door elke dwarssnede in een bepaalden tijd stroomt = n. a, d. i. bij den mensch nagenoeg 218 grm. in de seconde.

De wijze, waarop zich deze snelheid over de afzonderlijke vaten verdeelt, die tot eene totaal-dwarssnede van het stelsel behooren, moet klaarblijkelijk hoofdzakelijk afhangen van den geheelen weêrstand, dien zij bieden, en bij gevolg moet de snelheid in vaten, die den meesten weêrstand bieden, derhalve in naauwere, meer gebogene en die zich onder grootere hoeken vertakken, geringer zijn. Dat de snelheden wijders in verschillende lagen van een vat zeer verschillend zijn, is bladz. 53 aanm. uiteengezet.

Regelmatige afwijkingen in de snelheid, met betrekking tot den tijd, bestaan slechts in zooverre als het schema van de onafgebroken strooming niet volkomen verwezenlijkt wordt, derhalve in de slagaderen door de polsgolf, en ook in de haarvaten en aderen, indien bij wijze van uitzondering ook in deze de polsgolf (bladz. 57) overgaat. Uit hetgeen bladz. 53 gezegd is volgt, dat het doorgaan van de polsgolf op elk punt van eene slagader voor een oogenblik eene versnelling moet te weeg brengen; want de golfberg veroorzaakt eene verhoogde spanning, welke echter plaatselijk is, terwijl zij in de volgende streek nog de hoogte van de diastole heeft; de snelheid vermeerdert echter met de grootte van het verschil in spanning. — In de haarvaten en aderen moest de snelheid, afgezien van het naar binnen dringen van den pols, wat den tijd betreft, eene standvastige waarde hebben, indien niet, met name in de laatsten, vele invloeden groote onregelmatigheden veroorzaakten. Dikwijls wordt in een aderstuk de bloedstroom geheel afgebroken (bladz. 60), hetgeen echter zonder nadeel kan geschieden, omdat de meeste afdeelingen van de haarvaten haren inhoud in verscheidene gelijk loopende aderen ontlasten, zoodat, als in een daarvan de stroom vertraagd of afgebroken is, het bloed des te sneller in de andere afvloeit.

De volgende methoden dienen om de stroomsnelheid in de slagaderen te meten: 1. De haemodromometer van VOLKMANN is eene met water gevulde glazen buis van eene bekende lengte, die men naar willekeur met den stroom van de slagader kan verbinden; men meet met het uurwerk den tijd, dien het naar binnen dringende bloed noodig heeft om de buis te doorloopen, dus al het water uit te drijven. 2. De tachometer (door VIERORDT gebruikt) is een in de slagader ingelascht kastje, dat een ligt slingertje bezit met een wijzer, die zich van buiten voor een quadrant beweegt; de hoeken van uitslag staan in een vooraf te bepalen verhouding tot de snelheden van de stroomen, die den slinger doen afwijken. (Een gelijksoortige, eenvoudiger toestel, doch waarop men minder staat kan maken, heeft CHAUVEAU opgegeven). 3. De bepaling van de hoeveelheid bloed, die uit eene geopende slagader in een bepaalden tijd vloeit, terwijl men de spanning door regeling van de openingsgrootte onveranderd houdt (VIERORDT). —

Voor den mensch bestaan natuurlijk zulke bepalingen niet. (In de carotis van honden wisselt de snelheid af tusschen 200 en 300 mm. in de seconde.) De snelheid in de haarvaten wordt bij dieren bepaald door regtstreeksche mikroskopische meting van den weg, dien een bloedligchaampje in een bepaalden tijd doorloopt (E. H. WEBER); bij den mensch bepaalt men haar door zelfwaarneming aan de entoptisch zigtbare bewegingen van de bloedligchaampjes in de vaten van het netvlies (LUDWIG). Volgens de laatste methode vond VIERORDT ze bij zich zelven = 0,6—0,9 mm. in de seconde (vergel. Hoofdstuk XII). — De snelheid in de aderen is te ongeregeld om door eene meting bepaald te kunnen worden.

Om den tijd te meten, waarin een bloeddeeltje een bepaalden weg in het vaatstelsel of zelfs de geheele bloedbaan doorloopt, spuit men een zout, dat gemakkelijk kan worden herkend (ferrocyankalium) in een bloedvat, en bepaalt den tijd, waarna het in de bloedproeven, die op eene andere plaats bij korte tusschenpoozen zijn ontlast (door ijzerchloried) kan aangetoond worden (HERING); men weet echter in dit geval niet, welken van de vele wegen, die voor haar open staan, de zoutoplossing heeft ingeslagen; in de meeste gevallen zal men mogen verwachten, dat de sporen van de zoutoplossing, die het eerst aangetoond kunnen worden, langs den kortsten weg naar de plaats gekomen zijn, waar men de bloedproef heeft in 't werk gesteld.

Verdeeling van het bloed in het algemeen.

De hoeveelheid bloed, die een ligchaamsdeel in een bepaalden tijd bevat, hangt af: 1. van het aantal en de wijdte der toevoerende slagaderen, 2. van de stroomsnelheid daarin. De laatste hangt volgens het boven medegedeelde van veêl omstandigheden af, inzonderheid van den grooteren of kleineren afstand van het hart, van het aantal en den hoek van de vertakkingsplaatsen, waardoor het bloed zich beweegt.

De wijdte van de slagaderen is, afgezien van de veêrkrachtige uitzetting, niet overal gelijk; zij hangt zamen met den contractietoestand van de gladde spiervezels, die in haren wand aanwezig zijn, en deze staat op zijne beurt weder onder den invloed van velerlei omstandigheden. Zoo wordt de zamentrekking regtstreeks door koude verhoogd, door warmte verminderd; doch inzonderheid is zij afhankelijk van den opwekkingstoestand der „vasomotorische" zenuwen, die de vaatspieren besturen. Voor de meesten onder haar is een onafgebroken „tonische" opwekkingstoestand geconstateerd, zoodat de doorsnijding verslapping van de vaatspieren, uitzetting van de slagader, verhoogden toevoer van bloed in de resp. organen en ten gevolge daarvan roodheid, eene verhoogde temperatuur en vermeerderde uitzweeting uit de haarvaten na zich sleept. De stroom kan zoo sterk worden, dat het bloed lichtrood in de aderen dringt, en zelfs de polsgolven zich tot in de aderen voortplanten (BERNARD; vergel. bladz. 57). De prikkeling van het peripherische uiteinde van de vaatzenuw moet omgekeerd de slagader vernaauwen en den toevloed van bloed tot eene volkomen onderdrukking verminderen, waarbij het resp. lig-

chaamsdeel bleek, koel en armer aan gefiltreerde bloedsbestandeelen (parenchymsap, secretum; zie hoofdstuk IV) moet worden.

De schaamteblos is het meest bekende feit, dat den invloed van de zenuwen op de plaatselijke beweging van het bloed bewijst. — De vasomotorische zenuwen verloopen deels in spinale, deels in sympathische banen, b. v. voor de huid van het hoofd, het bindvlies, de speekselklieren in de halsstreng van den sympathicus (BERNARD), voor de onderste ledematen in de voorste wortels van de ruggemergszenuwen (PFLÜGER), waarbij zij zich echter eerst voegen met de rami communicantes van den sympathicus (BERNARD). Men kan nog niets opgeven dat algemeen geldt voor de centraalorganen van de vasomotorische zenuwen; wat daarvan bekend is zal in de physiologie der zenuwen worden aangehaald. — Ook heeft men beweerd dat er vaatverwijdende zenuwen bestaan (BERNARE, SCHIF); of men regt heeft tot deze bewering, is nog niet beslist; hare werking is in elk geval voor ons nog onbegrijpelijk.

Bij vele gewervelde dieren, met name bij visschen, vindt men in het verloop van het vaatstelsel accessoire harten [bij-harten] (verdikkingen der vaatspieren met rhythmische zamentrekking) zoowel in het slagaderlijk — (bulbus aortae, art. axillaris, enz.) als in het aderlijk stelsel (caudaal hart van den aal). Zonder ontleedkundig aanwijsbare verdikking neemt men aan de gewone vaatspieren langzame rhythmische kloppingen (onafhankelijk van den hartrhythmus) waar: aan de oorslagaderen van het konijn en aan de aderen van de vlieghuid der vleermuis. Over hare beteekenis verkeeren wij nog in het onzekere.

DERDE HOOFDSTUK.

Het opnemen en afgeven van gasvormige stoffen door het bloed. Ademhaling.

Onder ademhaling (respiratie) verstaat men dat gedeelte der stofwisseling, waarbij alleen gasvormige stoffen in het spel zijn, derhalve in werkelijkheid den toevoer van de zuurstof naar de bestanddeelen des ligchaams en de verwijdering van de gasvormige oxydatieprodukten, inzonderheid van het koolzuur. Dit proces heeft, gelijk over het algemeen bij de geheele stofwisseling, door tusschenkomst van het bloed plaats, zoodat deze vloeistof eenerzijds met de omgevende middenstof, waarin de dieren leven, (dampkringslucht of water) in aanraking is, om daaraan zuurstof te ontnemen en koolzuur daarvoor in de plaats te geven („uitwendige ademhaling"), — anderzijds met de weefsels des ligchaams, om daaraan zuurstof te geven en koolzuur te onttrekken („inwendige ademhaling"). De uitwendige ademhaling, ook eenvoudig ademhaling genoemd, heeft overal plaats, waar het bloed in eene genoegzaam naauwe aanraking komt met het ademhalingsmedium, om de gaswisseling tot stand te brengen, doch hoofdzakelijk in de bijzonder daartoe bestemde „ademhalingswerktuigen."

De dampkringslucht is een mengsel van ongeveer $\frac{1}{5}$ (0,208) vol. zuurstof en $\frac{4}{5}$ (0,792) vol. stikstof, eene zeer geringe, niet altijd gelijke hoeveelheid van (0,0003—0,0005 vol.) koolzuur, en van eene insgelijks onstandvastige hoeveelheid waterdamp (waarvan het maximum afhangt van de temperatuur). Dit mengsel staat onder eene drukking van ongeveer 760 mm. kwik. — Het water, dat voor de ademhaling van vele organismen dient, bevat behalve een weinig stikstof en koolzuur bij 15°C en 760mm. barometerstand hoogstens $\frac{1}{12}$ (0,084) van zijn volume aan opgeloste zuurstof. De dieren, die in water leven, hebben dienovereenkomstig eene betrekkelijk geringe behoefte aan zuurstof.

I. De bijzondere ademhalingswerktuigen.

Bij de laagste organismen, waarvan de ligchaamsmassa zeer gering is, is eenvoudig het omspoelen van de oppervlakte door de middenstof der ademhaling (water) voldoende, om de gaswisseling door diffusie te onderhouden. Bij meer ontwikkelde dieren, wier ligchaamsmassa grooter is, wordt eene grootere oppervlakte vereischt voor de wisseling tusschen de sappen en de middenstof. Bij de dieren, wier bloedvaatstelsel weinig ontwikkeld is of geheel ontbreekt, moet de middenstof der ademhaling in het ligchaam binnen gevoerd en daarin verspreid worden, om als het ware overal de sappen op te zoeken. Daarentegen kan bij dieren met een ontwikkeld bloedvaatstelsel de bloedmassa in een orgaan gebragt worden, dat eene groote oppervlakte bezit, waar zij de middenstof der ademhaling ontmoet en daarmede op groote vlakten in diffusiewisseling kan treden. Het eerste heeft plaats door vertakte buisstelsels, die door het geheele ligchaam loopen, namelijk de watervaatstelsels der straaldieren en wormen, en de luchtbuis- of tracheënstelsels der arthropoden; — het laatste bij de ademhaling in het water door middel van eene door het water omspoelde uitstulping van de ligchaamsoppervlakte, de kieuwen der weekdieren, kreeften, vischen en larven der batrachiërs, — bij de ademhaling in de lucht door een instulpings-stelsel, de longen der amphibiën, vogels, zoogdieren en van den mensch. Als eene bijzondere middenstof van ademhaling voor het foetus der zoogdieren en den mensch moet eindelijk nog het zuurstofhoudend moederbloed beschouwd worden. De plaats waar het bloed en de middenstof der ademhaling, d. i. beide bloedsoorten, elkander ontmoeten, is, zooals bekend is, de placenta (foetalis en uterina), alwaar door wanden van haarvaten de gaswisseling tot stand komt.

De ademhalingswerktuigen van den mensch, de longen, zijn twee veêrkrachtige zakken, die een vertakt buisstelsel met eindstandige blaasjes (alveoli) bevatten; de oppervlakte van elken alveolus wordt nog vergroot, doordien hunne wanden op vele plaatsen door uitstekende verhevenheden zijn uitgezet. De holle ruimte van de long heeft door de luchtpijp, het strottenhoofd, de keel, en de neus- en mondholte gemeenschap met de buitenlucht. Aan zich zelf overgelaten, bevatten de longen geen lucht; zij zijn „atelektatisch" even als de long van het foetus vóór dat het geademd heeft, d. i. de wanden van hare buizen en blaasjes worden door hunne veerkracht tegen elkander gedrukt. Doch in het ligchaam zijn de longen in een stevig reservoir van een groot volume (de borstkas) in dier voege besloten, dat tusschen hare buitenste oppervlakte en de binnenste van het reservoir (naauwkeuriger gesproken: tusschen het pleurale overtreksel van de longen en dat van de borstkas) geen lucht aanwezig is en ook niet naar binnen kan dringen. De drukking der in de longen binnendringende dampkringslucht moet ze dus, in strijd met hare veêrkracht, buiten de grenzen van haar natuurlijk volume ontplooijen, zoodat zij overal onmiddellijk tegen de borstkas gelegen zijn, — zij zijn derhalve tijdens het leven altijd met lucht gevuld. Zoodra echter door eene opening lucht kan binnendringen in de ruimte tusschen

de longen en den wand der borstkas, herkrijgen de longen door hare veêrkracht weder haar natuurlijk (atelektatisch) volume.

Uit deze omstandigheden vloeijen noodzakelijk twee gevolgen voort: 1. Alle medegevende deelen van den wand der borstkas, derhalve de weeke deelen van de tusschenribsruimten en het middenrif, worden door de elastieke krachten der longen naar binnen in de borstkas getrokken; want van buiten werkt daarop de drukking der lucht, doch van binnen de luchtdrukking minus die elastieke krachten. 2. Alle organen, die behalve de longen binnen de borstkas zijn gelegen, worden, als zij voor uitzetting vatbaar zijn, buiten hun natuurlijk volume uitgezet (staan onder eene negatieve drukking). Nu behooren het hart en de vaatstammen tot de voor uitzetting vatbare organen, omdat zij zich van buiten af (met bloed) kunnen vullen. Deze organen, met name de meer medegevende, dunwandige deelen, de hartboezems en de aderstammen, zijn derhalve sterker met bloed gevuld, dan zij overeenkomstig hun natuurlijk volume kunnen bevatten. De gevolgen van deze omstandigheid zijn reeds bij de beweging van het hart en bij den bloedsomloop uiteengezet, en zullen hier nog nader ter sprake komen.

De elastieke kracht, waarmede de longen, die zoover uitgezet zijn als de wijdte der rustende borstkas bedraagt, zich tot op haar natuurlijk volume trachten zamen te trekken, derhalve de negatieve drukking in de rustende borstkas, kan door den manometer bepaald worden, als men in het lijk den manometer luchtdigt in de doorgesneden luchtpijp zet en dan de borstholte opent; zij bedraagt ongeveer 6mm. kwik (DONDERS). — De elastieke kracht van de uitgezette longen kan nog ondersteund worden door de zamentrekking van de gladde spiervezels, die de luchtpijpstakken omgeven. Deze laatste moet de luchtpijpstakken vernaauwen en te gelijker tijd de negatieve drukking in de borstkas vermeerderen. Doch wij weten evenmin iets met zekerheid over haar te voorschijn treden als over hare innervatie.

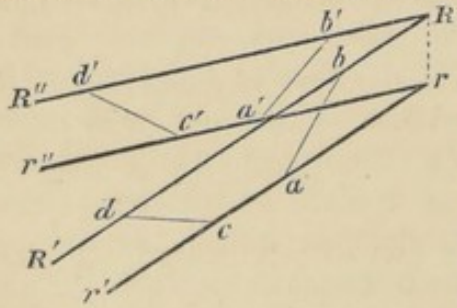
De ademhalingsbewegingen.

De lucht, welke de longblaasjes bevatten, bevindt zich in eene voortdurende wisseling met de gassoorten van het bloed, dat door de haarvaten stroomt, die de blaasjes omgeven. De later te beschouwen wisseling bestaat van de zijde der lucht in de alveoli in een verlies van zuurstof en eene opname van koolzuur, waardoor zij zeer spoedig voor eene verdere gaswisseling ongeschikt wordt. Nu kan wel is waar door de diffusie der gassen eene laagsgewijze omruiling der gassen tusschen de lucht uit de alveoli en de daarboven gelegene luchtlagen plaats hebben, die ten laatste tot aan de buitenste dampkringslucht dringt. Doch deze omruiling heeft te langzaam plaats, om de gaswisseling van het bloed te onderhouden. Daarom is er eene veelvuldige werktuigelijke wisseling van de lucht in de longblaasjes noodig, en deze heeft door eene geregeld afwisselende uitzetting en vernaauwing van de geheele longen plaats. Zij wordt door rhythmische uitzettingen en vernaauwingen van de borstkas (in- en uitademing) veroorzaakt, welke de longen immers bestendig moeten volgen.

De uitzetting van de borstkas, de inademing, heeft altijd door spierwerking plaats. De geregeld werkende inademingsspieren zijn: het middenrif, de scaleni en de in-

tercostales, met name de externi. Bij eene met opzet diepe inademing of die door het een of ander beletsel is bemoeijelijkt, komen nog andere „accessoire" inademingsspieren in werking, in de eerste plaats de serrati postici en de levatores costarum, bij de hoogste benaauwdheid de sternocleidomastoidei, pectorales, serrati antici enz. — De werking van het middenrif bestaat hoofdzakelijk in de uitzetting van de ruimte der borstkas, en wel in dier voege dat het bij zijne zamentrekking, met name aan de spierachtige deelen, platter wordt, en aan zijne randen, waarmede het in rust tegen den wand der borstkas aanligt, zich daarvan losmaakt. De overige spieren werken bijna alle op de ribben; zij verloopen in het algemeen van achter en boven naar voren en beneden, zijn aan haar bovenste uiteinde door de wervelkolom of (pectorales, serrat. antic.) vaste deelen van het bovenste lid vastgehecht en trekken derhalve de ribben naar buiten en boven, waardoor de borstkas uitgezet wordt.

De ribben kunnen door haar beide gewrichten, die zich aan de wervelligchamen en dwarse uitsteeksels bevinden, om eene hellende as gedraaid worden. Elke draaijing om deze laatste naar boven maakt het hellend vlak, dat men zich door elken ribbenboog denkt, meer horizontaal, verwijdt derhalve de borstkas in de dwarssnede. Evenwel is de draaijing der ribben om hare assen door de medegevende, veêrkrachtige kraakbeenderen, waardoor zij met het borstbeen verbonden zijn, tot naauwe grenzen beperkt. Bij elke opligting van de ribben volgt derhalve, behalve eene opligting van het borstbeen, ook eene ligte verdraaijing van de kraakbeenderen om hunne lengte-as. De werking der spieren die de ribben opligten, is derhalve gemakkelijk te begrijpen. — In hoe verre de tusschenribsspieren als ribbenopligters moeten beschouwd worden, kan men uit het volgende opmaken (HAMBERGER):



Wanneer in nevensgaande figuur RR' en rr' de achterste (naar voren afdalende) stukken van twee naburige ribben in de positie van rust, RR'' en rr'' deze in de positie van inademing voorstellen, wanneer verders ab eene vezel van de intercostales externi, cd eene van de interni beteekent, dan moet klaarblijkelijk, gelijk men reeds met een oogopslag ziet, de afstand ab in de opgeligte positie ($a'b'$), cd daarentegen in de gedaalde, het kleinst zijn *). Hieruit volgt omgekeerd, dat eene verkorting van ab beide ribben moet opligten, van cd daarentegen moet doen dalen. Juist omgekeerd verhouden zich dezelfde vezelrigtingen van de voorste ribbenafdeelingen (tusschen angulus costae en sternum). Hier moesten de interni bij de inademing, de externi bij de uitademing werken. Bij de inademing werken dus de externi aan de beenige, de interni aan de kraakbeenige ribbendeelen. Doch daar dit tevens nagenoeg de voornaamste plaatsen zijn, waar de beide vezelrigtingen verloopen, zoo kan men de intercostales over het algemeen tot de inademingsspieren brengen.

Terwijl de ribbenopligters de dwarssnede van de borstkas verwijden, vergroot de zamentrekking van het middenrif den lengtedoormeter. Naar

---

*) Stelt men den hoek $rRb = x$, dan is

$$ab^2 = Rr^2 + (ra - Rb)^2 - 2Rr\,(ra - Rb)\cos.\,x$$

$$\text{en } cd^2 = Rr^2 + (Rd - rc)^2 + 2Rr\,(Rd - rc)\cos.\,x;$$

dus wordt ab des te grooter, naar mate x kleiner, cd daarentegen des te grooter, naar mate x grooter is.

gelang de beweging der ribben of van het middenrif de overhand heeft, onderscheidt men een costale en eene abdominale type van de ademhaling (de laatste naam is daarvan afkomstig, dat elke afplatting van het middenrif de buikingewanden naar beneden schuift, derhalve den buikwand naar voren welft). De costale type heeft bij het vrouwelijk geslacht, de abdominale bij het mannelijke meestal de overhand.

De verkleining van de ruimte der borstkas, de uitademing, heeft in den regel alleen daardoor plaats, dat de wanden der borstkas, die bij de inademing uit hun evenwigt gebragt zijn, na het ophouden van de inademingskrachten door zwaarte en veêrkracht weder tot hun evenwigt terugkeeren. De zwaarte trekt de opgeligte ribben weder naar beneden; de veêrkracht van de longen trekt het middenrif weder in de hoogte en de wanden der borstkas naar binnenwaarts, de veêrkracht van de gedraaide ribbenkraakbeenderen brengt de ribben weder tot hare natuurlijke ligging terug. — Bij eene ingespannen of belemmerde uitademing komen ook spierkrachten in het spel, en wel hebben de uitademingsspieren in het algemeen de rigting van achter en onder naar voren en boven. De voornaamste uitademingsspieren zijn de buikspieren, die bij hare zamentrekking den inhoud van den buik zamendrukken en daardoor het middenrif omhoog dringen; voorts trekken zij de ribben naar beneden. Hetzelfde doen de quadrati lumborum en de serrati postic. infer.; de ribben worden wijders naar beneden getrokken door de intercostales interni, voor zooverre zij aan de beenige deelen der ribben verloopen (zie boven). Hoe het dalen der ribben de borstkas vernaauwt, volgt uit hetgeen hier boven gezegd is.

Ook de toestellen, die de lucht naar de longen toevoeren, nemen in zeker opzigt deel aan de ademhalingsbewegingen. Zoo worden bij de inademing de stemspleet, bij eene ingespannen inademing ook de neusgaten (mm. levatores al. nasi) wijder, waardoor de toegang van de lucht tot de longen gemakkelijker wordt gemaakt.

Aangezien de longen, zooals hier boven gezegd is, elke beweging van den wand der borstkas moeten volgen, zoo bewerkt elke inademing eene vergrooting van de longen in de dwarssnede en in de lengtedoormeters (en ook in de wandlaag, vermits de laterale deelen van het middenrif zich van den wand der borstkas losmaken). Het laatste is, zooals van zelf spreekt, verbonden met eene daling van de geheele long langs de wanden der borstkas, en veroorzaakt reeds als zoodanig, zelfs zonder verwijding van de dwarssnede der borstkas, eene vergrooting van de dwarssnede der long, aangezien door de daling in de kegelvormige borstkas elke longlaag in eene diepere, derhalve grootere dwarssnede van de borstkas komt te liggen. Bij het dalen van de longen worden ook de luchtpijp en het strottenhoofd bij de inademing eenigermate naar beneden getrokken, hetgeen men gemakkelijk uitwendig waarneemt.

De uitzetting der longen bij de inademing, die zich tot al hare holle ruimten uitstrekt, doch bij voorkeur tot die, welke het meest medegeven, de longblaasjes, brengt eene vermeerdering van haar luchtgehalte tot stand. Deze vermeerdering bedraagt bij eene bedaarde ademhaling ongeveer $\frac{1}{6}$ van den geheelen inhoud. Doch door eene diepere ademhaling kan dit bedrag veel grooter worden. Een maatstaf van de grens der mogelijke luchtwisseling geeft ons de „vitale capaciteit" van de longen, namelijk het verschil in volume van het luchtgehalte in de zooveel mogelijk gevulde en de zoo veel mogelijk geledigde long; of de hoeveelheid lucht, die na eene zoo diep mogelijke inademing ontlast wordt (HUTCHINSON). Deze hoeveelheid staat in eene nagenoeg vaste verhouding tot de grootte van het ligchaam, doch wisselt eenigermate af naar gelang van beroep en geslacht (bij mannen is zij het grootst, ARNOLD). Bij volwassene mannen bedraagt zij gemiddeld 3770 kub. centim.

Daar de longen bij de inademing nog meer buiten haar natuurlijk volume worden uitgezet dan zij in rust reeds waren, zoo wordt ook de negatieve drukking, waaraan de overige organen in de borstkas zijn blootgesteld, vergroot, de aspiratie van het hart en de vaten bij gevolg versterkt (bladz. 59). Omgekeerd kan door de uitademing, welke gewoonlijk alleen de inspiratorische verhooging van de negatieve drukking weder opheft, de negatieve drukking volkomen opgeheven en zelfs in eene positieve veranderd worden, — in die gevallen namelijk, als bij eene actieve inspanning tot uitademing het ontwijken van de lucht uit de longen door eene sluiting van de stemspleet verhinderd is (vergel. bladz. 60). — Ook de drukking der in de ademhalingswegen vervatte lucht (die in de rust aan de atmosferische drukking gelijk is) ondergaat wegens het naauwe lumen der deelen, die de lucht naar de longen toevoeren (neusgaten, stemspleet), geringe afwijkingen, eene negatieve (ongeveer 1mm.) bij de inademing, eene positieve (2—3mm.) bij de uitademing. Deze afwijkingen kunnen geconstateerd worden: bij dieren, als men een manometer zijdelings met de luchtpijp in verbinding brengt, — bij den mensch, als men den manometer in een neusgat brengt en met gesloten mond door het andere adem haalt.

De luchtstroom, die bij de inademing door het strottenhoofd en de luchtpijp met hare vertakkingen gaat, doet door de wrijving langs de wanden geruischen ontstaan, die men hoort door er het oor op te leggen. In de stijve deelen (strottenhoofd, luchtpijp, groote luchtpijpstakken) heeft het een blazend karakter (= h of ch, „bronchiaal ademhalingsgeruisch"); in de kleinste luchtpijpstakken daarentegen, waardoor zich de lucht door naauwe kanalen met moeite een weg moet banen, is het meer slurpend of sissend (= w of f, „vesiculair geruisch"). Bij het oppervlakkig ademen (van volwassen mannen) wordt het karakter van het geruisch onbepaald; op dezelfde wijze doet de regelmatige uitademing een onduidelijk zwak geruisch ontstaan. —

Om de vitale capaciteit te bepalen bedient men zich van den „spirometer" (HUTCHINSON), zijnde eene bijzondere soort van gasometer, waarvan de klok door gewigten in evenwigt wordt gehouden, en waarin na eene diepe inademing door eene buis van caoutchouc zoo diep mogelijk wordt uitgeademd; de volumina lucht worden gemeten door de daaraan evenredige hoogten, tot welke de (cilindrische) klok stijgt. Ter bepaling van de intensiteit der ademhaling dient ook de „thoracometer" (SIBSON), welke de veranderingen in den horizontalen medianen doormeter van de borst bepaalt. Door den voorsten borstwand wordt een staafje naar voren geschoven, dat door middel van een rad een wijzer in beweging brengt; de as van den wijzer is door een voet aan eene plank bevestigd, waarop het ligchaam horizontaal rust. Bij dieren kan men ook de bewegingen van het midden-

rif bepalen, en wel door eene daarin gestokene naald (SNELLEN) of door een van den buik naar het middenrif toe geplaatsten hefboomsarm, die om eene horizontale as draait en waarvan de bewegingen op eene strook papier, die daarvoor is gelegd, in kromme lijnen worden afgeteekend, — „phrenograaf" (ROSENTHAL).

Innervatie (vrijmaking) en rhythmus der ademhalingsbewegingen.

Zoowel de in- als uitademingsbewegingen kunnen willekeurig te voorschijn worden geroepen. Gewoonlijk echter komen zij onwillekeurig in een bepaalden rhythmus en met eene bepaalde sterkte (diepte) tot stand. De wil kan beide naar welgevallen wijzigen, doch slechts voor korten tijd vermag hij ze geheel af te breken. De gemiddelde veelvuldigheid is bij volwassenen 18 in de minuut.

De ademhalingsbewegingen zijn veelvuldiger op den vroegen en lateren leeftijd, bij het vrouwelijke geslacht, bij eene verhoogde temperatuur, bij spierinspanningen, tijdens de spijsvertering, bij gemoedsaandoeningen, na eene tijdelijke onderdrukking (in het kort onder dezelfde omstandigheden, waarbij ook de veelvuldigheid van de hartbewegingen klimt). In het algemeen komt in elken toestand op 4 zamentrekkingen van het hart één in- en uitademing. — De invloed der gemoedsaandoeningen heeft niet alleen betrekking op de veelvuldigheid, maar ook op de diepte en den vorm der ademhalingsbeweging; de laatste doet somtijds karakteristieke toonen of geruischen in de toevoersbuis ontstaan. Zoo zijn met toonverschijnselen verbonden: de spoedig op elkander volgende inademingen van het hikken, de diepe inademing met eene daarop volgende krachtige uitademing bij het zuchten, de langzame en aanhoudende inademing door den krampachtig geopenden mond bij het gapen, de stootsgewijze afgebroken uitademing van het lagchen, enz.

De opwekking tot de onwillekeurige rhythmische ademhalingsbewegingen gaat van eene omschrevene plaats van het verlengde merg uit, welke gelegen is op de plaats waar de vagus en accessorius ontspringen; de vernietiging van dit punt onderdrukt terstond de ademhaling en is derhalve doodelijk („Noeud vital" FLOURENS). Van deze plaats af worden door de nn. phrenici het middenrif, door de buitenste zenuwen van de borstkas de overige inademingsspieren in beweging gebragt; ook het aanvangspunt van de uitademing is, voor zoover deze door spierkrachten geschiedt, in die zelfde plaats gelegen. Zekere centripetale vezels, die op de baan van den vagus naar den noeud vital gaan, moeten in den normalen toestand in eene gestadige opgewektheid verkeeren, die door reflexie de ademhalingsbewegingen versnelt. Want de doorsnijding van een of beide vagi (aan den hals) vertraagt de ademhalingsbewegingen; omgekeerd bewerkt de prikkeling van het centrale uiteinde eene versnelling van de ademhaling, die zich tot eene krampachtige inademing kan verheffen (waarbij het middenrif zonder eenige beweging in den toestand van

zamentrekking blijft (TRAUBE) *). Doch de ademhalingsbewegingen worden in dezelfde mate als zij langzamer of sneller worden, te gelijk dieper, resp. meer oppervlakkig, zoodat de verrigting van het verlengde merg over het geheel dezelfde blijft en slechts op eene andere wijze verdeeld wordt; althans worden na de doorsnijding van den vagus de hoeveelheden ingeademd gas niet kleiner (ROSENTHAL). Inademingsspieren, die vóór de prikkeling van den vagus nog niet werkzaam waren, worden ook door de prikkeling niet tot werking aangezet. Waren vóór de prikkeling bij de uitademing spieren werkzaam, alsdan wordt hare werkzaamheid door de prikkeling opgeheven (ROSENTHAL). — Het tegenovergestelde resultaat ziet men bij de prikkeling der gevoelszenuw van het strottenhoofd, den ramus laryngeus superior (vagi). Door prikkeling van zijn centraal uiteinde wordt de ademhaling zeldzamer (en tegelijk dieper), tot dat zij geheel ophoudt (waarbij het middenrif in den toestand van verslapping blijft staan). Eene nog sterkere prikkeling wekt eindelijk uitademingsspieren tot werkzaamheid op (ROSENTHAL).

Wanneer men zich de rhythmiek van eene automatische opwekking aldus voorstelt, dat de opwekkende krachten in het centraalorgaan telkenmale eerst tot eene zekere spanning moeten opgehoopt worden, om vrij te worden, dat zij dus als het ware telken male een zekeren weêrstand moeten overwinnen (zie Hoofdstuk XIII), zoo kan men den invloed van den vagus en van den laryngeus sup. zoo verklaren, dat gene den vooronderstelden weêrstand verkleint, doch deze hem vergroot; alsdan zal eene prikkeling van den vagus veelvuldiger maar kleinere ontladingen, derhalve snellere maar meer oppervlakkige inademingen tot stand brengen, eene zeer sterke prikkeling zal den weêrstand geheel opheffen, derhalve eene onafgebroken ontlading, tetanische inademing, ten gevolge hebben. Omgekeerd zal eene prikkeling van den laryng. sup. langzamere, maar diepere inademingen tot stand brengen, en ten slotte, als de weêrstand buitengemeen vergroot wordt, elke ontlading, derhalve elke inademing beletten. In dezen zin kan de laryng. sup. even goed als „belemmeringszenuw" voor de gangliën van den noeud vital beschouwd worden, als de vezels van den vagus, die naar het hart gaan, voor de gangliën van het hart (ROSENTHAL).

Het vrijmakende moment in het verlengde merg, dat de ademhalingsbewegingen over het algemeen tot stand brengt, schijnt het gebrek van zuurstof in het bloed te zijn; want 1° kan men de ademhalingsbewegingen geheel onderdrukken, als men door eene sterke kunstmatige ademhaling (het inblazen van lucht in de longen) het bloed gestadig met zuurstof verzadigd houdt; 2° is de ademhaling des te sterker, naar mate het bloed armer is aan zuurstof (dyspnoe), b. v. bij het binnentreden van lucht of vocht in de borstvliesholten, waardoor de long zamenvalt, of als de longen door ontsteking niet in staat zijn te ademen enz. De eerste ademhalingsbeweging van het foetus komt op dezelfde wijze tot stand door het stilstaan der placentaire ademhaling, derhalve door een plotseling gebrek aan zuurstof in het bloed (SCHWARTZ). — Intusschen is er altijd zeker gehalte aan zuurstof in het bloed noodig voor het tot stand komen der ademhalingsbeweging, omdat anders de opwekbaarheid van het verlengde merg ophoudt, bij gevolg

*) Bij het nemen van deze proef komt soms, als de prikkeling van de uiteinden van den vagus langs den electrischen weg geschiedt, in plaats van den stilstand tijdens de inademing, omgekeerd stilstand tijdens de uitademing voor. Doch dit geschiedt altijd doordien, wegens een gebrekkig isoleren, electrische stroomen naar den ramus laryngeus superior worden afgeleid (ROSENTHAL).

zelfs de sterkste prikkels niet meer kunnen werken. — Dat niet de ophooping van het koolzuur in het bloed het opwekkende moment voor het verlengde merg is, maar het gebrek aan zuurstof, bewijst het feit, dat eene lucht, die zeer rijk is aan koolzuur, als zij slechts het noodige gehalte zuurstof bevat, de ademhalingsbewegingen niet doet vermeerderen (W. MÜLLER), dat er verder dyspnoe tot stand komt, als men indifferente gassen (stikstof, waterstof) door de longen drijft, waardoor aan het bloed niet alleen de zuurstof, maar ook het koolzuur wordt ontnomen (TRAUBE) *).

Aanhangsel tot het mechanisme van de ademhalingswerktuigen. De luchtaanbrengende organen, neusholte (de ademhaling door den mond dient, ofschoon men haar dikwijls willekeurig verrigt, in den regel slechts tot plaatsvervangster, als de neus gesloten is), cavum pharyngo-nasale, strottenhoofd en luchtpijp, zijn gedeeltelijk met toestellen voorzien, die tot het doel der ademhaling dienen, gedeeltelijk wordt van de ademhalingsbewegingen gebruik gemaakt, om in gene doelmatige bewegingen op te wekken. In het lange aanvoeringskanaal wordt de ingeademde lucht verwarmd en gezuiverd van de grovere schadelijke bijmengsels, die aan de wanden blijven hangen; de naar buiten gerigte trilharige beweging (bijna in het geheele aanvoeringskanaal) voert de deeltjes die zich vastgezet hebben, alsmede overbodig slijm, enz. gestadig naar buiten. — Wijders bezit het strottenhoofd in de stembanden eene beschutting tegen binnendringende vreemde ligchamen (speeksel, deeltjes van spijzen enz.) alsook tegen de inademing van zekere bijtende gassen (zie aanhangsel), daar elke prikkel door reflexie de stemspleet sluit. Zijn hare spieren door doorsnijding van beide vagi of laryngei inferiores verlamd, alsdan dringen die zelfstandigheden gemakkelijk door de geopende stemspleet naar binnen en veroorzaken doodelijke longontstekingen (TRAUBE). — Het naar buiten brengen van vreemde ligchamen, die eenmaal in de luchtwegen binnengedrongen of ziekelijk daarin ontstaan zijn (slijm) heeft plaats door prikkeling van de overeenkomstige deelen van het slijmvlies, die door reflexie stootsgewijze explosieve uitademingen tot stand brengen; deze werpen de vreemde stoffen naar buiten. Zulke stootsgewijze uitademingen zijn het niezen voor het neuskanaal, het hoesten voor het strottenhoofd. Beide gaan met een geluid gepaard, dat door het plotseling openspringen van de gesloten holten (bij het niezen de door slijm enz. verstopte neusholte, bij het hoesten de gesloten stemspleet) ontstaat. De bij de reflexie in het spel zijnde gevoelszenuwen zijn bij het niezen de trigeminus, misschien ook de olfactorius, bij het hoesten waarschijnlijk de laryngeus superior. Het hoesten kan ook willekeurig ontstaan. (Het is mogelijk dat ook de bronchiale spieren [bladz. 67] tot het verwijderen van slijm enz. uit de kleine luchtpijpstakken bijdragen). — Wijders worden de uitademingsstroomen willekeurig tot gelijksoortige doeleinden aangewend; zoo drijft men b. v. door middel daarvan het slijm uit den willekeurig van buiten zamengedrukten neus naar buiten (snuiten), of uit den door spierwerking vernaauwden isthmus faucium (schrapen). Door middel van den uitademingsstroom verhindert men dat vloeistoffen, die men een tijd lang in de keel wil houden, zonder ze door te slikken, in de luchtwegen binnendringen, waarbij de lucht, die als blazen door de vloeistof gaat, een klokkend geruisch doet ontstaan (gorgelen). De uit den ver geopenden mond komende warme en vochtige uitademingsstroom wordt bij het ademen tot verwarming of bevochtiging gebruikt. Eindelijk brengt men door den uitademingsstroom de stembanden, het zacht gehemelte, de tong, de lippen of voor den mond geplaatste instrumenten tot geluid gevende trillingen of geruischen (zingen, spreken, blazen enz. — Over stem en spraak zie Hoofdstuk X.). — Sluit men na eene diepe inademing de stemspleet en trekt men met kracht de buikspieren zamen, dan wordt de inhoud van den buik sterk zamengedrukt, waardoor de ontlastingen uit verschillende buikorganen (endeldarm, baarmoeder, blaas) bevorderd worden (buikpersing).

*) Intusschen zouden nieuwere, maar nog niet in haar geheel medegedeelde proeven (TRAUBE) aangetoond hebben, dat ook bij eene verzadiging van het bloed met waterstofgas de ademhalingsbewegingen ophouden, een feit, dat volkomen in strijd zou zijn met de hier medegedeelde zienswijze.

II. De gaswisseling.

Uitwendige ademhaling.

Behalve in de eigenlijke ademhalingswerktuigen geschiedt, zooals boven (bladz. 65) gezegd is, de wisseling van de gassen van het bloed met die van de lucht ook op alle overige plaatsen, waar haarvaten met luchtlagen in eene naauwe aanraking zijn, derhalve op de huid en in het altijd lucht bevattend spijsverteringskanaal, doch in beide in veel mindere mate dan in de longen. Evenwel is de huidademing („perspiratie") van zulk een hoog gewigt, dat eene opheffing daarvan bij dieren (wanneer men de huid met eene laag vernis bestrijkt) in korten tijd den dood veroorzaakt, of althans de stofwisseling en bij gevolg ook de verrigtingen, met name de warmteproductie (BERNARD) als ook de hart- en ademhalingsbewegingen aanmerkelijk vermindert. Wanneer de huid niet volkomen met zulk een vernis bedekt wordt, moeten ten gevolge van een matig gebrek aan zuurstof de ademhalingsbewegingen veelvuldiger worden (vergel. bladz. 72). — De zoogen. darmademing is wegens den geringen voorraad van gassen bij den mensch van geen beteekenis, evenwel wordt de geheele hoeveelheid zuurstof, die in de darmen aanwezig is, verteerd en daarvoor koolzuur uitgescheiden, zoodat men in de dikke darmen hoofdzakelijk koolzuur en stikstof aantreft.

Bij vele dieren (b. v. bij een visch, die lucht inslikt, de Cobitis fossilis, meerslang of modderkruiper) schijnt de darmademing van beteekenis te zijn. — De nadeelige werking van het bedekken der huid met een vernis schrijven sommigen toe aan de terughouding van eene schadelijke, voor uitscheiding bestemde stof („perspirabile retentum"). Volgens nieuwere onderzoekingen (EDENHUIZEN) schijnt die stof in eene vlugtige stikstofhoudende verbinding te bestaan; op die plaatsen, die niet met een vernis zijn bestreken, kan men de uitscheiding van een vlugtig alkali (ammoniak?) door haematoxyline-papier constateren; verder vertoont zich op de plaatsen der huid, die men een tijd lang met vernis houdt overtrokken, een ontstekingachtig oedeem, in het serum waarvan, volgens sommigen, kristallen van phosphorzure ammoniak-magnesia zouden voorkomen.

De uitwendige ademhaling bestaat in een overgang van zuurstof uit de lucht in het bloed, van koolzuur, waterdamp, stikstof en warmte uit het bloed in de lucht. De ingeademde lucht keert derhalve armer aan zuurstof, doch warmer en rijker aan koolzuur, stikstof en water (meestal met waterdamp verzadigd) uit het ligchaam terug. Dientengevolge is het (longader-)bloed, dat uit de long terugkeert, rijker aan zuurstof, minder warm, armer aan koolzuur, stikstof en water dan het bloed van de longslagader; het is derhalve lichter rood (slagaderlijk); evenwel komt slechts een klein gedeelte van het verlies van warmte en water op rekening van het longbloed,

vermits alle deelen van het ademhalingskanaal aan de ingeademde lucht warmte en waterdamp afgeven.

De gaswisseling tusschen het bloed en de lucht gehoorzaamt, voor zooverre de gassen van het bloed eenvoudig opgeslorpt zijn, aan de wet van DALTON (zie bladz. 41). Het bloed dat in de longen komt bevat veel meer CO_2, dan het onder de oneindig kleine drukking van het atmosferische CO_2 (slechts ongeveer $^1/_{2000}$ van eene atmosfeer) opgeslorpt kan houden, — het moet derhalve voortdurend CO_2 aan de lucht afgeven. Omgekeerd moet onder de drukking van de atmosferische zuurstof (= $^1/_5$ atm.) zuurstof opgeslorpt worden, als het bloed minder zuurstof, dan aan deze drukking beantwoordt, opgeslorpt bevat. Daar intusschen de opname van zuurstof grootendeels door scheikundige binding in de bloedligchaampjes, derhalve onafhankelijk van de drukking, plaats heeft *) (zie bladz. 41), zoo wordt onder elke drukking zuurstof opgenomen, derhalve ook dan nog, als de middenstof, waarin geademd wordt, zeer arm aan zuurstof is (W. MÜLLER). Hoe zich daarentegen bij het afgeven van koolzuur het scheikundig gebonden gedeelte tot het eenvoudig opgeslorpte verhoudt, is nog niet bepaald, aangezien de scheikundige binding van het koolzuur op eene nog niet volkomen bekende wijze insgelijks van de drukking afhangt. Bij de geringe drukking van het atmosferische koolzuur zou aan het bloed in elk geval zoowel vrij als los gebonden koolzuur onttrokken worden; doch door de hooge drukking van het koolzuur, dat in de lucht van de longen aanwezig is, is het geheel anders met de zaak gelegen (zie beneden). Wanneer de drukking van het koolzuur der atmosferische en in de long bevatte lucht nog hooger klimt, b. v. bij het ademen in eene afgesloten ruimte, moet ook eindelijk een punt van evenwigt tot stand komen, waarbij in het geheel geen CO_2 meer uitgescheiden wordt; ten laatste moet zelfs CO_2 in het bloed opgenomen worden (W. MÜLLER). — De (zeer geringe en niet altijd te constateren) uitscheiding van stikstof moet insgelijks daardoor verklaard worden, dat het bloed meer stikstof bevat, dan het onder de (zeer aanmerkelijke : = $^4/_5$ atm.) drukking van de atmosferische stikstof opgeslorpt kan houden; intusschen is deze hoeveelheid wegens het geringe opslorpingsvermogen van de stikstof zeer klein (zie bladz. 43).

Niet zoo is het natuurlijk met de gaswisseling in de longen gesteld, als wanneer het bloed regtstreeks in aanraking is met de dampkringslucht; want de in de longen zich bevindende lucht is, omdat zij bij de uitademing niet geheel en al uitgestooten wordt, (zie bladz. 70) altijd armer aan zuurstof en rijker aan koolzuur dan de dampkringslucht; doch dit heeft volgens het hier boven medegedeelde bijna in het geheel geen betrekking op de zuurstofwisseling, maar alleen op die van het koolzuur. De hoeveelheden koolzuur, die aan het bloed onttrokken zijn, zijn derhalve tot op zekere hoogte afhankelijk van den graad der inademing van lucht, derhalve van het aantal en de diepte der ademhalingen. Hoe oppervlakkiger en zeldzamer deze zijn, des te minder CO_2 geeft het bloed af, en door eene volkomene inhouding van de ademhaling moet een punt bereikt worden, dat er geen CO_2 meer afgegeven wordt, en dat de spanning van het koolzuur in de lucht van de longen en in het bloed in een staat van evenwigt verkeert. Door de (thans uitgeademde) lucht, die zich op dit oogenblik in de longen bevindt, te onderzoeken, kan men de spanning van het koolzuur van het bloed berekenen (BECHER). — Te gelijker tijd volgt hieruit, dat het tot eene quantitatieve bepaling van de gaswisseling niet voldoende is, eene enkele hoeveelheid in- en uitgeademde lucht met elkander te vergelijken, maar dat dit gedaan moet worden met lucht, die gedurende een langen tijd ingeademd en in den zelfden tijd uitgeademd wordt.

Wijders hebben naauwkeurige vergelijkingen van aderlijk en slagaderlijk bloed aangetoond (SCHÖFFER), dat in de longen niet alleen het

*) Daar de bloedligchaampjes in de bloedvloeistof gesuspendeerd zijn, zoo moet men zich voorstellen, dat de scheikundige binding van een deeltje zuurstof altijd door eene opslorping in de bloedvloeistof wordt voorafgegaan. Men moet derhalve de onafhankelijkheid van het opnemen der zuurstof van de drukking zóó opvatten, dat het plasma bij elke drukking zoo lang steeds nieuwe zuurstof opslorpt, als de bloedligchaampjes nog in staat zijn ze daaraan te ontnemen en scheikundig te binden.

eenvoudig opgeslorpte koolzuur (dat aan de wet van DALTON gehoorzaamt) en het los gebondene (dat niet aan deze wet gehoorzaamt, maar toch door de luchtpomp uitgedreven kan worden), maar ook het vast gebondene (dat alleen door zuren kan uitgedreven worden) uit het bloed in de lucht van de longblaasjes overgaat. Het slagaderlijke bloed bevatte gemiddeld 4,6 proc. in vol. meer koolzuur dan het aderlijke; van dit verschil kwam ongeveer de helft op rekening van het vast gebonden gedeelte. De drukking van het koolzuur der lucht, die zich in de longblaasjes bevindt (welke de hoeveelheid van 8,5% bedragen kan — BECHER), is echter zoo hoog, dat wij ons daarvan naauwelijks kunnen bedienen om de uitscheiding van koolzuur, dat door de luchtpomp kan uitgedreven worden, te verklaren. Derhalve moeten andere dan louter physische momenten de uitscheiding van koolzuur in de long veroorzaken. Verder bleek, dat de bloedwei, in verhouding tot de hoeveelheid, die door de luchtpomp kan uitgedreven worden, veel meer vast gebonden koolzuur bevat dan het bloed in zijn geheel, en eindelijk dat na toevoeging van het laatste het bloedserum een groot gedeelte van zijn vast gebonden koolzuur verliest. Hieruit moet men opmaken, dat de bloedligchaampjes, welligt onder den invloed der gelijktijdige opname van zuurstof in de longen, in staat zijn, de raadselachtige uitscheiding van het vast gebonden, misschien ook van het los gebonden koolzuur tot stand te brengen. — Hierbij mogen wij niet onvermeld laten, dat men vroeger de aanwezigheid van een zuur in de longen („longenzuur" VERDEIL) aannam, waaraan men de uitdrijving van het koolzuur toeschreef; doch later bleek het dat dit zuur niets anders was dan taurine (CLOËTTA).

Inwendige ademhaling.

De inwendige ademhaling, d. i. de wisseling tusschen de gassen van het bloed en die van de weefsels, waardoor de verandering van het slagaderlijke bloed in het aderlijke tot stand komt, is nog in duisternis gehuld. In de eerste plaats is het nog de vraag, of zulk eene wisseling werkelijk bestaat, of niet de oxydatie, waaruit het koolzuur afkomstig is, geheel of gedeeltelijk in het bloed van de haarvaten zelve plaats heeft; wijders, gesteld dat men de gaswisseling aanneemt, of de zuurstof regtstreeks naar de filtrerende vloeistoffen van de weefsels, en daaruit het koolzuur weder in het bloed overgaat, dan wel of zekere stoffen, die als fermenten werken (M. TRAUBE) den overgang tot stand brengen. — Later zullen wij dikwijls spreken over het verbruik van zuurstof en de vorming van koolzuur van verschillende organen. Voorloopig zij slechts aangemerkt, dat de inwendige gaswisseling van verschillende organen, voorts van hetzelfde orgaan op verschillende tijden een zeer verschillenden omvang heeft. Dientengevolge is ook het koolzuurgehalte en de kleur van de verschillende soorten van aderlijk bloed aan veel verandering onderworpen. Zoo is b. v. het bloed der nierader licht karmozijnrood, en zijn de meeste andere soorten van aderlijk bloed donker blaauwrood. Het aderbloed van functionerende spieren bevatte gemiddeld uit 5 proefnemingen 3 proc. in vol. minder O, daarentegen 4,1 meer CO_2, dan dat van rustende (12,6 minder O en 10,6 meer CO_2 dan slagaderlijk); in weêrwil van het geringer O-gehalte was het aderbloed van de functio-

nerende spieren, hoogst opmerkelijk, niet in alle gevallen donkerder dan dat van rustende (SCZELKOW).

Dat in alle organen oxydaties, derhalve verbruik van zuurstof en vorming van koolzuur plaats hebben, is algemeen aangenomen, en volgt reeds daaruit, dat het bloed in alle haarvaten aderlijk wordt. — Tegen de meening, dat de oxydatie binnen het bloed van de haarvaten plaats heeft, pleit: 1. de waarneming, dat de ademhaling in de spieren (zie Hoofdstuk X.) ook nog plaats heeft, nadat al het bloed uit hare haarvaten verwijderd is (G. v. LIEBIG); 2. dat verrigtingen, die noodzakelijk met oxydaties verbonden zijn, (spierbewegingen) nog mogelijk zijn, wanneer het bloed geen zuurstof meer bevat (SETSCHENOW). — De oude meening, dat de vorming van koolzuur in het longbloed zelf plaats heeft (LAVOISIER), is reeds daardoor weêrlegd, dat het (aderlijke) bloed, hetwelk in de longen komt, rijk is aan koolzuur. Ook wordt in bloed, dat volstrekt geen koolzuur, daarentegen zeer veel zuurstof bevat, geen koolzuur gevormd (MARCHAND).

Bedrag van de gaswisseling.

Het bedrag van de gaswisseling, de afwijkingen daargelaten, die door de ademhalingsbewegingen veroorzaakt worden (bladz. 75), hangt hoofdzakelijk af van het verbruik der zuurstof in het organisme (over dit verbruik zie Hoofdstuk VIII). Want er wordt des te meer zuurstof door de bloedligchaampjes gebonden, naar mate zij door het verbruik daaraan armer geworden zijn, en er wordt des te meer koolzuur en stikstof afgegeven, naar mate het bloed door de oxydatieprocessen in het ligchaam meer met de gassen bezwangerd is. Onder de momenten, waardoor sommige of alle oxydatieprocessen in het ligchaam verhoogd worden (zie Hoofdstuk VIII), moeten inzonderheid genoemd worden: spierarbeid, een lagere warmtegraad van de omgeving (die het proces van de warmteproductie in het ligchaam, tot bewaring van de normale temperatuur, verhoogen moet), het proces der spijsvertering (dat met eene verhooging van vele afscheidingen verbonden is), grootere energie van de geheele levenswerkzaamheid (zooals bij het mannelijk geslacht, bij sterke gestellen, in den middelbaren leeftijd, enz.). Al deze momenten moeten het opnemen der zuurstof verhoogen, alsmede de uitscheiding van koolzuur, aangezien nagenoeg bij alle oxydaties koolstof geoxydeerd wordt. Het meest vermeerderen die processen de uitscheiding van koolzuur, welke met eene verbranding van stoffen die rijk zijn aan koolstof verbonden zijn, en insgelijks het gebruik van voedsel dat rijk is aan koolstof (koolhydraten), dat gedeeltelijk regtstreeks schijnt verbrand te worden. Niet altijd wordt stikstof uitgescheiden; het geschiedt voornamelijk bij voedsel, dat rijk is aan stikstof (vleesch), doch ook daarbij in zeer geringe mate, omdat bijna alle stikstof langs andere wegen wordt uitgescheiden.

Eene gemiddelde opgaaf van het bedrag der gaswisseling heeft volgens het bovenstaande slechts eene geringe waarde. Een volwassene gebruikt in

24 uren nagenoeg 746 grm. (520601 c. cm.) zuurstof en ademt ongeveer 867 grm. (443409 c. cm.) koolzuur uit (VIERORDT). Zoo nu alle zuurstof alleen tot de oxydatie van koolstof verbruikt werd, en al het gevormde CO_2 uitgeademd, dan moest het volume daarvan in groote tijdruimten gelijk zijn aan dat van de zuurstof, want 1 gewigtsdeel CO_2 en 2 gew. d. O hebben een gelijk volume. Daar evenwel ook andere oxydatieprodukten ontstaan (HO enz.), zoo moet het gevormde CO_2 minder ruimte beslaan, dan de verbruikte O. Daarom ontstaat bij de ademhaling in eene afgesloten ruimte altijd eene verdunning der lucht (die zich evenwel ook reeds daardoor laat verklaren, dat het opnemen van zuurstof voorduurt tot dat de geheele voorraad verteerd is, terwijl de uitscheiding van koolzuur spoedig vermindert en ten slotte ophoudt; vergel. bladz. 75). — Door arbeid kan het opnemen van zuurstof gedurende een uur van 31 grm. (zie boven) tot op het vijfvoudige (156 grm. HIRN) klimmen. — De uitscheiding van stikstof wisselt af van 0 tot op $^1/_{50}$ van de opgenomen zuurstof (REGNAULT en REISET).

Voor de qualitatieve vergelijking van de in- en uitgeademde lucht is de dagelijksche ervaring voldoende, dat de uitgeademde lucht warmer en vochtiger is, dan de gewone dampkringslucht, en de eenvoudige proefneming, om door eene buis in kalk- of barytwater uit te ademen, waarbij het vocht door koolzuren kalk of baryt troebel wordt. — Voor de quantitatieve vergelijking is, daar de zamenstelling van de ingeademde lucht bekend is (men verwijdert het koolzuur- en watergehalte, als men de in te ademen lucht vooraf door zwavelzuur en potasch laat gaan), — het onderzoek van de uitgeademde voldoende; men ademt tot dit doel gewoonlijk in kwikgasometers uit (ALLEN en PEPYS). Om echter het totale bedrag van de gaswisseling voor een langen tijd te bepalen, kan men de uitgeademde lucht door toestellen laten gaan, die het gevormde koolzuur en het water opvangen, zoodat beide gewogen kunnen worden. Hiertoe zijn aspiratietoestellen noodig, b. v. luchtledige ruimten (ANDRAL en GAVARRET), een watervat dat leêg loopt (SCHARLING), of eene zuigpomp (PETTENKOFER). Wil men eene proef nemen op eene groote schaal (zooals bij den toestel van PETTENKOFER, waarvan de tot de ademhaling bestemde ruimte zoo groot is, dat een mensch er een geruimen tijd in kan blijven), dan is het voldoende, slechts een klein gedeelte van de in- en uitgeademde lucht door de opslorpingsvloeistoffen te laten gaan, vooronderstelt dat de gezamentlijke hoeveelheden (door gasuurwerken) gestadig gemeten worden. Juister is echter die methode, waarbij men in eene volkomen afgeslotene ruimte laat ademen, welke slechts met een reservoir van zuurstof in verbinding staat; het gevormde koolzuur wordt voortdurend gebonden door een zeer goeden opslorpingstoestel, die met potaschloog gevuld is, en de daardoor ontstaande vermindering van luchtdrukking zuigt onophoudelijk zuurstof in. Op het einde van de proef vindt men alsdan het gevormde koolzuur in de potaschloog, de reeds vroeger aanwezige en later gevormde stikstof in de ruimte; de verbruikte zuurstof vindt men uit het verminderen van haren voorraad, die bij het begin in de ruimte en in het reservoir van zuurstof aanwezig was (REGNAULT en REISET). Wil men de gaswisseling van de geheele uitwendige ademhaling bepalen, dan moet de tot de ademhaling bestemde ruimte het geheele ligchaam opnemen; zoekt men alleen die van de huiduitwaseming, dan ademt men met mond en neus door eene bijzondere buis, die naar buiten uitloopt; zoekt men eindelijk alleen die van de longen, dan bestaat de tot de ademhaling bestemde ruimte alleen uit een masker, dat voor den mond en den neus wordt gebonden en luchtdigt om het gezigt sluit.

Aanhangsel.

Wordt op de eene of andere wijze de toevoer van de zuurstof tot het bloed afgesneden of aanmerkelijk verminderd, of

wordt zelfs de reeds in het bloed gebondene zuurstof uitgedreven, dan openbaart zich eene reeks van verschijnselen, die ten slotte den dood na zich slepen (verstikking, suffocatie). Door inademing van kooloxydegas (bladz. 42) kan gebondene zuurstof uit het bloed naar buiten gedreven worden. De omstandigheden, die, naar gelang zij geheel of gedeeltelijk voorkomen, den toevoer van zuurstof beletten of verminderen, zijn: gebrek aan zuurstof in het ademhalingsmedium, (b. v. aanhoudend ademen in eene afgesloten luchtruimte; luchtledige ruimte; onderduiken in water); bij het foetus het losgaan van de placenta of sluiting der navelvaten vóór de geboorte; stremming van de huid- of longademing; het eerste door de huid te bestrijken met een vernis, het laatste door sluiting van de luchttoevoerende kanalen (van buiten door drukking; — worging, — van binnen door krampachtige sluiting van de stemspleet (zie beneden), verstopping door vreemde ligchamen, vulling van de luchtpijpstakken met ziekteprodukten (longontsteking), zamenvalling van de longen door het binnendringen van lucht of vocht in de borstvlieszakken (pneumothorax, pleuritische exsudaten), verwoesting van de longen (tuberculose), het ophouden van de ademhalingsbewegingen, eindelijk sluiting (embolie) van de longslagader. — De naaste gevolgen van een plotseling gebrek aan zuurstof is eene versnelling en dieper wording van de ademhalingsbewegingen onder medewerking van de accessoire spieren (bladz. 68, 69), de zoogen. „dyspnoe" (bladz. 72). Wanneer deze het gebrek aan zuurstof niet kan verhelpen, dan wordt ten laatste de opwekbaarheid van het verlengde merg uitgedoofd, zoodat nu in weêrwil van den sterken prikkel de ademhalingsbewegingen weder verminderen en ophouden. Een zekere graad van gebrek aan zuurstof, misschien ook de ophooping van koolzuur in het bloed, werkt ook sterk opwekkend op andere centraalorganen, zoodat krampachtige trekkingen van het geheele ligchaam meestal met de verstikking verbonden zijn. Ten slotte volgt de dood. In het lijk komt geen onderscheid voor tusschen slagaderlijk en aderlijk bloed; al het bloed is donker zwartrood (slechts bij de werking van kooloxydegas niet, (bladz. 42)); vrije zuurstof is niet aanwezig, daarentegen veel vrij koolzuur (evenwel niet zooveel als aan het minus van O beantwoordt); het gehalte aan gebonden koolzuur en aan stikstof is onveranderd (SETSCHENOW); tusschen de spanning van het koolzuur van de lucht, die zich in de longen bevindt en die van het bloed bestaat een aanmerkelijk verschil (zie hierover bladz. 75). — Blijft daarentegen het gebrek aan zuurstof een tijd lang in een matigen graad aanhouden, b. v. bij eene gedeeltelijke verwoesting van de longen, pneumothorax van eene zijde, dan is het verbruik van de zuurstof ge-

evenredigd aan den toevoer; de verrigtingen, die met oxydaties verbonden zijn, verminderen in evenredigheid (het ligchaam wordt minder warm, slapper), de ademhalingsbewegingen worden eenigermate veelvuldiger; het bestaande gebrek aan zuurstof geeft zich te kennen door eene donkere kleur van het bloed, welke zich aan de lippen en andere slijmvliezen door eene blaauwachtige kleur (blaauwzucht) openbaart.

Uit het medegedeelde laat zich de invloed van het inademen van verschillende gassoorten gemakkelijk verklaren. Alleen zuurstof, zuiver of met andere onschadelijke („indifferente") gassen, zooals stikstof of waterstof, vermengd, kan op den duur in de behoefte der ademhaling van het ligchaam voorzien. Buitendien kan de zuurstof nog een tijd lang vervangen worden door stikstofoxydulegas, dat evenwel een toestand ten gevolge heeft die veel op een roes gelijkt, („lustgas" H. DAVY). Indifferente gassen, d. i. zulke, die met zuurstof (resp. stikstofoxydule) vermengd zonder nadeel ingeademd kunnen worden, doch op zich zelf de ademhaling niet onderhouden, zijn: waterstof, stikstof, tot eene zekere hoogte ook koolzuur. — Prikkelende gassen, d. i. zulke, die zonder nadeel niet in eene groote hoeveelheid in de middenstof der ademhaling mogen voorkomen, omdat zich de stemspleet bij hunne inademing ten gevolge van reflexie krampachtig sluit (bladz. 73), zijn: ozon, chloor, jodium, bromium, chloorwaterstof, zwavelig zuur, salpeterig zuur, fluorwaterstof, ammoniak en een aantal andere. — Giftige gassen, die, zonder kramp van de stemspleet te veroorzaken, kunnen ingeademd worden, maar toch een nadeeligen invloed uitoefenen, zijn: kooloxyde (bladz. 79), zwavelwaterstof, cyaanwaterstof, koolwaterstoffen, koolzuur enz. Het koolzuur moet tot deze categorie gebragt worden, omdat het met eene voldoende hoeveelheid zuurstof vermengd, zekere nadeelige algemeene werkingen uitoefent; men zou het ook onder de prikkelende gassen kunnen rangschikken, omdat het eenigermate kramp van de stemspleet veroorzaakt.

VIERDE HOOFDSTUK.

Afscheidingen.

Den naam van „afscheiding" (secretio) in een ruimen zin genomen, geeft men aan alle processen, waardoor stoffen onveranderd of veranderd het bloed verlaten; ook worden de produkten van deze processen afscheidingen (secreta) genoemd. — Men kan deze produkten in twee afdeelingen splitsen, namelijk:

1. De vloeistoffen of gassen, die uit het bloed afkomstig zijn en vrij op in- of uitwendige oppervlakten worden uitgestort. Die op inwendige vlakten (in holle ruimten, kanalen) worden uitgestort, de „secreta in een meer beperkten zin," dienen aldaar tot bijzondere verrigtingen (b. v. tot de spijsvertering), en worden grootendeels, in meerdere of mindere mate veranderd, weder in het bloed opgenomen; — daarentegen zijn die, welke op uitwendige vlakten worden uitgestort (de zoogen. excreta), voor het ligchaam verloren, ofschoon sommige daarvan (b. v. huidsmeer, zweet) ook nog op de oppervlakte in zekeren zin van dienst zijn.

Klaarblijkelijk bestaat er voor het afscheidingsproces zelf geen onderscheid tusschen secretum en excretum; en over het algemeen is er in de bestemming voor eene inwendige of uitwendige oppervlakte geen fundamenteel onderscheid gelegen. Wil men vasthouden aan eene scherpe scheiding tusschen se- en excreta, dan doet men het best, de stoffen, die het ligchaam niet meer van dienst kunnen zijn en waarvan de terughouding in het organisme nadeelige gevolgen zou hebben, uitscheidingsstoffen [excrementitiële stoffen] te noemen. Daartoe behooren inzonderheid zekere eindprodukten van de oxydatieprocessen, met name koolzuur, pisstof, stikstof enz. Als excreta moeten alsdan voornamelijk de respiratorische en de pisafscheiding beschouwd worden. — Dikwijls worden alle stoffen die het ligchaam verlaten excreta genoemd, zonder dat daarbij haar oorsprong in aanmerking wordt genomen. In dit geval moeten bij de reeds genoemde nog de volgende zelfstandigheden gevoegd worden, waarvan de eigenlijke bestanddeelen niet of niet regtstreeks uit het bloed afkomstig zijn: 1. De drekstoffen, d. i. de onverteerbare deelen van het voedsel, vermengd met de bestanddeelen van de secreta der spijsvertering, die niet weder in het bloed terugkeeren; 2. de afstooting van hoornachtige weefsels (verlies van opperhuid, haren en nagels); 3. eijeren en zaad.

2. De vloeistoffen, die uit het bloed afkomstig zijn, in de weefsels van het ligchaam uitgestort worden en door deze heendringen, de „parenchymsappen," spiersap, bindweefselsap, enz.

Voor zooverre ook de vaste bestanddeelen der weefsels (cellen, vezels, enz) hunne bouwstoffen uit de parenchymsappen, derhalve middellijk uit het bloed ontleenen, kan elk bestanddeel des ligchaams als eene afscheiding uit het bloed beschouwd worden. Doch aangaande het laatstgenoemde proces bestaat nog zooveel onzekerheid, dat wij het niet nader kunnen toelichten; ook de afscheiding van de nog weinig bekende parenchymsappen kan hier niet dan in algemeene trekken behandeld worden.

I. Afscheiding in het algemeen.

Physische processen.

Alle vloeibare uitscheidingen uit het bloed hebben plaats door den gesloten vaatwand der haarvaten heen. (De eenige normale uitscheiding uit een open vaatwand is, naar het schijnt, de menstruale bloeding).

De physische krachten, die vloeistoffen door vliezen kunnen heendrijven, zijn: de filtratie en de diffusie.

Filtratie noemt men het doorgaan van een vocht door de poriën (de grovere, niet de eigenlijke, physische, intermoleculaire) van een ligchaam, b. v. van een vlies, onder den invloed van eene drukking. Even als bij het gewone „filtreren" door de zwaartekracht, zoo kunnen, door de spanning van het bloed in de vaten, zekere of alle vloeibare bestanddeelen van het bloed naar buiten geperst worden, daar de spanning van de (parenchym-)vochten, die de haarvaten omgeven gewoonlijk geringer is, dan de drukking des bloeds. De hoeveelheid der gefiltreerde vloeistof neemt toe met de grootte van dat verschil in spanning; maar dit laatste wordt grooter: 1. door vermindering van de spanning in den omtrek der haarvaten, derhalve door onttrekking van parenchymvocht, door eene plaatselijke opheffing van de drukking der lucht (het zetten van koppen); 2. door verhooging van de drukking in de haarvaten, welke plaats heeft door de op bladz. 59 opgegeven invloeden, namelijk: a. door verhooging van de algemeene bloeddrukking; b. door uitzetting van de toevoerende slagaderen, d. i. door verslapping van hare kringswijze verloopende spieren, veroorzaakt door warmte of door vermindering der opwekking in de vasomotorische zenuwen. — De tegenovergestelde invloeden, derhalve: vermindering van de bloeddrukking, koude, prikkeling van de vasomotorische zenuwen, moeten de filtratie verminderen. Op deze wijze kan men de werking der zenuwen op de afscheiding gedeeltelijk verklaren. — Wat de gesteldheid der gefiltreerde vloeistoffen betreft, gaan echte oplossingen onveranderd door; onechte daarentegen, d. i. eenvoudige imbibities (b. v. oplossingen van eiwit, zetmeel, gom), laten slechts een gedeelte der geïmbibeerde stof door, dat afhankelijk is van de drukking der filtratie, en bij eene zeer geringe drukking in het geheel niets. Filtrerend bloed zal derhalve bij eene geringe drukking slechts zijne werkelijk opgeloste deelen (water, zouten, suiker, enz.), bij eene hoogere ook kleinere of grootere hoeveelheden van eiwit en fibrinogene zelfstandigheid laten doorgaan.

Diffusie (naauwkeuriger uitgedrukt: hydrodiffusie, endosmose) is de wisseling van vloeistoffen door vliezen heen, welke, onafhankelijk van eenig verschil in drukking, zelfs de hydraulische drukking dikwijls tegenwerkt. (Ook zijn structuurlooze vliezen, die derhalve geen andere dan de eigenlijke physische poriën bezitten, daartoe geneigd). Voor

de diffusie worden echter altijd twee vloeistoffen vereischt, terwijl voor de filtratie slechts aan één zijde van het vlies vloeistof moet aanwezig zijn (aan den anderen kant lucht of eene ledige ruimte); verder heeft de diffusie plaats tusschen verschillende vloeistoffen, terwijl filtratie ook kan plaats hebben tusschen gelijksoortige vloeistoffen, die slechts aan eene verschillende drukking zijn blootgesteld. — De voornaamste voorwaarde voor de diffusie is, dat het vlies gelijktijdig met de bestanddeelen van beide vloeistoffen doortrokken (geïmbibeerd) worde; het doel van het diffusieproces is, dat de aan weêrskanten aanwezige vloeistoffen volkomen met elkander in evenwigt worden gebragt. Evenwel zijn de twee stroomen, die daartoe noodig zijn, doch in eene tegenovergestelde rigting loopen, niet even sterk; de een namelijk wordt door den ander zoodanig bepaald, dat voor elke in eene bepaalde rigting overgaande hoeveelheid van eene opgeloste stof een zeker quantum van het oplossingsmiddel (in het organisme altijd water) in de tegenovergestelde rigting moet overgaan. De verhouding van deze hoeveelheden, of: de hoeveelheid water, die voor een quantum eener opgeloste stof, dat = 1 gesteld wordt, moet overgaan, wordt het endosmotisch aequivalent van de stof genoemd. Het endosmotisch aequivalent staat in het algemeen in eene omgekeerde verhouding tot het wateraantrekkendvermogen van de stof, is derhalve bij ligt oplosbare, inzonderheid hygroskopische zouten (b. v. keukenzout) het geringst; bij stoffen, die geen werkelijke oplossingen vormen („colloïede zelfstandigheden" GRAHAM, b. v. eiwit, gom) bijzonder groot. Eiwit diffundeert dientengevolge zeer moeijelijk, omdat voor eene kleine hoeveelheid eiwit reeds aanmerkelijke quanta water in eene tegenovergestelde rigting moeten overgaan.

Klaarblijkelijk zullen bij de meeste afscheidingsprocessen filtratie zoowel als diffusie in het spel zijn, omdat het bloed overal omgeven is door scheikundig differente vloeistoffen, die tevens aan eene lagere drukking zijn blootgesteld.

De uitsluitend physische processen (filtratie en diffusie) kunnen natuurlijk bij geen andere vloeistoffen voorkomen, dan die de bestanddeelen van het bloedvocht bevatten, al zij het ook in eene verschillende hoeveelheid. Van zulke afscheidingen, zoogen. „transsudaten," komen slechts weinige voor, met name de vochten in holten besloten (liquor pericardii, peritonaei, pleurae, ventriculorum cerebri enz.). Zij zijn zamengesteld uit water, zouten, suiker, verschillende hoeveelheden van eiwit, fibrinogene, soms ook van fibrinoplastische zelfstandigheid. Men ontdekt de aanwezigheid der fibrinogene zelfstandigheid door de stolling, welke na bijvoeging van fibrinoplastische stoffen (b. v. uitgeperst bloed, bladz. 39) ontstaat. Bevatten de transsudaten fibrinoplastische zelfstandigheid, dan stollen zij na hunne verwijdering uit het ligchaam van zelf, doch meesttijds zeer langzaam, wegens de geringe hoeveelheid van het fibrinoplastisch ligchaam.

Later is het meer waarschijnlijk geworden, dat deze in holten beslotene vloeistoffen gedeeltelijk als lymphe (Hoofdstuk V.) moeten beschouwd worden, aangezien men daarin lymphcellen vindt en tevens eene regtstreeksche gemeenschap van die holten met watervaten ontdekt heeft (v. RECKLINGHAUSEN).

Scheikundige processen.

De meeste afscheidingen daarentegen bevatten behalve de

bestanddeelen van het bloed nog andere („specifieke"), waarvan de vorming niet van de physische processen kan uitgaan. Men moet derhalve zekere scheikundige omzettingen in de doorgezweete vloeistoffen aannemen, waarvan de zitplaats, of althans het uitgangspunt, hoogst waarschijnlijk moet gezocht worden in de cellen, waarmede de afscheidingen in aanraking komen, d. i. in de weefselcellen bij de parenchymsappen, in de kliercellen bij de vrije secreta. Voor zoover bekend is, hebben die omzettingen overal een oxydatief karakter, en vindt men in de secreta en parenchymsappen alle oxydatieprodukten van de stikstofreeks (b. v. syntonine, lijm, chondrine, mucine, hoorn, glycine, kreatine enz. tot pisstof toe), van de koolhydraten (suiker, melkzuur, enz.) en van de vetten (vetzuren, galzuren, enz.). Dat juist deze oxydaties tevens de basis zijn van alle verrigtingen van het organisme (warmte, arbeid, enz.) hebben wij reeds in de inleiding opgegeven, en zal verder in de 2de afdeeling uiteengezet worden. De warmtevorming bij de afscheiding is in de speekselklieren regtstreeks aangetoond (LUDWIG). — Tusschen parenchymsappen en vrije secreta schijnt alzoo geen ander onderscheid te bestaan, dan dat gene in een digt celnet zijn besloten, doch deze door eene dunne cellenlaag (in de klieren) heengaan en van plaats veranderen. Van sommige secreta (huidsmeer, melk) is het bewezen, van andere (slijm) waarschijnlijk, doch bij de overige mogelijk, dat hunne specifieke bestanddeelen van de te niet gaande cellen zelve afkomstig zijn, en zich eenvoudig met het transsudaat vermengen.

Invloed van het zenuwstelsel.

Waarschijnlijk doet zich bij alle, doch zeker bij vele afscheidingen een invloed van het zenuwstelsel gelden, die deels van een quantitatieven, deels van een qualitatieven aard is. Voor sommige van deze inwerkingen is het voldoende een vasomotorischen invloed aan te nemen (zie bladz. 82), doch voor vele is zulks niet voldoende, deels omdat zij in een tegenovergestelden zin werken (vermeerdering van het secretum na zenuwprikkeling), deels omdat de drukking der afgescheiden vloeistof (als men hare afvloeijing verhindert) bij prikkeling van de zenuw hooger kan klimmen dan de drukking des bloeds, en derhalve eene eenvoudige filtratie (waarop toch alleen vasomotorische zenuwen zouden kunnen werken) niet denkbaar is (LUDWIG). Wij bezitten daarvoor nog geen verklaring; het is mogelijk dat het oxydatieproces regtstreeks door den zenuwinvloed wordt geregeld, gelijk men grond heeft te vermoeden naar analogie van de processen in de spieren.

Aangezien naar hetgeen wij boven hebben medegedeeld

het ontstaan van de specifieke bestanddeelen der secreta hand aan hand gaat met eene oxydatie, zoo moet, als die bestanddeelen in eene groote hoeveelheid voorkomen, ook veel zuurstof in het afscheidingsorgaan verbruikt worden (zie bladz. 76—77), het daaruit komende aderbloed derhalve zeer donker zijn. Dit wordt door de waarneming bevestigd (BERNARD).

Afscheidingsorganen.

De vrije secreta worden door bijzondere afscheidingsorganen geleverd. Het eenvoudigste afscheidingsorgaan is een met haarvaten voorzien vlies, dat met eene laag cellen (epithelium) bedekt is; voorts bezitten alle afscheidingsorganen zenuwen, waarvan het onbekend is, op welke wijze zij eindigen. Zulke eenvoudige afscheidende vlakten dienen tot de secretie van de in holten beslotene vloeistoffen; het zijn de weivliezen (buikvlies, hartezakje, enz.), de synoviale vliezen, slijmbeurzen en peesscheeden. Doch de meeste secreta vereischen eene grootere oppervlakte dan die een eenvoudig glad vlies vertoont; bij dit laatste wordt de afscheidende vlakte door eene eenvoudige of vertakte *instulping* van de vlakte, waarop zich het secretum uitstort, (slijmvlies, uitwendige huid) gevormd. De afzonderlijke lagen van deze vlakte zetten zich binnen in de instulping voort; derhalve hebben wij: van buiten de uit bindweefsel bestaande, vaten bevattende, dikwijls met spiervezels voorziene grondlaag, van binnen het epithelium, waarvan de cellen dikwijls in de diepte der instulping in specifieke afscheidingscellen van een anderen vorm overgaan. Zulk eene ingestulpte afscheidende vlakte vormt eene *klier*. Het transsudaat, dat uit de vaten komt, moet derhalve eerst door de cellenlaag heendringen, om als secretum in de holle ruimte der klier en van daar op de vlakte te komen, waarvan de instulping de klier vormt. — Ook eene andere soort van vergrooting van oppervlakte, namelijk door *uitstulping* (*vlokken*), komt in een afscheidingsorgaan voor, met name in de synoviale vliezen.

Zijn de klierinstulpingen vertakt, dan noemt men de klier „zamengesteld;" zijn zij of hare takken buisvormig, dan heeten de klieren *tubuleus* (zweet-, lebklieren, nieren, ballen enz.); zijn zij blaasjesvormig gebouwd, dan noemt men ze *acineus* (slijm-, smeer-, speekselklieren, enz.) Bij de zamengestelde klieren heet het kanaalvormige deel, dat onmiddellijk zamenhangt met de oppervlakte, waarop de klier uitmondt, de ingang van de instulping: *uitlozingsbuis*. Dikwijls heeft zij verwijdingen, die als vergaderplaatsen voor de afgescheiden stof dienen (pisblaas, zaadblaasjes), of zij hangt zamen met wandstandige reservoirs door kanalen (galblaas). — De zoogen. „*klieren zonder uitlozingsbuis*" (milt, watervaatsklieren, follikels, bijnieren, thymus, schildklier) zijn geen afscheidingsorganen, en worden in het 5de en 6de hoofdstuk besproken.

II. De afzonderlijke afscheidingen.

A. Parenchymsappen.

De methoden, langs welke men zich parenchymsappen kan verschaffen, zijn te onvolkomen, om ons deze vochten in hunne oorspronkelijke zamenstelling in eene voldoende hoeveelheid te leveren. Zij bestaan daarin, dat men het weefsel, na dit zooveel mogelijk van bloed bevrijd te hebben, òf uitperst, òf door verschillende oplossingsmiddelen (aether, alkohol, water, zuren) achtereenvolgens sommige bestanddeelen uittrekt. — Onze kennis van de zamenstelling en met name van de vorming der parenchymsappen is daarom hoogst gebrekkig. In vele gevallen weet men niet, of de specifieke stoffen, die men volgens de bovengenoemde methoden uit een weefsel verkrijgt, tot zijne vloeibare of vormelementen behooren. Aangaande het ontstaan der parenchymsappen kan men slechts vermoeden, dat door de cellen van het weefsel in het transsudaat, hetwelk door de bloedvaten geleverd wordt, de specifieke bestanddeelen (lijm, syntonine, vetten enz.) door oxydatieprocessen, misschien onder den invloed van bijzondere (trophische) zenuwen (zie Hoofdstuk XI) ontstaan. Voorts vermoedt men, dat de transsudaten in een zekeren overvloed geleverd worden, die door wederopzuiging door middel van de watervaten weder weggenomen wordt (zie Hoofdstuk V.). De specifieke stoffen, die op deze wijze ontstaan, zijn gedeeltelijk onoplosbaar en worden alsdan vormelementen. Anorganische bestanddeelen van transsudaten komen in eene groote hoeveelheid onopgelost voor in de beenderen, die in hun ontwikkelden toestand 50—70% onoplosbare zouten („beenaarde") bevatten (in 100 deelen beenaarde: 85,7 phosphorzuren kalk, 9,1 koolzuren kalk, 3,0 fluorcalcium, 1,7 phosphorzure magnesia, — HEINTZ).

Wij kunnen hier de verschillende parenchymsappen niet afzonderlijk beschouwen, omdat wij daaromtrent nog weinig met zekerheid weten. Die van het spier- en zenuwweefsel komen in de 2de en 3de afdeeling afzonderlijk ter sprake.

B. Vloeistoffen die in holten besloten zijn.

Hare afscheiding geschiedt niet door klieren, maar door de vliezen, welke de holten bekleeden en met eene eenvoudige laag cellen bedekt zijn („weivliezen" enz.). Grootendeels zijn zij eenvoudige transsudaten, waarvan de algemeene zamenstelling reeds bladz. 83 in hoofdzaak is opgegeven. Daar de laatstgenoemden in zeer verschillende hoeveelheden voorkomen, is

het onnoodig hier de quantitatieve analysen aan te halen. — Als eenvoudige transsudaten kunnen, naar het schijnt, beschouwd worden: de liquor pericardii, pleurae, peritonaei, cerebro-spinalis, humor aqueus, misschien ook de liquor amnii en allantoïdis (zie 4de afdeeling).

De volgende tot deze rubriek behoorende transsudaten hebben specifieke bestanddeelen:

1. Gewrichtssmeer, sy'novia; het bevat behalve de bestanddeelen der transsudaten nog mucine (0,2—0,6%) en vet (0,06—0,08%); men vindt er talrijke afgestootene epitheliumcellen in.

2. Het vocht uit de slijmbeurzen en peesscheeden. Daarin komt eene geleiachtige stof voor, waarvan de natuur ons nog onbekend is.

Over de wijze waarop de in holten beslotene vloeistoffen verbruikt en weder vervangen worden, verkeeren wij tot nog toe in het onzekere.

C. Afscheidingen van klieren.

1. Afscheidingen voor het spijsverteringskanaal.

1. Slijm. Het slijm wordt in den mond, de keel en den slokdarm door kleine acineuse, in de maag (inzonderheid in de nabijheid van het portiergedeelte) en den darm door eenvoudige of eenvoudig zamengestelde tubuleuse klieren afgescheiden, die met het epithelium van haren moedergrond, derhalve de eerste met plaat-, de laatste met cilinderepithelium bekleed zijn. — Het slijm is eene heldere, glibberige, taaije vloeistof, eene imbibitie van mucine, somwijlen ook van albumine, waarin de gewone zouten van het bloed, met name chloornatrium, opgelost zijn. Het darmslijm bevat bovendien ligchamen, die als fermenten werken, waardoor het bijzondere eigenschappen verkrijgt, en derhalve afzonderlijk als „darmsap" beschreven wordt (zie beneden). Steeds bevat het slijm vormbestanddeelen, namelijk: 1. kleine, ronde, kernhoudende cellen, die aan kleurlooze bloedligchaampjes gelijk zijn, — zoogen. slijmligchaampjes, — welke men voor jonge epitheliumcellen der slijmklieren houdt; 2. goed ontwikkelde platte epitheliumcellen van het slijmvlies, dikwijls in een natuurlijk verband, of fragmenten daarvan. — De glibberigheid van het slijm geeft daaraan de eigenschap, dat het de wrijving van den inhoud aan de wanden van het spijsverteringskanaal vermindert.

Zuiver slijm kan men (het darmslijm daargelaten) slechts bij dieren uit de mondholte verkrijgen, nadat men de uitlozingsbuizen van alle speekselklieren heeft onderbonden. De vormbestanddeelen, die daarin voorkomen,

doen vermoeden, dat de mucine in het slijm alleen uit het te niet gaan van kliercellen afkomstig is (vergel. beneden de huidsmeer- en melkafscheiding). — Het is nog niet bekend, of de slijmafscheiding ook aan den invloed van het zenuwstelsel onderworpen is.

Daar de mucine niet weder in het bloed kan opgenomen worden (Hoofdstuk V), zoo wordt zij met de drekstoffen uitgescheiden, terwijl het mogelijk is, dat de overige bestanddeelen van het slijm weder gedeeltelijk in het bloed terugkeeren.

2. Speeksel. De drie verschillende soorten van speeksel, van de parotis, submaxillaris en sublingualis, zijn zeer waterrijke, heldere, alkalische secreta, die een laag soortelijk gewigt hebben (1,004—1,009). Behalve de gewone stoffen der transsudaten bevatten zij als specifieke bestanddeelen: a. mucine, het meest in het speeksel van de sublingualis, minder in dat van de submaxillaris, het minst in het speeksel van de parotis; — b. een nog niet geïsoleerd ferment, ptyaline, dat door water geïmbibeerd zetmeel (stijfsel) bij den warmtegraad van het ligchaam in dextrine en suiker omzet; — c. verbindingen van zwavelcyaan (rhodankalium). — Buitendien bevat het speeksel, naar het schijnt met name dat van de sublingualis (DONDERS), vormelementen, die nagenoeg niet van de slijmligchaampjes verschillen, — speekselligchaampjes genaamd; deze cellen bevatten korreltjes, die eene levendige moleculaire beweging vertoonen.

Men kan zich het speeksel uit de verschillende klieren bij den mensch uit pathologische speekselfistels verschaffen, bij de parotis bovendien nog als men een buisje in de uitmonding van den Stenoniaanschen gang (tegenover de 2de of 3de bovenkaakskies) legt; bij dieren door kunstmatige speekselfistels. — Het vermogen om zetmeel in suiker om te zetten, bezit elke soort van menschelijk klierspeeksel, doch inzonderheid het gemengde mondspeeksel, dat in de mondholte ontstaat door zamenvloeijing van het klierspeeksel en van het mondslijm. Bij dieren bezitten niet alle soorten van klierspeeksel deze eigenschap, gelijk ook over het algemeen de verschillende speekselklieren naar gelang van het voedsel bij de verschillende dieren op verschillende wijze zijn ontwikkeld. De suikervorming heeft zeer snel plaats, en wordt door toevoeging van eene matige hoeveelheid zuur niet vernietigd, hetgeen voor de spijsvertering van gewigt is. — Buitendien zet het speeksel salicine bij eene temperatuur van 40°C in saligenine en suiker om (FRERICHS en STAEDELER). — Het rhodankalium, dat door de bloedroode kleurverandering bij toevoeging van ijzerchloried kan aangetoond worden, is geen standvastig, misschien een abnormaal bestanddeel van het speeksel en komt het vaakst in het mondspeeksel voor, inzonderheid als ziekelijke processen (caries van de tanden) in den mond plaats hebben *).

De afscheiding van het speeksel staat, gelijk men kan bewijzen, onder den invloed van het zenuwstelsel, welke daarbij beter dan bij alle overige afscheidingen is onderzocht. Zonder dien invloed staat de secretie volkomen stil (C. G. MITSCHERLICH, LUDWIG). Tijdens het leven geschiedt de opwekking der secretorische zenuwen, naar het schijnt, altijd óf door reflexie na eene opwekking van de gevoels- en smaakzenu-

*) [Zie onze aanteekening op blad 15].

wen der mondholte òf (inzonderheid bij de parotis, BERNARD) verbonden met eene (willekeurige) opwekking van de zenuwen der kaauwspieren. Derhalve wordt speeksel afgescheiden bij prikkeling van de mondholte door zelfstandigheden die smaakgewaarwordingen veroorzaken, of werktuigelijke, scheikundige, thermische, elektrische prikkels en verder bij de beweging van het kaauwen. De centripetale zenuwen die, opgewekt zijnde, door reflexie de afscheiding aan den gang brengen, verloopen in den trigeminus en glossopharyngeus. De secretorische zenuwen verloopen in de banen van den trigeminus, facialis en sympathicus.

Onder de secretorische zenuwen moet men twee soorten onderscheiden (BERNARD, ECKHARD), die niet alleen verschillende soorten van speeksel leveren, maar ook als vasomotorische zenuwen op verschillende wijzen inwerken, zonder dat het ons evenwel gelukt, den eersten invloed door den tweeden te verklaren. De eerste soort van zenuwen doet de vaten, die naar de klier leiden, vernaauwen, zoodat het bloed in eene geringe hoeveelheid en zeer donker gekleurd in de aderen komt; hare prikkeling levert tevens eene geringe hoeveelheid speeksel, dat zeer rijk is aan specifieke bestanddeelen, met name slijm, en daarom hoogst taai, bijna geleiachtig is. De tweede soort van zenuwen schijnt de toevoerende vaten te verwijden, want bij hare opwekking vloeit het bloed in eene zeer groote hoeveelheid in de aderen, zoodat deze kloppen (zie bladz. 63) en het bloed eene lichtroode, bijna slagaderlijke kleur heeft; te gelijker tijd is het speeksel, dat zeer rijkelijk is afgescheiden, arm aan specifieke bestanddeelen, zeer dunvloeibaar. De zenuwen van de eerste categorie verloopen voor alle speekselklieren in den sympathicus, die van de tweede deels in den facialis, deels in den trigeminus; voor de oorspeekselklier door den n. petrosus superficialis minor, het ganglion oticum en den n. auriculo-temporalis, voor de gl. submaxillaris en sublingualis door de chorda tympani naar den n. lingualis, van daar spoedig weder afdalende naar het ganglion submaxillare en van daar naar de klier. (Dat gedeelte van den n. lingualis, hetwelk tevens de hier genoemde vezels bevat, wordt truncus tympanico-lingualis genoemd).

Wanneer wij voor een oogenblik aannemen, dat men het ongelijke gehalte van mucine der beide speekselsoorten uit hare verschillende hoeveelheid kon verklaren, zoo dat het van den trigeminus afkomstige speeksel, hetwelk onder eene hooge drukking is afgescheiden, en derhalve in eene groote hoeveelheid aanwezig is, in een bepaalden tijd evenveel specifieke stoffen uit de klier wegneemt, als het in eene mindere hoeveelheid afgescheiden speeksel, hetwelk van den sympathicus afkomstig is (BERNARD), — dan zou toch de vasomotorische invloed niet voldoende zijn voor de verklaring der afscheiding, vermits de drukking in het lumen der klier hooger kan klimmen dan de drukking van het bloed (vergel. bladz. 84), en de afscheiding ook nog, nadat de bloedstroom in de klier heeft opgehouden, door prikkeling der zenuwen wordt te voorschijn geroepen (LUDWIG). Hier moe-

ten dus andere, nog onbekende mechanismen in het spel zijn. — De warmtegraad der speekselklieren kan door de afscheiding ten bedrage van 1,5°C klimmen (LUDWIG); of de prikkeling van den sympathicus eene sterkere verhooging van temperatuur veroorzaakt dan die van den trigeminus, is nog niet onderzocht. Zulk een onderzoek zou misschien aan het licht brengen, of in het eerste geval meer zuurstof in de klier verbruikt wordt dan in het laatste.

De speekselafscheiding, die door reflexie is opgewekt, levert altijd het dunvloeibare (van den trigeminus afkomstige) speeksel. Het centraalorgaan, waarin de reflexie (in de eerste plaats op de onderkaaksklier) plaats heeft, zijn voor de prikkeling van den smaak waarschijnlijk de hersenen, doch voor andere prikkels die op het slijmvlies van den mond werken, het ganglion submaxillare; want na doorsnijding van den truncus tympanico-lingualis werken de eersten niet meer, doch wel de laatsten. Men moet dus aannemen, dat het ganglion submaxillare secretorische centraalorganen bevat, die door reflexie tot werkzaamheid kunnen worden opgewekt, door vezels, die van de tong uitgaande naar den lingualis gaan, doch van deze weder naar het ganglion verloopen; terwijl de vezels die van de hersenen uit (en hier door reflexie door de smaakzenuwen opgewekt) door den facialis, de chorda en den tympanico-lingualis naar het ganglion loopen, vermoedelijk eenvoudig doordit laatste heengaan (BERNARD).

Buitendien vindt men nog opgegeven (BERNARD), dat na doorsnijding van het ganglion submaxillare, zonder de vezels, die door den tympanico-lingualis gaan, te beschadigen, eene onafgebroken afscheiding tot stand komt, die nu niet anders dan door prikkels van den smaak versterkt kan worden. Verder zou eene onafgebroken afscheiding plaats hebben, als de truncus tympanico-lingualis een geruimen tijd geleden doorgesneden is; nu kunnen nog slechts de sympathische vezels de afscheiding (op de bovenaangehaalde wijze) wijzigen. Wij missen nog ten eenenmale eene goede verklaring voor het ontstaan van eene onafgebroken afscheiding na doorsnijding van zenuwen; vermoedelijk moet zij gezocht worden in het bestaan van zoogen. belemmeringszenuwen.

De hoeveelheid speeksel, die in een etmaal wordt afgescheiden, wordt zeer verschillend opgegeven (½—2 kgrm.). De vloeibare bestanddeelen van het speeksel, worden waarschijnlijk, met uitzondering van de mucine, grootendeels in het spijsverteringskanaal weder opgeslorpt (zie Hoofdstuk V).

3. Maagsap, het afscheidingsprodukt der lebklieren, die op het slijmvlies van de maag (tot op de portierstreek, waar de slijmklieren de overhand hebben) in eene groote hoeveelheid voorkomen. Het zijn tubuleuse klieren, die in de diepte uitgebogen en (tot op het korte, met cilinderepithelium bekleede, uitmondingsgedeelte) met ronde groote afscheidingscellen — lebcellen — gevuld zijn. — Het maagsap is eene heldere, kleurlooze, zure vloeistof, welke zich in de maag met het maagslijm vermengt. Zijne specifieke bestanddeelen zijn: a. vrij zoutzuur; dit kan, zonder aan de werking van het

maagsap te kort te doen, door melkzuur vervangen worden, dat altijd bij de spijsvertering in de maag gevormd wordt (Hoofdstuk V); — b. een ferment, dat eiwitachtige ligchamen oplost, bladz. 25 de pepsine. — De pepsine bezit de eigenschap, om gestolde eiwitachtige ligchamen, die door het een of ander verdund zuur (b. v. het zoutzuur van het maagsap of ook door melkzuur enz.) geïmbibeerd zijn, bij de temperatuur van het ligchaam spoedig op te lossen. Die oplossing komt het spoedigst tot stand bij een graad van aciditeit, die het spoedigst imbiberend werkt (b. v. voor fibrine van ossenbloed 0,8—1 grm. CLH per liter, BRÜCKE); bij een gelijken graad van aciditeit des te sneller, naarmate er meer pepsine aanwezig is, totdat het gehalte een zeker maximum heeft bereikt, boven hetwelk de oplossing niet meer bespoedigd wordt. — De veranderingen, die de eiwitachtige ligchamen door de oplossing ondergaan, zijn nog weinig bekend. In den eersten tijd schijnen zij nog tamelijk wel hunne oorspronkelijke eigenschappen te behouden. Zij kunnen neergeslagen worden door hitte (vooronderstelt, dat zij niet vóór de inwerking van het maagsap door hitte gestold waren, in welk geval de imbibitie en de oplossing over het algemeen langzamer plaats hebben) en door neutralisatie met alkaliën. Doch na verloop van eenigen tijd (een tijdstip, dat bij de natuurlijke spijsvertering zelden bereikt wordt) verliezen zij de eigenschap van door hitte, alkohol, minerale zuren en zekere metaalzouten neêrgeslagen te worden, en worden zij in dezen toestand „peptonen" genoemd. Volgens sommige onderzoekingen (FUNKE) zouden wijders de peptonen een veel kleiner endosmotisch aequivalent hebben dan oplossingen van de gewone eiwitachtige ligchamen. Ook zouden opgeloste eiwitachtige ligchamen door maagsap dezelfde omzetting ondergaan. Wijders wordt ook lijm door maagsap opgelost, doch naar het schijnt zonder medewerking van de pepsine, alleen door het zuur (MULDER). — Het werkingsvermogen van het maagsap wordt door dezelfde invloeden opgeheven, die over het algemeen aan de fermenten hunne werkzaamheid ontnemen (koking, geconcentreerde zuren, vele metaalzouten, sterke alkohol, enz.). Geconcentreerde zoutoplossingen vertragen de oplossing, aangezien zij de imbibitie van het eiwitachtige ligchaam verhinderen; insgelijks wordt de oplossing vertraagd, als men door zamendrukking van het stremsel zijne imbibitie tegengaat. Ook de gal verhindert de oplossing (afgezien van de neutralisatie van het zuur) doordien zij de eiwitachtige ligchamen doet inkrimpen (BRÜCKE). — Neutrale oplossingen van eiwitachtige ligchamen worden door het zuur van het maagsap vóór de oplossing neêrgeslagen, b. v. het kali-albuminaat (caseïne, bladz. 21) van de melk. — Vergel. ook het 5de Hoofdstuk.

Men kan zich natuurlijk maagsap verschaffen uit pathologische, of bij dieren uit kunstmatig aangelegde maagfistels; ook door sponsen, die aan draden bevestigd zijn, te laten doorslikken en na eenigen tijd weder naar buiten te trekken. Men bereidt kunstmatig maagsap door versche of gedroogde slijmvliezen van de maag met water te infunderen en er zoutzuur (0,1%) bij te voegen of ook door oplossing van zuiver bereide pepsine (over de methode zie bladz. 25) in water en zuur. — Het zoutzuur kan behalve door melkzuur (dat bij eene gelijke hoeveelheid zwakker werkt), ook vervangen worden door zuringzuur, phosphorzuur, azijnzuur, waarbij de werkzaamheid steeds zwakker wordt. — Volgens eene hypothese is de pepsine in het natuurlijke maagsap met het zoutzuur gepaard „(chloorpepsinewaterstofzuur" C. SCHMIDT).

Aangaande de afscheiding van het maagsap is het volgende bekend (BRÜCKE): de pepsine wordt in de lebcellen gevormd, waaruit zij door water in eene neutrale oplossing kan verkregen, doch veel gemakkelijker door verdund zoutzuur uitgetrokken worden. Vermoedelijk wordt het ook tijdens het leven door eene zure vloeistof uit de cellen getrokken. In weêrwil daarvan kan men in de klieren zelve slechts in zeer weinig gevallen eene zure reactie aantoonen, terwijl de oppervlakte van het slijmvlies der maag met sterk zuur maagsap bedekt is. (Men kan de reactie met lakmoespapier onderzoeken of [BERNARD] door inspuiting van melkzuur ijzeroxyde en ferrocyankalium in het bloed; in het ligchaam onstaat nu alleen dáár eene (berlijnsch) blaauwe kleur, waar eene zure reactie heerscht; de oppervlakte van het slijmvlies is derhalve hier blaauw, doch de klierlaag niet). En toch wordt het zuur in de klieren gevormd; want als men de oppervlakte van het slijmvlies door gebrande magnesia neutraliseert, vervolgens het slijmvlies met water stuk wrijft en laat staan, dan vertoont zich na eenigen tijd weder eene zure reactie. Ook vond men in het slijmvlies een ligchaam, dat metaaloxyden reduceert (suiker?), waaraan men gemakkelijk de vorming van melkzuur kan toeschrijven. Men moet derhalve aannemen, dat de lebklieren de pepsine en een zuur vormen, doch het laatste (met pepsine overladen) terstond aan de oppervlakte uitscheiden; de krachten, die dit bewerken, zijn raadselachtig even als het ontstaan van vrij zoutzuur, daar men naauwelijks kan aannemen, dat het b. v. door melkzuur uit een zout verdrongen wordt (misschien uit chloorcalcium, SMITH). Men is geneigd, beide hypothetisch aan een electrolytisch proces onder den invloed der zenuwen toe te schrijven (BRÜCKE).

Ook de afscheiding van het maagsap schijnt slechts onder den invloed van het zenuwstelsel, insgelijks langs den weg van reflexie (vergel. speeksel) tot stand te komen. Zij staat stil, als de maag leêg is, doch komt te voorschijn, als zij met werktuigelijk prikkelende stoffen (voedsel) gevuld is, waarschijnlijk ook bij prikkeling van het slijmvlies van den mond. De afscheiding is onafhankelijk van de integriteit der zenuwen, die van buiten

naar de maag gaan (vagi enz.). Men moet derhalve de centraalorganen van een gedeelte der secretorische zenuwen in de maagwanden zelve zoeken (BRÜCKE, RAVITSCH). Met de afscheiding komt eene roode kleuring van het slijmvlies, derhalve eene uitzetting van zijne vaten voor den dag.

Het afgescheiden maagsap wordt in den darm waarschijnlijk grootendeels weder opgeslorpt (zie Hoofdstuk V). Men vindt derhalve geringe hoeveelheden pepsine in verschillende vloeistoffen van het ligchaam, b. v. in het parenchymsap der spieren, in de urine BRÜCKE). Het zuur van het maagsap wordt door de alkalische darmsecreta geneutraliseerd. De hoeveelheid van het afgescheiden vocht is nog niet met zekerheid bepaald; zelfs kunnen wij haar nog niet eens schatten.

4. Gal. De gal wordt in de leverkwabben gevormd; elke kwab bevat, gelijk de lever in haar geheel, slagaderlijk bloed (door de leverslagader) en aderlijk, dat uit de haarvaten van de maag, den darm, de alvleeschklier en de milt afkomstig is en door de poortader is heengegaan, en geeft aan de leveraderen aderlijk bloed af. De eindtakjes van de poortader, die aan de peripherie van de kwab zijn gelegen (v.v. interlobulares) en van de slagader *) zijn verbonden met de aanvangstakken der leveraderen, die uit het centrum komen (v.v. intralobulares) door een digt net van haarvaten, waarmede de kwab doorvlochten is, en waarvan de mazen de groote, rondachtige kliercellen der lever digt opvullen. De uitlozingsbuizen (galkanaaltjes) ontspringen aan de peripherie der kwabben als dunne kanalen, vereenigen zich in den hilus der lever tot ééne uitvoeringsbuis (ductus hepaticus), die, nadat zij een zijtak (ductus cysticus) tot een reservoir (galblaas) heeft afgegeven, als ductus choledochus in den twaalfvingerigen darm uitmondt. Het poortaderbloed, dat reeds een stelsel van haarvaten heeft doorloopen, en zich nu nog eenmaal over eene zeer groote vaatdwarssnede verdeelt, moet in de haarvaten der lever buitengemeen langzaam loopen.

De gal is eene neutrale (doch bij de uitstorting in den darm, door het bijgemengde slijm, alkalische), gewoonlijk dikvloeibare, bittere vloeistof, van eene gele, bruine, groene tot zwarte kleur. Haar specifieke bestanddeelen zijn: 1. de sodazouten van twee gepaarde zuren (zoogen. „galzuren"), namelijk: glycocholzuur (ook „cholzuur" genaamd) en taurocholzuur (ook „choleïnezuur" geheeten). De eerste gepaarde verbinding bestaat uit de stikstofhoudende glycine (bladz. 28) en het stikstofvrije cholalzuur (bladz. 33); de laat-

*) Niet alle takken van de art. hepatica gaan regtstreeks in de v.v. interlob. over, maar een gedeelte eerst, nadat zij het bindweefsel, de galgangen en de grootere vaten met bloed hebben voorzien.

ste uit de stikstof- en zwavelhoudende taurine (bladz. 27) en insgelijks cholalzuur; 2. cholestearine (bladz. 33), opgelost door de galzure zouten; 3. twee kleurstoffen: eene gele, biliphaeine (cholepyrrhine, bilifulvine) en eene groene, biliverdine (bladz. 26); 4. geringe hoeveelheden van vetten en zeepen.

Gal wordt gemakkelijk na den dood uit de galblaas verkregen; tijdens het leven bij dieren als men galfistels aanlegt, die tegelijkertijd kunnen dienen om de hoeveelheden te bepalen, die in een zekeren tijd gevormd worden. — De kleur van de gal is zeer afwisselend in den physiologischen en nog meer in den ziekelijken toestand en bij verschillende dieren; aan de lucht blootgesteld wordt gele gal groen; die van de plantetende dieren is reeds groen in de galblaas. — De beide galzuren komen in zeer verschillende hoeveelheden voor; bij den mensch, de amphibiën en visschen alsook bij vele zoogdieren en vogels, heeft het taurocholzuur, bij andere (b. v. het zwijn, den kangoeroe) het glycocholzuur de overhand. Het in de galzuren bevatte cholalzuur wordt bij verschillende dieren door aanverwante zuren vervangen, b. v. door het chenocholalzuur $C_{54}H_{44}O_8$ bij de gans, door het hyocholalzuur $C_{50}H_{40}O_8$ bij het zwijn, het guanogalzuur in den guano, in overeenstemming waarmede de zuren verschillende namen hebben (taurochenocholzuur; hyoglycocholzuur). De galzuren zijn kenbaar aan de violetpurperen kleur, die na toevoeging van rietsuiker en zwavelzuur ontstaat (PETTENKOFER). Zij draaijen het polarisatievlak naar regts, doch cholestearine naar links (F. HOPPE). De gele galkleurstof gaat door oxydatiemiddelen in groene en in andere over, vertoont derhalve na toevoeging van salpeterzuur, hetwelk een weinig salpeterig zuur bevat, aan den rand eene kleurspeling als van een regenboog (reactie van GMELIN).

De vorming van gal heeft voortdurend plaats. Naar het schijnt wordt het afscheidingsprodukt buiten den tijd der spijsvertering door den ductus cysticus in de galblaas gebragt en hier ter bewaring neêrgelegd, doch gedurende de spijsvertering zoowel regtstreeks, als uit de galblaas in den darm uitgestort. De specifieke bestanddeelen worden in de levercellen gevormd. Dat zij niet eenvoudig uit het bloed afgescheiden worden, wordt bewezen door het feit, dat zij evenmin in den gewonen regel als bij eene gestremde afscheiding (na exstirpatie van de lever) in het bloed aanwezig zijn, dat naar de lever toestroomt. (Daarentegen gaan zij in het bloed over, als het uitvloeijen van de gal uit de lever, b. v. door verstopping van den uitvoeringsgang, verhinderd is; alsdan vindt men galkleurstof, cholalzuur, glyco- en taurocholzuur [F. HOPPE-SEYLER], in de urine; de eerste kleurt de urine bruin, — huid- en slijmvliezen zijn geel — geelzucht). Wij weten nog niet met zekerheid, welke van beide bloedsoorten, die in de lever komen, bij voorkeur de bouwstoffen voor de galbereiding leveren. Terwijl volgens sommigen (ORÉ, FRERICHS e. a.) de onderbinding of obliteratie (KOTTMEYER) der leverslagader, maar niet die der poortader, de galafscheiding opheft, hebben nieuwere onderzoekingen (SCHIFF) juist het tegenovergestelde geleerd. Insgelijks hebben de vergelijkende onderzoekingen van het bloed, dat in- en uit de lever komt, slechts ongeveer die stoffen doen

kennen, die in de lever achterblijven en aldaar in galbestanddeelen worden omgezet. De onderzoekingen van het poortader- en leveraderbloed hebben, de aanwezigheid van de suiker in het laatste (zie hoofdstuk VI) daargelaten, aan het licht gebragt, dat het leveraderbloed armer is aan water, eiwit, vezelstof, vetten, bloedkleurstof en zouten (daarentegen rijker aan bloedligchaampjes, zie hoofdstuk VI), dan het poortaderbloed, hetwelk, met name na de spijsvertering, zeer rijk is aan vetten (LEHMANN, C. SCHMIDT). Dat er eene sterke oxydatie bij de afscheiding der lever plaats heeft, bewijst de hooge temperatuur van de klier en van het leveraderbloed; men is daarom geneigd aan te nemen, dat uit het bloed van de levercapillairen water, zouten, eiwitachtige ligchamen en, op eene onbekende wijze, vetten en bloedkleurstof naar buiten treden en door oxydatie uit eiwitachtige ligchamen glycine, taurine, uit vetten cholalzuur, cholestearine en suiker, uit bloedkleurstof galkleurstoffen ontstaan. Met volkomen zekerheid is de vorming van het galpigment uit bloedkleurstof bewezen en wel: 1 door de identiteit van de biliphaeïne (bilifulvine) met haematoïdine (VIRCHOW, VALENTIN); wijders ontstaat uit de biliphaeïne door behandeling met zuurstof biliverdine (HEINTZ); 2. door het voorkomen van galkleurstof in de urine, zoodra er vrije bloedkleurstof in het bloed aanwezig is, b. v. na vernietiging van bloedligchaampjes door inspuiting van water (M. HERRMANN), of van galzure zouten (KÜHNE), die de bloedligchaampjes oplossen; (welligt heeft iets van gelijken aard in de lever plaats; KÜHNE).

Het ontstaan van cholalzuur en suiker uit vetten zou naar verscheidene hypothesen in dier voege plaats hebben, dat de suiker door de glycerine, doch het cholalzuur door de vetzuren geleverd wordt (vergel. bladz. 30 en 33), — processen, waarvoor tot nu toe niet één bewijs bestaat. — De glycine, die in de lever ontstaat, kan in plaats van met cholalzuur ook met andere zuren, b. v. met benzoëzuur tot hippurzuur gepaarde verbindingen aangaan (vergel. bladz. 35).

De, niet naauwkeurig te bepalen, hoeveelheid der afgescheiden gal wisselt af (door LUDWIG naar andere opgaven berekend) van ongeveer 160 tot 1200 grm. in een etmaal. Zij is in hooge mate afhankelijk van het voedsel, neemt toe door het drinken van water (waardoor zij rijker wordt aan water), wijders door vleeschkost, minder door plantaardige spijzen, in het geheel niet door het gebruik van vet. Door honger lijden neemt zij sterk af. Het maximum der afscheiding heeft eenige uren na het gebruiken van voedsel plaats, en des te later, naarmate de maaltijd rijkelijker was (BÉCHAMP). Of de galvorming ook onder den invloed van het zenuwstelsel staat, is nog niet bekend.

Ook abnormale stoffen worden in de gal aangetroffen, als zij in het voedsel voorkomen; met name zouden zware metalen in de lever en gal overgaan; koper en lood komen zeer dikwijls in de lever voor.

De gal, die zich gevormd heeft, wordt waarschijnlijk uit de lever verwijderd, door het werktuigelijk volgen van het secretum, ondersteund door de zamendrukking van de lever bij de inademing (bladz. 69; de uit fistels stroomende hoeveelheden gal verminderen derhalve bij de vertraagde ademhaling na doorsnijding van den vagus, HEIDENHAIN). Doch de ontlediging der galblaas en der groote galgangen geschiedt waarschijnlijk door eene zamentrekking van hunne gladde spiervezels, die gelijktijdig met de darmbewegingen voor den dag komt.

Daar dieren met galfistels spoedig vermageren, wanneer men hen belet, de naar buiten loopende gal weder op te likken, zoo vermoedde men, dat het grootste gedeelte van de gal weder in den darm opgeslorpt moest worden; doch de verdere lotgevallen van de opgeslorpte galstoffen is evenmin bekend, als andere mogelijke momenten met voldoende zekerheid zijn uitgesloten, welke tot verklaring kunnen dienen van de vermagering, die na verwijdering der afgescheiden gal plaats heeft. Daarentegen komen de gezamentlijke galstoffen in eene aanmerkelijke hoeveelheid in de drekstoffen voor, namelijk galkleurstoffen, die de drekstoffen kleuren, galzuren, slijm, cholestearine enz. De galzuren ondergaan in het onderste gedeelte der darmbuis eene splitsing, met name het taurocholzuur, zoodat men in de drekstoffen glycocholzuur, cholalzuur, en verder hunne ontledingsprodukten, choloïdinezuur en dyslysine (bladz. 33) aantreft (HOPPE-SEYLER). De opslorping van specifieke galbestanddeelen is derhalve nog twijfelachtig.

Met afwijking van alle overige secreta voor den spijsverteringstoestel, is de gal voor de eigenlijke spijsvertering (d. i. voorbereiding van het voedsel voor de resorptie) waarschijnlijk van geen beteekenis. Eene eigenschap, die in elk geval daartoe gebragt moet worden, namelijk: vetten tot emulsie te brengen, heeft zij met andere secreta gemeen, welke die eigenschap in veel hoogeren graad bezitten (pancreassap, darmsap). Hare physiologische beteekenis schijnt derhalve meer betrekking te hebben op de opslorping, en wél op die der vetten (Hoofdstuk V.). Door gal (en galzure zouten) wordt namelijk zoowel de filtratie van vetten door vliezen onder eene geringe drukking, als de diffusie tusschen vetten en waterige oplossingen mogelijk gemaakt (v. WISTINGHAUSEN), waarschijnlijk omdat zij als eene zeepachtige oplossing de gelijktijdige imbibitie van beide (eene voorwaarde van de diffusie, bladz. 83) veroorlooft; zij maakt wijders den doorgang van vetten door naauwe (haar-)vaten ge-

makkelijker. — Voorts zou de gal de zamentrekking van de spiervezels der vlokken (Hoofdstuk V.) te weeg brengen (SCHIFF) en ook daardoor de opslorping van vet bevorderen. — Buitendien schijnt zij de rottige ontleding van den darminhoud tegen te gaan.

In overeenstemming hiermede ziet men, als de gal door eene fistel naar buiten geleid wordt, geen wezenlijke stoornis in de spijsvertering, maar alleen: 1. verhindering van de vetresorptie (vetgehalte van de drekstoffen en de aan vet arme chyl); 2. ongekleurde, harde drekstoffen van een hoogst onaangenamen reuk; 3. soms groote vraatzucht van het dier. Deze wordt door sommigen verklaard uit het aanmerkelijk verlies van galbestanddeelen, die anders weder in den darm opgeslorpt worden (zie boven); 4. de gebrekkige opname van het vet komt het dier door een vermeerderd gebruik van koolhydraten te gemoet (Hoofdstuk VII).

5. Pancreassap (Buikspeeksel). Dit sap wordt in de acineuse alvleeschklier afgescheiden, welke zeer veel overeenkomst heeft met de speekselklier; het is eene sterk alkalische, heldere, zeer taaije, kleurlooze vloeistof, die bij hitte stolt. Hare specifieke bestanddeelen zijn: 1. verschillende in de hitte stollende eiwitachtige ligchamen, die slechts weinig verschillen van albumine en waaraan men tot nu toe de fermentachtige eigenschappen van het secretum toeschreef (pancreatine). Intusschen hebben latere onderzoekingen (DANILEWSKY) geleerd, dat de fermenten van het pancreassap bijzondere ligchamen zijn. — 2. Verschillende, als fermenten werkende ligchamen, die van elkander kunnen gescheiden worden: a. een, dat zetmeel in suiker omzet; b. een, dat neutrale vetten tot emulsie brengt en ontleedt; c. een, dat gestolde eiwitachtige ligchamen zonder voorafgaande imbibitie oplost (DANILEWSKY). 3. Leucine en andere oxydatieprodukten van de reeks der eiwitachtige ligchamen.

Men verkrijgt het natuurlijke pancreassap door kunstmatige fistels, — een kunstmatig pancreassap door eene waterige infusie van de klierzelfstandigheid.

De afscheiding van het pancreassap geschiedt waarschijnlijk nooit zonder prikkeling van zenuwen (gelijk die van het speeksel); in den regel is zij zeer gering, doch neemt bij de spijsvertering sterk toe. Dat ook hierbij de specifieke bestanddeelen in de kliercellen gevormd worden, wordt bewezen: 1. door de werkzaamheid van infusies der klierzelfstandigheid, 2. door de aanwezigheid van fragmenten van cellen in het secretum (DONDERS); men kan aannemen, dat ook hierbij de bestanddeelen door het te niet gaan der cellen vrij worden. — Met eene verhoogde afscheiding is ook altijd verbonden een vermeerderde toevoer van bloed, het rood worden van de klier (BERNARD). Men heeft derhalve regt tot het vermoeden, dat hierbij eene inwerking van vasomotorische zenuwen gelijk bij de speekselklieren plaats heeft.

De zenuwen, die invloed uitoefenen op de afscheiding, zijn niet bekend; zij schijnen van het slijmvlies der maag uit door reflexie opgewekt te worden, gelijk die der speekselklieren van dat van den mond (LUDWIG); daarom gaat de afscheiding van maagsap meestal hand aan hand met die van het pancreassap (BIDDER en SCHMIDT). Prikkeling van het centrale uiteinde van den vagus doet de afscheiding stilstaan (LUDWIG).

Het pancreassap bezit, door zijn gehalte aan fermenten, drie belangrijke eigenschappen, waardoor het voor de spijsvertering van zeer veel belang is: 1. Het doet geïmbibeerd zetmeel, nog sterker dan mondspeeksel, in dextrine en suiker overgaan; 2. vloeibare vetten, als zij met pancreassap geschud worden, gaan spoedig in eene fijne emulsie over (d. i. de vetten worden in fijne, in de vloeistof gesuspendeerde druppeltjes verdeeld); een gedeelte daarvan wordt in zijne bestanddeelen ontleed: glycerine en vetzuur. Het laatste verbindt zich met zijn alkali tot zeep, het overschot veroorzaakt eene zure reactie; 3. het verandert gestolde eiwitachtige ligchamen bij de temperatuur van het ligchaam in oplosbare stoffen (peptonen?), gelijk het maagsap; ook lost het lijm op. Eene voorafgaande imbibitie belet of vertraagt de oplossing; het laatste geschiedt van de peripherie uitgaande, terwijl dit bij het maagsap van het centrum uitgaat.

Men kan de hoeveelheid van het pancreassap niet naauwkeurig door fistels bepalen, omdat de alvleeschklier twee uitlozingsbuizen heeft, die met elkander anastomoseren. Wat er verder met het secretum in den darm geschiedt, daarvan geldt vermoedelijk hetzelfde als van het speeksel en het maagsap.

6. Darmsap (darmslijm, succus entericus), het afscheidingsprodukt van de in den geheelen darm voorkomende, tubuleuse LIEBERKÜHN'sche klieren (de acineuse BRUNNER'sche klieren van den twaalfvingerigen darm hebben in bouw en secretum veel overeenkomst met de alvleeschklier), is eene heldere, taaije, kleurlooze, sterk alkalische vloeistof, van welker specifieke bestanddeelen en afscheiding men niets naders weet. De oorzaak daarvan is gelegen in de moeijelijkheid om eene genoegzame hoeveelheid er van te verzamelen (door darmfistels bij onttrekking van voedsel, door het naar binnen brengen van sponsen, door de overige secreta af te sluiten, die zich in den darm uitstorten).

De voor de spijsvertering belangrijke eigenschappen van het darmsap, die de aanwezigheid van één of meer fermenten doen aannemen, zijn dezelfde als die van het pancreassap. Het werkt echter op verre na zoo sterk niet op zetmeel en vetten als het pancreassap, doch zijne oplossende werking op gestolde eiwitachtige ligchamen is zeer groot (ZANDER, BIDDER en SCHMIDT). — Van de hoeveelheid van het darmsap weten wij niets.

2. Afscheidingen voor den ademhalingstoestel.

Door haren bouw en hare verrigting kan men de long beschouwen als eene acineuse klier met eene gasvormige afscheiding, waarvan de luchtpijp de uitlozingsbuis is. Zooals in het 3de hoofdstuk (bladz. 75) is uiteengezet, zijn ons de krachten, welke de afscheiding van het secretum, het koolzuur, tot stand brengen, nog grootendeels onbekend.

Vloeibare afscheidingen, slijm, worden door de talrijke slijmklieren der luchtwegen geleverd, die van de neusgaten tot aan de luchtpijpstakken van middelbare grootte voorkomen. Zij hebben een acineusen bouw en bezitten plaatepithelium, doch de kleinste zijn meer tubuleus en hebben cilinderepithelium. Op hare afscheiding is hetzelfde toepasselijk als op de slijmklieren van den spijsverteringstoestel (bladz. 87). Het slijm wordt, naar het schijnt, slechts in zeer geringe hoeveelheden afgescheiden, en het overschot door de bladz. 73 en volg. besproken processen naar buiten uitgescheiden.

3. Pisafscheiding.

De in de nieren gevormde urine is een echt excretum, waarvan de verwijdering uit het organisme noodzakelijk is en plaats heeft zonder dat het tot andere doeleinden dient (zooals andere zoogen. „excreta"). Hare bestemming is de verwijdering van zekere eindprodukten der oxydatie van stikstofhoudende zelfstandigheden en van het overschot van water uit het organisme. De oxydatieprodukten worden, in water opgelost, tegelijk met zouten uitgescheiden.

De nog altijd onbeantwoorde vraag, of die eindprodukten alle in het bloed gepraeformeerd zijn, dan wel of een gedeelte daarvan (overeenkomstig hunne hoeveelheid) eerst in de nieren gevormd wordt, schijnt thans ten voordeele van de laatste meening beslist te zijn (zie beneden), zoodat die stoffen werkelijk als „specifieke bestanddeelen" van het niersecretum kunnen beschouwd worden.

De pis is eene heldere, doorschijnende, in verschillende kleurspelingen gele, zwak zure vloeistof van een zoutachtig bitteren smaak en aromatischen reuk (soortel. gew. 1,005—1,030). Zij is vermengd met een weinig slijm uit de slijmklieren der uitlozingsbuizen („piswegen"). Hare specifieke bestanddeelen zijn: 1. Pisstof (bladz. 29), het voornaamste eindprodukt van de oxydatie van stikstofhoudende zelfstandigheden, gedeeltelijk reeds in het bloed gepraeformeerd, doch gedeeltelijk eerst in de nieren ontstaan (OPPLER); 2. piszuur (bladz. 28), een lagere oxydatietrap; 3. eene reeks van nog lagere oxydatietrappen, waarvan de meeste in geringe hoeveelheden, sommige (met * aangegeven) niet standvastig voorko-

men: *allantoïne, xanthine, hypoxanthine (sarcine), kreatine, kreatinine, glycine (doch niet anders dan gepaard met benzoëzuur als hippurzuur), *taurine, *cystine, *leucine, *tyrosine; 4. eene of meer piskleurstoffen, verder indican (bladz. 26); 5. zekere onbekende stoffen, zoogen. „extractiefstoffen" (b. v. die welke aan de pis haar reuk geeft). — De overige bestanddeelen van de urine zijn: 1. water; 2. zouten (de gewone zouten van het bloed; doch buitendien eenige, die waarschijnlijk insgelijks oxydatieprodukten zijn, b. v. zuringzure zouten; zwavelzure zouten, misschien afkomstig van de oxydatie van zwavelhoudende stoffen, vooral taurine); 3. zekere hoeveelheden suiker (BRÜCKE); 4. gassen (zuurstof, stikstof, koolzuur).

De kleur der urine wisselt af tegelijk met hare concentratie: zij is het donkerst in de geconcentreerde morgenurine („urina sanguinis"), het lichtst in die, welke na een rijkelijk drinken wordt geloosd („urina potus"). — De zure reactie is meesttijds afkomstig van het gehalte aan zuren phosphorzuren natron; somtijds is de normale urine alkalisch, namelijk na het gebruik van bijtende, koolzure of plantenzure alkaliën (de laatste gaan door oxydatie in koolzure alkaliën over, bladz. 35). Door blootstelling aan de lucht neemt de zure reactie langzamerhand toe, door ontleding (oxydatie) der kleur- en extractiefstoffen, waarbij vrij melkzuur gevormd wordt („zure gisting"); door het vrije zuur worden de piszure zouten ontleed, en er vormt zich een bezinksel (sediment) met name van het piszuur, dat (in zuren) moeijelijk is op te lossen. — Na verloop van eenigen tijd (bij eene hoogere temperatuur reeds eerder) komt ontbinding tot stand, namelijk ontleding van de pisstof in koolzuur ammoniak; de reactie wordt thans alkalisch („alkalische gisting"), de reuk stinkend, en er vormen zich onder ontwikkeling van schimmels en infusoriën bezinksels van piszure ammoniak, phosphorzure ammoniak-magnesia, enz. Het ferment voor deze ontledingen wordt geleverd door het met de pis vermengde slijm.

Welke van de bovengenoemde specifieke pisbestanddeelen in de urine inzonderheid vertegenwoordigd zijn, schijnt van de soort van voedsel af te hangen. Bij de vleeschetende zoogdieren heeft, gelijk bij den mensch, de pisstof aanmerkelijk de overhand, en bevat de urine zeer weinig piszuur, geen hippurzuur; bij de plantetende vindt men weinig pisstof, veel hippurzuur, geen piszuur; noodzaakt men hen ander voedsel te gebruiken, dan heeft er ook eene daarmede overeenkomstige verandering van de urine plaats. Ook de urine van den mensch verandert naar gelang van het voedsel (zie beneden). Zoo vermeerdert met name het hippurzuur bij het gebruik van plantenkost, doch nog meer bij het gebruik van benzoëzuur, barnsteenzuur, bitteramandelolie, kinazuur, misschien ook van andere plantenstoffen (zie bladz. 35), doch het verdwijnt bij een uitsluitenden vleeschkost. Daarentegen bestaat de urine der vogels, geschubde amphibiën, insekten, enz., die terstond na de lozing vast wordt, grootendeels uit piszuur.

De afscheidende elementen der nieren (voor bijzonderheden van haren bouw moeten wij verwijzen naar de leerboeken over de weefselkunde) zijn de piskanaaltjes en de daarmede in verbinding staande vaten. Elk piskanaaltje eindigt in de bastzelfstandigheid van de nier met eene blazige opzwelling (capsula, Malpighi'sche ligchaampjes), waarin een zoogen. glomerulus is ingestulpt. De glomerulus is een klein vaatkluwen, dat ontstaat door vertakking en hereeniging van een

zeer fijnen tak der nierslagader (vas afferens). Het vat dat uit de hereeniging ontstaat en uit de capsula naar buiten treedt (vas efferens) gaat nogmaals in echte haarvaten over, welke de pisbuisjes, met name hun opgewonden begin, omweven en zich alsdan tot de takken der nierader vereenigen.

Daar het bloed in de glomeruli tengevolge van het beletsel, dat door het tweede stelsel van haarvaten veroorzaakt wordt, onder eene hooge drukking staat, moet hier eene sterke filtratie door de capsula heen plaats hebben; zoo zullen bijgevolg water en de werkelijk opgeloste deelen der bloedvloeistof (zouten, pisstof, suiker, enz.) in de pisbuisjes overgaan (niet werkelijk opgeloste deelen, eiwit enz., gaan eerst onder eene abnormaal verhoogde drukking over; bladz. 83). Deze zeer verdunde oplossing geraakt nu aan de wanden van de pisbuisjes in diffusie met het bloed, dat zij zoo even heeft verlaten, en dat door het verlies aan water meer geconcentreerd is geworden, waarvan het noodzakelijk gevolg is, dat er weder water in het bloed moet terugkeeren (LUDWIG), zoodat de pis meer geconcentreerd wordt. Evenwel is deze physische verklaring van de pisbereiding niet voldoende, omdat in de nieren zelve pisstof gevormd wordt; men moet aannemen, dat de extractiefstoffen, die uit het bloed in de urine overgaan (kreatine, kreatinine enz.) in de secretiecellen van de nieren, welke de pisbuisjes van binnen bekleeden, en waardoor zij bijgevolg moeten heengaan, grootendeels tot pisstof en piszuur geoxydeerd worden. — In dezelfde cellen moet ook de piskleurstof, doch altijd uit die van het bloed, gevormd worden.

Voor de vorming van pisstof en piszuur in de nieren zelve (de eigen stofwisseling van hare zelfstandigheid daargelaten) pleiten de volgende daadzaken: 1. het zeer gering gehalte aan pisstof van het bloed in vergelijking met dat van de urine; 2. het buitengemeen geringe gehalte aan pisstof van het bloed na exstirpatie van beide nieren, en de zeer aanmerkelijke hoeveelheid pisstof na eenvoudige onderbinding van de pisleiders (in welk geval derhalve alleen de uitscheiding van de gevormde pisstof verhinderd, doch de vorming door de aanwezigheid der nieren nog mogelijk is); daarentegen zijn in het eerste geval de lagere oxydatieprodukten (kreatine, kreatinine, enz.) zoowel in het bloed als in de spieren belangrijk vermeerderd (OPPLER); 3. het voorkomen van lagere oxydatieprodukten (taurine, cystine, enz.) in de nierzelfstandigheid, zonder dat zij, met uitzondering van zeldzame gevallen, in de urine voorkomen; 4. het ontbreken van het piszuur in het bloed (in den normalen toestand). Dat ook gepraeformeerde pisstof uit het bloed in de nieren wordt afgescheiden, kan men alleen uit de opgave afleiden, dat het bloed van de

nierslagader rijker aan pisstof is dan dat van de nieraderen (PICARD). Daar men echter deze opgave niet kan vertrouwen (V. RECKLINGHAUSEN), zoo is het niet onmogelijk, dat ook het kleine pisstofgehalte van het bloed uit de nieren zelve afkomstig is.

Na exstirpatie van beide nieren worden water en stikstof door het slijmvlies van de maag en de darmen, dat hier als het ware de rol van de nieren op zich neemt, uitgescheiden. Maag en darm worden met ammoniakale vloeistoffen gevuld, de spijsvertering wordt spoedig gestoord, eindelijk volgt (door vergiftiging met ammoniak?) een plotselinge dood. In het bloed komt alsdan geen spoor van pisstof voor (BERNARD en BARRESWIL).

Uit de boven aangegeven verhoudingen van de afscheiding kan men de volgende invloeden afleiden op de hoeveelheid van de in een bepaalden tijd geloosde urine en van hare afzonderlijke bestanddeelen: 1. De hoeveelheid der urine in haar geheel hangt af: a. van de hoogte der bloeddrukking in de vaatkluwens; b. van de hoeveelheid stoffen met een gering endosmotisch aequivalent (water, zouten, enz.) in het bloed; — want naarmate de eerste grooter is, zal er des te meer in een bepaalden tijd filtreren, en naarmate het laatste grooter is, zal er des te minder van de gefiltreerde stoffen uit de piskanaaltjes weder in het bloed terug diffunderen, des te grooter zal derhalve in beide gevallen de hoeveelheid pis zijn. Ad a. Tot de omstandigheden, die de drukking in de vaatkluwens verhoogen, behooren: 1. verhooging van de algemeene bloeddrukking, derhalve eene verhoogde vulling van het vaatstelsel (b .v. door het rijkelijk drinken van water, dat spoedig opgeslorpt wordt); 2. verhooging van de spanning in het slagaderstelsel alleen, veroorzaakt door eene verhoogde energie van het hart (b. v. na doorsnijding van den vagus); 3. verhooging van de spanning in de nierslagader in het bijzonder (b. v. na onderbinding van andere groote slagaderen) of alleen in de vaatkluwens (door eene vasomotorische uitzetting van de vasa afferentia); 4. eene verhinderde afvloeijing uit de glomeruli naar den kant der aderen (b. v. door ziekelijke vernaauwing der haarvaten of na onderbinding van de nierader). — Eene zeer sterke verhooging der drukking, inzonderheid door de ad 4. genoemde omstandigheden, doet ook (zie bladz. 83) de niet werkelijk opgeloste deelen der bloedvloeistof, eiwit, fibrinogene zelfstandigheid, in de urine filtreren; het maximum van verhooging eindelijk doet door vaatverscheuring bloed (bloedligchaampjes) daarin overgaan. — Tegenovergestelde invloeden, met name de verminderde spanning in het slagaderlijk stelsel, b. v. bij verminderde hartactie (hartziekten), doen de hoeveelheid pis afnemen. — Ad b. Onder de stoffen, die hiertoe behooren, zal met name het watergehalte van het bloed den grootsten invloed

op de hoeveelheid pis uitoefenen; inderdaad hangt de hoeveelheid urine ook hoofdzakelijk af van het watergehalte, derhalve van de hoeveelheid dranken (hetgeen uit a. en b. kan verklaard worden). — De hoeveelheid van elk afzonderlijk bestanddeel der pis hangt af: a. van de hoeveelheid der afzonderlijke bestanddeelen, die in het bloed voorkomen 1. Het watergehalte van het bloed wordt vermeerderd: door opname van water (in dranken) en door verminderde uitscheiding daarvan langs andere wegen, door zweet en uitademing (bij eene lage temperatuur); 2. het zoutgehalte wordt grooter: door het opnemen van meer zouten in het voedsel (zekere zouten, die door oxydatie eerst in het ligchaam ontstaan, worden natuurlijk door verhoogde oxydatieprocessen vermeerderd); 3. het suikergehalte neemt toe: door eene vermeerderde vorming van de suiker in de lever, en door het verhinderen der ontleding (oxydatie) daarvan; 4. de hoeveelheid der oxydatieprodukten van stikstofhoudende zelfstandigheden (waarbij wij voorloopig niet letten op elke afzonderlijk, onverschillig of zij pisstof, piszuur, kreatine, enz. is) wordt vermeerderd: door eene rijkelijker opname van stikstofhoudende voedingsmiddelen, derhalve vleesch, eijeren, enz., wijders door eene verhoogde consumptie daarvan (verhoogde werkzaamheid der zenuwen, verhoogde temperatuur, koorts, enz.; het nadere hierover in het 8ste hoofdstuk). — b. van de oxyderende werkzaamheid der nieren. Deze invloed betreft onder de pisbestanddeelen alleen de zoo even sub 4. genoemde, die (zie boven) in de nier zelve verder, en grootendeels tot pisstof geoxydeerd worden, en buitendien eenige zouten, die waarschijnlijk in de nier zelve eerst door oxydatie ontstaan (b. v. zwavelzure zouten, uit taurine). Naarmate de oxyderende werkzaamheid van de nier sterker is, worden die produkten in eene des te grootere hoeveelheid in het hoogste oxydatieprodukt, de pisstof, overgebragt; naarmate zij zwakker is, zullen de lagere oxydatieprodukten, het allereerst piszuur (inzonderheid bij koorts, de jicht, enz.), vervolgens kreatine en kreatinine (b. v. na onderbinding der pisleiders), eindelijk leucine, cystine en dergelijke, reeds ziekelijke, stoffen nevens het ureum voor den dag komen. Een evenredig gedeelte der produkten in den vorm van glycine wordt door de aanwezigheid van benzoëzuur in het bloed voor verdere oxydatie gevrijwaard, hetgeen eene verhoogde uitscheiding van hippurzuur ten gevolge heeft. Onder welke invloeden de oxyderende werkzaamheid der nieren staat, is vooralsnog onbekend. Waarschijnlijk spelen daarbij gedeeltelijk het zenuwstelsel, gedeeltelijk de voorraad van zuurstof van het ligchaam en van het bloed eene belangrijke rol.

Uit het bovenstaande zal men gemakkelijk de voorwaarden kunnen afleiden, waaronder de hoeveelheid der in een bepaalden tijd geloosde pis-

stof vermeerdert. Zij zijn: 1. eene verhoogde pisafscheiding over 't algemeen, om het even door welke oorzaak; 2. een rijkelijke vleeschkost; 3. verhoogde consumptie van stikstofhoudende produkten (zie het 8ste hoofdstuk); 4. eene verhoogde oxyderende werkzaamheid der nieren.

Behalve de genoemde bestanddeelen bevat de urine na het gebruik van zekere ongewone zelfstandigheden, deze of hare oxydatieprodukten (vergel. bladz. 35).

De hoeveelheid pis, die in een etmaal geloosd wordt, bedraagt bij een volwassen mensch (hoofdzakelijk onder den invloed van de hoeveelheid drank) 1000—2000 gram, de hoeveelheid pisstof gemiddeld 30, die van het piszuur 1 gram, van het hippurzuur 1—2 gram.

Dat het zenuwstelsel invloed uitoefent op de nierafscheiding, bewijzen hare veranderingen bij gemoedsaandoeningen en ziekten van het zenuwstelsel, alsmede de waarneming, dat de beleediging van eene zekere plaats van den ventriculus quartus cerebri *) de pisafscheiding verhoogt (BERNARD, DONDERS). Wij weten echter niets met zekerheid aangaande de wegen waarlangs en de wijze waarop deze zenuwwerkingen plaats hebben.

De inwerking van de zenuwen geschiedt waarschijnlijk (gelijk bij andere afscheidingen) langs een dubbelen weg: 1. vasomotorisch, door de drukking in de vaatkluwens en op die wijze de filtratie te regelen. In dezen zin zou de geprikkelde vagus den toevloed van het bloed verhoogen, zoodat de ader opzwelt en de afscheiding toeneemt, daarentegen de n. splanchnicus major den toevloed en de afscheiding verminderen (BERNARD); 2. door de oxydatie, derhalve de vorming der specifieke stoffen, te regelen. Hiervoor zijn nog geen waarnemingen bekend. Het bloed uit de nierader bevat nog eene niet geringe hoeveelheid zuurstof, is bij gevolg karmozijnrood, waarschijnlijk omdat het zoo snel doorfiltreert. Volgens BERNARD zou het bij de prikkeling van den vagus tegelijk met de verhoogde afscheiding lichter, bij de prikkeling van den splanchnicus donkerder gekleurd zijn.

De afgescheiden pis komt uit de gewonden pisbuisjes in hunne voortzetting, de tubuli recti, die, na zich dikwijls gaffelvormig vereenigd te hebben, aan de oppervlakte der nierpapillen in de nierkelken en het nierbekken uitmonden †). Al deze deelen zijn voortdurend met pis gevuld; zij kan onmogelijk uit het nierbekken in de buisjes teruggaan, omdat elke verhoogde drukking in het eerste de uitmondingen van deze laatsten zamendrukt. — Uit de beide nierbekkens loopt de urine door de beide pisleiders in het reservoir, de pisblaas. De beweging door de ureteren kan plaats hebben: 1. door den aandrang van voortdurend afgescheiden pis; 2. door de zwaartekracht, aangezien de blaas bijna in elke houding van het ligchaam dieper ligt dan de nieren); 3. door peristaltische zamentrekkingen van de spieren der ureteren, welke, naar het

*) Men moet deze plaats wel onderscheiden van die, waarvan de beleediging volgens BERNARD, diabetes, derhalve eene vermeerderde suikervorming en pislozing, doet ontstaan. Beide plaatsen liggen intusschen zeer digt bij elkander.

†) In een later werk heeft HENLE den zamenhang der pisbuisjes, die uit de glomeruli komen, met het nierbekken in twijfel getrokken. Zij zouden lisvormig in elkander haken zonder vertakkingen. De opene (regtlijnige) buisjes zouden in de bastzelfstandigheid een gesloten netwerk vormen.

schijnt, elken afzonderlijken druppel, die in den pisleider komt, door eene voortschrijdende verstopping van het lumen achter hem, naar beneden drijven.

In de blaas, die in den leêgen toestand geplooid is, hoopt zich de pis gewoonlijk zoo lang op, tot dat de eerste zich geheel en al ontplooit; elke verdere opvulling zet haren wand uit buiten de grens van haar natuurlijk volume. Het teruggaan van de urine in de pisleiders wordt verhinderd door de eigenaardige wijze, waarop deze inmonden (scheeve doorboring van den blaaswand, zoodat eene drukking van binnen het kanaal sluit), — het uitvloeijen in de pisbuis door een ring van veêrkrachtige vezels, bij den man buitendien door de veêrkracht van de voorstanderklier. Zoodra de spanning van de urine de veêrkracht van laatstgenoemde deelen overwint, zoodat een druppel in de pisbuis komt, ontstaat er een aandrang tot het ledigen van de blaas, die willekeurig tot stand komt. Deze heeft plaats door zamentrekking der spieren van den blaaswand (detrusor urinae), welke langzamerhand zoo sterk wordt, dat het lumen van de blaas geheel verdwijnt, en de geheele inhoud door de pisbuis naar buiten gedreven wordt. De pisbuis zelve wordt alsdan nog ten laatste door de spieren, die haar omringen (inzonderheid de bulbocavernosus) geledigd. Het ledigen der blaas wordt door de buikpersing (bladz. 73) ondersteund. Gedurende haar verblijf in de blaas verliest de urine een gedeelte van haar water door resorptie; verder vermengt zij zich hier zoowel als in de pisbuis met slijm uit de talrijke slijmklieren, hetgeen somwijlen reeds in de blaas de eerste aanleiding geeft tot de zure gisting (bladz. 100).

Tegenover de hierboven beschreven meening aangaande de sluiting der blaas staat nog eene andere, die meer verspreid is. Volgens deze is de blaas door eene cirkelvormige sluitspier, sphincter, gesloten, die in een gestadigen, van het zenuwstelsel afhankelijken, toestand van zamentrekking („tonus") verkeert (HEIDENHAIN en COLBERG, SAUER). Intusschen is het bestaan van den sphincter voor den mensch in twijfel getrokken (BARKOW; daarentegen is HEIDENHAIN van het tegenovergestelde gevoelen), en insgelijks het bestaan van dien tonus, op grond van proefnemingen op dieren, bestreden geworden (L. ROSENTHAL en v. WITTICH). Eene beslissing van het vraagstuk is nog niet mogelijk; het bestaan van een sphincter zou tevens de willekeurige sluiting in weêrwil van den aandrang tot pislozing verklaren, hetgeen de andere meening niet kan.

De peristaltische bewegingen der pisleiders hebben door reflexie plaats, daar zij slechts na prikkeling van den ureter door de binnendringende urine of door kunstmatige prikkeling te voorschijn worden geroepen; zij hebben altijd eene rigting naar den kant der blaas. Hare centraalorganen moeten welligt gezocht worden in gangliëncellen, die gedeeltelijk in den pisleider zelven zijn gelegen, gedeeltelijk in de sympathische gangliën, die den pisleider met takken voorzien.

Men wil de zenuwen der blaasspieren in het ruggemerg (lendengedeelte BUDGE), zelfs in de hersenen (KILIAN, VALENTIN) vervolgd hebben. Zij kunnen gemakkelijk, met name van het slijmvlies der blaas en den bulbus urethrae uit, door reflexie opgewekt worden. Daarom heeft er bij eene sterke

vulling der blaas onwillekeurige pislozing plaats. Bij ontaardingen van het ruggemerg komt dikwijls retentio urinae voor, door verlamming van den detrusor.

4. Afscheidingen voor de huid.

Over de respiratorische uitscheiding van de huid vergelijk hierboven de huidademing, bladz. 74).

1. Zweet, het afscheidingsprodukt van de talrijke zweetklieren der huid; dit zijn tubuleuse klieren, waarvan het binnenste, blinde uiteinde tot een kluwen is opgewonden, en meestal in het corium, somtijds in het onderhuidsche bindweefsel is gelegen, en waarvan het buitenste uiteinde vrij op de oppervlakte der huid uitmondt (de „poriën" der huid).

Het zweet verwijdert in het algemeen dezelfde excrementitiële stoffen uit het ligchaam als de urine, waarvan het zich misschien alleen daardoor onderscheidt, dat het niet gestadig afgescheiden en over de geheele huid uitgestort wordt, zoodat het nog aan het organisme (als regulator van de temperatuur) van dienst kan zijn. (Dienovereenkomstig zouden in een morphologisch opzigt de zweetklieren zich tot de nieren verhouden, als de slijmtot de speekselklieren, de BRUNNER'sche klieren tot de alvleeschklier, de huidsmeerklieren tot de borstklier).

Men kan zich zweet in eene vrij groote hoeveelheid verschaffen, als men het ligchaam in een hellenden metalen bak in het dampbad legt, of door afzonderlijke ligchaamsdeelen met een luchtdigt sluitend overtreksel (gutta percha), te bedekken, waaraan een vergaarbak is vastgehecht. Bijna altijd is het verkregen zweet door huidsmeer en opperhuidsschubben verontreinigd.

Het zweet is op het oog eene kleurlooze, heldere, zuur reagerende vloeistof van een verschillenden reuk (afhankelijk van de plaatsen der huid). De bestanddeelen van het zweet zijn: 1. water; 2. de gewone zouten; 3. pisstof (en misschien andere oxydatieprodukten van N houdende ligchamen, zooals volgens FAVRE een N houdend zuur, zweetzuur of hidrootzuur); 4. sporen eener kleurstof (SCHOTTIN); 5. vetten; 6. verscheidene vlugtige vetzuren (mierenzuur, azijnzuur, boterzuur, propionzuur, enz.).

De vetten hebben in het secretum der zweetklieren van den uitwendigen gehoorgang (oorsmeerklieren) een zoo groot overwigt, dat het (oorsmeer) meer gelijkt op het huidsmeer dan op het zweet. — Het zweet gaat gemakkelijk in ontleding over, en wel heeft de ontleding òf meer betrekking op zijn vetgehalte, in welk geval de reuk naar vlugtige zuren en de zure reactie toeneemt, òf meer op zijne N houdende bestanddeelen, in welk geval ammoniak en eene alkalische reactie ontstaan.

De afscheiding van het zweet heeft slechts onder zekere omstandigheden plaats. Zij bestaat hoogst waarschijnlijk gedeeltelijk in eene doorzweeting, gedeeltelijk in de eigenaardige werkzaamheid der zweetkliercellen; in elk geval is het vetgehalte uit de laatsten afkomstig, daar zij met vetdruppeltjes gevuld zijn, en des te sterker, naarmate het secretum meer vet of vetzuren bevat. De afscheiding wordt bevorderd: 1.

door alles, wat de drukking in de haarvaten der zweetklieren verhoogt, derhalve: a. eene verhoogde bloeddrukking in het algemeen, b. v. door eene rijkelijke opname van water; b. eene verhoogde temperatuur van het ligchaam of van den omtrek, waardoor de toevoerende slagaderen (door verslapping van hare spieren?) uitgezet worden. Voor dit geval wordt de zweetafscheiding inzonderheid van belang, daar de verdamping van het zweet aan het ligchaam warmte onttrekt en het afkoelt (zie hoofdstuk IX). 2. Door eene vermeerdering der bestanddeelen van het zweet in het bloed, met name water. Het gebruik van veel warmen drank werkt derhalve om verschillende redenen als zweetdrijvend middel. — Hoe ver de genoemde invloeden het moeten brengen, om over het algemeen de eerste impulsie tot de afscheiding te geven, is niet bekend. — De afgescheiden hoeveelheden zijn natuurlijk uiterst ongelijk. Dikwijls wordt maanden lang geen zweet afgescheiden, terwijl op andere tijden in een uur tot 1600 gram en meer geleverd wordt (FAVRE). Het meeste wordt geleverd door de huidvlakten die met veel en groote zweetklieren voorzien zijn (het voorhoofd, de okselholten, voetzolen, handpalmen, enz.). — Over het belang van de zweetafscheiding voor het geheele organisme zie hoofdstuk VI en IX.

Dat er eene inwerking van het zenuwstelsel op de zweetvorming bestaat, is wegens den bekenden invloed van gemoedsbewegingen waarschijnlijk. Intusschen is de weg, waarlangs dit geschiedt, niet bekend, daar men ook nog geen zenuwen tot aan de klieren heeft kunnen vervolgen. Voorloopig kunnen wij derhalve niet meer dan zuiver vasomotorische invloeden aannemen. — Gelijk in de pis, gaan ook genuttigde stoffen onontleed of geoxydeerd in het zweet over. Na het gebruik van benzoëzuur komt in het zweet, even als in de urine, hippurzuur voor (H. MEISSNER). Ook heeft men eens indican in het zweet aangetroffen (BIZIO).

2. Huidsmeer. De kleine acineuse smeerklieren der huid monden bijna alle in haarzakjes uit; evenwel zijn de zakjes op vele plaatsen zoo klein, dat zij zich als wandstandige uitstulpingen van de uitlozingsbuis der klieren voordoen. De hoofdmassa van het huidsmeer bestaat uit verscheidene vetten, die bij de normale temperatuur van het ligchaam vloeibaar zijn, en cholestearine; doch buitendien komen er nog in eene geringe hoeveelheid de gewone bestanddeelen der transsudaten (water, zouten) en een albuminaat in voor. De afscheiding geschiedt zonder twijfel in dier voege, dat de specifieke bestanddeelen (vetten) in de kliercellen ontstaan, en door het te niet gaan van deze vrij worden. Men ziet, dat de cellenlagen, die het digtst bij het klierlumen zijn gelegen, zich meer en meer met vetdruppels vullen („vettig ontaarden"), tot dat de binnenste daarmede geheel gevuld zijn; de laatstgenoemden gaan voortdurend te niet, en daarom is een celde-

tritus met het secretum vermengd. Een invloed van het zenuwstelsel op de afscheiding is niet geconstateerd. — Het afscheidingsprodukt houdt in de eerste plaats de haren, maar vervolgens ook de huid glibberig en glinsterend, en verhindert het binnendringen van vloeistoffen.

Wij bezitten geen naauwkeurige onderzoekingen aangaande het secretum, omdat men zich het huidsmeer niet in groote hoeveelheden kan verschaffen, behalve het smeer dat de huid der pasgeborenen bedekt (vernix caseosa). — Het secretum van de MEIBOM'sche klieren der oogleden verschilt waarschijnlijk niet van het huidsmeer. Daarentegen is het oorsmeer een afscheidingsprodukt van zweetklieren (bladz. 106), ofschoon ook in den gehoorgang (aan de haarzakjes) smeerklieren voorkomen.

Aanhangsel tot de afscheiding van het huidsmeer. Melkafscheiding. Ofschoon de melkafscheiding geen secretie van de huid kan genoemd worden, zoo komt zij toch in elk opzigt zoo naauw overeen met de afscheiding van huidsmeer, dat zij zich het best bij deze aansluit. Men kan de melkklieren beschouwen als zeer vergroote, zamengehoopte huidsmeerklieren, de melk als een huidsmeer met een grooter gehalte aan transsudaat-bestanddeelen.

Elke melkklier bestaat uit 15—24 onvolkomen gescheiden acineuse klieren, elk voorzien met eene uitlozingsbuis, die, na zich eerst tot eene soort van langwerpig reservoir uitgezet te hebben, in den borsttepel uitmondt. De klieren zijn bij de vrouw slechts in den tijd van het geslachtsleven volkomen ontwikkeld, en scheiden slechts af in den tijd van de bevalling tot dat de maandelijksche stondenvloed wederkeert.

Ook bij pasgeborenen komt, van den 4den tot den 8sten dag, eene afscheiding van melk voor, alsmede, in zeldzame gevallen, bij mannen.

Het afscheidingsprodukt, de melk, is eene ondoorschijnende, witte, meestal zwak alkalische, doch dikwijls neutrale of zwak zure vloeistof van een zoetachtigen smaak en een eigenaardigen reuk; zij is eene emulsie van zeer kleine vetdruppeltjes („melkbolletjes") in eene heldere vloeistof. Haar soortelijk gewigt is 1,008—1,014.

De bestanddeelen der melk zijn: 1. water, gemiddeld 89%; 2. zouten en wel voornamelijk verbindingen van potasch, kalk, phosphorzuur, ook een weinig ijzeroxyde, te zamen gemiddeld 0,1% bedragende (de zouten vertoonen eene in het oog loopende overeenkomstige verhouding met die der bloedligchaampjes); 3. melksuiker 4,3%; 4. albuminaten, inzonderheid caseïne, 4%, ook een weinig eiwit (met andere woorden: [bladz. 21] slechts een klein gedeelte der albuminaten wordt door hitte, grootendeels eerst na toevoeging van een zuur, neêrgeslagen); 5. vetten (de verbindingen der glycerine met butine-, stearine-, palmitine-, myristine- en oleïnezuur), 2, 6%; 6. onbekende „extractiefstoffen;" 7. gassen (CO_2, O, N). — De af-

scheiding van de melk heeft waarschijnlijk in dier voege plaats, dat de specifieke bestanddeelen (melksuiker, kaasstof en vet) in de kliercellen uit transsudaat-bestanddeelen gevormd en door het te niet gaan van deze cellen vrij worden. Men heeft dit van de vetten regtstreeks aangetoond; men ziet volkomen als bij de smeerklieren, de binnenste cellenlagen zich al meer en meer met vet vullen en eindelijk te niet gaan, zoodat de vrij geworden druppeltjes zich in de vloeistoffen tot eene emulsie verdeelen; gelijk dit over het algemeen plaats heeft bij vet in vloeistoffen die albuminaten bevatten, zoo worden ook de melkbolletjes met een dun vlies overtrokken, dat uit een albuminaat (caseïne?) bestaat. In het begin der melkafscheiding, in de melk die in de eerste dagen van het zuigen wordt afgescheiden, het zoogen. „colostrum," komen ronde, gave, met vetdruppeltjes gevulde cellen, of hoopjes van vetdruppeltjes zonder vlies (de colostrumbolletjes), eerst alleen voor, maar vervolgens al meer en meer, doch nooit geheel, door de gewone melkbolletjes verdrongen. Uit welke transsudaat-bestanddeelen de specifieke bestanddeelen der melk gevormd worden, daaromtrent kunnen slechts vermoedens geopperd worden; de kaasstof is zonder twijfel afkomstig van het eiwit van het bloed, de melksuiker waarschijnlijk van de druivensuiker van het bloed, althans zij vermeerdert door het gebruik van koolhydraten. Evenwel zijn er ook andere bronnen denkbaar (bladz. 17); de oorsprong van het vet is even twijfelachtig als de vetvorming over het algemeen (bladz. 17); men vermoedt dat het van albuminaten afstamt (omtrent dezen oorsprong van de caseïne, HOPPE, zie beneden). — Over het proces van de afscheiding verkeeren wij derhalve nog in de grootste onzekerheid; wij kunnen het zoutgehalte zelfs niet eenvoudig physisch verklaren. Ook een invloed van het zenuwstelsel, die zonder twijfel bestaat, schijnt voor de melkafscheiding op zich zelf geen vereischte te zijn, aangezien deze na doorsnijding van de cerebrospinale zenuwen (bij den mensch de 4de—6de tusschenribszenuw; ook met de vaten komen [sympathische?] zenuwen in de klier) blijft aanhouden (ECKHARD). Van inwerkingen op de afscheiding van afzonderlijke bestanddeelen kent men hoofdzakelijk die van het voedsel: bij vleeschkost is het gehalte aan caseïne grooter dan bij plantaardig voedsel; bij rijkelijk voedsel over het algemeen vermeerdert het vetgehalte, bij een rijkelijker opname van koolhydraten het suikergehalte. — Buitendien verschilt de zamenstelling naar gelang van den duur der afscheiding, en van de overige geslachtelijke verrigtingen, enz.

Daar de melk verscheidene bestanddeelen, die zeer ligt aan verandering onderhevig zijn, en hoogst waarschijnlijk ook fermenten bevat (die bij het transsuderen van de melk door een vlies, gedeeltelijk teruggehouden

worden, F. HOPPE), zoo ondergaat zij zeer kort na de uitscheiding zekere veranderingen, die gedeeltelijk ook kunstmatig kunnen opgewekt worden en waarvan men zich tot vele praktische doeleinden kan bedienen. De meeste van deze veranderingen zijn, gelijk men aantoonen kan, oxydaties en verbonden met verbruik van zuurstof en vorming van koolzuur (HOPPE). — In de eerste plaats wordt de melk, als zij eenigen tijd gestaan heeft, met een vlies overtrokken, dat bestaat uit (wegens hun vetgehalte ligtere (melkbolletjes die zich aan de oppervlakte hebben verzameld, de zoogen. „room." Deze verandering wordt begunstigd door slaan („boteren") van de melk, waardoor de celvliezen der bolletjes gedeeltelijk verscheurd worden, en aldus eene vereeniging van het vet tot stand komt. Men verkrijgt op deze wijze het melkvet bijna zuiver als „boter." (De overblijvende oplossing van caseïne, suiker en zouten is de „karnemelk;" gewoonlijk maakt men boter door eenvoudig den room te slaan). Onder de scheikundige veranderingen van de melk staan die van de melksuiker en van de vetten boven aan. De eerste gaat, met name bij eene eenigzins hooge temperatuur, langzamerhand in melkzure gisting over, de melk wordt *zuur* en het vrije melkzuur slaat, gelijk elk vrij zuur (bladz. 21) en even als het maagsap (bladz. 91) de opgeloste caseïne neer, de melk *stremt* in vlokjes. Het stremsel, de „*kaas*," sluit andere bestanddeelen der melk, met name de bolletjes, in zich. De terugblijvende suiker- en zoutoplossing wordt „*wei*" genoemd. Dikwijls heeft eene geringe vorming van melkzuur reeds in de klier plaats, zoodat de melk met eene zure reactie uitgescheiden wordt. Voor de vorming van melkzuur wordt geen toetreding van zuurstof vereischt (HOPPE). De vetten worden insgelijks in glycerine en vetzuren ontleed, welke laatste in vlugtige oxydatieprodukten (capryl-, caprine-, capron-, boterzuur) overgaan. Eindelijk neemt, als de melk in de lucht heeft gestaan, onder opname van zuurstof en afgave van koolzuur het gehalte aan caseïne af, het alkohol- en aetherextrakt toe, derhalve ontstaat hier waarschijnlijk vet door oxydatie en splitsing van albuminaten (HOPPE).

Gedurende den zoogtijd bedraagt de hoeveelheid melk, die in een etmaal in beide borsten wordt afgescheiden, nagenoeg 1350 gram. — De ontlediging van de melk uit de fleschvormige reservoirs van de melkgangen geschiedt gewoonlijk door het *zuigen* van den zuigeling, tot wiens voedsel zij dient, d. i. door de luchtdrukking. Zij wordt waarschijnlijk begunstigd door de gladde spiervezels, die de gangen en de geheele klier omgeven. Wijders dient een gedeelte der spieren tot de nog niet naauwkeurig onderzochte *erectie* van den tepel, welke na doorsnijding van de cerebrospinale zenuwen der melkklier ophoudt. (ECKHARD).

5. Afscheidingen voor de zintuigsorganen.

Bij deze hebben wij bijna altijd te doen met afscheidingen van slijmklieren, waarvan hetzelfde te zeggen valt, als van die van den spijsverteringstoestel (zie bladz. 87). Voorts hebben wij reeds gesproken over het oorsmeer (bladz. 106) en het afscheidingsprodukt der MEIBOM'sche klieren. Eene bijzondere vermelding vereischt nu nog de afscheiding der *tranen*. Zij worden door de acineuse traanklieren afgescheiden, waarvan de bouw volkomen analoog is aan dien der slijmklieren. Ook het secretum kan als een buitengewoon waterig slijm (of als men wil: speeksel) beschouwd worden; het bestaat hoofdzakelijk uit

transsudaat-bestanddeelen met kleine hoeveelheden slijm en eiwit. Het is helder, kleurloos, alkalisch, met een zilten smaak. De traanafscheiding staat zonder twijfel onder den invloed van het zenuwstelsel (door den trigeminus en patheticus), zooals door de verhoogde afscheiding uit psychische oorzaken en door reflectorische prikkeling (van uit het neusslijmvlies, het bind- en netvlies) bewezen wordt; men heeft dezen invloed evenwel nog niet naauwkeurig nagegaan, vermoedelijk heeft hij een vasomotorischen oorsprong.

De tranen komen door verscheidene uitlozingsbuizen in den bindvlieszak; over hunne verdere diensten en voortbeweging zie het 12de hoofdstuk.

De specifieke afscheidingsprodukten voor de geslachtstoestellen, waarin morphologische vormsels de voornaamste elementen zijn, zullen eerst in de 4de afdeeling worden besproken.

VIJFDE HOOFDSTUK.

Het opnemen van stoffen in het bloed, resorptie.

Voor dat wij naauwkeurig en meer in het bijzonder zullen spreken over de door het bloed opgenomen stoffen en tevens over de wijze, waarop zij opgenomen worden, moeten wij nog zekere voorbereidende bewerkingen beschouwen, die een voornaam gedeelte der op te nemen bouwstoffen, het voedsel, voor dat het opgenomen wordt, moet ondergaan, en die men met den naam van „spijsvertering" bestempelt.

Voorbereiding van het voedsel voor de resorptie, Spijsvertering.

In het spijsverteringskanaal, dat zich van den mond tot aan den aars uitstrekt, worden de genotene, deels vaste, deels vloeibare voedingsmiddelen gedeeltelijk regtstreeks door de wanden in de sappen opgenomen, doch grootendeels eerst nadat zij zekere werktuigelijke en scheikundige voorbereidende bewerkingen hebben ondergaan. Dat gedeelte van het voedsel, hetwelk noch voor eene regtstreeksche opname, noch voor eene eenigzins afdoende voorbereidende bewerking toegankelijk is, het „onverteerbare," wordt gezamentlijk met zekere bestanddeelen der darmsecreta als „drekstoffen" door den aars naar buiten verwijderd.

I. Mechanisme van den spijsverteringstoestel.

Het mechanisme van den spijsverteringstoestel omvat: 1. de opname (het aanvatten) van het voedsel, de voortbeweging daarvan door het spijsverteringskanaal en de verwijdering der drekstoffen; — 2. de mechanische voorbereidende bewerking voor dat het

in de sappen wordt opgenomen, namelijk het verbrokkelen van het vaste voedsel, en de innige vermenging daarvan met de scheikundig voorbereidende vloeistoffen (kaauwen, met speeksel bevochtigen, enz.). Beide processen hebben gelijktijdig plaats.

Het opnemen van het voedsel geschiedt voor vloeibare zelfstandigheden door ingieting met hulp van het inzuigen (drinken), voor vaste in dier voege dat kleine stukken achter de lippen en tanden gebragt, of door de snijtanden van een grooter stuk afgesneden („afgebeten") worden.

Terstond na het opnemen begint bij vaste beten het verbrokkelen, het kaauwen. Het begint met het aan stukken snijden tusschen de rijen der mesvormige snijtanden, waarop eene vermaling volgt tusschen de knobbelige vlakten der kiezen. Tot het aan stukken snijden dient eene afwisselende aan- en aftrekking van de onderkaak loodregt tegen de bovenkaak, derhalve eene draaijing van de eerstgenoemde om eene horizontale as, die door hare beide gewrichten gaat; de aantrekking geschiedt door den m. masseter en temporalis, de aftrekking door de zwaarte van de onderkaak, door den m. digastricus, mylo- en geniohyoideus. Tot het vermalen is eene verschuiving noodig van de gewrichtshoofden der onderkaak in hare gewrichtsgroeven, welke de onderkaak tegen de bovenkaak naar voren, naar achter en naar ter zijde verplaatst Hiertoe dienen inzonderheid de pterygoidei. Het gestadig naar binnen schuiven van den spijsbrok, of van zijne deelen tusschen de tanden heeft van buiten af plaats door de wangspieren, inzonderheid door den buccinator, van binnen uit door de tong. De laatste vermag ook weeke spijsbrokken, door ze tegen het harde gehemelte aan te drukken en te wrijven, te verbrijzelen. — Onder het kaauwen wordt de spijsbrok innig met de vloeistoffen der mondholte (speeksel en slijm) vermengd en zoo letterlijk in een brij veranderd.

De zenuwen, die dezen actus besturen, zijn: voor de eigenlijke kaauwspieren de ram. maxillaris inferior trigemini (inzonderheid zijn bovenste tak: crotaphitico-buccinatorius), voor de tong de hypoglossus. — Het middenpunt voor de gecoördineerde kaauwbewegingen is in het verlengde merg gelegen (SCHROEDER VAN DER KOLK). — Bij vele dieren wordt het verbrokkelen der spijzen nog in zekere toestellen van de maag voortgezet, b. v. in de drie eerste magen der herkaauwende dieren (pens [rumen], muts of netmaag [reticulum] en boekpens [psalterium]; uit de beide eerste magen keert de brij in den mond terug, voor dat hij in de volgende overgaat), in de spiermaag der vogels, in de kaauwmaag der kevers, in den getanden maagtoestel der kreeften, enz. — Wijders bestaan er bijzondere toestellen om de spijs met de vochten van den mond te vermengen, b. v. de krop der vogels, eene uitzetting van den slokdarm, waarin het voedsel wordt week gemaakt.

De voortbeweging der vaste en vloeibare spijzen door het spijsverteringskanaal geschiedt door zamentrekking der spieren, die in zijne wanden kringsgewijze en in de lengte ge-

plaatst zijn; deze zamentrekking heeft in dier voege plaats, dat de daardoor veroorzaakte vernaauwing of sluiting van het lumen den inhoud in de rigting van den mond naar den aars voor zich uitdrijft. Deze voortschrijdende zamentrekking wordt de peristaltische beweging en het eerste gedeelte daarvan (van den mond naar den slokdarm), waarbij willekeurige spieren werken, het slikken genoemd. — De deelen van het kanaal, die zich onder het slikken achtereenvolgens vernaauwen, zijn: 1. de mondspleet (zamentrekking van den orbicularis oris); 2. de tandspleet (kaauwspieren) [bij vaste spijsbrokken heeft hier de kaauwbeweging plaats]; 3. de ruimte tusschen de tong en het harde gehemelte; de tong wordt achtereenvolgens van voren naar achteren (eerst met hare punt, vervolgens met den rug) tegen het gehemelte gedrukt en schuift den beet (of „de teug") voor zich uit; dat gedeelte der tong, waarop de laatstgenoemde juist rust, is als eene goot uitgehold. De opligting der tong heeft aan hare punt plaats door haar eigen spiertoestel, in het midden door opligting (platter worden) van den bodem der mondholte (mylohyoideus), van achter door opligting van het tongbeen (stylohyoideus); 4. de ruimte tusschen den wortel der tong en het gehemelte (isthmus faucium). Nadat de spijsbrok door den voorsten gehemelteboog is heengegaan, sluit deze zich, d. i. legt hij zich digt tegen den opgeligten tongwortel aan (m. palatoglossus), en de voortgaande zamentrekking duwt den spijsbrok langs de amandelen heen, door den achtersten gehemelteboog in den pharynx, waarbij hij door de talrijke slijmklieren van deze streek met slijm overtrokken wordt; 5. de pharynx. Daar het ademhalings- en het spijsverteringskanaal elkander hier kruisen, wordt de afsluiting der beide openingen van het eerstgenoemde noodzakelijk. Dit geschiedt door twee kleppen, die zich van voren af over de openingen leggen: het velum palati legt zich tegen den achtersten keelwand aan (levatores palati mollis en drukking van den spijsbrok) en sluit daardoor het cavum pharyngonasale af, dat tot het ademhalingskanaal behoort (bladz. 73); de epiglottis legt zich over den ingang van het strottenhoofd. De voortbeweging door den pharynx heeft nu plaats door de zamentrekking der constrictores pharyngei, die den spijsbrok in den slokdarm naar beneden duwen. Het sluiten der epiglottis geschiedt hoofdzakelijk in dier voege, dat hare spieren (thyreo- en aryepiglottici) haar naar beneden trekken (CZERMAK). Daar echter tegelijk met den tongwortel ook het strottenhoofd bij het slikken in de hoogte wordt getrokken (gelijk men van buiten kan waarnemen), zoo kan reeds de spijsbrok bij zijn doortogt de epiglottis op het hoog staande strottenhoofd neêrdrukken.

In den slokdarm wordt de spijsbrok, die door slijm glibberig gemaakt is, deels door de zwaartekracht, doch hoofdzakelijk door de peristaltische beweging, die in de onderste twee derde gedeelten alleen door gladde spiervezels tot stand komt, naar beneden in de maag gebragt.

In de maag blijven spijsmassas van een tamelijk grooten omvang een tijd lang liggen. De bewegingen, die hier plaats hebben, zijn nog niet naauwkeurig bekend. In elk geval moeten hier vooreerst de massas dooreen gekneed worden, opdat ook de binnenste deelen daarvan met den afscheidenden wand in aanraking komen, ten anderen moeten de spijzen door de maag heen, en eindelijk door den pylorus verder gebragt worden. Dit laatste geschiedt door de in het geheele spijsverteringskanaal aanwezige peristaltische beweging. Het wezen van deze beide soorten van beweging, en de wijze waarop zij elkander afwisselen, zijn ons vooralsnog bijna geheel onbekend. Waarschijnlijk zijn de maagwanden in den regel digt om den inhoud zamengetrokken; de spierverdikkingen, die de cardia en den pylorus cirkelvormig omgeven, houden in den regel de openingen gesloten. De gevulde maag draait (zonder spierwerking, door werktuigelijke invloeden) om eene horizontale lengte-as, die door de cardia en den pylorus heengaat, zoodat de anders naar beneden gerigte groote curvatuur naar voren wordt gekeerd. Gassen, die ingeslikt zijn of zich in den inhoud der maag hebben ontwikkeld, ontwijken meestal naar buiten door de cardia, die het hoogst gelegen is. — Volgens BUSCH zou de maag zich tijdens den slaap niet bewegen.

In de dunne darmen is de peristaltische beweging het sterkst ontwikkeld. De geheele reeks van darmlissen (met uitzondering van den twaalfvingerigen darm, waarvan het aanhechtingspunt bijna onbewegelijk is) ondergaat door deze beweging op vele plaatsen eene verandering van ligging. Zij schuift den inhoud, die hier tamelijk dun vloeibaar is, en de ingesloten gassen langzamerhand naar de plaats, waar de dunne darm in den blinden overgaat. De beweging in eene tegenovergestelde rigting wordt buitendien verhinderd, doordien de slijmvliesplooijen als kleppen geplaatst zijn. De valvula Bauhini, eene klapvliesvormige plooi van den darmwand, verhindert dat de inhoud uit den blinden darm naar den dunnen terugkeert.

In den dikken darm heeft de peristaltische beweging zeer langzaam plaats, zoodat de inhoud een tijd lang in de uitbogtingen van den karteldarm (haustra coli) kan blijven. Nadat hij hier (door verlies van water) in drekstoffen is overgegaan, komt hij in het S romanum en vervolgens in den endeldarm.

De ontlasting der drekstoffen uit den endeldarm heeft met tamelijk groote tusschenpoozen (meestal van 24 uren) plaats. Daarbij werkt, behalve de peristaltische beweging, de buikpersing in geen geringe mate mede (wel is waar niet regtstreeks op den in het kleine bekken gelegen endeldarm, maar waarschijnlijk door de drekstoffen uit de hooger gelegene deelen naar beneden voort te stuwen). Over het mechanisme daarvan hebben wij reeds boven (bladz. 73) gesproken. In den gewonen toestand zijn de sluitspieren van den endeldarm gesloten, hare zamentrekking en, als deze opgeheven is, hare veêrkracht wordt overwonnen door de drukking der naar beneden geperste drekstoffen. De levator ani belet, dat zij buiten den endeldarm komen en bevordert, door de buis in de lengte-as te verkorten, het vrij worden der daarin aanwezige kolom drekstoffen.

Opdat de bewegingen, die den inhoud van het spijsverteringskanaal voortschuiven, tot stand komen, wordt de prikkeling van den inhoud vereischt. Zij schijnen derhalve door reflexie opgewekt te worden. Om een voorbeeld te noemen: de slikbeweging komt alleen dan, — en in dit geval ook altijd, — tot stand, als een vreemd ligchaam achter het weeke gehemelte gebragt wordt, derhalve telkens wanneer het in aanraking komt met de achtervlakte van het harde gehemelte, met de epiglottis enz. Men kan derhalve willekeurig alleen dan „met een leêgen mond" slikken, als men een weinig speeksel achter het weeke gehemelte brengt; daardoor is het slechts enkele malen achtereen mogelijk, „met een leêgen mond" te slikken, namelijk zoolang er genoeg speeksel in den mond is. Zonder de bovengenoemde (bladz. 114) sluitbewegingen van de kaak, de tong, enz., die het begin van den actus uitmaken, is het eigenlijke slikken niet mogelijk.

Voor de bewegingen in het bovenste gedeelte van het spijsverteringskanaal, welke door dwarsgestreepte spieren bestuurd worden, ligt het centraal zenuworgaan in het verlengde merg, en wel bij den mensch in de bij-olijven (SCHROEDER VAN DER KOLK). De zenuwen, die van dat punt uit het slikken bewerken, zijn: de facialis voor de lippen; de kaauwzenuwen (zie boven) voor het sluiten der kaken; de hypoglossus voor de tong, en de plexus pharyngeus (zamengesteld uit den glossopharyngeus, vago-accessorius en sympathicus) voor de keel. De tensor palati mollis en de mylohyoideus worden buitendien door den trigeminus bestuurd. De gevoelsvezels, die door reflexie de eerste impulsie tot het slikken geven, zijn in de gehemeltetakken van den trigeminus gelegen (SCHROEDER VAN DER KOLK). — Voor de peristaltische bewegingen der overige deelen zijn daarentegen de centraalorganen waarschijnlijk in de gangliën gelegen, die men in de wanden der organen gedeeltelijk ont-

dekt heeft, gedeeltelijk nog slechts moet vermoeden (REMAK, MEISSNER, MANZ, BILLROTH, KRAUSE). Wanneer men zich de ligging van deze centraalorganen in dier voege voorstelt, dat de gangliën, die in eene dwarssnede gelegen zijn, altijd de spiervezels der volgende dwarssnede besturen, zou er geen moeijelijkheid gelegen zijn in de verklaring van het voortschrijden der peristaltische beweging. Het bestaan der gangliën verklaart tevens de bewegingen van uitgesneden darmstukken; regtstreeksche prikkeling heeft eene plaatselijke zamentrekking ten gevolge, waarvan de rigting dikwijls peristaltisch is. — Doch buitendien worden alle daartoe behoorende deelen nog van buiten of met zenuwen voorzien, met name door den vagus, (plexus oesophageus, rami gastrici) en sympathicus (splanchnici, plexus coeliacus, mesenterici, hypogastrici). Het is buiten allen twijfel, dat deze gedeeltelijk bij de bewegingen mede in het spel zijn. Zoo heeft men met zekerheid aangetoond, dat door prikkeling van den vagus zamentrekkingen van den slokdarm en de maag (volgens sommigen ook van de dunne darmen) kunnen tot stand komen; dat bij doorsnijding der vagi de spijzen zich met moeite verder uit de maag voortbewegen, en dat prikkeling van den splanchnicus de peristaltische bewegingen der dunne darmen tot stilstand brengt (PFLÜGER). De laatstgenoemde zenuw zou bijgevolg onder de „belemmeringszenuwen" kunnen gerangschikt worden (Hoofdstuk XI). — Bij de ontlasting der drekstoffen zijn ook de zenuwen der uitademingsspieren, wijders die van den levator ani en andere spieren van den bilnaad in het spel.

II. Chemisme van de spijsvertering.

Over de afscheiding en de eigenschappen der digestiesappen is in het vorige hoofdstuk gesproken.

Tot de stoffen die in het spijsverteringskanaal geen scheikundige veranderingen ondergaan behooren het water, de anorganische en de meeste oplosbare organische bestanddeelen van het opgenomen voedsel. Deze worden, voor zooverre zij reeds opgelost waren of in de digestiesappen oplosbaar zijn, in een onveranderden toestand, of hoogstens, voor zoover zij vrije zuren en bases waren, in gebonden toestand, op de daartoe bestemde plaatsen opgeslorpt (zie beneden). Voorts blijven onveranderd: zekere onoplosbare stoffen, die ontoegankelijk zijn voor de inwerking der digestiesappen, met name cellulose, hoorn-, veêrkrachtig weefsel; — onder de oplosbare stoffen die deelen, welke, omdat zij een te groot volume beslaan of een compakten bouw hebben, niet volkomen opgelost kunnen worden. Al deze stoffen nu worden, in verbinding met zekere bestanddeelen der

digestiesappen als drekstoffen door den aars ontlast. — De lucht, die men tegelijk met de spijzen inslikt, geeft in het spijsverteringskanaal hare zuurstof af en neemt in de plaats daarvan koolzuur op (bladz. 74), zoodat in de dikke darmen hoofdzakelijk stikstof en koolzuur aanwezig zijn. — De eigenlijke scheikundige veranderingen ondergaan zekere onoplosbare of wèl opgeloste, maar toch zeer moeijelijk voor diffusie vatbare organische stoffen, die tot de belangrijkste voedingsmiddelen behooren: namelijk koolhydraten (met name zetmeel), eiwitachtige stoffen (eiwit, vezelstof, spierzelfstandigheid, kaasstof, enz.) in hare onoplosbare wijzigingen, lijm en vetten. Deze stoffen moeten in een vorm overgebragt worden, die voor hare resorptie geschikt is.

In de mondholte worden de spijzen vermengd met het alkalische mondspeeksel, d. i. een mengsel van speeksel, dat door de parotis, de gl. submaxillaris en sublingualis wordt afgescheiden. Dit mengsel heeft de volgende eigenschappen: 1. het is een oplossingsmiddel voor oplosbare, doch nog niet opgeloste bestanddeelen van het voedsel (b. v. zouten, suiker); 2. het verandert het zetmeel, dat in het voedsel in een door imbibitie gezwollen toestand aanwezig is („stijfsel") in dextrine en druivensuiker. Deze omzetting begint reeds in den mond en wordt in de maag voortgezet, tenzij dit door eene te groote hoeveelheid zuur verhinderd wordt (zie bladz. 88).

In de maag heeft het volgende plaats: 1°. eene innige vermenging der spijsdeelen onderling en met de afscheidingsprodukten der maagklieren: slijm en maagsap. Daar het laatste zuur reageert, wordt de reactie van het mengsel, die tot nu toe alkalisch was, meestal neutraal en zuur. Vele stoffen, die tot nu toe onopgelost waren, worden hier nog opgelost, met name zouten, die alleen door zuren opgelost kunnen worden, b.v. koolzure en phosphorzure aarden. 2°. De omzetting van het door water geïmbibeerde zetmeel in suiker wordt door het ingeslikte speeksel voortgezet, zoolang de reactie niet te sterk zuur is. 3°. De voornaamste verandering in de maag ondergaan de eiwitachtige ligchamen. Vezelstof, spierzelfstandigheid komen bijna altijd in eene onoplosbare wijziging in de maag, eiwit nu eens in een opgelosten, dan eens in een onopgelosten toestand (b. v. gekookt eiwit), caseïne insgelijks (opgelost in de melk, onopgelost in de kaas). De opgeloste caseïne wordt evenwel ook zoodra zij in de maag komt door het maagsap neêrgeslagen (bladz. 91). De functie der maag bepaalt zich derhalve in het algemeen alleen tot de niet-opgeloste eiwitachtige ligchamen (het oplosbare eiwit niet medegerekend). Door de inwerking van het zuur zwellen zij in de maag door imbibitie op en worden vervolgens door de pepsine van

het maagsap opgelost, en misschien ook in „peptonen" (bladz. 91) omgezet. Ook het lijm en de lijmgevende weefsels (bindweefsel, beenstroma) worden in de maag opgelost. Wij weten nog niet met zekerheid of de tijd, gedurende welken de spijzen in de maag blijven, voldoende is om deze omzettingen ten einde te brengen; evenwel is het zeker, dat bij een rijkelijk gebruik van zetmeel en eiwitachtige ligchamen een groot gedeelte daarvan onveranderd en onopgelost in den darm overgaat. — De meesttijds zure brij, die door den overgang van deze stoffen in den darm gevormd wordt, noemt men chymus.

Sommige physiologen waren in de gelegenheid om de natuurlijke spijsvertering in de maag waar te nemen: bij den mensch door maagfistels, die toevallig aanwezig waren (BEAUMONT, BIDDER en SCHMIDT); bij dieren door kunstmatig aangelegde maagfistels, of door de spijzen weder naar buiten te trekken, nadat men ze, besloten in een aan een draad bevestigd gazen zakje, had laten inslikken. De proefnemingen met natuurlijk of kunstmatig maagsap (bladz. 92) bij eene temperatuur die gelijk is aan die van het ligchaam („kunstmatige spijsvertering") hebben veel licht verspreid over de verrigtingen der maag.

In den darm komt de zure chym in aanraking met afscheidingsprodukten die gewoonlijk alkalisch zijn, namelijk met gal en pancreassap in den twaalfvingerigen darm, met darmslijm (darmsap) in den geheelen darm. In de eerste plaats moet daardoor de reactie eene verandering ondergaan, welke in de buitenste (met den wand in aanraking zijnde) lagen vroeger tot stand komt dan in de as van de darmbuis; in het midden der dunne darmen is zij meestal voltooid en de reactie bij gevolg alkalisch. Ofschoon wij eenigermate bekend zijn met de eigenschappen van elk afzonderlijk digestiesap (zie het vorige hoofdstuk), weten wij echter nagenoeg niets van de wijze waarop zij in hunne natuurlijke vermenging gezamentlijk werken. Slechts de volgende feiten zijn bewezen: de spijsvertering, die in den darm plaats heeft, voor zooverre zij te doen heeft met eene scheikundige omzetting van den inhoud en niet met de resorptie (zie beneden), bepaalt zich tot eene werking op de nog onveranderde deelen zetmeel en niet-opgeloste eiwitachtige ligchamen van de chym volgens de voorafgegane processen: zetmeel wordt derhalve in suiker, onopgeloste eiwitachtige ligchamen worden in oplosbare stoffen veranderd (zonder dat wij evenwel weten of dit peptonen zijn). Voorts worden door haren invloed de vetten, die tot nu toe in een volkomen gaven toestand verkeerden, voor de resorptie voorbereid. De suikervorming uit het zetmeel moet (daar er in den darm geen mondspeeksel meer aangetoond kan worden) aan het pancreas- en darmsap toegeschreven worden. Hoogstwaarschijnlijk zorgen deze twee zelfde sappen voor de oplossing der eiwitachtige ligchamen (omdat de werking van het maagsap dat in den darm

is gekomen, door de gal opgeheven wordt, bladz. 91). De vetten eindelijk worden door het pancreassap (waarschijnlijk ook door gal en darmsap) in eene zeer fijne emulsie omgezet, welke vorm de eenige is waarin zij geresorbeerd kunnen worden (zie beneden). Een gedeelte der vetten wordt ook in hunne bestanddeelen, vetzuren en glycerine, ontleed, d. i. oplosbare produkten, die geresorbeerd kunnen worden. De laatste werking komt eerst in dat gedeelte van den darm tot stand, waarvan de inhoud alkalisch is, derhalve in de tweede helft der dunne darmen; hier verbinden zich de vetzuren met de vrije alkaliën tot „zeepen."

Behalve deze omzettingen, die voor de resorptie hoogst belangrijk zijn, bestaan er nog andere, welke, naar het schijnt, van geen belang zijn voor het resorptievermogen. Zoo wordt de suiker, niet alleen de als zoodanig genuttigde, maar ook de uit zetmeel gevormde, voor dat zij geresorbeerd wordt, gedeeltelijk in melkzuur (reeds in de maag) omgezet. Ook komt er, ofschoon misschien alleen onder abnormale omstandigheden, eene alkoholische en boterzure gisting voor. De gassen, die zich bij deze gistingen ontwikkelen, zijn hoofdzakelijk koolzuur en waterstof, soms ook koolwaterstoffen; daarom bestaan de darmgassen voornamelijk uit koolzuur, stikstof en waterstof (vergel. bladz. 74). Voorts worden de meeste zouten met organische zuren geheel of gedeeltelijk in koolzure zouten omgezet (MAGAWLY). Ook de vetzuren, die bij de ontleding der vetten vrij worden, worden verder ontleed deels in vlugtige produkten, die aan den op zich zelf nagenoeg reukeloozen inhoud der dunne darmen den eigenaardigen drekreuk geven, deels in gassen.

Ten gevolge der beschrevene scheikundige veranderingen en de daarmede hand aan hand gaande resorptie van alle oplosbare of oplosbaar gemaakte bestanddeelen en van de vetten, is de gesteldheid van den inhoud in de verschillende gedeelten der dunne darmen zeer ongelijk. In de eerste plaats verdwijnen langzamerhand de deeltjes zetmeel en onoplosbare eiwitachtige ligchamen, die zich nog boven in de dunne darmen bevinden. Zij worden vervangen door suiker, melkzuur, en opgeloste eiwitachtige ligchamen. Op dezelfde wijze verdwijnen de aanvankelijk nog aanwezige vetdruppels en vethoopen, terwijl de vloeistof in eene emulsie overgaat; de kleur is geel of geelbruin door de bijmenging met gal. Eindelijk verdwijnen suiker, eitwitachtige stoffen en vetten geheel en al uit de massa, die ook al meer en meer water verliest, zoo dat zich ten laatste aan het einde der dunne darmen geen andere bestanddeelen bevinden dan die der drekstoffen. Wegens de boven vermelde ontledingen en gistingen is ook hier de drekreuk waar te nemen.

In de dikke darmen treden de spijsverteringsprocessen (d. i. de voorbereidingen tot de resorptie) al meer en meer op den achtergrond. Behalve het darmsap, dat ook hier gevormd wordt, vinden wij hier geen nieuwe sappen; — ook de resorptie bepaalt zich bijna tot de opzuiging van water, derhalve

tot verdikking van den inhoud. Over dezen, de drekstoffen en gassen, is reeds gesproken (over de bestanddeelen der faeces zie bladz. 81, 88, 96 en 112).

Dikwijls reageren de drekstoffen zuur door de aanwezigheid van vrije vetzuren. De hoeveelheid drekstoffen, in verhouding tot de gebruikte spijzen, hangt natuurlijk af van het gehalte aan onverteerbare bestanddeelen van het voedsel.

Opslorping. Vervolg (bladz. 112).

Opgeslorpte stoffen.

De stoffen, die in het bloed opgeslorpt (geresorbeerd) worden, zijn (bladz. 11): 1. het oxydatiemiddel, de zuurstof, welke door de ademhaling wordt opgenomen (hoofdstuk III); 2. de bouwstoffen, die geoxydeerd moeten worden of dienen moeten om het verlies van onveranderd uitgescheiden ligchaamsbestanddeelen te vergoeden, met andere woorden het voedsel, dat door de spijsvertering (bladz. 112 en volgg.) ter opslorping is voorbereid; 3. de produkten der oxydatie van stoffen, die door afscheiding (hoofdstuk IV.) door het bloed aan de ligchaamsorganen zijn afgegeven en aldaar geoxydeerd geworden. Deze produkten zijn òf gasvormig (koolzuur, stikstof) òf vloeibaar; wijders behooren zij òf tot de hoogste geoxydeerde ligchamen, die het bloed eenvoudig opneemt om ze op andere, daartoe geschikte plaatsen uit het ligchaam uit te scheiden (koolzuur, stikstof, glycine, kreatine, kreatinine, enz. vergel. bladz. 101), — òf zij behooren tot de lager geoxydeerde ligchamen, die wel is waar niet op hunne oorspronkelijke plaats, maar wel in het bloed zelf, of, nadat zij weder uitgescheiden zijn, op andere plaatsen door verdere oxydatie van dienst zijn. Tot deze laatste categorie behooren de meeste zoogen. „specifieke bestanddeelen" der afscheidingen, om het even of zij parenchymsappen, in holten bevatte vloeistoffen, of vrije secreta zijn; het onderscheid bestaat eenvoudig daarin, dat de bestanddeelen der eerstgenoemden van dezelfde plaats in het bloed opgeslorpt worden, waar hunne moederstoffen het verlaten hadden, terwijl die der vrije secreta op andere plaatsen opgeslorpt worden, nadat zij in de kanalen van het ligchaam kortere of langere wegen hebben afgelegd. 4. Ten laatste wordt ook een groot gedeelte der stoffen, die door het bloed afgescheiden worden, onveranderd weder opgeslorpt, hetzij langs een anderen, hetzij langs denzelfden weg, wanneer de physische voorwaarden intusschen veranderd zijn; daartoe

behooren water, zouten, eiwit, in het kort zoogen. transsudaatbestanddeelen.

Tot opheldering van hetgeen sub 3 is gezegd kan bladz. 11 dienen. — Ad. 4. Hiertoe behoort de opslorping van onveranderde bestanddeelen der parenchymsappen en vloeistoffen, die in holten bevat zijn; verder de opzuiging van pathologische transsudaten (oedemateuse en weiachtige uitstortingen). Klaarblijkelijk zou deze resorptie onder dezelfde voorwaarden, waaronder de uitscheiding tot stand kwam, en binnen dezelfde vaten niet denkbaar zijn; daarom moeten òf andere voorwaarden in het spel zijn, b. v. eene vermindering in de filtratie-drukking van het bloed, die toch gestadig verandert, òf de resorptie moet langs een anderen weg geschieden, b. v. door de watervaten (zie beneden). De onveranderde bestanddeelen van echte secreta worden op andere plaatsen weder opgeslorpt.

Wegen, langs welke de opslorping plaats heeft.

De opslorping in het bloed geschiedt deels regtstreeks in de haarvaten, deels middellijk door een aanhangsel van het bloedvaatstelsel, de watervaten. Overal treft men bloedcapillairen en capillaire watervaten bij elkander aan. Dat gedeelte van het watervaatstelsel, hetwelk van den spijsverteringstoestel, met name van den darm afkomstig is, wordt chylvaatstelsel genoemd.

Het lymph- en chylvaatstelsel vormt een eenvoudig vertakten vaatboom (nagenoeg als het aderstelsel), die met verscheidene niet zeer sterke stammen, den ductus thoracicus en truncus lymphaticus communis dexter, in de aderstammen van den hals inmondt. In den genoemden truncus loopen alleen de watervaten van de regter bovenste ligchaamshelft en van de regter borstholte uit, terwijl de ductus thoracicus alle overige, dus ook de chylvaten in zich opneemt. Wij bezitten nog weinig zekere waarnemingen over de plaats, waar de watervaten in de organen beginnen. Terwijl sommigen in het gesloten netwerk van de capillaire watervaten (die een weinig ruimer zijn dan de capillaire bloedvaten) den oorsprong van de lymphvaten willen gelegen hebben, ontspringen zij volgens anderen eerst in de weefsels uit ruimten zonder wanden (met andere woorden: die dit beweren nemen opene buizen als oorsprong aan). Volgens een derde vermoeden eindelijk ontspringt het capillaire watervaatnet in het fijne kanaalstelsel, dat door de cellen van de bindzelfstandigheden (bindweefsel, beenderen enz.) en hare anastomoserende buisvormige uitloopers gevormd worden (VIRCHOW). — Even onzeker zijn wij aangaande de plaatsen van oorsprong van het chylvaatstelsel in de vlokken der dunne darmen. Deze vlokken zijn kleine, digt naast elkander gelegene uitstulpingen van het slijmvlies, die meestal den vorm van een kegel hebben en aan de binnenvlakte van den darm een fluweelachtig voorkomen geven. Zij zijn met een cilinderepithelium van het darmslijmvlies bekleed en bezitten langwerpige gladde spiervezels, door welker zamentrekking de vlok verkort en hare oppervlakte spiraalsgewijze geplooid wordt (BRÜCKE). Behalve een net van capillaire bloedvaten komen nu in die vlokken ook nog de bedoelde aanvangsplaatsen der chylvaten voor, die met één, zelden meer centrale stammetjes uit elke vlok ontspringen. Deze aanvangsplaatsen liggen in den ruimsten zin in de epitheliale cellen, welke de vlok bedekken, aangezien alle stoffen, die uit den darm in de chylvaten dringen, noodzakelijk eerst door gene moeten heengaan, hetwelk ook inderdaad het geval is (men kan zich hiervan overtuigen bij de opslorping van vetdruppeltjes, zie beneden). Nu zijn ook aangaande deze kwestie verschillende meeningen geopperd: sommigen nemen eene regtstreeksche verbinding van die epitheliale cellen met de chylvaten aan, en wel door middel

van talrijke anastomoserende en met uitloopers van de epitheliale cellen gemeenschap hebbende cellen (bindweefselcellen), die in de vlok zijn gelegen (HEIDENHAIN); anderen nemen een net van capillaire chylvaten in de vlok aan, dat echter een afgesloten geheel vormt en alleen door diffusie met het epithelium in gemeenschap kan staan (E. H. WEBER). Nog anderen eindelijk willen niets weten van de capillaire chylvaten (FUNKE, KÖLLIKER), ontkennen zelfs het bestaan van het centrale chylvat (BRÜCKE, BRUCH) en nemen aan, dat er eene voortbeweging plaats heeft door ruimten zonder wanden, door de mazen van het vlokkenweefsel. Deze verschillende zienswijzen komen derhalve nagenoeg overeen met die aangaande den oorsprong der watervaten. — Niet minder uiteenloopend is de meening aangaande den bouw der epitheliale cellen zelve, die, gelijk men aangetoond heeft, uit den darm ligchamen (vetdruppeltjes, pigmentkorreltjes, bloedligchaampjes, enz.) kunnen opnemen, hetgeen niet mogelijk is, wanneer die cellen geen openingen hebben. Elke cel heeft een naar het lumen van den darm gekeerden verdikten, gestreepten wand, waarin de bedoelde openingen moeten aanwezig zijn. Volgens sommigen (BRÜCKE) is deze wand eenvoudig een slijmprop, zijn de cellen bij gevolg open; volgens anderen — en hiervoor pleit haar gestreept voorkomen — is hij door fijne poriënkanaaltjes doorboord (KÖLLIKER, WELCKER), of hij bestaat, zooals de flikkercellen, uit digt even als pallissaden naast elkander staande staafjes, waarvan derhalve de tusschenruimten de kanalen zouden voorstellen (FUNKE, BRETTAUER en STEINACH, HEIDENHAIN). Lijnregt daartegen over staat de meening van nog anderen, dat de epitheliumcellen soliede zouden zijn, derhalve geen openingen hebben. — v. RECKLINGHAUSEN, wiens opgave van alle overigen afwijkt, is van meening dat de ligchaampjes, die in de chylvaten binnendringen, de opene tusschen de epitheliumcellen gelegen kanaalvormige voegen doorloopen, welke in de diepte met het net der sapkanaaltjes anastomoseren. — Over de klieren, die in het watervaats- en chylstelsel zijn besloten, zie beneden.

Krachten, waardoor de opslorping tot stand komt (resorptiekrachten).

De physische krachten, welke eene opslorping van vloeistoffen in het bloed kunnen tot stand brengen (over de opslorping van gassen is reeds in het derde hoofdstuk gesproken) zijn voor de regtstreeksche resorptie door den gesloten wand der haarvaten ook weder (bladz. 82—83) filtratie en diffusie. De eerste werkt waarschijnlijk hoogst zelden, omdat eene hoogere drukking dan die van het bloed buiten de vaten onder normale omstandigheden niet schijnt voor te komen. Daarentegen komen waarschijnlijk buitendien nog andere krachten in aanmerking voor de opslorping in de nog twijfelachtige aanvangsplaatsen der water- en chylvaten. Waren b. v. deze plaatsen werkelijk opene buizen, dan zou welligt de capillaire aantrekkingskracht hier geen onbelangerijke rol spelen, enz.; het is mogelijk dat hier ook de filtratie van meer invloed kan zijn, omdat de drukking in het watervaatstelsel veel geringer is dan in het stelsel der bloedvaten (NOLL). — Wij weten volstrekt niet, welke stoffen regtstreeks in het bloed, en welke door de watervaten worden opgeslorpt. Daar men zich nog in veel gissingen kan verdiepen omtrent de krachten, die de opslorping in de water- en chylvaten tot stand brengen, is men

geneigd, stoffen die een zeer hoog endosmotisch aequivalent hebben, of zulke die volstrekt niet vatbaar zijn voor diffusie, in het kort alle zelfstandigheden, waarvan de opslorping door bloedvaten oogenschijnlijk niet dan moeijelijk of in het geheel niet mogelijk is, door de water- en chylvaten te laten resorberen. Daartoe behooren voornamelijk eiwitachtige oplossingen en vetten. Water en wezenlijke oplossingen worden hoogstwaarschijnlijk door beide vaatsoorten opgenomen; ook schijnt de opslorping van eiwitachtige ligchamen en vet niet tot de watervaten beperkt te zijn (getuige het grootere vetgehalte van het poortaderbloed, dat het bloed uit de darmaderen ontvangt, vergeleken bij andere bloedsoorten).

De opslorping van stoffen met een hoog endosmotisch aequivalent (b. v. oplossingen van eiwit) zou door diffusie in de bloedvaten niet anders kunnen plaats hebben dan onder uitscheiding van zeer groote hoeveelheden water, en zou derhalve de darm b. v. buitengewone hoeveelheden transsudaat moeten bevatten. Hieraan wordt intusschen te gemoet gekomen, doordien in den spijsverteringstoestel, door de omzetting van de opgeloste eiwitachtige ligchamen in peptonen (vergel. evenwel bladz. 91), het endosmotisch aequivalent, vooral in eene zwak zure oplossing, wel tienmaal en nog kleiner wordt (FUNKE), zoodat de opzuiging door de bloedvaten wel denkbaar ware. — Dienovereenkomstig zou derhalve het eiwit van het voedsel als eene oplossing van peptonen bij voorkeur door de bloedvaten, daarentegen dat der parenchymsappen door de watervaten opgeslorpt worden. De oxydatieprodukten der parenchymbestanddeelen hebben bijna alle zonder onderscheid een zeer laag endosmotisch aequivalent, waardoor natuurlijk hunne regtstreeksche opslorping in het bloed in eene hooge mate wordt begunstigd (bladz. 27).

Plaatsen, waar de opslorping geschiedt. (Resorptieplaatsen).

Eene der voornaamste resorptieplaatsen, die hier afzonderlijk moet beschouwd worden, is het spijsverteringskanaal. In dit kanaal worden de volgende stoffen opgeslorpt: 1. de verteerbare bestanddeelen van het voedsel, sommige zonder eenige verandering te hebben ondergaan (water, oplosbare zouten, suiker, zuren, enz.), andere na in zekere andere stoffen te zijn omgezet (zetmeel, eiwitachtige ligchamen, lijm, vetten); 2. de digestiesappen (speeksel, maagsap, pancreassap, gal, darmsap, benevens het afgescheiden slijm), nadat zij hunne verrigtingen hebben voleindigd, waarschijnlijk voor een gedeelte veranderd; sommige van hunne bestanddeelen (mucine, bestanddeelen van de gal, bladz. 96) worden niet opgeslorpt, maar te gelijk met de drekstoffen ontlast. — Tengevolge van de omzettingen, die wij bij de spijsvertering hebben besproken, ontstaan uit de stoffen, die als zoodanig voor de opslorping niet geschikt zijn (zetmeel, eiwitachtige ligchamen, lijm), andere, die een lager endosmotisch aequivalent bezitten, na-

melijk suiker, oplossingen van peptonen (?), van lijm. Op dezelfde wijze ontstaan uit een gedeelte der vetten zeepen, die gemakkelijk opgeslorpt worden (bladz. 120), terwijl het grootste gedeelte der vetten in eene emulsie overgaat. Dientengevolge moeten in den spijsverteringstoestel de volgende stoffen opgeslorpt worden: 1. water (deels uit het voedsel, deels uit de digestiesappen); 2. oplosbare zouten (insgelijks, voor een gedeelte ontstaan uit onoplosbare zouten of uit eene verbinding van vrije zuren en bases van het voedsel, bladz. 117 volg.); 3. suikersoorten (alle soorten die regtstreeks uit het voedsel afkomstig zijn, doch druiven- en melksuiker buitendien uit het gebruikte zetmeel); 4. andere oplosbare stoffen van het voedsel of van de digestiesappen (pepsine enz.); 5. zeepen (uit genuttigde vetten); 6. oplossingen van peptonen (? uit gebruikte oplosbare en onoplosbare eiwitachtige ligchamen); 7. oplossingen van lijm (uit lijm en lijmgevende weefsels, die in het voedsel aanwezig waren); 8. kleine vetdruppeltjes als emulsie uit het voedsel. — Van deze stoffen hebben die der 7 eerste rubrieken een klein endosmotisch aequivalent, en kunnen zij daarom zoowel door de bloedvaten, als door de chylvaten opgeslorpt worden; waarschijnlijk worden de ware oplossingen die zich daaronder bevinden (1—4) hoofdzakelijk door de bloedvaten, of gelijkmatig door beide soorten van vaten, doch de overige voornamelijk door de chylvaten opgenomen. Daarentegen zijn met de opslorping der vetten bijna uitsluitend de chylvaten belast.

De wegen, langs welke de vetten in de chylvaten komen zijn, naar hetgeen wij bladz. 122 en volg. hebben medegedeeld, òf volkomen ontwikkelde kanalen (openingen van de epitheliale cellen der vlokken en een kanaalstelsel uit bindweefsel tot aan het chylvat der vlok, HEIDENHAIN), òf zij worden geheel of gedeeltelijk eerst door de vetdruppeltjes gevuld (bladz. 122), waarmede tijdens de digestie der vetten alle deelen der vlokken gevuld worden. Om het even nu, of de eerste dan wel de tweede mogelijkheid het meest met de waarheid overeenkomt, in elk geval biedt de gal, onder den invloed waarvan de filtratie en diffusie van vetten begunstigd worden (bladz. 96) daarbij belangrijke diensten. In weerwil daarvan zijn de krachten, die den overgang tot stand brengen, voor ons een nog onopgelost raadsel. Het waarschijnlijkst is eene filtratie door de drukking in de darmen, die aldaar tamelijk aanmerkelijk is, omdat de drukking in de chylvaten altijd gering is; de zamentrekking van de vlokken (zie boven) kan alleen de ontlediging van hare chylvaten in de rigting naar de stammen, maar niet de opslorping van vet uit den darm bewerken; zij moet door de werking der gal begunstigd worden (SCHIFF).

Men kan de opslorping der vetten door de chylvaten en den invloed, dien de gal daarop uitoefent het duidelijkst waarnemen aan hun witten, op melk gelijkenden inhoud na het gebruik van vet en aan de vermindering daarvan, als de toegang van de gal tot den darm door verstopping van den ductus choledochus of door het aanleggen van een galfistel is afgebroken (bladz. 97).

Het ligchaam bezit in de uitwendige huid nog eene tweede plaats, waar de opslorping tot stand komt; ofschoon zij slechts bij uitzondering langs dezen weg geschiedt, mogen wij dit punt hier niet verzwijgen, te meer daar het dikwijls een onderwerp van onderzoek is geweest. Alle door de huid opgenomen stoffen moeten in de eerste plaats door de opperhuid heengaan, waarvan de permeabiliteit, naar het schijnt, in den gewonen toestand zeer gering is, doch door verscheidene middelen (warme baden, enz.) tijdelijk kan verhoogd worden. Wat wij aangaande de opslorping door de huid weten berust nog op te onzekere grondslagen, om er hier nog verder over uit te wijden.

Ook de opslorping der parenchymsappen is voor ons nog een zeer duister proces. Naar het schijnt, worden (de resorptie van werkelijk opgeloste oxydatieprodukten daargelaten, bladz. 27) ook de onveranderde, eiwithoudende transsudaten voortdurend of onder zekere omstandigheden door de watervaten opgezogen, en wèl des te sterker, naarmate de transsudatie sterker, derhalve de spanning van het parenchymvocht in het weefsel hooger is. Dit wordt door de proefneming bewezen; de lympha stroomt des te sterker uit een doorgesneden watervat, naarmate de transsudatie meer bevorderd wordt (LUDWIG, SCHWANDA) door uitzetting van de toevoerende slagaderen (doorsnijding of verlamming der vasomotorische zenuwen), door belemmering van de afvloeijing van het bloed (onderbinding van de aderen, zamendrukking daarvan door spierbewegingen). Op grond daarvan mag men misschien de watervaten als regulatoren voor de afscheiding beschouwen. Aan den toestand van verhoogde spanning van het parenchymvocht, die, volgens het boven medegedeelde, door eene vermeerderde opzuiging der watervaten verholpen wordt, geeft men den naam van oedeem.

Lotgevallen der middellijk opgeslorpte stoffen.

Er blijft ons nog over den weg na te gaan, dien de middellijk, door chyl- en watervaten opgeslorpte stoffen tot in het bloed afleggen. Op dezen togt wordt hare zamenstelling door zekere organen, de watervaatsklieren, die in het chyl- en watervaatstelsel zijn besloten, aanmerkelijk veranderd en in eene vloeistof omgezet, die in velerlei opzigten eene groote gelijkenis

oplevert met het bloed, waarin zij zal worden uitgestort, en in zeker opzigt de moederstof daarvan kan genoemd worden. Aangezien zulke organen niet alleen in het verloop der grootere watervaten voorkomen (gewone watervaatsklieren), maar ook zeer digt bij de aanvangsplaatsen der chyl- en watervaten (de zoogen. „follikels"), zoo is het niet mogelijk in het bezit te geraken van den oorspronkelijken, door de eenvoudige resorptie ontstanen inhoud der chyl- en watervaten. Men kent derhalve alleen den veranderden inhoud, die reeds door de klieren is heengegaan, den „chylus" en de „lympha."

De follikels, die men eerst in den laatsten tijd als den eenvoudigsten vorm der watervaatsklieren heeft leeren kennen, komen in een groot aantal aan de aanvangsplaatsen der chyl- en watervaten voor. De eersten liggen in het darmslijmvlies òf geïsoleerd („solitaire follikels") in het geheele darmkanaal, òf in hoopen bijeen („PEYER'sche plaques" in het onderste gedeelte der dunne darmen). Men ontmoet de laatsten in vele ligchaamsdeelen, met name in het slijmvlies der mondholte, der keel (ook de amandelen zijn niets anders dan een aggregaat van follikels), van de maag, het bindvlies (trachoomklieren), in de longen (waar zij reeds lang als kleine watervaatsklieren beschreven zijn), in de milt (MALPIGHI'sche blaasjes) en waarschijnlijk nog op veel andere plaatsen. — De fijnere bouw der follikels en watervaatsklieren is nog niet zeker bekend. Het voornaamste wat wij daarvan weten komt op het volgende neêr: de follikel bevat ééne, doch de watervaatsklieren talrijke holle ruimten, die door een stroma van bindweefsel zijn gevormd, zoogen. lymph-holten of alveoli, die met kleurlooze, ronde kernhoudende cellen (lymph-cellen) gevuld en door bloedcapillairen zijn doorsneden; beiden worden beschermd door een zeer fijn vezelnet (KÖLLIKER, DONDERS, HEIDENHAIN), dat uit anastomoserende bindweefselcellen bestaat (ECKHARD, HIS). Volgens ECKHARD zou dit kanaalnet anastomoseren met de bloedcapillairen. BILLROTH beschouwt de cellen als de matrix der lymph-cellen. In deze alveoli monden de toevoerende water- (resp. chyl-) vaten of hunne vertakkingen (in de grootere klieren), terwijl de afvoerende vaten er weder uit ontspringen. De aangevoerde vloeistof moet derhalve door de alveoli heengaan en tusschen de cellen haren weg zoeken, waarbij zij in eene endosmotische wisseling komt met het bloed der haarvaten. Daar in de meeste follikels de toevoerende vaatjes nog niet zijn aangetoond, wordt hun bestaan door velen ontkend en houden dezen de follikels voor de aanvangsplaatsen der watervaatsklieren.

De lympha is eene kleurlooze of geelachtige witte vloeistof, die onder het mikroskoop in een kleurloos plasma en daarin drijvende kernhoudende cellen (lymphligchaampjes), fijne vetdruppeljes en kernen gescheiden wordt. De lymphligchaampjes hebben zeer veel overeenkomst met de cellen die in de alveoli der follikels en watervaatsklieren bevat zijn en zijn zeker van die cellen afkomstig (voor dat de lympha door groote watervaatsklieren heengaat bevat zij slechts zeer weinig cellen, die uit de follikels afkomstig zijn); van den anderen kant hebben zij de grootste gelijkenis met de kleurlooze bloedligchaampjes. De lympha stolt vrijwillig, even als het bloed, doch langzamer, zoodat zij ook een lymph-koek vormt en lymphserum naar buiten perst. Zij bevat derhalve fibrinogene en fibrinoplastische zelfstandigheid (A. SCHMIDT), doch de laatste in eene mindere hoeveelheid dan het bloed (zoodat het toevoegen van bloed de

stolling bespoedigt). — Met uitzondering van vezelstof zijn de overige bestanddeelen dezelfde als die van het bloed, derhalve water, zouten, albuminaten, vetten, suiker, pisstof, extractiefstoffen. De chyl onderscheidt zich van de lympha alleen door haar buitengewoon groot vetgehalte tijdens de spijsvertering, waardoor het vocht er melkwit uitziet. Het vet vormt deels geïsoleerde, deels bijeengehoopte druppeltjes, die grooter zijn dan die der lympha. Daar de chyl zich in de cysterna chyli en in den ductus thoracicus met lympha vermengt, gaat het moeijelijk haar in zuiveren toestand te verkrijgen.

De beweging der lijmphvloeistoffen naar het bloed heeft onder eene geringe drukking (NOLL) en zeer langzaam plaats, inzonderheid uit hoofde van den aanmerkelijken weêrstand, dien de watervaatsklieren moeten bieden. Ten opzigte van de krachten die de beweging staande houden, kunnen wij ons slechts tot vermoedens bepalen. Waarschijnlijk zijn zij: 1. dezelfde krachten (volgens bladz. 123 nog onbekend), die den inhoud naar de aanvangsplaatsen heendrijven, onder den invloed waarvan de inhoud langzamerhand verder wordt voortbewogen; 2. zamentrekkingen der spieren, die de watervaten omgeven; onder den invloed daarvan wordt de inhoud, wegens de talrijke klapvliezen der watervaten, even als die der aderen (bladz. 60), naar de uitmonding heen uitgeperst; 3 de aspiratie der borstkas (bladz. 59), omdat de uitmondingsplaatsen der hoofdstammen, en buitendien het grootste gedeelte van den ductus thoracicus binnen de borstholte zijn gelegen.

Bij zekere dieren, bij amphibiën en sommige vogels (struisvogels) wordt de beweging van de lympha door rhythmisch kloppende lymphharten (ten getale van 4 bij de kikvorschen, van 2 bij de overige amphibiën, 1 bij de struisvogels) bevorderd. Hun centraal zenuwuiteinde ligt volgens sommigen in het ruggemerg, volgens anderen in die harten zelve.

Wanneer de bestanddeelen der lympha in den bloedstroom zijn aangekomen, vermengen zij zich met die van het bloed. Op welke wijze zij hier verder van dienst zijn en omgezet worden, zal in het volgende hoofdstuk uiteengezet worden.

ZESDE HOOFDSTUK.

Stofwisseling van het bloed.

Nadat wij in de drie voorgaande hoofdstukken over de uitgaven en ontvangsten van het bloed gesproken hebben, moeten wij thans nagaan, hoe het met de normale volstrekte en betrekkelijke hoeveelheid van het bloed en zijne bestanddeelen gesteld is. Dat onder de normale voorwaarden van het leven het verlies door de uitgaven van het bloed bijna naauwkeurig vergoed wordt door de ontvangsten, wordt door de zeer standvastige hoeveelheid (spanning) en zamenstelling des bloeds bewezen. Wel is waar komen daarbij, zelfs in den normalen toestand, zekere afwijkingen voor, doch deze zijn slechts tijdelijk. Zoo is het b. v. duidelijk, dat tijdens de spijsvertering, gedurende welke de ontvangsten in zulk eene hooge mate de overhand hebben, eene positieve afwijking moet plaats hebben. Evenwel is het nog niet mogelijk, eene naauwkeurige balans op te maken van ontvangsten en uitgaven, daar het vooralsnog niet gelukt is de hoeveelheid van een van beide factoren, ook slechts bij benadering te bepalen.

Het ontstaan en vergaan der bloedligchaampjes.

Men zou zich eene wisseling van de scheikundige bestanddeelen des bloeds kunnen voorstellen, zonder dat te gelijk eene wisseling van de vormbestanddeelen, de bloedligchaampjes, plaats heeft. Intusschen pleiten vele (beneden te vermelden) daadzaken er voor, dat gestadig roode ligchaampjes vergaan en nieuwe ontstaan. Andere feiten leeren, dat de nieuwe roode bloedligchaampjes uit kleurlooze voortkomen. Er bestaan tamelijk naauwkeurige waarnemingen over het ontstaan der laatsten; veel minder zekerheid heeft men aangaande de plaats waar en de wijze waarop de kleurlooze in roode overgaan, en het

minst aangaande de wijze waarop de laatstgenoemden te niet gaan.

1. De kleurlooze bloedligchaampjes, die identiek zijn met de lymphbolletjes, ontstaan na de geboorte hoogst waarschijnlijk alle zonder onderscheid in de watervaatsklieren en follikels (gelijk ook in sommige organen, die waarschijnlijk een gelijken bouw hebben: thymus- en schildklier) en in de milt. Die, welke in de eerstgenoemde organen ontstaan, worden met de lympha in het bloed uitgestort (bladz. 127—128), die der milt daarentegen (met uitzondering van de milt-follikels, welke tot het watervaatstelsel schijnen te behooren) worden regtstreeks met het bloed vermengd, nadat zij gedeeltelijk reeds in roode bloedligchaampjes veranderd zijn.

Over de watervaatsklieren en follikels is reeds boven (bladz. 127) gesproken. — De thymusklier, een embryonaal orgaan in de borstholte, dat na de geboorte langzaam afneemt en eerst laat geheel verdwijnt, schijnt volgens de nieuwste onderzoekingen uit alveoli te bestaan, die volkomen beantwoorden aan de alveoli der watervaatsklieren en aan de follikels; buitendien bevat zij produkten van weefselontaardingen (vetcellen, amyloïede ligchamen enz.). Op grond van haren bouw en van hare talrijke watervaten mag men aannemen, dat de thymusklier een orgaan is dat veel gelijkenis oplevert met eene watervaatsklier. — Ook in de schildklier beschouwen sommigen (JENDRASSIK) de holten, welke op alveoli van watervaatsklieren gelijken, als normale bestanddeelen, daarentegen de daarnevens aanwezige kysten, die met colloïede massas gevuld zijn, als ontaardingen.

Nog minder opgehelderd en nog veel raadselachtiger is de bouw der milt (voor bijzonderheden daaromtrent verwijzen wij naar de leerboeken over weefselkunde). Volgens de tegenwoordig vrij algemeen aangenomen meening moeten de MALPIGHI'sche blaasjes, welke zich aan de zijden der fijne slagadertakken bevinden, als ware follikels der watervaatsklieren beschouwd worden (GERLACH); doch de miltpulpa bestaat uit volkomen gelijke holten als de alveoli der watervaatsklieren, evenwel met dat onderscheid dat in deze de bloedvaten dezelfde rol spelen, als de watervaten in gene, met andere woorden: de capillairen der bloedvaten monden (even als ginds de uiteinden der watervaten, ofschoon deze als sinus gebouwd zijn) uit in de met lymphcellen gevulde alveoli, waaruit alsdan eerst de aderen ontspringen. De bestanddeelen des bloeds vermengen zich derhalve met de hier aanwezige lymphligchaampjes. Behalve dit mengsel (dat bij gevolg roode en kleurlooze cellen bevat) komen in deze holten talrijke overgangsvormen tusschen kleurlooze en roode bloedligchaampjes voor (zie beneden) en buitendien gekleurde cellen en kernen, welke men voor roode bloedligchaampjes houdt, die zich in eene teruggaande metamorphose bevinden, — de laatsten gedeeltelijk vrij, gedeeltelijk in celvormige omhulsels besloten (vergel. beneden). De miltpulpa reageert zuur, en bevat, behalve alle bestanddeelen des bloeds, velerlei oxydatieprodukten: piszuur, hypoxanthine, leucine, tyrosine, inosiet, vlugtige vetzuren (mieren-, azijn-, boterzuur), melkzuur; verder talrijke kleurstoffen, een ijzerhoudend albuminaat, en over 't algemeen in het oogloopend veel ijzerverbindingen. — Het aderbloed van de milt bevat buitengewoon veel kleurlooze cellen (1 op 70 roode, HIRT); zijne roode cellen onderscheiden zich van andere door kleinheid, eene geringere afplatting, een grooteren weêrstand tegen water en door gemis van het vermogen om de bekende rollen te vormen (bladz. 37, FUNKE), — eigenschappen, waaruit men wil afleiden dat die bloedligchaampjes hier nieuw ontstaan. Buitendien bevat het aderbloed, even als de miltpulpa, talrijke overgangsvormen.

De vorming der lymphcellen in al deze organen geschiedt hoogst waarschijnlijk door deeling van moedercellen. De nieuw-

gevormde elementen worden door den stroom der lympha die door de follikels gaat (in de milt door dien van het bloed) afgescheurd en medegevoerd.

Gelijk reeds bladz. 127 is aangetoond, wil men de bindweefselcellen als die moedercellen beschouwen, waarvan de anastomosen het fijne netwerk in de alveoli en follikels vormen. Daardoor zou men verscheidene andere feiten verklaren, namelijk 1. de pathologische vorming van lymphligchaampjes in zeer duidelijke bindweefselcellen bij de leukaemie, waarbij ook de normale vorming der lymphcellen in de watervaatsklieren en de milt ziekelijk verhoogd is (FRIEDREICH); 2. het voorkomen van lymphcellen in lympha, welke nog door geen watervaatsklieren of follikels is heengegaan. Wanneer men aanneemt hetgeen bladz. 122—123 is voorgesteld, dat de watervaten overal uit het net van bindweefselcellen ontspringen (VIRCHOW), dan zou dit voorkomen, hetwelk men overigens alleen door het aannemen van nog niet ontdekte follikels zou kunnen verklaren, geen bezwaar meer opleveren; 3. eindelijk worden door vermeerdering van bindweefselcellen de etterligchaampjes gevormd, die volkomen op de lymphligchaampjes gelijken (VIRCHOW, C. O. WEBER, RINDFLEISCH).

De verbazende nieuwvorming van kleurlooze bloedelementen schijnt over de verschillende vormingsorganen in dier voege verdeeld te zijn, dat het eene het andere kan vervangen en ondersteunen. Men leidt dit af uit de ervaring, dat de exstirpatie van sommige dier organen (milt, thymus, watervaatsklieren enz.) geen nadeelige gevolgen voor het ligchaam heeft, maar door eene daarvoor in de plaats tredende zwelling der overige gecompenseerd wordt. Worden er evenwel vele tegelijk uit het ligchaam weggenomen, dan verkeert het leven in gevaar.

De foetale vorming der bloedligchaampjes verschilt ten eenenmale van de buitenbaarmoederlijke. De eerste cellen van het bloed ontstaan tegelijk met de vaten, doordien de binnenste lagen der cellenreeksen, waaruit de laatsten bestaan, zonder eenige verdere verandering bloedligchaampjes worden en door deeling nieuwe vormen (REMAK, KÖLLIKER). Later, zoodra de lever gevormd is, zou de taak van het vormen der bloedligchaampjes op deze overgaan (E. H. WEBER, KÖLLIKER); de wijze, waarop dit geschiedt, is echter even onbekend als het feit zelf onbewezen is. Sommigen (LEHMANN, FUNKE) willen zelfs dat in de lever gedurende het geheele leven nieuwe bloedligchaampjes gevormd worden, en beroepen zich hoofdzakelijk op den rijkdom van het leveraderbloed aan kleurlooze en aan nieuw gevormde roode cellen (welke laatste aan die van het miltbloed gelijk zijn). Evenwel kunnen deze waarnemingen ook nog op eene andere wijze verklaard worden (zie beneden); buitendien heeft men in de lever nog geen organen gevonden die op follikels gelijken.

2. De overgang van kleurlooze bloedligchaampjes in roode heeft waarschijnlijk overal in het bloed plaats; regtstreeks is dit alleen aangetoond in de milt, waarvan het aderbloed talrijke overgangsvormen bevat (bladz. 130). De scheikundige verandering welke daarvan de oorzaak is, met name het ontstaan der kleurstof, is onbekend; men weet alleen, dat zij in de nieuw ontstane roode cellen inzonderheid gemakkelijk kan kristalliseren (FUNKE). Het ontstaan der roode kleurstof schijnt onder den invloed der zuurstof plaats te hebben, omdat men

ook somtijds lympha en lymphhoudende organen in de lucht rood ziet worden (VIRCHOW, FRIEDREICH). De werkelijke overgang bestaat, volgens de vrij algemeen aangenomen meening, in het verdwijnen der kern, waarop eene trapsgewijze afplatting der rood wordende cel volgt; tegelijker tijd schijnt het ligchaampje hoe langer zoo gemakkelijker voor de diffusiestroomen toegankelijk te worden, misschien wel doordien het celvliesje langzamerhand verdwijnt; de pas rood geworden jonge cellen, zooals zij in het milt- en leveraderbloed voorkomen (bladz.130), zwellen niet zoo ligt in water op en zijn nog niet zoo sterk afgeplat, als de gewone oudere cellen, die door water ligtelijk te niet gaan, en schijfvormig, derhalve ook grooter zijn.

Volgens VIRCHOW zou een gedeelte der kleurlooze cellen niet in roode veranderen, maar door vettige ontaarding te niet gaan.

3. Aangaande het te niet gaan der roode cellen is nog weinig bekend. Men heeft grond om te vermoeden, dat dit overal plaats heeft, waar kleurstoffen ontstaan, daar het waarschijnlijk, van vele bijna zeker is, dat deze alle uit vrijgewordene bloedkleurstof ontstaan (bladz. 26 en 95); derhalve hoofdzakelijk in de milt, lever, nieren enz.

Het waarschijnlijkst is, dat er een groot aantal roode bloedligchaampjes in de milt en lever te niet gaan. Daar het bloed, naar de boven uiteengezette voorstelling, als het ware door de kleurlooze cellen der alveoli moet heen filtreren, worden vermoedelijk alle cellen die met het slagaderbloed in de milt komen, in dit orgaan teruggehouden (tenzij een gedeelte van het bloed langs een anderen weg, b. v. door de follikels, de milt doorloopt). Hiervoor pleit tevens de aanwezigheid van de bladz. 130 beschrevene stoffen, voortvloeijende uit het te niet gaan van roode elementen, namelijk: de in eene teruggaande metamorphose zich bevindende zamengeschrompelde cellen, de pigmenten en ijzerhoudende verbindingen, misschien ook de oxydatieprodukten; buitendien nog het feit, dat in het miltaderbloed alleen kleurlooze en „jonge" roode bloedligchaampjes voorkomen — Dat ook de lever waarschijnlijk een orgaan is, waarin de roode bloedbolletjes te niet gaan, zou men kunnen afleiden: 1^0 uit het vermogen der galzure zouten om de roode ligchaampjes op te lossen; 2^0 uit de vorming van het galpigment (bladz. 95); 3^0 uit den buitengewoon langzamen bloedstroom in de lever (bladz. 93) en 4^0 uit het schaars of in het geheel niet voorkomen van „oude" roode bloedligchaampjes in het leveraderbloed. Dit bloed bevat, zooals reeds (bladz. 130) is medegedeeld, uitsluitend „jonge" roode en vele kleurlooze cellen, gelijk aan die van het miltaderbloed (LEHMANN); doch dit geeft ons volstrekt nog geen regt om eene nieuwvorming van bloedligchaampjes in de lever aan te nemen, omdat de nieuwe cellen der miltader door de poortader in de lever komen. Neemt men nu aan, dat de „oude" roode cellen, die door de overige bestanddeelen der poortader in de lever worden gebragt, daarin geheel of gedeeltelijk te niet gaan, dan moet natuurlijk het bloed der leverader meer nieuwe elementen bevatten dan dat der poortader. — Het schijnt derhalve dat inzonderheid dàt gedeelte der bloedmassa, hetwelk in de artt. coeliaca en mesentericae komt, zijne roode elementen verliest, en wel deels regtstreeks in de milt en lever (art. hepatica), deels, nadat het de maag en de darmen voorzien heeft, in de lever (poortader).

Veranderingen der scheikundige bestanddeelen.

Van de veranderingen die de scheikundige bestanddeelen des bloeds ondergaan weten wij nog veel minder dan van die der morphologische elementen. Men weet wèl in 't algemeen, zooals wij in de beide voorgaande hoofdstukken hebben uiteengezet, welke bestanddeelen het bloed opneemt en afgeeft, doch men kent, zelfs bij benadering, de hoeveelheid van deze omzetting evenmin als men weet, hoe het bloed over de verschillende communicatie-wegen verdeeld is. Verder weten wij zoo goed als niets aangaande de vraag, of binnen het bloed zelf zijne bestanddeelen scheikundige veranderingen ondergaan. Tegen dit bestaan van oxydatieprocessen in het bloed pleit het reeds bladz. 77—78 medegedeelde feit, dat in zuurstofhoudend bloed, doch dat vrij is van koolzuur, geen koolzuur gevormd wordt. Daarentegen neemt men gewoonlijk aan (de bestanddeelen der bloedligchaampjes daargelaten, waarvan de kleurstof volgens bladz. 131 eerst in het bloed ontstaat), dat de fibrinogene zelfstandigheid òf in het bloed òf ten minste in de lympha uit andere eiwitachtige ligchamen (albumine) ontstaat, doch ook dit feit gaat niet altijd door, omdat het ook mogelijk is dat de fibrinogene zelfstandigheid, even als b. v. de suiker uit de lever, uit een of ander orgaan, als zoodanig wordt opgenomen. Verder vindt men gewoonlijk opgegeven, dat zekere gemakkelijk oxydeerbare stoffen in het bloed zelf tot koolzuur en water verbrand worden; tot deze stoffen behooren b. v. de vetzuren, doch voornamelijk de suiker, die in eene groote hoeveelheid naar het bloed wordt toegevoerd, en voor de uitscheiding waarvan de urine alleen klaarblijkelijk niet voldoende is (bladz. 103). Doch ook voor deze wijze van verbranding bezitten wij niet één afdoend bewijs.

De verandering van de scheikundige bestanddeelen des bloeds door afscheiding en opslorping kan men op de volgende wijze kortelijk resumeren.

1. De gaswisseling van het bloed is reeds in het 3de hoofdstuk besproken.

2. De anorganische bestanddeelen worden gestadig in groote hoeveelheden uit den spijsverteringstoestel, uit parenchymsappen en secreta opgeslorpt en op dezelfde wijze aan parenchymsappen en secreta afgegeven, het water buitendien door de huid- en longademing regtstreeks aan de dampkringslucht teruggegeven. De constante waarde van hunne hoeveelheid in het bloed wordt door de volgende mechanismen verkregen: a. het water: vermindering van het watergehalte in het bloed moet in de eerste plaats de diffusieverhoudingen van het

bloed in dier voege wijzigen, dat door het meer geconcentreerde plasma minder water aan de parenchymateuse weefsels en secreta wordt afgegeven, daarentegen meer opgenomen. Verder gaat met elke vermindering van het water in het bloed tevens eene vermindering van het volume, derhalve eene vermindering van de bloeddrukking in de vaten hand aan hand, zoodat ook door filtratie minder water wordt afgegeven. Deze vermindering openbaart zich het meest door een geringer watergehalte (alsmede door de hoeveelheid) van de excreta: urine, zweet, in de parenchymateuse weefsels alleen door eene geringere vastheid. Ten slotte veroorzaakt het plaatselijke gemis aan water van sommige parenchymateuse weefsels zekere gewaarwordingen, welke het individu noodzaken meer water met het voedsel op te nemen. (Dorst, zie hoofdstuk VII). — Omgekeerd heeft, gelijk men van zelf begrijpt, een overmaat van water in het bloed eene vermeerderde uitscheiding door filtratie en diffusie ten gevolge, hetgeen wederom kenbaar is aan vermeerdering van de urine, van het zweet, het ophouden van den dorst enz. Over de verdeeling van de uitscheiding van het water naar buiten, zie Hoofdstuk VII. — b. Zouten. Ook de veranderingen in het zoutgehalte van het bloed moeten de diffusieverhoudingen, zooals ligt te begrijpen is, in dier voege wijzigen, dat men daaruit bij benadering eene constante waarde van het zoutgehalte in zijn geheel kan berekenen. Of er eene bepaalde verhouding bestaat tusschen de hoeveelheden der afzonderlijke zouten, dan wèl of het eene zout door het andere vervangen wordt, is ons ten eenenmale onbekend.

3. Organische bestanddeelen. Daar de krachten, waardoor organische zelfstandigheden in het bloed worden opgenomen en daaruit afgescheiden, nog volstrekt niet zeker bekend zijn (zie hoofdstuk IV en V), kunnen wij ons nog geen voorstelling vormen van het mechanisme, waaruit men, in overeenstemming met hetgeen boven daaromtrent over de anorganische stoffen is gezegd, bij benadering eene constante waarde voor de organische bestanddeelen zou kunnen afleiden. Wij weten alleen, dat zekere nog raadselachtige gewaarwordingen (honger, zie hoofdstuk VII) de impulsie geven tot eene gestadige opname van organische voedingsstoffen, en wel des te sterker, naarmate het verbruik grooter is geweest. Wat wij hier nog over de organische stofwisseling van het bloed laten volgen, is hoofdzakelijk eene recapitulatie. — a. vetten, enz.: De uitscheiding uit, en de regtstreeksche opname van neutrale vetten in het bloed zijn processen, die ons nog ten eenenmale onbegrijpelijk zijn, en die men vooralsnog alleen zou kunnen verklaren door eene voorafgaande ontleding, resp. verzeeping

aan te nemen. Intusschen hebben wij nog geen afdoend bewijs voor zulk eene verandering der vetten. Als bewijzen voor de regtstreeksche opname der vetten haalt men aan: het grooter vetgehalte van het poortaderbloed boven andere bloedsoorten (bladz. 95); voor de uitscheiding van vet: het regtstreeks ontstaan van de vetten der parenchymsappen en secreta uit die van het bloed, — eene meening, die van dag tot dag meer verdrongen wordt door andere voorstellingen over het ontstaan der vetten (bladz. 18). Hoe dit ook zij, de beteekenis van het geringe vetgehalte in het bloed is ons nog ten eenenmale onbekend. — b. stikstofhoudende ligchamen: De voornaamste plaats, waar de albuminaten opgenomen worden, zijn de wanden der darmen, vanwaar zij zoowel regtstreeks als middellijk schijnen te worden opgeslorpt; buitendien worden voortdurend overtollig uitgescheiden albuminaten uit de parenchymateuse weefsels, vermoedelijk middellijk (bladz. 127—128), weder opgeslorpt. Men neemt aan, dat de albuminaten in de eerste plaats na hunne opname in den vorm van het serumalbuminaat voorkomen. Waar nu andere bloedalbuminaten, met name de fibrinogene zelfstandigheid, daaruit ontstaan, en of dit over 't algemeen wel in het bloed plaats heeft (bladz. 133), moet nog onderzocht worden. Over de haematokrystalline is reeds bij de bloedligchaampjes gesproken. — De uitscheiding van eiwitachtige ligchamen heeft in alle parenchymateuse weefsels en vele klieren plaats. Men stelt zich de zaak nu verder op die wijze voor, dat hier de albuminaten door oxydatie in de eerste plaats in albuminoïede ligchamen overgaan en als zoodanig deels blijvende weefselbestanddeelen worden (lijm, chondrine, keratine, elastine), deels als specifieke bestanddeelen der secreta (mucine, fermenten) uitgescheiden worden. Verder schijnt hoofdzakelijk in zekere parenchymateuse weefsels (spieren, zenuwen, vetweefsel, lever) eene verdere oxydatie en splitsing plaats te hebben: de stikstofhoudende, gemakkelijk voor diffusie vatbare splitsingsprodukten worden deels in secreta uitgescheiden (glycine, taurine van de gal door de drekstoffen), deels in het bloed weder opgenomen (glycine gedeeltelijk als hippurzuur uit de lever, kreatine, kreatinine uit de spieren, enz.) en van daar ten slotte aan nieren (en zweetklieren?) afgegeven, waar zij eerst deels tot piszuur, doch grootendeels tot pisstof geoxydeerd (vergel. bladz. 101—102) en uitgescheiden worden. Van de niet-stikstofhoudende splitsingsprodukten is slechts weinig bekend; men vermoedt dat zij in het glycogeen en de suiker der lever en andere parenchymateuse weefsels (zie beneden), in de vetten van deze laatsten en van de secreta enz. voorkomen. — Koolhydraten. De druivensuiker van het bloed is deels afkomstig uit den spijsverteringstoestel (hetzij zij als zoodanig

wordt opgenomen, óf uit genuttigd zetmeel of andere suikersoorten gevormd is), deels uit parenchymateuse weefsels, en wel hoofdzakelijk uit de lever, de spieren en in den foetalen toestand uit den moederkoek (zie beneden). — De wegen, langs welke de druivensuiker uit het bloed wordt afgescheiden, zijn: a) in geringe hoeveelheden door de urine (bladz. 100); b) door zekere in holten bevatte transsudaten (bladz. 83), waar hare verdere lotgevallen onbekend zijn; c) door de melk, waar zij in melksuiker zou overgaan (? bladz. 109); d) volgens sommigen gedeeltelijk door regtstreeksche verbranding in het bloed zelf (? bladz. 133); als bewijs voor dit laatste haalt men aan, dat bij gestikte dieren het suikergehalte der urine vermeerderd is (JONES). Eene nadere beschouwing vereischt te dezer plaatse de

Suikervorming in parenchymateuse weefsels.

a. In de lever. Het bloed, dat (door de poortader en de leverslagader) buitengewoon arm aan suiker in de lever komt, gaat daaruit in de leveraderen met een suikergehalte van 0,1— 0,2% (BERNARD). Reeds daaruit volgt dat de suiker, die in het bloed der leveraderen voorkomt en in de lever gevormd wordt niet uit het zetmeel- of uit het suikergehalte van het voedsel afkomstig is. Inderdaad de suiker blijft zelfs nog bestaan, als het voedsel volstrekt geen suiker, zetmeel, of andere suikervormende zelfstandigheden bevat; — is het voedsel rijk daaraan, neemt bij gevolg ook het poortaderbloed veel suiker uit den darm op, dan wordt natuurlijk ook het suikergehalte van het bloed in de leveraderen grooter dan gewoonlijk. De in de lever gevormde suiker (die men in eene grootere hoeveelheid uit de leverzelfstandigheid zelve, dan uit het bloed der leveraderen kan bereiden) is regtstreeks afkomstig van een op zetmeel gelijkend bestanddeel der lever, het „glycogeen" (HENSEN, BERNARD). Alle invloeden, die zetmeel in suiker doen overgaan (derhalve verdunde zuren, diastase, ferment van het speeksel, van het pancreas), kunnen ook het glycogeen in dextrine en suiker omzetten. In de lever geschiedt dit door een afzonderlijk, nog niet bekend „leverferment."

Luidens de opgaven van SCHIFF en BERNARD komt het glycogeen in de kliercellen voor als bolvormige korreltjes, die door een eiwitachtig omhulsel omgeven zijn. Men kan het op verschillende wijzen uit de leverzelfstandigheid bereiden, en het vormt eene in water opzwellende, witte massa, die in de warmte, onder het aannemen van eene opaliserende kleur, oplost. Men houdt het ferment voor een eiwitachtig ligchaam (BERNARD, vergel. bladz. 24) voornamelijk omdat het (vermoedelijk door stolling) bij het verwarmen van de lever zijne werkzaamheid verliest. In eene lever, waaruit de suiker, door de bloedvaten met water uit te spuiten, spoorloos verwijderd is, vindt men na verloop van eenigen tijd, tenzij het ferment vooraf werkeloos is gemaakt, op nieuw suiker. Is het ferment werkeloos of ontbreekt het geheel (zooals bij kikvorschen die een winterslaap genieten, SCHIFF)

of is zijn voorraad, door eene buitengemeen groote omzetting van glycogene zelfstandigheden (dextrine, die in het bloed is ingespoten) in suiker, geheel uitgeput (SCHIFF), dan hoopt zich het glycogeen in een onveranderden toestand in de lever op. Evenwel kan het ook door andere fermenten, b. v. door speeksel, in suiker omgezet worden.

Dat het glycogeen, en derhalve middellijk de suiker uit het bloed afkomstig is, is aan geen twijfel onderhevig, doch uit welk bestanddeel daarvan is onzeker. Aangezien geen koolhydraten in het toegevoerde bloed voorkomen, bestaan er slechts twee mogelijkheden voor den oorsprong van glycogene zelfstandigheid, 1° uit vetten (en wel uit de glycerine) en 2° uit eiwitachtige ligchamen.

Wij hebben reeds bladz. 95 over de eerste mogelijkheid gesproken. De tweede zou men zich in dier voege kunnen voorstellen, dat albuminaten of albuminoïede ligchamen zich in de lever in glycogeen en in N houdende oxydatieprodukten (glycine en taurine van de gal) splitsen. De laatste is inzonderheid daarom waarschijnlijker en meer algemeen aangenomen dan de eerste, omdat bij eene uit vet en water bestaande voeding de suiker sterk afneemt, terwijl zij bij voeding met lijm bijna normaal blijft (BERNARD). — Misschien is er nog eene moederstof van het glycogeen, die echter insgelijks door dezelfde middelen in suiker kan worden omgezet, in de lever aanwezig, daar men door speeksel of zuren uit levers, die geen gewoon glycogeen bevatten, suiker verkrijgt (HENSEN).

Het suikergehalte van de lever hangt natuurlijk af: 1. van de hoeveelheid glycogeen; 2. van het fermentgehalte; 3. van het aanwezig zijn der voorwaarden voor de omzetting. Ten opzigte van de laatsten weten wij alleen, dat eene kunstmatige daling der temperatuur op 18—20° de suikervorming opheft, ondanks de aanwezigheid van glycogeen en ferment (warmt men de massa weder op, dan komt terstond suiker voor den dag). De vorming van glycogeen, en derhalve het suikergehalte, staat in eene zeer naauwe betrekking tot het voedsel (het vermeerderde suikergehalte door het gebruik van suiker en zetmeel daargelaten, bladz. 136). Bij een overvloedigen kost, inzonderheid bij vleeschvoeding, wijders gedurende de spijsvertering, is het suikergehalte het aanmerkelijkst, terwijl het door hongerlijden en ziekten geheel verdwijnt. Ook zou het suikergehalte aan gelijksoortige dagelijksche wisselingen blootgesteld zijn, die onafhankelijk zijn van de maaltijden, even als andere verschijnselen der voeding (bladz. 53). — Aangaande de afhankelijkheid van het fermentgehalte is niets bekend.

Het zenuwstelsel oefent op het suikergehalte van de lever een grooten doch raadselachtigen invloed uit, die voor een gedeelte nog niet genoegzaam geconstateerd is; welke van de drie bovengenoemde factoren onder dien invloed staat, is niet bekend. Doorsnijding van het ruggemerg beneden de zwelling aan den hals zou volgens de proefneming de vorming van suiker, doch niet die van glycogeen opheffen, terwijl de doorsnijding boven de zwelling aan den hals de vorming van beide verhin-

dert. — Doorsnijding van de vagi vermindert de suikervorming en heft haar op, doch alleen dan, wanneer dit boven de plaats geschiedt, waar de longtakken ontspringen (doorsnijding onder de borstkas oefent geen invloed uit). Door prikkeling van het centrale uiteinde van den vagus, door beleediging (prikkeling) van den oorsprong van den vagus in het verlengde merg (door middel van een scherp instrument — „suikersteek, diabetessteek, piqûre," BERNARD) wordt de suikervorming van de lever zoo aanmerkelijk vermeerderd, dat groote hoeveelheden suiker in de urine overgaan, zooals bij de ziekte, die men suikerpisvloed (diabetes) noemt. Op grond van deze waarnemingen wil men de suikervorming als het gevolg van eene prikkeling beschouwen, die, van de longen uitgaande (?), door de vagi naar het verlengde merg geleid wordt en van daar door reflexie langs wegen, die nog onbekend zijn *), naar de lever wordt overgebragt. Elke prikkeling op dezen weg, indien de prikkeling in de rigting der lever onafgebroken blijft bestaan, moet alsdan natuurlijk dezelfde of eene sterkere uitwerking hebben, doch eene eenvoudige stremming in de geleiding daarentegen de suikervorming opheffen; op deze wijze zou men de aangehaalde, ofschoon grootendeels twijfelachtige feiten kunnen verklaren. Het is nog volstrekt niet uitgemaakt, of de prikkeling de vorming van het glycogeen, dan wel de vorming of den aanvoer van het ferment (b. v. door vasomotorische uitzetting der poortadertakken, die het ferment zouden aanvoeren, SCHIFF) bevordert.

B. In de spieren. Nadat reeds vroeger nu en dan suiker in de spieren was aangetoond (POISEUILLE en LEFORT, SANSON), heeft men in den laatsten tijd ontdekt dat de suiker een standvastig bestanddeel van de rustende spieren (G. MEISSNER) is (2—3 pr. mille). De „vleeschsuiker," die men wèl van de spiersuiker (inosiet, bladz. 31) moet onderscheiden, is in alkohol eenigzins moeijelijker op te lossen dan de leversuiker, waarvan zij overigens wat hare eigenschappen betreft niet verschilt. Eene glycogene zelfstandigheid is in de spier alleen bij het embryon (ROUGET) gevonden. Volgens RANKE zou de suiker eerst bij de werkzaamheid van de spier ontstaan (vergel. hoofdstuk X). Hoogstwaarschijnlijk is ook de vleeschsuiker een splitsingsprodukt van stikstofhoudende zelfstandigheden. Haar voorkomen is evenmin afhankelijk van het gebruik van koolhydraten als dit voor de leversuiker het geval is.

C. In embryonale weefsels. Bij sommige dieren (knaagdieren, konijn, marmot) komt glycogeen voor met alle eigenschappen van het leverglycogeen (BERNARD) in zekere cel-

*) Die wegen zijn bij den kikvorsch, volgens SCHIFF, de voorste strengen van het ruggemergl, de 4de en 5de ruggemergszenuw, de daaraan beantwoordende rami communicantes van den sympathicus, de grensstreng, het ganglion aan de art. coeliaca.

massas, die tusschen de placenta uterina en pl. foetalis zijn gelegen, bij andere (herkaauwende dieren) in cellen op de binnenvlakte van het amnion, die veel op epitheliumcellen gelijken. Deze celmassas („levermassas") zouden vóór het begin der suikervorming in de lever de plaats van deze vervangen. Nadere onderzoekingen daaromtrent zijn nog niet gedaan.

Constante waarde van de hoeveelheid bloed.

Deze waarde hangt natuurlijk af van de constante hoeveelheid van de bestanddeelen des bloeds. Daar evenwel het water verreweg de hoofdmassa van het bloed uitmaakt (80%), en in volume bijna gelijk staat met dat van het bloed, zoo komt voor de constante waarde van de hoeveelheid bloed vooral de hoeveelheid water in aanmerking, waarvan het mechanisme reeds op bladz. 134 is opgegeven. Inderdaad wordt na een belangrijk bloedverlies zeer spoedig het volume des bloeds weder hersteld, doordien onder de verminderde bloeddrukking minder water aan de parenchymateuse weefsels en secreta wordt afgegeven en meer water wordt opgeslorpt, en wijders een hevige dorst het gebruik van eene grootere hoeveelheid vloeistoffen noodzakelijk maakt.

ZEVENDE HOOFDSTUK.

Stofwisseling van het organisme in zijn geheel.

I. Het opnemen van stoffen.

Zooals wij reeds meer dan eens hebben aangemerkt, neemt het organisme regelmatig van buiten op: 1. stoffen, die dienen moeten om het verlies te vergoeden van de ligchaamsbestanddeelen, die deels na hunne oxydatie in den vorm van „oxydatieprodukten," deels in een niet geoxydeerden, onveranderden toestand uitgescheiden zijn, — voedsel; 2. zuurstof, om de oxydeerbare bestanddeelen des ligchaams te oxyderen. De opname van de laatsten wordt in het derde hoofdstuk besproken. Daarentegen vereischt het voedsel hier eene nadere beschouwing.

Het voedsel.

De elementen van het voedsel moeten in het algemeen dezelfde zijn als die van het ligchaam (bladz. 13), indien zij het verlies van de laatsten vergoeden zullen. Evenwel is de toevoer van deze elementen in den geïsoleerden toestand niet voldoende voor de voeding, omdat zij deels niet geschikt zijn om in het bloed te worden opgenomen, deels omdat zij, ofschoon opgenomen, in het organisme niet in scheikundige verbindingen kunnen overgaan, die geschikt zijn voor de stoffen welke zij zullen vervangen. Daarom kunnen in het algemeen slechts scheikundige verbindingen als voedingsstoffen gebruikt worden; en wel alleen dezulke, die aan de volgende voorwaarden voldoen: 1. De verbinding moet regtstreeks of na de voorbereiding door de spijsverteringsprocessen geschikt („verteerbaar") zijn om in het bloed of de chyl opgenomen te worden; 2. zij moet òf oxydeerbaar en toegankelijk zijn voor de oxyderende invloeden van het organisme, òf dienen kunnen

om een niet-oxydeerbaar ligchaamsbestanddeel te vervangen. Aan de eerste voorwaarden zullen het zekerst die verbindingen voldoen, welke overeenkomen met de gewone organische bestanddeelen van het bloed of van de weefsels; 3. zij mag evenmin als een van hare oxydatietrappen eigenschappen bezitten, welke aan het bestaan of de werkzaamheid van het een of ander ligchaamsorgaan te kort doen (dergelijke stoffen worden „vergiffen" genoemd).

Gewoonlijk wordt de sub 2 genoemde voorwaarde in dier voege opgevat, dat alleen die stoffen voedingsstoffen kunnen zijn, die met bestanddeelen des ligchaams overeenstemmen. Intusschen wordt de bovenstaande opvatting daardoor geregtvaardigd, dat ook andere organische stoffen, die overigens geen deel uitmaken van het ligchaam, dikwijls opgenomen en verbrand, derhalve tot de verrigtingen van het organisme verbruikt worden, en dat het volstrekt niet onwaarschijnlijk is, dat zoowel organische als anorganische ligchaamsbestanddeelen door andere, niet gewone, kunnen vervangen worden (vergel. bladz. 34).

Er is bijna geen voedingsstof die op zich zelf gebruikt wordt, maar bijna alle worden in zekere natuurlijke mengsels genuttigd, die men voedingsmiddelen noemt. Het zijn meerendeels plantaardige of dierlijke weefsels, of deelen daarvan. Ook deze worden gewoonlijk nog kunstmatig met elkander vermengd en, deels om gemakkelijker verteerd te worden, deels om hun smaak te verhoogen, op velerlei wijzen toebereid. Zulke toebereide mengsels van voedingsmiddelen noemt men spijzen.

Bij het vermengen van voedingsmiddelen tot spijzen komt het voornamelijk aan op het bijvoegen van eene zoogen. „specerij," d. i. eene stof, die door zekere prikkelende eigenschappen inzonderheid geschikt is om de afscheiding der digestiesappen (speeksel, maagsap, enz.) door reflexie op te wekken. De meest gewone specerij is het keukenzout. Het doel van de toebereidingen der spijzen (koken, braden, bakken enz.) is inzonderheid, de spijsvertering behulpzaam te zijn door sommige van hare verrigtingen op zich te nemen, b. v. door het oplosbare op te lossen, het onoplosbare oplosbaar te maken, wat vast is in een lossen toestand te brengen, onverteerbare omhulsels te doen barsten.

Zooals uit het hierboven medegedeelde volgt, worden de voedingsstoffen in twee natuurlijke groepen verdeeld, die beide noodzakelijk in het voedsel moeten vertegenwoordigd zijn. De eerste, die dient om het verlies van niet oxydeerbare ligchaamsbestanddeelen aan te vullen, is het anorganisch voedsel en bestaat hoofdzakelijk uit water en zouten; de tweede, bestemd om de oxydeerbare bestanddeelen des ligchaams te vervangen, die derhalve oxydeerbaar moet zijn, is het organisch voedsel. Dit is even als alle organische stoffen (de weinige daargelaten, die kunstmatig uit anorganische kunnen bereid worden) onmiddellijk of middellijk van de plant afkomstig; want ook de organische bestanddeelen van het dierlijk ligchaam (waaruit „het dierlijk voedsel" is zamengesteld) kunnen uit plantaardige zelf-

standigheden afgeleid worden, omdat ook het vleeschetende dier zich regtstreeks of toch bij slot van rekening met plantenetende dieren voedt.

De velerlei organische verbindingen van C, H, N, O, S, enz., die in de plant gevormd worden (bladz. 4—5), zijn slechts voor een zeer klein gedeelte wezenlijke voedingsstoffen, omdat vele daarvan niet voldoen aan de hier boven gestelde voorwaarden. De dierlijke stoffen, welke daaronder van de voedingsstoffen afkomstig zijn, moeten, zooals men gemakkelijk kan begrijpen, grootendeels weder tot voedingsstoffen kunnen dienen; intusschen is de beteekenis van deze voedingsstoffen des te geringer, naarmate de oxydatietrappen, die zij voorstellen, hooger zijn. Immers de waarde van eene voedingsstof regelt zich voornamelijk naar de som der spankracht, die zij voorstelt (bladz. 2 en 3), met andere woorden: naar de hoeveelheid levende kracht of arbeid, die uit hare verbranding ontstaat. (Over regtstreeksche maatsbepalingen in dit opzigt zie het 8ste hoofdstuk). Doch naarmate de oxydatieprodukten hooger zijn, vermogen zij nog des te minder zuurstof te binden, en des te minder beteekenis hebben zij derhalve voor de verrigtingen van het organisme. Daarom is pisstof geen, kreatine wèl eene voedingsstof, doch van zeer weinig beteekenis, daarentegen zijn eiwit en suiker voedingsstoffen van het hoogste belang.

Uit hetgeen wij tot dus ver gezegd hebben begrijpt men ligtelijk, dat de beste organische voedingsstoffen diegene zullen zijn, die met de het minst geoxydeerde ligchaamsbestanddeelen overeenkomen, derhalve de grondstoffen der drie oxydatiereeksen, welke in het eerste hoofdstuk zijn opgegeven, of zelfstandigheden, waaruit zij gevormd kunnen worden, om het even of zij uit het plantaardige dan wel reeds uit het dierlijke ligchaam afkomstig zijn. Deze stoffen zijn: 1. eiwitachtige ligchamen; 2. koolhydraten; 3. vetten. De eerste schijnen in het dier uit geen andere organische ligchamen te kunnen ontstaan, zoodat zij altijd zelve in het voedsel moeten vertegenwoordigd zijn. Daarentegen is het ten opzigte van de koolhydraten en vetten deels aangetoond, deels waarschijnlijk, dat zij zoowel uit elkander, als ook beide uit eiwitachtige ligchamen kunnen ontstaan (bladz. 32, 29—30, 18). Het is derhalve mogelijk dat de eiwitachtige ligchamen alléén als organisch voedsel voldoende zijn. Dit komt met de ervaring overeen, waaruit blijkt dat (het anorganische voedsel: water en zouten daargelaten) de eiwitachtige ligchamen, de noodzakelijkste koolhydraten en vetten zeer belangrijke voedingsstoffen zijn, waarvan de twee laatste elkander vervangen en tevens door eiwitachtige ligchamen kunnen vervangen worden. Op deze voornaamste voedingsstoffen volgen alsdan, wat hunne voedings-

waarde betreft, de naaste oxydatieprodukten, derhalve in de eerste plaats de albuminoïede ligchamen (d. i. lijm en chondrine, want de overige zijn onverteerbaar). Nog hoogere oxydatietrappen, zooals kreatine, enz., vetzuren, melkzuur kunnen naauwelijks nog als voedingsstoffen beschouwd worden.

Eenige der voornaamste voedingsmiddelen van den mensch zijn: 1. drinkwater, bestaande uit water en gewoonlijk verscheidene (inzonderheid kalk-) zouten; 2. keukenzout, dat bij de spijzen wordt gevoegd, dient tevens tot voornaamste specerij (bladz. 141); 3. melk (vergel. bladz. 108) bestaande uit eiwitachtige ligchamen (caseïne, albumine), vetten, melksuiker, water en zouten; 4. spieren (vleesch), bestaande uit organische voedingsstoffen, eiwitachtige ligchamen (stolbare spierzelfstandigheid, syntonine, eiwit), lijm, (bindweefsel), vet (vergel. hoofdstuk X), 5. eijeren, zamengesteld uit eiwitachtige ligchamen (albumine, vitelline), vetten, melksuiker, enz.; 6. graanvruchten, bevattende eiwitachtige ligchamen (kleefstof), zetmeel, dextrine, suiker, vetten, enz.); 7. peulvruchten (erwten, boonen, linzen, enz.), bevattende eiwitachtige stoffen (kleefstof, legumine), zetmeel, dextrine, suiker, vetten enz.; 8. aardappelen, bestaande uit zetmeel, enz., weinig proteïnestoffen; 9. boomvruchten, fruit, bevattende suiker, dextrine, plantenzuren, weinig eiwitachtige ligchamen, plantengelei, enz., 10. groenten (bladeren, wortels en andere plantendeelen), bevattende weinig proteïnestoffen, suiker, dextrine, zetmeel enz. Men kan de voedingswaarde van elk afzonderlijk uit de quantitatieve zamenstelling berekenen, waarover wij echter hier niet nader kunnen spreken. Evenmin kunnen wij hier spreken over de toebereiding en de daardoor veroorzaakte scheikundige veranderingen der voedingsmiddelen.

Over eene proeve van physiologische indeeling der voedingsstoffen zie hoofdstuk VIII.

Het opnemen van voedsel.

Het opnemen van voedsel geschiedt bij willekeurige tusschenpoozen, die evenwel gewoonlijk zoo klein zijn, dat spijsvertering en opslorping, althans over dag, bijna onafgebroken plaats hebben. Tot het opnemen van voedsel wordt aanleiding gegeven door zekere, nog niet genoegzaam verklaarde gewaarwordingen, honger en dorst, die het organisme als het ware waarschuwen, wanneer het tijd is voedsel op te nemen. De organen van deze gewaarwordingen zijn zekere deelen van den spijsverteringstoestel. Doch eene regtstreeksche plaatselijke gewaarwording van deze behoefte om voedsel op te nemen is, naar het schijnt alleen bij den dorst, een gevoel van droogte en branding in den strot, veroorzaakt door gebrek aan water in het slijmvlies van het gehemelte en de keel. Dit gebrek aan water is gewoonlijk een nevenverschijnsel van een algemeen gebrek daaraan in het organisme, maar kan ook plaatselijk ontstaan door uitdrooging (het doorstrijken van drooge lucht) of andere wijzen van wateronttrekking (gebruik van hygroskopische zouten). Dit gevoel verdwijnt gewoonlijk door eene plaatselijke bevochtiging der genoemde deelen, hetgeen meestal door drinken geschiedt, zoodat te gelijker tijd het geheele

organisme water ontvangt; — doch ook toevoer van water langs andere wegen, (b. v. door inspuiting van water in de aderen) lescht den dorst, hetgeen overeenkomt met de wijze waarop hij door een algemeen gebrek aan water ontstaat. — De honger daarentegen, eene drukkende, knagende gewaarwording van de maag en in hoogere graden ook van de darmen, kan niet beschouwd worden als de uitdrukking van een plaatselijk gebrek aan substantie, b. v. van de maag- en darmvliezen, als nevenverschijnsel van eene algemeene behoefte aan voedsel; maar hij is, naar het schijnt, eene gewaarwording van leegheid in den spijsverteringstoestel, waarvan wij evenwel nog volstrekt niet weten hoe zij tot stand komt; zooveel althans is zeker dat die leegheid door aanvulling, zelfs met onverteerbare zaken, weggenomen wordt. Later doet zich echter in dit geval eene volkomen raadselachtige gewaarwording van eene algemeene behoefte aan voedsel voor, die van den gewonen honger verschilt. Is de leegheid van den spijsverteringstoestel werkelijk de oorzaak van den honger, dan moet men hieruit besluiten, dat het voor de instandhouding des ligchaams noodig is, dat in den wakenden toestand de spijsvertering en opslorping bijna onafgebroken plaats hebben.

De zenuwen, die het gevoel van dorst te weeg brengen, zijn waarschijnlijk die van het gehemelte en de keel (trigeminus, vagus, glossopharyngeus) of ééne daarvan. Die voor den honger zijn nog ten eenenmale onbekend. Doorsnijding der vagi, der splanchnici heft de vraatzucht bij dieren niet op.

II. De uitscheidingen.

De stoffen, welke door het organisme naar buiten worden uitgescheiden, zijn die, welke daarin niet meer van dienst kunnen zijn, derhalve: 1. Stoffen, die volstrekt geen deel kunnen nemen aan de stofwisseling, namelijk: het onverteerbare gedeelte van het voedsel; 2. de eindprodukten der oxydatieprocessen in het ligchaam (die òf in 't geheel òf althans in het ligchaam niet verder geoxydeerd kunnen worden), met name koolzuur, water, pisstof, piszuur, stikstof, hoornzelfstandigheid; 3. zekere afscheidingsprodukten, die op in- of uitwendige oppervlakten des ligchaams zijn gebragt geworden, om aldaar van dienst te zijn, en die vervolgens, om de eene of andere eigenschap, niet weder opgeslorpt kunnen worden, b. v. onoplosbare galbestanddeelen, slijm van de digestiesappen, vet van het huidsmeer, enz. — Eindelijk wordt 4. een gedeelte der niet oxydeerbare ligchaamsbestanddeelen, water en zouten, door zekere natuurkundige oorzaken gestadig uitgescheiden, waarbij zij meestal tot oplossingsmiddel dienen voor andere excrementitiële stoffen.

Men noemt de gasvormige, vloeibare of vaste uitscheidingen, waarin deze stoffen uit het ligchaam verwijderd worden, excreta. De voornaamste daarvan zijn: 1. de respiratorische uitscheiding door de longen, de huid en den darm (koolzuur, stikstof, water); 2. de urine (water, zouten, pisstof, piszuur enz.); 3. de vloeibare afscheidingen van de huid: zweet (water, zouten, pisstof, vetzuren, enz.), huidsmeer (vetten, water, zouten, eiwit); 4. de drekstoffen (onverteerbare deelen van het voedsel en van de afscheidingen van den spijsverteringstoestel); 5. de afstooting van het hoornweefsel (verlies van opperhuid, haren en nagels).

Behalve deze voortdurende uitscheidingen, die meestal echte excrementitiële stoffen bevatten, geeft het organisme van tijd tot tijd zekere bestanddeelen af, die in de oxydatiereeks zoo laag staan, dat zij nog zeer goed in andere organismen van nut kunnen zijn, tot welker opbouw en voeding zij inderdaad dienen. Wij bedoelen: 1. de melk, 2. de eijeren, 3. het zaad, excreta die rijk zijn aan eiwitachtige stoffen, koolhydraten en vetten. — Ook kan men 4. het stondenbloed (4de afdeeling) daartoe brengen.

Van de genoemde excreta zijn de meeste regtstreeksche afscheidingen uit het bloed, en als zoodanig reeds vroeger beschreven, namelijk de uitscheidingen door de ademhaling (hoofdstuk III), de pis, het zweet, huidsmeer en de melk (hoofdstuk IV). Over de drekstoffen, het mengsel dat in het darmkanaal als afval bij het spijsverteringsproces ontstaat, is in het 5de hoofdstuk bij de spijsvertering gesproken. De overige excreta, de afstooting van hoornweefsel, de ei- en zaadexcreties zijn eigenlijk uitscheidingen van cellen of deelen van cellen. Over de beide laatsten zal in de 4de afdeeling gesproken worden. De afstooting van hoornweefsel komt op het volgende neêr: Die in- en uitwendige oppervlakten, welke met lagen van plaatepithelium bedekt zijn, derhalve de uitwendige huid, het slijmvlies van den mond en de keel, een gedeelte van de pis- en geslachtswerktuigen en het bindvlies, verliezen gestadig door afstooting hare bovenste cellenlagen, nadat deze een eigenaardig proces van zamenschrompeling, de zoogen. „verhoorning" hebben doorloopen. De verhoorning is niets anders dan eene verdrooging der cellen, die hoofdzakelijk uit keratine (bladz. 23) bestaan. — De verhoornde cellen der uitwendige huid, namelijk de bovenste lagen van de opperhuid, de daarmede overeenkomende van de nagels, en de dekschubben der haren worden eenvoudig door afslijting afgewreven („in schilfers afgestooten"); die van de slijmvliezen vermengen zich met de secreta waardoor zij omspoeld worden (speeksel, slijm, urine,

tranen), en worden op de daaruit ontstaande wegen, derhalve door drekstoffen en urine, uit het ligchaam uitgescheiden. — De afstooting van hoornweefsel verwijdert aanmerkelijke hoeveelheden stikstof en zwavel uit het organisme en kan als een oxydatieprodukt van de reeks der eiwitachtige ligchamen beschouwd worden.

III. Quantitatieve verhoudingen tusschen ontvangsten, uitgaven en zamenstelling.

In het begin van dit hoofdstuk hebben wij als doel van de voeding opgegeven: het vergoeden van de verliezen, die door de uitscheidingen van anorganische en geoxydeerde organische bestanddeelen des ligchaams veroorzaakt zijn. De eenvoudigste verhouding van de voeding tot het ligchaam zou derhalve deze zijn, dat zij juist voldoende is, om de uitgaven van het ligchaam te vergoeden, derhalve het ligchaamsgewigt staande te houden. In dit geval moet natuurlijk niet alleen het gezamentlijke gewigt der ontvangsten met het gezamentlijke gewigt der uitgaven, maar moeten ook, — zal de scheikundige zamenstelling des ligchaams niet veranderen, — de sommen der afzonderlijke scheikundige elementen van de ontvangst met die der uitgave overeenstemmen. Verder moet de hoeveelheid der ontvangst en van hare afzonderlijke elementen zich ook gestadig regelen naar alle afwisselingen van de uitgave, zooals zij met name door den wisselenden omvang van het oxydatieproces van het organisme (door het verschil in de energie zijner verrigtingen) veroorzaakt worden (zie hierover het volg. hoofdstuk).

Doch de ontvangsten hebben grootendeels willekeurig plaats en zonder dat hare hoeveelheid door eene naauwkeurige kennis der behoeften van het organisme geregeld wordt. Want de gewaarwordingen, die aangaande deze behoeften uitsluitsel zouden kunnen geven, — honger en dorst, — zetten slechts in het algemeen aan tot het opnemen van voedsel, maar niet tot het opnemen van bepaalde hoeveelheden, en gewoonlijk geschiedt het opnemen van voedsel zonder dat zij er eenige aanleiding toe geven. Daarom is het opnemen van overtollig, of ook ontoereikend voedsel iets zeer gewoons. In het eerste geval kan men zich de volgende mogelijkheden denken: 1. de uitgaven blijven dezelfde, het ligchaamsgewigt neemt toe; in dit geval worden bij de reeds aanwezige spankrachten van het organisme nieuwe gevoegd en verzameld; 2. het overtollig opgenomen voedsel wordt niet verteerd, maar onveranderd met de drekstoffen weder uitgescheiden; — dit gebeurt alleen bij eene

zeer groote overmaat van voedsel; het maximum der opslorping wordt, wat de voedingsstoffen betreft die gemakkelijk opgeslorpt kunnen worden, het gemakkelijkst bij de zouten *), minder gemakkelijk bij de vetten, het moeijelijkst bij het water bereikt; 3. de overtollig opgenomen en opgeslorpte voedingsstoffen worden zonder eenige verandering terstond weder uitgescheiden; dit geldt alleen voor water en zouten, die zoo lang terstond weder uitgescheiden worden, tot dat het ligchaam er genoeg van bezit (bladz. 133); niet geoxydeerde organische stoffen komen echter onder normale omstandigheden in geen excretum voor, met uitzondering van de melk, de eijeren en het zaad (bladz. 145); 4. op de overtollige opname volgt eene vermeerdering der omruiling, der oxydatieprocessen en verrigtingen, zoodat de uitscheidingen vermeerderen en het ligchaamsgewigt onveranderd blijft; 5. het is mogelijk, dat ook zonder eene belangrijk vermeerderde oxydatie het ligchaamsgewigt door vermeerdering der uitscheidingen ten naastebij gelijk blijft; door splitsing namelijk van het overtollig opgenomen voedsel zouden zich splitsingsprodukten kunnen vormen, waarvan sommige veel, andere weinig spankracht bezitten, en waarvan de eerste in het ligchaam nablijven, de laatste uitgescheiden worden. Op deze wijze worden de spankrachten van het opgenomen voedsel als het ware tot eene kleinere maat geconcentreerd, zoodat wèl de spankrachten van het organisme toenemen, doch zijn gewigt nagenoeg hetzelfde blijft.

Bij het opnemen van ontoereikend voedsel kan 1., als de verrigtingen en uitscheidingen gelijk blijven, het ligchaamsgewigt afnemen, of 2., als de uitscheidingen verminderen, het ligchaamsgewigt gelijk blijven. Aangezien nu de tweede mogelijkheid altijd in zooverre beperkt is, dat eene zekere som van verrigtingen, derhalve van verbruik en uitscheidingen tot het in stand houden des ligchaams onvermijdelijk noodig is, moet bij een aanhoudend ontoereikend voedsel altijd vroeger of later zich een punt voordoen, van waar het ligchaamsgewigt gestadig afneemt, tot dat het leven niet langer mogelijk wordt.

Het is de taak van de physiologie der voeding, de hier uiteengezette resultaten en mogelijkheden, die van zelf voor de hand liggen, door proefneming te bewijzen. Door langdurige proefnemingen op menschen en dieren, waarbij de voorwaarden eener voldoende, overtollige of gebrekkige voeding kunstmatig aangetoond worden, en de hoeveelheid zoowel der ontvangsten als der uitgaven in haar geheel en in hare elementen bepaald wordt, tracht zij na te gaan: 1. welke elementen des ligchaams onder

*) De opslorping, die zoo gemakkelijk plaats heeft bij de ligt oplosbare zouten, wordt bij grootere hoeveelheden daardoor beperkt, dat zij door haar vermogen om water aan te trekken den darminhoud vloeibaar maken en daarom spoedig, nog vóór de opslorping, verwijderd worden (doorloop).

normale omstandigheden, zonder verhooging van het verbruik door bijzondere verrigtingen (zie hierover het volgende hoofdstuk), uitgescheiden moeten worden; hieruit volgen: de hoeveelheid die vereischt wordt, om het noodwendige verlies te vergoeden, en de zamenstelling van het voedsel; — 2. hoe de stofwisseling verandert, in geval die hoeveelheid niet toereikend is, en 3. in geval het voedsel overtollig is.

1. Noodzakelijke uitscheidingen van het organisme en vergoeding daarvan door de voeding.

Tot de beantwoording der vraag, welke uitscheidingen noodzakelijk, welke hoeveelheden voedsel dientengevolge noodig zijn om het verlies te vergoeden, staan twee wegen open, waarvan echter niet één volkomen aan het doel beantwoordt. De eerste bestaat daarin, dat men een mensch of dier de kleinste hoeveelheid voedsel geeft, die juist nog voldoende is, om het ligchaamsgewigt staande te houden en dat men de in dezen toestand plaats gehad hebbende uitscheidingen analyseert, waarvan de elementen alsdan, wat de hoeveelheid betreft, met die van het voedsel moeten overeenstemmen. De tweede bestaat daarin, dat men aan een dier alle voedsel onthoudt; men is alsdan zeker, dat er geen nuttelooze uitscheidingen plaats hebben, en kan uit de analyse der uitscheidingen, welke tijdens het hongerlijden hebben plaats gehad, de noodzakelijke voedingselementen afleiden.

De eerste methode heeft hoofdzakelijk de volgende gebreken: 1. de omstandigheid, dat men gedurig blindelings proefnemingen moet doen (tâtonnement), waaruit moeijelijk een naauwkeurig resultaat volgt; 2. de moeijelijkheid om elk niet wezenlijk verbruik (door beweging enz.) uit te sluiten; 3. de onzekerheid, of de hoeveelheid voedsel, welke juist voldoende is om het ligchaamsgewigt in stand te houden, niet bij eene andere, meer doelmatige zamenstelling van het voedsel nog geringer zou bevonden worden, met andere woorden, of in de uitscheidingen niet nog zoodanige voorkomen, welke door eene overtollige opname veroorzaakt zijn; 4. de moeijelijkheid om de drekstoffen te berekenen; de drekstoffen bevatten (hoofdstuk V) niet alleen ware uitscheidingen van de stofwisselingen (deelen van de darmsecreta), maar ook, en wel hoofdzakelijk, de onverteerbare bestanddeelen van het voedsel, derhalve stoffen die in het geheel niet medegerekend kunnen worden onder de uitscheidingen van het ligchaam die vergoed moeten worden, maar geheel van de gesteldheid van het voedsel, derhalve van het toeval afhangen. Zoo beslaan de drekstoffen der planten etende dieren bijna de helft der gezamentlijke uitscheidingen (paard: 40—50%, VALENTIN, BOUSSINGAULT; koe: 34,4% BOUSSINGUALT) omdat het plantaardig voedsel zooveel onverteerbare bestanddeelen bevat; daarentegen zijn die der vleeschetende dieren zeer gering (kat: 1%, BIDDER en SCHMIDT); die der omnivoren staan in het midden (mensch: 4—6,8%, VALENTIN, BARRAL, HILDESHEIM; zwijn: 19,9%, BOUSSINGAULT) en wisselen af naar gelang der verschillende soorten van voedsel. Men moet nu, om dezen hoogst wisselvalligen en niets afdoenden factor uit de berekening der uitgaven te elimineren, òf de drekstoffen geheel buiten aanmerking laten, waarbij men echter de fout begaat, dat men de daarmede vermengde, wel is waar onbeduidende, doch wezenlijke uitscheidingen over het hoofd ziet, — òf men zou voedingsmiddelen moeten kiezen, die in het geheel geen onverteerbare bestanddeelen bevatten, — eene

proef, die men nog niet genomen heeft. — De tweede (honger-)methode heeft het nog veel grootere gebrek, dat bij het hongerende dier de verrigtingen spoedig hare normale energie verliezen, zoodat verbruik en uitscheidingen geringer worden, dan zij zouden zijn bij eene juist voldoende voeding.

Onder de resultaten, die men naar deze methoden verkregen heeft, zijn die aangaande de betrekkelijke hoeveelheden der excreta de zekerste en ook de belangrijkste, omdat zij ons tevens leeren, langs welken weg de verschillende elementen van het ligchaam uitgescheiden worden.

1. De som der uitscheidingen komt, na aftrek van de hoogst wisselvallige hoeveelheid drekstoffen (zie boven), nagenoeg voor de helft op de urine en voor de andere helft op het zweet en de respiratorische uitscheiding. Daarbij heeft men uit het oog verloren: de in de drekstoffen aanwezige echte uitscheidingen (bestanddeelen van de gal, enz.), de afscheiding van huidsmeer en afstooting van hoornweefsel, die nog niet bepaald zijn. Bij de vleeschetende dieren is de uitscheiding van urine gewoonlijk een weinig grooter, dan de overige te zamen genomen; bij de plantenetende bedraagt zij daarentegen slechts $\frac{1}{6}$ tot $\frac{1}{3}$ der overige uitscheidingen. De oorzaak daarvan is inzonderheid gelegen in de grootere hoeveelheden drekstoffen.

2. De elementen, die de anorganische bestanddeelen van het ligchaam (water en zouten) zamenstellen en die in dezelfde verbindingen zoowel uitgescheiden als vervangen worden, zijn op de volgende wijze verdeeld:

a. Het water. Wanneer wij de altijd onbeduidende uitscheiding van water door de drekstoffen buiten rekening laten, hangt zijne verdeeling over de overige uitscheidingen hoofdzakelijk af van de temperatuur en het watergehalte der dampkringslucht. De uitscheiding van water door de longen is ten naastebij standvastig, omdat hier eene altijd even groote en even vochtige oppervlakte, door tusschenkomst eener altijd in beweging zijnde luchtlaag, met de dampkringslucht in aanraking is. De afscheiding van water door de huidademing kan niet gescheiden worden van die door het zweet; men kan derhalve beide zamenvatten en zeggen, dat zich de uitscheiding van water hoofdzakelijk over de longen, de huid en nieren verdeelt. Om ligt te begrijpen redenen heeft nu van de beide laatstgenoemden bij eene drooge, warme lucht de eerste, bij eene vochtige en koude lucht de laatste de overhand. (Wij hebben reeds bladz. 134 opgegeven, dat de geheele hoeveelheid van het uitgescheiden water regtstreeks afhangt van de hoeveelheid die opgenomen is; zie verder beneden bij de overtollige voeding). — Bij vleeschetende dieren wordt bijna al het water (tot 90%) door de urine, bij plantenetende dieren groote hoeveelheden (tot 60%) met de drekstoffen uitgescheiden.

b. De zouten worden hoofdzakelijk door de urine, sommige, inzonderheid keukenzout, door het zweet, de onverteerbare door de drekstoffen uitgescheiden (op dezelfde wijze is het met de zouten gelegen, die overtollig zijn gebruikt, bladz. 147 aanm.).

3. De elementen van de (geoxydeerde) organische verbindingen des ligchaams, worden grootendeels in anorganische oxydatieprodukten, voor een klein gedeelte daarenboven in organische oxydatie- of splitsingsprodukten uitgescheiden, en wèl:

a. De koolstof voor verreweg het grootste gedeelte (meer dan 90%) in den vorm van koolzuur door de uitscheidingen van de ademhaling; een kleiner gedeelte in lagere oxydatieprodukten door de overige uitscheidingen (in pisstof, piszuur, enz., in de hoornzelfstandigheid, het huidsmeer, in de secretiebestanddeelen der drekstoffen, enz.).

b. De waterstof van de organische bestanddeelen des ligchaams grootendeels in den vorm van water, tegelijk met die welke als zoodanig in het ligchaam aanwezig is geweest (zie sub 2). Een klein gedeelte verlaat het organisme in de sub a. genoemde organische verbindingen.

c. De zuurstof van de organische verbindingen des ligchaams tegelijk met die welke als bouwstof voor de oxydatie is opgenomen (en die nagenoeg het 3—10 voudige van het uit te scheiden gedeelte van de eerste bedraagt), wordt voor verreweg het grootste gedeelte in de hoogste oxydatieprodukten, koolzuur en water (zie a. en b.), voor een klein gedeelte in de lagere trappen (zie a.) uitgescheiden.

d. Alle stikstof wordt in splitsingsprodukten uitgescheiden, en wel voor verreweg het grootste gedeelte als pisstof door urine en zweet, buitendien als piszuur, piskleurstof, hoornzelfstandigheid, galbestanddeelen en als zuivere stikstof (door de uitscheiding van de ademhaling, bladz. 74—75).

e. De zwavel (met name die van albuminaten des ligchaams afkomstig is) verlaat het ligchaam nagenoeg voor de helft als zwavelzuur, in zwavelzure zouten door de urine, voor de andere helft in organische verbindingen door de afstooting van het hoornweefsel en de drekstoffen (keratine, taurine).

Veel onzekerder nog zijn de opgaven aangaande de volstrekte hoeveelheid van het minimum der uitscheidingen of van het minimum van voedsel, dat noodig is om deze te vervangen. Vooral de onzekerheid der boven (bladz. 148) uiteengezette methoden doet de bedoelde opgaven nog zeer onzeker zijn. Wij kunnen daaromtrent de volgende algemeene gezigtspunten aangeven:

1. Het minimum der uitscheiding of der voeding is

des te grooter, naarmate het dier kleiner is. Om onafhankelijk te zijn van de volstrekte grootte, bepaalt men de hoegrootheid der stofwisseling pro kilogram dier (op 24 uren). Nu vindt men, dat b. v. een kilogram duif veel meer omzet dan een kilogram hond, en deze weder meer dan een kilogram mensch. Dit laat zich verklaren uit de grootere energie der levensprocessen in kleinere organismen; zoo moet b. v., wegens hunne betrekkelijk groote oppervlakten, tot in stand houding der temperatuur bij kleine dieren veel meer warmte voortgebragt worden, dan bij de grootere.

2. Het minimum der geheele voeding is het kleinst bij eene bepaalde gemengde voeding; dit mengsel noemt men „volledige voeding," het bevat eiwitachtige ligchamen, vetten of koolhydraten, water en zouten in bepaalde verhoudingen; de laatsten het minst, water het meest.

3. De gunstige onderlinge verhouding dezer vier factoren d. i. de verhouding, waaarbij de geringste hoeveelheden voldoende zijn tot het in stand houden van het ligchaamsgewigt, is voor verschillende toestanden (ouderdom, geslacht, leefwijze) ongelijk.

4. Door vermeerdering van de voeding met vet (of koolhydraten) kan de noodige voeding met eiwitachtige ligchamen tot op een zeker punt aanmerkelijk verminderen; — misschien (HOPPE) omdat de eerstgenoemde stoffen, die zich zoo gemakkelijk oxyderen, de inwerking der zuurstof van de eiwitachtige ligchamen afleiden (zie beneden).

5. Het minimum der geheele voeding is des te grooter, naarmate het organisme reeds meer door overtollig voedsel (zie beneden) gemest is.

De absolute getallen voor het minimum der stofwisseling, welke men volgens de hierboven opgegeven methoden heeft gevonden, hebben wegens de aldaar medegedeelde gebreken hoogstens alsdan eenige waarde, wanneer men naauwkeurig alle voorwaarden der proefnemingen heeft opgegeven. Wij behoeven ze dus hier niet mede te deelen.

2. Het opnemen van ontoereikend voedsel.

Reeds vroeger (bladz 147) hebben wij medegedeeld, dat bij aanhoudend ontoereikend voedsel zich noodzakelijk een tijdstip moet voordoen, waarop het ligchaamsgewigt begint af te nemen. Bij een volstrekt gebrek aan voedsel, bij hongerlijden, vertoont zich dit punt natuurlijk terstond in den aanvang, en vroeger of later, naar gelang van den toestand van het dier voor dat het begon honger te lijden, volgt daarop een tijdstip, waarop ook de verrigtingen, derhalve ook de uitscheidingen beginnen af te nemen. Deze vermindering duurt voort tot aan den dood. De stofwisseling bij het hongerlijden bepaalt zich

tot verbranding van bestanddeelen des ligchaams door de voortdurend ingeademde zuurstof en uitscheiding van de oxydatieprodukten met onverbrandbare ligchaamsbestanddeelen (water en zouten). Er heeft geen vergoeding voor het organisme in zijn geheel plaats, maar misschien wel voor sommige afzonderlijke deelen, doordien door tusschenkomst van het bloed deelen, die een overvloed hebben van bouwstoffen, welke rijk zijn aan spankracht, deze laatsten aan andere afgeven, die reeds daaraan gebrek hebben.

Waarnemingen over de stofwisseling bij hongerlijden (zoogen. „inanitieproeven") bestaan, gelijk men ligtelijk begrijpt, voor tamelijk lange tijden van waarneming alleen bij dieren, hoofdzakelijk duiven (CHOSSAT), honden (BISCHOFF en VOIT) en katten (BIDDER en SCHMIDT).

Uit de waarnemingen bij dieren, die honger lijden, kan men het volgende afleiden: 1. Als de dieren beginnen honger te lijden, nemen het ligchaamsgewigt, de verrigtingen en de uitscheidingen van het dier af; het verminderen der laatste veroorzaakt natuurlijk eene van dag tot dag geringer wordende vermindering van het ligchaamsgewigt, omdat de hoeveelheid der uitscheidingen na aftrek van de opgenomen zuurstof tevens de hoeveelheid van het gewigtsverlies uitdrukt. De vermindering der verrigtingen, die naauw met het verminderen der uitscheidingen zamenhangt (zie het volgende hoofdstuk), openbaart zich inzonderheid in eene vermindering van temperatuur, van de snelheid van den pols en de ademhalingsbewegingen, — de daaraan tot grondslag dienende vermindering der oxydatieprocessen in de vermindering van de opname van zuurstof. — 2. De vermindering der uitscheidingen strekt zich niet gelijkmatig uit tot al hare bestanddeelen. De belangrijkste verandering ondergaat de zamenstelling der uitscheidingen bij de plantenetende dieren; want het gaat met alle dieren, die honger lijden, zooals met de vleeschetende, omdat zij uitsluitend van (hunne eigene) dierlijke bestanddeelen leven; — zoo neemt bij hongerlijdende plantenetende dieren het pisstofgehalte der uitscheidingen in den beginne toe (bladz. 103). Daarentegen neemt in het algemeen het gehalte aan pisstof van de uitscheidingen af, naarmate het dier langer honger lijdt, — een bewijs, dat de vermindering van de oxydatieprocessen in het organisme ook betrekking heeft op de oxydatie van stikstofhoudende bestanddeelen des ligchaams (eiwitachtige stoffen). — 3. Nadat het dier een bepaald gedeelte van zijn ligchaamsgewigt verloren heeft, komt (na verloop van een tijd, die niet altijd gelijk is) de dood „door verhongering" tot stand. Tijd en maat van het verlies regelen zich naar den toestand van het dier, als het begint te verhongeren. Voor gemeste dieren (zie beneden) is een zekere tijd noodig voor dat

het gewigt van hun ligchaam dat van het dier, dat niet meer dan voldoende gevoed is, heeft bereikt. Dezen tijd hebben zij voor het laatste vooruit, daar nu eerst eene vermindering der uitscheidingen en verrigtingen, derhalve het eigenlijke honger lijden begint. Zoo sterven jonge, magere duiven reeds als zij ¼ van haar gewigt (na 3 dagen), — oudere, vette daarentegen eerst, als zij bijna de helft verloren hebben (na 13 dagen) (CHOSSAT). — 4. In het lijk ziet men dat de afzonderlijke ligchaamsdeelen niet alle evenveel aan gewigt verloren hebben; het meest verdwenen is het vet der vethoudende bindweefselcellen, of kortweg „het vet;" het geheele weefsel heeft 91—93% verloren (met andere woorden: alleen de bindweefselzelfstandigheid is overgebleven). Bijna evenveel verliest het bloed, vervolgens de ingewanden en de spieren; het minst daarentegen, ja bijna niets verliezen de hersenen (het ruggemerg een weinig meer). Dit ongelijke verlies wijst op de reeds boven (bladz. 152) aangehaalde omstandigheid, dat door tusschenkomst van het bloed tusschen de verschillende organen, eene zekere intermediaire tegemoetkoming met bouwstoffen plaats heeft, dat de organen, die meer verbruiken, ook rijkelijker bedeeld worden. Het laatste volgt niet alleen uit het geringe gewigtsverlies van de hersenen, die tot aan den dood onverzwakt werkzaam blijven, maar ook uit het geringer verlies van de spieren die dikwijls functioneren, in vergelijking met dat van de niet werkzame spieren. Vermits vet en spieren de hoofdmassa uitmaken van de bestanddeelen die het meest verdwijnen, zoo wordt gewoonlijk opgegeven, dat het organisme, hetwelk honger lijdt, ten koste van zijn vet en zijne spieren („zijn vleesch") leeft. Sommige onderzoekers (SCHMIDT, BISSCHOFF en VOIT) hebben zelfs uit het stikstofgehalte van de uitscheidingen de verbruikte spierzelfstandigheid berekend en het overige gedeelte der uitscheidingen, die uit organische bestanddeelen des ligchaams ontstaan (uit het koolzuur berekend) als verbruikt vet in rekening gebragt.

Tegenover de onthouding van alle voedsel staat de slechts onvolledige voeding; deze kan onvoldoende zijn wat de hoeveelheid of wat de hoedanigheid betreft, d. i. zij bevat òf alle bestanddeelen van de „volledige voeding" (bladz. 151), doch in niet genoegzame hoeveelheid, òf zij bevat niet alle bestanddeelen daarvan. Uit de naar de hoeveelheid onvoldoende voeding doen zich verschijnselen voor, die volkomen gelijk zijn aan die van het verhongeren, doch met dat onderscheid, dat zij veel langzamer verloopen. — De naar de hoedanigheid onvoldoende voeding leidt bij de meeste combinaties even spoedig tot den hongerdood, als bij eene volstrekte verhongering, doch met dat onderscheid, dat het gezamentlijke gewigt minder

afneemt. Bij eene volstrekte onthouding van water *) (SCHUCHARDT) willen de dieren al zeer spoedig volstrekt geen vaste spijzen gebruiken, terwijl zij bij onthouding van deze (BISSCHOFF en VOIT, CHOSSAT) zeer spoedig ook geen water willen nuttigen, zoodat beide toestanden inderdaad niet verschillen van het geheel verhongeren. — Bij vele combinaties wordt de waarneming verijdeld door het kleine maximum van opslorping, zoodat men de werking van groote hoeveelheden niet kan nagaan, of het zijn toevallig zich voordoende ziekelijke verschijnselen (b. v. doorloop bij het voeren met suiker en water), die de waarneming onzeker maken. Het belangrijkst zijn die proefnemingen, waarbij men een der beide voornaamste organische voedingsstoffen, eiwitachtige ligchamen of vet (resp. koolhydraten bladz. 142) aan het dier onthoudt. Alsdan is het geheele verlies veel geringer dan bij het verhongeren; beide voedingsstoffen kunnen derhalve tot op eene zekere hoogte elkander vervangen. Bij onthouding van voedsel uit proteïnestoffen (voedsel uit vet en water, of vet, koolhydraten en water) is, terwijl de vermindering van gewigt geringer is, de uitscheiding van pisstof aanmerkelijk verminderd, en bij gevolg ook de oxydatie van de N houdende bestanddeelen des ligchaams. Bij de onthouding van vet doet zich, als het voedsel in de plaats daarvan koolhydraten bevat, geen belangrijke verandering in de stofwisseling voor. Ingeval ook geen koolhydraten aanwezig zijn, neemt men eene belangrijke vermeerdering waar van de uitscheiding der pisstof, derhalve eene vermeerderde oxydatie van N houdende bestanddeelen, zoodat voor de in stand houding des levens aanmerkelijk meer eiwitachtige ligchamen moeten worden opgenomen (vergel. bladz. 151).

3. Het opnemen van overtollig voedsel.

Zooals wij reeds bladz. 146 gezien hebben, is de opname gewoonlijk veel grooter dan zij behoorde te zijn, om het verlies der noodzakelijke (minimale) uitscheidingen te vergoeden, met andere woorden, tot het in stand houden van het ligchaamsgewigt, hetzij in sommige, hetzij in al zijne bestanddeelen. Het is nu de vraag, welke van de bladz. 146 en volg. opgegeven mogelijkheden bij eene overtollige voeding, bij de zoogen. „opname door overmaat" („Luxusaufnahme"), plaats heeft. De vraag wordt eenvoudiger als men uitsluit: 1. elke opname, die het maximum van opslorping overschrijdt (bladz. 146), omdat deze in het geheel niet in de stofwisseling overgaat; 2. elke opname die

*) Hieronder moet men ook verstaan het water, dat in de organische voedingsmiddelen voorkomt, want vele dieren kunnen zeer goed blijven leven zonder waterdrinken (b. v. katten, BIDDER en SCHMIDT; — konijnen drinken nooit).

grooter is, dan vereischt wordt tot vergoeding voor het vermeerderde verbruik, d. i. door vermeerderde verrigtingen (warmtevorming, werktuigelijken arbeid, — zie het vorige hoofdstuk), — zoogen. „arbeidsconsumptie."

Wijders moeten wij niet in rekening brengen de overtollig opgenomene anorganische voedingsstoffen, water en zouten; want, zooals wij reeds bladz. 133—134 hebben gezegd, ontdoet zich het ligchaam terstond weder daarvan, als zij in eene te groote hoeveelheid zijn opgenomen, door eene regtstreeksche uitscheiding uit het bloed: het water door de huid en de nieren (over de verdeeling tusschen beiden zie bladz. 149), de zouten door de nieren.

Derhalve blijven ons nog ter bechouwing over de overtollig opgenomen organische voedingsstoffen. Voor deze bestaan drie mogelijkheden: 1. zij worden eenvoudig in het organisme weggelegd; 2. zij worden spoedig geoxydeerd en uitgescheiden; 3. zij worden gesplitst, gedeeltelijk geoxydeerd en uitgescheiden, terwijl een ander gedeelte, dat veel spankracht bezit, wordt weggelegd (bladz. 146—147). In het eerste geval zou het ligchaamsgewigt toenemen, en zouden de uitscheidingen standvastig blijven, — in het tweede de uitscheidingen toenemen, het ligchaamsgewigt standvastig blijven, — in het derde zouden beide toenemen. Nu heeft de ervaring geleerd, dat het organisme, wanneer het overtollig gevoed wordt, aan gewigt toeneemt, maar dat tevens de uitscheiding van oxydatieprodukten verhoogd is, en wèl die van pisstof bij een kost die rijk is aan stikstof, dat eindelijk niet-geoxydeerde stoffen nooit in de uitscheidingen overgaan. De eerste der bovengenoemde mogelijkheden vervalt derhalve door het toenemen van de uitscheidingen. De tweede, waartegen reeds de vermeerdering van gewigt van het overtollig gevoede ligchaam pleit, zou verder eene verhooging van de O-opname en van de verrigtingen vereischen, welke beantwoordt aan de verhooging der oxydatieprocessen. De slotsom van de laatsten zou, als het organisme in rust verkeert, eenvoudig in eene verhoogde warmtevorming gezocht kunnen worden (zie hoofdstuk VIII). En inderdaad beide bestaan (reeds de verhoogde energie der spijsvertering vereischt eene grootere verkwisting en levert meer warmte door afscheidingen en bewegingen), doch klaarblijkelijk in eene te geringe mate om de tweede mogelijkheid daardoor te kunnen aannemen. Het is echter mogelijk dat de aanstonds op te geven oxydatie niettemin regel is voor een gedeelte van de opname door overmaat („Luxusaufnahme"), misschien voor het stikstofvrije gedeelte daarvan (vergel. beneden).

De volgende feiten pleiten voor het derde der bovengenoemde processen, namelijk voor het tot stand komen van

splitsingsprocessen bij eene overtollige stikstofhoudende voeding: Bij een rijkelijken toevoer van voedingsstoffen binnen de grenzen van het maximum van opslorping neemt het organisme in gewigt en, met betrekking tot zijne bestanddeelen, hoofdzakelijk in vet toe, — het wordt gemest, om het even of de stikstofhoudende dan wel de stikstofvrije voedingsstoffen boven het minimum zijn gestegen; bij een rijkelijken toevoer van de eersten vermeerdert buitendien de uitscheiding van pisstof. Wordt bij een gelijk blijvenden toevoer van stikstof, die der vetten of koolhydraten verhoogd, dan vermindert de uitscheiding van pisstof. Men kan deze feiten verklaren, als men het volgende aanneemt (F. HOPPE): 1. Het opnemen van overtollige niet-stikstofhoudende zelfstandigheden (vetten, koolhydraten), die zich gemakkelijk oxyderen, neemt een gedeelte van de in het ligchaam aanwezige zuurstof in beslag, belet hierdoor de oxydatie van andere ligchaamsbestanddeelen, die zich niet gemakkelijk oxyderen, en begunstigt ook de ophooping van ligt oxydeerbare bestanddeelen des ligchaams, aangezien zich de oxyderende invloeden nu over eene grooter hoeveelheid van oxydeerbare bouwstoffen moeten verdeelen. Vooral het vet neemt derhalve in het ligchaam toe, waarbij wij evenwel nog niet weten, of dit vet op eene andere plaats ontstaan en eenvoudig weggelegd is voor de oxydatie door de opname door overmaat („Luxusaufnahme"), (zie beneden) dan wél of het uit de overtollige niet-stikstofhoudende opgenomen stoffen zelve is ontstaan. 2. Overtollig stikstofhoudend voedsel (albuminaten, albuminoïede ligchamen) wordt in het organisme op eenige, nog niet met zekerheid bekende plaatsen gesplitst in stikstofvrije (vetten, glycogeen, suiker) en stikstofhoudende atoomcomplexen, welke laatste ten slotte als pisstof, resp. pis- en hippurzuur, in de urine overgaan; in het ligchaam blijft derhalve een bestanddeel na, dat zeer veel spankracht bezit (bladz. 146—147). 3. Daar de splitsing hand aan hand gaat met eene oxydatie, zoo wordt zij verminderd door invloeden, welke den voorraad zuurstof van het organisme op andere plaatsen niet ongedeerd laten. Eene gelijktijdige opname van overtollige stikstofhoudende en stikstofvrije voedingsstoffen zal derhalve (zie sub 1) a. de ophooping van niet-stikstofhoudende produkten, hetzij uit de splitsing van de stikstofhoudende òf regtstreeks uit het niet-stikstofhoudend voedsel ontstaan, begunstigen, derhalve het ligchaam vet maken; b. de splitsing van de stikstofhoudende stoffen verminderen, zoodat zij zich zonder gesplitst te zijn (als lijmgevend weefsel, spierzelfstandigheid enz.) in het ligchaam ophoopen en derhalve ook de uitscheiding van pisstof verminderd wordt. De voordeeligste mesting is bijgevolg die, welke met eiwitachtige ligchamen en met koolhydraten of vetten verbonden is.

Als plaatsen, waar N houdende zelfstandigheden gesplitst worden, moeten hoofdzakelijk beschouwd worden: de lever (bladz. 135 vgg.), de spieren (bladz. 138 en hoofdstuk X), misschien ook het zenuwstelsel. De allerlaatste lotgevallen van de splitsingsprodukten zijn nog nagenoeg onbekend.

Wat wij hierboven uiteengezet hebben moet voorloopig nog beschouwd worden als hypothesen, die nog bewezen moeten worden. Wij kunnen hier geen beschrijving geven van de hoogst ingewikkelde onderzoekingen en de daarbij gediend hebbende voorwerpen, waaruit men deze resultaten heeft afgeleid (BOUSSINGAULT, BIDDER en SCHMIDT, BISSCHOFF en VOIT, F. HOPPE e. a.). Alleen willen wij nog, om vergissingen voor te komen, doen opmerken, dat de benaming „opname door overmaat," welke hier alleen gebruikt is om eene overtollige opname aan te duiden, wel onderscheiden moet worden van de door sommige schrijvers genoemde „consumptie door overmaat," waaronder wij verstaan: „consumptie (oxydatie) van een weefselvormend ligchaam (b. v. eiwit tot pisstof) in het bloed, derhalve zonder dat het overeenkomstig zijne bestemming eerst in een weefselbestanddeel is veranderd." Het was derhalve nog de vraag, of eene „consumptie door overmaat" al of niet bestaat. Naar hetgeen wij hier op bladz. 154 en 156 hebben gezegd, zou zij in dezen zin niet bestaan.

Dat het opnemen van overtollig voedsel de algemeene regel is (bladz. 146), blijkt hieruit, dat het gewigt (en de afmetingen) van het organisme van het oogenblik van zijn ontstaan af gestadig tot op een zeker punt toenemen (groei), en dat van dit tijdstip af bij den man en de vrouw zekere regelmatige uitscheidingen van niet-geoxydeerde bouwstoffen plaats hebben: bij den man de ontlastingen van zaad, bij de vrouw de menstruale bloedingen en de uitscheidingen voor het ei, dat zich ontwikkelt, later de zogafscheiding tot voeding van het kind. Vergl. hierover de 4de afdeeling.

TWEEDE AFDEELING.

DE VERRIGTINGEN VAN HET ORGANISME.

ACHTSTE HOOFDSTUK.

Krachtwisseling van het organisme in het algemeen en hare verhouding tot de stofwisseling.

Wij hebben in de inleiding uiteengezet, dat in de dierlijke organismen eene gestadige omzetting van spankrachten in levende krachten plaats heeft. De spankrachten worden voorgesteld door twee stoffen, die van elkander gescheiden zijn, namelijk: 1° de atmosferische zuurstof, die in het ligchaam is gebragt, en 2° de oxydeerbare bestanddeelen des ligchaams, die in den vorm van voedsel in het ligchaam zijn gebragt. Dientengevolge worden voortdurend stoffen die spankracht aanbrengen in het ligchaam binnengevoerd. Voorts hebben wij reeds gezegd, dat de produkten welke uit de verbinding van die stoffen ontstaan, de oxydatieprodukten des ligchaams, voortdurend uit het ligchaam verwijderd worden. Op dezelfde wijze worden nu ook de levende krachten, welke in het ligchaam zijn vrijgeworden, gestadig aan ligchamen van de buitenwereld afgestaan, die niet tot het organisme behooren. Maar gelijk het ligchaam steeds meer stoffen ontvangt dan verwijdert, waardoor zijn instandhouding verzekerd blijft, zoo worden ook steeds meer krachten opgenomen dan verbruikt, zoodat het organisme een bepaalden voorraad van kracht behoudt, en wel deels spankracht in de nog niet geoxydeerde bouwstoffen des ligchaams, — deels reeds levende kracht, in den vorm van zijne warmte. Wij ontmoeten derhalve bij de krachtwisseling dezelfde voorwaarden als bij de stofwisseling van het organisme.

Gelijk wij in het vorige hoofdstuk het opnemen en uitscheiden van stoffen beschouwd en met elkander vergeleken hebben, zoo zullen wij in dit hoofdstuk dezelfde methode volgen voor de krachtwisseling, en verder de verhouding van deze tot de stofwisseling zoover mogelijk nagaan.

I. De aanvoer van spankrachten.

Ofschoon bij de spankrachten, die hier in aanmerking komen, de aanwezigheid zoowel van de oxydeerbare bouwstoffen als van de zuurstof voorondersteld wordt, zoo spreekt men toch gewoonlijk kortweg alleen van spankrachten der opgenomen voedingsstoffen, terwijl men de aanwezigheid van de overeenkomstige hoeveelheid zuurstof te regt stilzwijgend aanneemt. De spankrachten van de oxydeerbare (organische) voedingsstoffen worden gewoonlijk „latente warmte" genoemd, d. i. men stelt zich alle levende kracht, die bij hare oxydatie uit de spankrachten kan voortvloeijen, in den vorm van warmte voor, ofschoon, gelijk men aangetoond heeft, ook andere vormen van verrigting daaruit ontstaan (zie beneden). Deze eenvoudige wijze van beschouwing levert vooral voor de meting groote voordeelen op.

De bepaling van de latente warmte der voedingsstoffen geschiedt eenvoudig door ze te verbranden, en de hoeveelheid warmte, die daarbij wordt voortgebragt („verbrandingswarmte") te meten. Deze meting geschiedt op die wijze, dat men de verbranding doet plaats hebben in eene ruimte, die rondom door eene vloeistof (water) is omgeven („calorimeter"), en de temperatuur der vloeistof, waarvan de hoeveelheid bekend is, voor en na de verbranding bepaalt. De uitkomst, derhalve de hoeveelheid der ontstane warmte, drukt men in „warmte-eenheden" uit. Gewoonlijk neemt men als warmte-eenheid de hoeveelheid warmte aan, die 1 grm. water van 0° tot 1°C kan verwarmen. Nu drukt men in warmte-eenheden niet alleen de hoeveelheid warmte uit, die men werkelijk heeft verkregen, maar ook de latente, waaruit gene is ontstaan: men meet dus de spankracht van de voedingsstoffen naar warmte-eenheden.

Ofschoon de verbranding der voedingsstoffen (of van de daaruit ontstaande ligchaamsbestanddeelen) in het organisme niet plotseling, gelijk bij de kunstmatige verbranding, maar langzamerhand, onder de vorming van talrijke oxydatietrappen plaats heeft (bladz. 16), zoo geven evenwel de verkregen resultaten eene maat daarvoor aan; want de som van alle hoeveelheden warmte, die bij de afzonderlijke trapsgewijze opklimmende oxydaties van eene stof ontstaan, tot dat zij volkomen verbrand is (tot koolzuur, water, zwavelzuur, enz.) is gelijk aan die welke bij eene regtstreeksche volledige verbranding gevormd wordt. Daarentegen kunnen wij ons niet vereenigen met eene andere vrijheid, welke zich sommige onderzoekers bij de bepaling van de verbrandingswarmte veroorloofd hebben, en wel omdat zij tot valsche resultaten leidt. Dezen hebben namelijk getracht de verbrandingswarmte van eene zamengestelde stof uit de bekende verbrandingswarmte van hare elementen te berekenen, doordien zij aannemen, dat de in de verbinding zelve bevatte zuurstof reeds verbonden was met een gedeelte der waterstof of koolstof. Het is evenwel duidelijk, dat er eerstens geen af-

doend bewijs bestaat om dit aan te nemen, en dat ten tweede de andere elementen van de verbinding onderling met eene zekere kracht verbonden zijn, zoodat, om ze te scheiden, bij de verbranding een gedeelte der ontstaande levende kracht verteerd moet worden; bijgevolg wijken ook de verkregen resultaten van de regtstreeksche bepalingen af.

De moeijelijkheden der boven uiteengezette methode van bepaling zijn echter zoo groot, dat bijna voor niet ééne voedingsstof de verbrandingswarmte bekend is.

II. Het ontstaan van levende krachten in het ligchaam (arbeidsverrigtingen des ligchaams).

De vormen van arbeidsverrigtingen, waaronder de levende krachten, die in het ligchaam uit de naar binnengebragte spankrachten ontstaan of te voorschijn komen, zijn, voor zoover bekend is, warmte, elektriciteit en werktuigelijke arbeid. Voor het rustende ligchaam (waaronder wij dat verstaan, hetwelk alle arbeidsverrigtingen vermijdt, die niet volstrekt noodig zijn tot het behoud des levens) kan men aannemen, dat al deze vormen voor verreweg het grootste gedeelte ten slotte in één enkelen overgaan, namelijk in warmte.

De vorm van eene arbeidsverrigting (zie de inleiding) is, gelijk men weet, uiterst ongelijk; hoe gemakkelijk toch laat zich warmte in beweging (stoomwerktuig), beweging in warmte (wrijving), beide in elektriciteit (wrijvings- en thermo-elektriciteit), en elektriciteit in warmte en beweging (galvanische gloeijing, — electromagnetisme, enz.) omzetten. En toch blijft de hoeveelheid der levende kracht bij elke omzetting zich volmaakt gelijk, vermits de omzetting altijd volgens bepaalde verhoudingen (aequivalenten) plaats heeft. Onder de laatsten is voor de physiologie van het meeste belang het „mechanische warmteaequivalent," d. i. de werktuigelijke arbeid, waarin eene bepaalde hoeveelheid warmte kan worden omgezet, en omgekeerd. Het mechanische aequivalent van eene warmte-eenheid (blad. 162) is gelijk 430 grammeter, (d. i. aan den arbeid, die noodig is om 430 gram tot op 1 meter hoogte op te ligten.

De regtstreeksche warmtevorming heeft in alle organen des ligchaams plaats, waarin oxydatieprocessen tot stand komen, d. i. overal, behalve in de hoornweefsels. Voor zoover bekend is wordt elektriciteit geregeld alleen in de spieren en in het zenuwstelsel opgewekt (Hoofdstuk X en XI). Bewegingen hebben plaats: a. met eene snelheid, die nog door de zintuigen kan worden waargenomen: 1. in de dwarsgestreepte en gladde spiervezels; 2. aan de flikkercellen; 3. aan de zoöspermiën (en aan zekere eijeren) 4. aan zekere voor zamentrekking vatbare weefselcellen; b. met eene onmerkbare snelheid aan alle organische vormelementen, zooals groei, deeling, enz.

Het bewijs, dat voor het rustende ligchaam alle arbeidsverrigtingen in warmte worden omgezet en in dezen vorm aan

ligchamen van de buitenwereld worden afgegeven, kan eenvoudig door de volgende redenering geleverd worden: 1. Alle bewegingen in het rustende ligchaam werken als zoodanig niet op de buitenwereld, maar gaan in het ligchaam zelf te loor. Dit laatste heeft overal door wrijving plaats; zoo wordt b. v. de geheele levende kracht van een hartstoot aan de bloedmassa medegedeeld, en gaat bij een omloop door de inwendige wrijving van het bloed in de vaten, met name in de haarvaten, geheel in haren vorigen vorm („snelheid, werktuigelijke arbeid") te niet (bladz. 54 vgg.); hetzelfde geschiedt met de bewegingen van den spijsverteringstoestel door de wrijving tegen den inhoud en de omgevende deelen. Daar nu, voor zoover bekend is, geen andere vorm van beweging (b. v. opwekking van elektriciteit) door deze wrijving ontstaat, zoo moet men aannemen, dat overal uit den te loor gaanden werktuigelijken arbeid eene aequivalente hoeveelheid warmte ontstaat. — 2. De opgewekte elektriciteit in het zenuw- en spierstelsel wordt, naar het schijnt, insgelijks voor het grootste gedeelte hetzij regtstreeks in warmte of eerst in beweging en daardoor in warmte omgezet (hoofdstuk X).

Eene, wat de hoeveelheid betreft, uiterst kleine uitzondering op dezen regel maken: 1. de bewegingen, die in den vorm van ademhalingsbeweging, hartstoot of polsslag aan ligchamen van de buitenwereld worden medegedeeld; 2. gedeeltelijke (partiële) stroomen, die bij het aanbrengen van geleidende ligchamen aan de ligchaamsoppervlakte op deze overgaan (hoofdstuk X).

In het niet rustende (arbeidende) ligchaam ontstaan behalve de levende krachten van het rustende nog andere, en wel in den vorm van warmte en werktuigelijken arbeid, beide in de spieren. Ook van dezen werktuigelijken arbeid wordt een groot gedeelte in het organisme zelf in warmte omgezet, en wel door wrijving der spier zelve in hare omhulsels, verder van de pezen in hare scheeden, eindelijk van de bewogen beenderen in hunne gewrichtsverbindingen. Het overschot wordt gedeeltelijk gebruikt voor de beweging der ligchaamsdeelen tegen elkander, deels voor de beweging van het ligchaam in zijn geheel tegen de buitenwereld of voor de beweging van ligchamen der buitenwereld.

Aangezien men nu ook het laatstgenoemde gedeelte der arbeidsverrigtingen van het ligchaam gemakkelijk in warmte kan overbrengen of in warmte-eenheden uitdrukken, zoo is het duidelijk, dat de warmtemaat de natuurlijkste maat is voor alle arbeidsverrigtingen van het organisme.

Men zou natuurlijk even goed alle arbeidsverrigtingen naar eene werktuigelijke maat (in kilogrammeters, enz.) kunnen uitdrukken. — De getallen voor de warmte-eenheden, waardoor de levende krachten van het organisme gemeten worden, zijn buitengewoon groot (millioenen per dag). Sommige schrijvers bedienen zich daarom voor deze opgaven van eene grootere

warmte-eenheid, de duizendvoudige van de gewone (welke 1 kilogram water van 0^0 tot op 1^0 verwarmt; haar mechanisch aequivalent is dientengevolge = 430 kilogrammeters).

III. Het afgeven van krachten aan de buitenwereld.

Wanneer wij niet letten op de geringe hoeveelheden van spankrachten, die het organisme in zijne nog niet volkomen geoxydeerde (organische) excreta — pisstof, piszuur enz. — naar buiten afgeeft, worden alle spankrachten, die met het voedsel binnengebragt zijn, als levende krachten aan de buitenwereld overgeleverd, en wel, gelijk uit het medegedeelde volgt, door het rustende organisme alleen in den vorm van warmte, door het niet rustende (arbeidende) in den vorm van warmte en werktuigelijken arbeid. Wij zullen in het volgende hoofdstuk de wegen opgeven, langs welke de uitgescheiden hoeveelheden warmte aan ligchamen van de buitenwereld worden overgeleverd; maar behoeven niet nader uit te weiden over het overbrengen van den werktuigelijken arbeid.

Men kan deze uitscheiding van kracht (resp. warmte) voor het rustende organisme regtstreeks meten, door den mensch of het dier, evenals het ligchaam dat men wil verbranden (bladz. 162), in eene calorimetrische kast te plaatsen, die daarvoor opzettelijk is vervaardigd. Neemt men de proef met een arbeidend organisme, dan moet men in deze kast buitendien nog een toestel aanbrengen, waardoor de arbeid kan gemeten worden, b. v. een rad, dat met eene stoommachine is verbonden, waarlangs het individu, hetwelk men wil waarnemen, opklimt of nederdaalt en daardoor een (storenden of versnellenden) arbeid verrigt, die bepaald kan worden (HIRN). Men berekent nu, uit de hoeveelheid arbeid die men heeft verkregen, het aequivalente getal der warmte-eenheden, die men optelt bij de warte-eenheden, welke men regtstreeks uit de uitscheiding van warmte heeft gevonden.

Over de grootte en afhankelijkheid der uitscheiding van warmte en van werktuigelijken arbeid zie de beide eerstvolgende hoofdstukken.

IV. Onderlinge vergelijking der hoeveelheden opgenomen en afgegeven krachten (krachtbalans).

Zulk eene vergelijking heeft hoofdzakelijk ten doel, de

theoretische voorstelling te bevestigen en de bepalingen van beide onderling te contrôleren.

Gelijk boven (bladz. 162) is gezegd, zou men de hoeveelheid der opgenomen spankrachten kunnen bepalen door de hoeveelheid en de verbrandingswarmte van de organische voedingsstoffen regtstreeks na te gaan. Doch wij hebben ter zelfder plaatse aangemerkt, dat het bijna voor geen enkele voedingsstof mogelijk is de latente warmte naauwkeurig te bepalen. Wij moeten ons derhalve alleen daarmede vergenoegen, dat wij de levende krachten, die in eene zekere tijdruimte uit de spankrachten ontstaan, bepalen en met de afgegeven krachten vergelijken. De eerste bepaalt men naar de volgende grondregels: Telken male als eene kracht vrij wordt, moet dit met een evenredig verbruik van zuurstof gepaard gaan, doch aan het verbruik van zuurstof is altijd de opname van dit gas naauwkeurig evenredig (bladz. 77). Men zou dus uit de hoeveelheid opgenomen zuurstof de vrij wordende krachten kunnen berekenen, in geval alle zuurstof alleen besteed werd aan de oxydatie van een en hetzelfde ligchaam, waarvan de verbrandingswarmte bekend is. Daar echter verscheidene verbindingen, waarvan de verbrandingswarmte ongelijk is, geoxydeerd worden, zoo is het bekend zijn van de hoeveelheid zuurstof niet voldoende. Doch nu kunnen wij uit de oxydatieprodukten, die in den zelfden tijd uitgescheiden worden, ten minste de geoxydeerde elementen bij benadering bepalen, namelijk: uit het koolzuur de koolstof, uit het (oxydatie —) water de waterstof; daar echter het water, dat in het ligchaam gevormd wordt, moeijelijk bepaald kan worden, zoo trekt men de hoeveelheid zuurstof, die aan de koolstof beantwoordt, van de geheele hoeveelheid zuurstof af, en neemt men stilzwijgend aan, dat alle overige zuurstof gebruikt is geworden om de waterstof te oxyderen. Deze fout beteekent niets in vergelijking met de veel grootere, dat men de verbrandingswarmte der op deze wijze gevonden koolstof en waterstof bij de berekening beschouwd heeft als de hoeveelheid warmte, die bij de verbranding van hare organische verbindingen is gevormd (zie hierover bladz. 162—163). Dientengevolge heeft men bij deze proefnemingen (DULONG en DESPRETZ) geen overeenstemming kunnen ontdekken tusschen de warmte, welke op deze wijze is berekend en die welke uitgescheiden (en, bladz. 163—164, regtstreeks gemeten) is.

Evenals bij de stofwisseling heeft men ook bij de krachtwisseling getracht te onderzoeken, hoe het afgeven van krachten over de verschillende daartoe bestemde wegen verdeeld is. De getallen evenwel die men hiervoor gevonden heeft zijn de uitkomst van berekeningen welke, gelijk wij gedeeltelijk reeds verklaard hebben, hoogst gebrekkig zijn, en waarover wij

hier niet nader kunnen uitweiden; de waarde van deze resultaten kan derhalve slechts bij benadering worden opgegeven. Van de hoeveelheid kracht die afgescheiden wordt komen (berekend naar de opgaven van BARRAL over de stofwisseling) nagenoeg 1—2% op warmteverlies (Hoofdstuk IX) door excreties (urine en drekstoffen), 4—8% op warmteverlies door de ademhaling, 20—30% op warmteverlies door verdamping van water, het grootste gedeelte (60—75%) op warmteverlies door geleiding en uitstraling van de oppervlakte en op uitwendigen werktuigelijken arbeid. Van den laatstgenoemden post komt volgens sommigen (LUDWIG) slechts een zeer klein, volgens anderen (M. TRAUBE) een grooter gedeelte op rekening van den werktuigelijken arbeid. Over de beteekenis van deze vraag zie sub V.

V. Invloed der krachtwisseling op de stofwisseling.

Wij hebben in het vorige hoofdstuk (bladz. 147) in korte woorden opgegeven, dat tot instandhouding van het organisme eene zekere som van oxydatieprocessen vereischt wordt, en dat van deze som de „minimale stofwisseling" afhangt. Uit een nader onderzoek naar de oorzaken van dit vereischte volgt terstond, dat die noodzakelijke oxydatieprocessen juist vereischt worden om de noodzakelijke arbeidsverrigtingen tot stand te brengen, zooals de vorming van warmte, zekere werktuigelijke arbeidsverrigtingen (hartbeweging, ademhalingsbeweging, beweging van de darmen), enz. — De minimale stofwisseling hangt, om zoo te zeggen, af van de „minimale krachtwisseling."

Eene schijnbare uitzondering daarvan maken de noodzakelijke oxydatieprocessen in de klieren; hier schijnt bij eene oppervlakkige beschouwing (zie inleiding bladz. 4—5) de vorming der oxydatieprodukten (van specifieke bestanddeelen der secreta) meer te beteekenen dan het vrij worden van krachten (de vorming van warmte), hetgeen daarmede hand aan hand gaat. Intusschen mist deze teleologische zienswijze alle bewijskracht; ten behoeve der verrigtingen van het organisme worden de produkten van het scheikundig proces even goed dienstig gemaakt als de vrijwordende krachten. Overigens is datgene wat voor de klieren geldt, ook van toepassing op alle parenchymateuse weefsels; overal worden behalve de verrigtingen ook de oxydatieprodukten (specifieke bestanddeelen der parenchymsappen) te nutte gemaakt.

Wanneer een dezer beide processen met meer energie plaats heeft, moet ook, gelijk van zelf spreekt, als gevolg daarvan het andere met meer kracht tot stand komen. Wij hebben reeds vroeger (bladz. 155) aangemerkt, dat door eene verhoogde energie der stofwisseling bij de opname door overmaat („Luxusaufnahme") ook eene verhoogde krachtwisseling plaats heeft. Wij moeten hier derhalve nog slechts het geval

bespreken, dat door eene verhoogde krachtwisseling, derhalve door eene vermeerdering van arbeidsverrigtingen, eene vermeerderde opname van stof noodzakelijk wordt, die men „arbeidsconsumptie" noemt.

De arbeidsverrigtingen van het organisme, die blijkens de ervaring het vaakst en het sterkst verhoogd worden, zijn: 1. werktuigelijke arbeid van de willekeurige spieren (dien men kortweg „arbeid" noemt), gewoonlijk verhoogd door den invloed van den wil; 2. de warmtevorming, verhoogd door eene vermeerderde uitscheiding van warmte bij eene lagere temperatuur der omgeving (zie het eerstvolgende hoofdstuk). Beide gaan met vermeerderde oxydaties gepaard, vermeerderen derhalve de uitgaven, vooral de uitscheiding van koolzuur, en vereischen tot instandhouding van het ligchaamsgewigt eene vermeerderde opname, eene arbeidsconsumptie. Beide verhoogen tevens het gevoel van eene grootere behoefte aan voedsel, namelijk den honger.

De verschillende arbeidsverrigtingen berusten op oxydaties van verschillende bestanddeelen des ligchaams, zooals later naauwkeuriger zal worden uiteengezet. Om nu te beoordeelen, welke voedingsstoffen voor de arbeidsconsumptie bij eene bepaalde arbeidsverrigting het meest doelmatig zijn, moeten wij noodwendig weten, welke bestanddeelen daarvoor bij voorkeur geoxydeerd worden. De kortste weg om daartoe te geraken zou zijn de studie der organen, waarin de arbeidsverrigtingen en oxydaties plaats hebben, derhalve die der spieren enz. Daar echter juist dit gedeelte der physiologie nog weinig bearbeid is, zoo vergenoegt men zich met het onderzoek der uitscheidingen, die het gevolg zijn van de vermeerderde arbeidsverrigtingen. Inzonderheid komen hierbij in aanmerking: de pisstof, als teeken voor de oxydatie van stikstofhoudende ligchamen, en het koolzuur als uitdrukking van de oxydatieprocessen in het algemeen.

Misleid door twijfelachtige opgaven (inzonderheid die, dat de werkzaamheid der spier de uitscheiding van pisstof zou vermeerderen), was men een geruimen tijd van meening, dat alleen de stikstofhoudende ligchaamsbestanddeelen, die alleen de vaste deelen van het organisme vormen, aangewend worden om werktuigelijken arbeid voort te brengen, en wel eerst nadat bij dit proces niet-stikstofhoudende splitsingsprodukten daaruit waren gevormd, en dat daarentegen de niet-stikstofhoudende zelfstandigheden des ligchaams tot niets anders zouden dienen dan tot het voortbrengen van warmte. Daarop bouwde men de volgende teleologische indeeling der voedingsstoffen: de stikstofhoudende werden, met het oog op haar vermogen om vaste ligchaamselementen te vormen, „plastische," de niet-stikstofhoudende

daarentegen „respiratorische" voedingsstoffen genoemd (LIEBIG); ook worden de eerste wel beschouwd als ligchamen die alleen beweging kunnen voortbrengen „dynamogene" of „kinesogene" ligchamen, doch de laatste, die alleen warmte kunnen voortbrengen, „thermogene" stoffen (BISCHOFF en VOIT). — Sedert men echter bewezen heeft, dat de uitscheiding van pisstof door werktuigelijken arbeid niet vermeerderd wordt (BISCHOFF en VOIT; vergel. Hoofdstuk X), heeft deze meening haren steun verloren en heeft men aan de velerlei bedenkingen, die men daar tegen inbragt, regt laten wedervaren. Daaronder moeten inzonderheid genoemd worden (M. TRAUBE): 1. dat ook bij een kost, die zeer arm aan stikstof is (plantaardig voedsel), aanzienlijke werktuigelijke arbeid kan verrigt worden (de meeste werkdieren zijn plantenetende dieren); dit feit kon slechts dan met die theorie in harmonie blijven, wanneer men uitging van de vooronderstelling, dat de werktuigelijke arbeid van het ligchaam, zelfs als hij eene hooge mate bereikt, in vergelijking met de warmtevorming, slechts zeer gering is, — eene voorstelling, die tegenwoordig bestreden wordt (vergel. bladz. 167); 2. dat koudbloedige dieren, alsmede dieren en menschen in warme luchtstreken, — die derhalve slechts zeer weinig warmte kunnen voortbrengen, — niettemin grootendeels leven van een plantaardigen kost, die weinig stikstof bevat, — 3. dat vleeschetende dieren, ofschoon weinig niet-stikstofhoudende ligchamen opnemende, niettemin genoeg warmte ontwikkelen, zelfs zonder b. v. door een rijkelijken werktuigelijken arbeid zich de noodige niet-stikstofhoudende splitsingsprodukten te verschaffen. — Vooralsnog heeft eene meer aannemelijke meening de oude nog niet kunnen verdringen, zoodat de vraag nog onbeantwoord blijft. (Hierover nader in het 10de hoofdstuk.)

NEGENDE HOOFDSTUK.

Ontwikkeling van warmte en verschillende warmtegraden van het ligchaam.

I. Ontwikkeling van warmte.

Over het ontstaan der warmte in het ligchaam behoeven wij hier niet meer uitvoerig te spreken. Immers hebben wij reeds op verscheidene plaatsen van dit werk, en in het bijzonder op bladz. 164, aangewezen, dat in alle organen, waarin oxydatieprocessen plaats hebben, òf alle krachten, die daarbij vrij worden, òf ten minste een groot gedeelte daarvan, den vorm van warmte aannemen. De overige vormen der arbeidsverrigting (elektriciteit, werktuigelijke arbeid) ontstaan alleen in zekere organen en ook daarin altijd nevens de warmte.

De absolute hoeveelheid warmte, welke een bepaald gedeelte van een zeker orgaan in eene gegevene tijdruimte ontwikkelt, is nog niet vastgesteld; dit is zeker dat zij in de afzonderlijke organen uiterst ongelijk is. Zoo ontwikkelen b. v. de klieren veel meer warmte, dan de parenchymateuse weefsels, omdat de oxydatieprodukten der eerstgenoemde (de „specifieke bestanddeelen der secreta" bladz. 84) voortdurend moeten weggevoerd en door nieuwgevormde vervangen worden, terwijl die van de laatstgenoemde (de „specifieke bestanddeelen" der parenchymsappen) een tijdlang op hunne oorspronkelijke plaats bewaard blijven. In de klieren heeft derhalve de oxydatie veel sterker plaats. Zelfs in hetzelfde orgaan is de ontwikkeling van warmte te allen tijde bij lange na niet gelijk, hetwelk, zooals van zelf te begrijpen is, afhankelijk is van de energie der oxydatieprocessen, of, hetgeen op hetzelfde neêrkomt, van de hoeveelheid zuurstof die verbruikt is. Hoogst opvallend is deze vermeerdering der warmtevorming met de energie der oxydatieprocessen in de klieren, waarvan de temperatuur met de energie der afscheiding, d. i. waarschijnlijk met eene vermeer-

derde productie van hare specifieke bestanddeelen, aanmerkelijk toeneemt (bladz. 84 en 89—90). Ook is de temperatuur in functionerende spieren hooger dan in rustende (zie het volg. hoofdstuk); bij de warmtevorming, die waarschijnlijk reeds in de rustende spier plaats heeft, heeft zich derhalve bij de functionerende niet alleen nog mechanische arbeid, maar ook een plus aan warmtevorming gevoegd.

De hoornweefsels des ligchaams, waarin naar het schijnt geen oxydaties meer plaats hebben, ontwikkelen niet de minste warmte. Of ook in het bloed warmte gevormd wordt, hangt af van de beslissing der vraag, of in het bloed zelf oxydaties tot stand komen (vergel. bladz. 133).

Evenmin kunnen wij vooralsnog de vraag beantwoorden, of de warmtevorming in de parenchymateuse weefsels (de klieren en spieren niet meêgerekend) onder den regtstreekschen invloed van bijzondere zenuwen staat. Wij zullen in de 3de afdeeling op deze vraag terugkomen.

Behalve de regtstreeksche warmtebronnen bestaan er nog andere, waarover eveneens reeds gesproken is. Wij hebben namelijk (bladz. 164) aangetoond, dat in het rustende ligchaam ook alle overige vormen van levende kracht, met name de werktuigelijke arbeid, nagenoeg in warmte overgaan. Deze omzetting heeft deels regtstreeks plaats door de wrijving der organen, die zich actief bewegen (spieren), langs hunne omgeving, deels door de wrijving der deelen die passief door gene in beweging zijn gebragt (pezen, beenderen, bloed in de vaten enz.). — Op dezelfde wijze wordt in het arbeidende ligchaam een groot gedeelte van den werktuigelijken arbeid door wrijving in warmte overgebragt.

Door spierarbeid wordt derhalve de ontwikkeling van warmte in het ligchaam op tweederlei wijze verhoogd: 1. door de verhooging van de warmteproductie in de spier zelve, welke met de werkzaamheid der spier verbonden is; 2. door de wrijving der spier en der deelen van hare omgeving die door haar bewogen worden.

II. Warmtegraden des ligchaams.

De verschillende organen des ligchaams staan onderling deels in eene regtstreeksche verbinding door aanraking, deels worden zij door het bloed, dat door allen heenstroomt, in eene verbinding gebragt, die de warmte van het eene orgaan naar het andere geleidt. Hierdoor worden de hoeveelheden warmte, die in de afzonderlijke ligchaamsdeelen gevormd worden, nagenoeg gelijkmatig over het geheele ligchaam en ook over die ligchaamsdeelen verdeeld, die zelve in het geheel geen warmte voortbrengen. Het resultaat van deze gelijkmatige verdeeling en van het aanstonds te bespreken warmteverlies is eene nagenoeg standvastige temperatuur van het geheele ligchaam, die bij den mensch tusschen 36 en 39°C. is gelegen. Nagenoeg even hoog is zij bij de zoogdieren, een weinig hooger bij de vogels. Alle organismen, waarvan de

temperatuur standvastig is, noemt men warmbloedige dieren. Bij de overige dieren is de energie van de oxydatieprocessen en derhalve de warmteproductie zóó gering, dat het ligchaam van deze geen standvastigen warmtegraad heeft, maar slechts eene temperatuur, welke weinig graden hooger is dan die van de middenstof, waarin zij ademen (lucht en water). Dit zijn de koudbloedige dieren.

Uitscheiding van warmte.

Het menschelijke ligchaam is bijna altijd door middenstoffen omgeven, waarvan de temperatuur lager is dan die van het ligchaam zelf; als gevolg daarvan wordt er altijd warmte aan de omgeving afgegeven. Dit geschiedt langs de volgende wegen: 1. door uitstraling van de vrije oppervlakte van het ligchaam; 2. door geleiding, a) aan de voorwerpen, die met de oppervlakte des ligchaams in aanraking en kouder dan het ligchaam zijn, derhalve inzonderheid lucht en kleêren; b) aan de stoffen, die in het ligchaam zijn opgenomen en ook kouder zijn dan het ligchaam, derhalve ingeademde lucht en spijzen. De laatste wijze van warmteuitscheiding wordt ook dikwijls op die wijze geformuleerd, dat het ligchaam met zijne excreta (uitgeademde lucht, zweet, urine, drekstoffen), die alle de temperatuur van het ligchaam bezitten, warmte uitscheidt. Zooals men van zelf begrijpt, komen beide uitdrukkingen op hetzelfde neêr, als men vooronderstelt, dat ontvangsten en uitgaven in hoeveelheid en specifieke warmte gelijk zijn, — en dit is over het geheel genomen het geval; c) aan verdampende excreta, die bij hunne verdamping met de oppervlakte des ligchaams in aanraking zijn, inzonderheid zweet. De warmte, die aan deze stoffen wordt medegedeeld, wordt terstond weder latent; gewoonlijk wordt deze uitscheiding afzonderlijk beschreven onder den naam van „uitscheiding van warmte door verdamping van water."

Aangezien de warmteuitscheiding hoofdzakelijk van de oppervlakte uit plaats heeft, hare grootte dientengevolge van de grootte der ligchaamsoppervlakte afhangt, zoo is het duidelijk, dat kleinere individus, wier oppervlakte in verhouding tot de massa des ligchaams grooter is, meer warmte afscheiden dan grootere.

De warmtegraden in de verschillende organen.

Om ligt te begrijpen redenen kan de bovengenoemde gelijkmatige verdeeling van de warmtegraden der verschillende ligchaamsdeelen niet volkomen plaats hebben; er bestaan

altijd zekere verschillen van temperatuur. Deze verschillen, die men gemakkelijk uit het reeds meêgedeelde kan afleiden, en die door de ervaring volkomen bevestigd worden, zijn hoofdzakelijk de volgende: 1. Hoe meer warmte een ligchaamsdeel zelf voortbrengt, des te warmer is het ook (ceteris paribus) bij voortduring. Het warmst zijn derhalve de klieren tijdens hare afscheiding en de spieren als zij functioneren; de laagste temperatuur bezitten de hoornweefsels. 2. Hoe meer warmte een orgaan, door zijne ligging of andere omstandigheden, door uitstraling of geleiding genoodzaakt is af te geven, des te kouder is het. De laagste temperatuur hebben derhalve: de uitwendige huid, inzonderheid als zij met verdampend zweet bedekt is, voorts de longen, de bovenste deelen van het spijsverteringskanaal, enz. Onder deze ligchaamsplaatsen zijn diegene welke vrij liggen wederom kouder dan die welke tegen de buitenwereld beschut zijn (b. v. okselholte, mondholte, enz). 3. Daar het bloed de belangrijkste middenstof is, om de verschillende warmtegraden der verschillende ligchaamsdeelen met elkander in evenwigt te houden, zoo mag men zijne temperatuur als de gemiddelde temperatuur des ligchaams beschouwen; de cijfers, die wij bladz. 172 hebben opgegeven, zijn dan ook inderdaad aan de waarnemingen over de warmte des bloeds ontleend. Uit deze laatste waarheid kan men nu wederom de volgende resultaten afleiden: a) bij organen, die veel warmte voortbrengen, waarvan de temperatuur derhalve hooger is dan die van het bloed (klieren, functionerende spieren), is het uitstroomende aderlijke bloed warmer dan het toestroomende slagaderlijke bloed; het omgekeerde heeft plaats bij organen die weinig warmte voortbrengen of warmte naar buiten afgeven (zoo is b. v. het bloed uit de longader kouder dan dat van de longslagader, bladz. 74); b) een orgaan, waarvan de temperatuur lager is dan die van het bloed, wordt des te warmer, naarmate er meer bloed in een bepaalden tijd naar toestroomt. Daarom klimt de temperatuur van zulke organen (b. v. van een huidplek): bij verhooging van de algemeene drukking des bloeds, bij versterking der hartactie, doch inzonderheid bij verwijding der toevoerende slagaderen (b. v. na doorsnijding van de vasomotorische zenuwen, bladz. 63), terwijl de omgekeerde invloeden de temperatuur doen dalen; daarom gaat roodheid van een ligchaamsdeel in den regel gepaard met warmte, bleekheid met koude.

Men moet bij metingen van de algemeen temperatuur des ligchaams steeds de boven uiteengezette omstandigheden (de zoogen. „temperatuurtopographie") in het oog houden. Daar men slechts bij uitzondering de warmte des bloeds regtstreeks kan bepalen, kiest men zulke plaatsen, die het minst aan warmteverlies zijn blootgesteld; men brengt derhalve den thermometer in de mondholte, den endeldarm of de okselholte, waar men hem zoolang

mogelijk laat liggen. — Absolute bepalingen der temperatuur worden altijd met den (kwik-) thermometer gedaan. Men vergelijkt de temperatuur van twee plaatsen des ligchaams of van dezelfde plaats op verschillende tijden, onder verschillende omstandigheden enz. òf met den thermometer of langs den thermo-elektrischen weg (hierover nader in hoofdstuk X).

Gemiddelde temperatuur.

De gemiddelde temperatuur van den mensch en de warmbloedige dieren schijnt eene onvermijdelijke voorwaarde te zijn voor het tot stand komen der voornaamste levensprocessen. Men leidt dit af uit het feit, dat zelfs kleine rijzingen of dalingen der temperatuur boven of beneden de opgegeven grens reeds belangrijke gevaren na zich slepen. De talrijke, even als gistingen werkende processen in het ligchaam verklaren deze gevaren gemakkelijk; bij eene temperatuur van 42, 6°C. zou voorts in de vaten het bloed stollen (WEIKART); bij 49° komt warmteverstijving der spieren tot stand (zie het volgende hoofdstuk). — Dienovereenkomstig bezit het organisme velerlei inrigtingen, om de temperatuur binnen hare grenzen te houden. De voornaamste daarvan zijn: 1. Zoodanige, die een regelenden invloed uitoefenen op de uitscheiding van warmte: a. het gevoel eener verminderde of verhoogde temperatuur (gevoel van koude en warmte, zie de 3de afdeeling), spoort den mensch aan, om zich in het eerste geval met slechte geleiders der warmte (dikke, wollen, zijden kleêren), in het tweede met goede geleiders (dunne, katoenen kleêren) te bekleeden, of zelfs langs een kunstmatigen weg (door koude baden) van eene hoeveelheid warmte te ontlasten. — b. Eene verhoogde temperatuur vermeerdert de werkzaamheid van het hart (bladz. 53) en de ademhaling (bladz. 71); het eerste veroorzaakt eene meerdere vulling van de haarvaten, onder andere ook van die der huid, waardoor hare temperatuur verhoogd wordt (bladz. 173) en er door geleiding en uitstraling meer warmte wordt afgegeven (de huid is daarom bij eene verhoogde temperatuur van het ligchaam gezwollen, warm en vochtig, bij een lageren warmtegraad ingevallen, koud en droog); door de vermeerdering der ademhalingsbewegingen scheiden de longen meer warmte uit. Wanneer de haarvaten der huid sterker met bloed zijn gevuld, begint gewoonlijk de uitscheiding van zweet of wordt deze, zoo zij reeds bestond, verhoogd (bladz. 107); het spoedig verdampende zweet onttrekt aan het ligchaam buitengewoon veel warmte (dit is in den zomer bijna de eenige weg, waarlangs warmte naar buiten wordt afgegeven). — c. Koude vernaauwt, warmte verwijdt de kleine slagaderen (bladz. 63), inzonderheid die van de huid; deze invloed moet dezelfde regelende werking hebben, als de sub b. genoemde. — Regelende inrigtingen, die

op de warmteproductie inwerken: a. eene verminderde temperatuur („koude") verhoogt het gevoel van honger; eene vermeerderde opname van voedsel verhoogt echter de warmteproductie (bladz. 156) — b. In de koude voelt men de behoefte aan spierbewegingen (heen en weêr loopen, werken), die op tweeërlei wijzen de temperatuur verhoogen (bladz. 171); voorts doen zich onwillekeurige spierbewegingen voor (huiveringen, tandenklapperen; men doet beide ook willekeurig en wel met eene weldadige nawerking).

Kleinere individus, die standvastig meer warmte uitscheiden (bladz. 172), eten en bewegen zich daarom meer dan grootere.

Er blijft ons nu nog over, de afwijkingen van de gemiddelde temperatuur des ligchaams (bloedwarmte) binnen hare normale grenzen (d. i. voorzooverre zij niet door de regulatorische middelen uit den weg worden geruimd) en hare afhankelijkheid van de processen des ligchaams en de levensomstandigheden na te gaan. Daar de processen, die warmte ontwikkelen, alle koolzuur voortbrengen in eene verhouding, die nagenoeg evenredig is aan de warmtevorming, zoo toonen de afwijkingen der temperatuur eene groote overeenstemming met die van de uitscheiding van koolzuur, (bladz. 77). De temperatuur wordt verhoogd door: spierbewegingen, rijkelijke afscheidingen van klieren (vooral de galafscheiding en van daar is inzonderheid de spijsvertering van grooten invloed), door eene grootere energie der geheele stofwisseling (bij mannen, bij sterke gestellen, in den middelbaren leeftijd enz.), door eene ziekelijk verhoogde stofwisseling (koorts). Zij wordt verlaagd door de tegenovergestelde omstandigheden, verder door ziekelijke toestanden, die het opnemen der zuurstof belemmeren (longziekten; — het bedekken van de huid met een vernis, dat de huidademing belemmert, doet de temperatuur buitengewoon dalen), honger (bladz. 151) enz. Wijders heeft er eene dagelijksche afwijking der temperatuur plaats, welke onafhankelijk schijnt te zijn van de spijsvertering, en eenvoudig schijnt te berusten op de ongelijke energie van de oxydatieprocessen op verschillende tijden van den dag, gelijk dit het geval is met de dagelijksche afwijkingen van verscheidene andere functiën (bladz. 53 en 138).

TIENDE HOOFDSTUK.

Verrigtingen van werktuigelijken arbeid.
(Bewegingsprocessen).

Het vrij worden van krachten in den vorm van beweging is in het organisme niet alleen veel minder verspreid dan het ontstaan van warmte, maar het is ook aan bepaalde toestellen gebonden. Deze toestellen zijn overal enkelvoudige of van gedaante veranderde cellen, of bestanddeelen van cellen. Voorals nog heeft men in de volgende toestellen verschijnselen van beweging waargenomen: 1. spiervezels (dwarsgestreepte en gladde), 2. contractiele weefselcellen, 3. cellen van trilharig epithelium, 4. de zoöspermiën en zekere bestanddeelen van het ei, 5. de cellen met moleculaire bewegingen. — Eindelijk moet men nog alle vormingsprocessen, zooals groei, deeling enz. als bewegingen beschouwen. De eerstgenoemde bewegingen onderscheiden zich echter van deze laatste door eene veel grootere snelheid, waardoor het mogelijk is ze regtstreeks waar te nemen, terwijl de vormingsprocessen zoo langzaam tot stand komen, dat de resultaten daarvan zich eerst na lange tusschenpoozen openbaren. Voorts veroorzaken die bewegingen slechts tijdelijke veranderingen in plaats en vorm, waarna de bewogen deelen nagenoeg weder tot hun vroegeren toestand terugkeeren, terwijl de vormingsprocessen blijvende veranderingen tot stand brengen. Over deze laatsten zal, gelijk ook over de bewegingen van de zoöspermiën en het ei, in de 4de afdeeling gesproken worden.

I. De spieren.

De spieren onderscheiden zich van bijna al de overige deelen, die beweging voortbrengen, eigenlijk daardoor, dat zij geen beweging tot stand brengen, dan nadat eene vrijmakende kracht op haar heeft ingewerkt. In den regel gaat deze vrijmaking van het zenuwstelsel uit.

A. De dwarsgestreepte spieren.

De dwarsgestreepte spieren of spieren van het animale leven komen overal in het ligchaam voor, waar krachtdadige bewegingen plaats hebben. Op eenige uitzonderingen na zijn alle bewegingen die dit kenmerk bezitten, — is derhalve de werkzaamheid der dwarsgestreepte spieren, van den wil afhankelijk. De dwarsgestreepte spieren worden daarom ook willekeurige genoemd. Tot die uitzonderingen behoort voornamelijk het hart, waarvan de dwarsgestreepte vezels zich ook in een ander opzigt van de gewone onderscheiden (zie bladz. 47).

De dwarsgestreepte spieren vormen meestal langwerpig-ronde strengen, doch somtijds platte uitbreidingen, van eene roodbruine kleur, die eene grove overlangsche vezeling vertoonen. Zij zijn vastgehecht aan de deelen, die bewogen moeten worden (beenderen, kraakbeenderen enz.), òf regtstreeks, òf door middel van bindweefselmassa's, die uit overlangsche vezels bestaan (pezen). Zij zijn door grovere, buitenste en fijnere, onmiddellijk aangrenzende bindweefselvliezen (fasciën, perimysium) omgeven; de laatsten zetten zich tot in het spierweefsel, tusschen de fasciën, voort en verdeelen de spieren in talrijke vakken, die in de lengte verloopen. Men kan de spieren zonder moeite in de lengterigting in vezelbundels verdeelen, die steeds fijner worden, tot dat men aan eene zekere grens komt, waar men op de zoogen. „primitiefbundels" stuit, en de verdeeling niet verder mogelijk is. Deze laatsten zijn evenwel geen bundels meer, maar buizen, gevuld met eene vloeibare massa, de eigenlijke spierzelfstandigheid. De wand van deze buizen (spiervezels, spierbuis) bestaat uit een zeer veêrkrachtig, volkomen gesloten vlies, het sarkolemma. De inhoud vertoont onder het mikroskoop fijne, regelmatige dwarsstrepen, bestaande uit laagsgewijs gerangschikte ligchaampjes, waarvan het lichtbrekend vermogen grooter is dan dat van de grondzelfstandigheid; deze ligchaampjes breken het licht dubbel (BRÜCKE). De meeste spierbuizen verloopen door de geheele lengte van de spier en hechten zich regtstreeks aan de pees of de beenderen enz. vast; doch een gedeelte eindigt spitsvormig vrij binnen in de spier (ROLLETT).

Men leidt den vloeibaren toestand der spierzelfstandigheid af van de golfbewegingen, die onder zekere omstandigheden daarin kunnen worden waargenomen, met name uit het verschijnsel dat zich, naar PORRET, zoowel hier als in andere vloeistoffen vertoont (KÜHNE), het verschijnsel namelijk, dat de spierinhoud naar de negatieve pool gaat, als men door de spier een elektrischen stroom laat gaan. — Wijders zag KÜHNE, dat zich in een spiervezel van een kikvorsch, die pas uit de spier gepraepareerd was, eene ingeslotene nematode duidelijk zonder mechanischen weêrstand heen en weêr bewoog. — Onder den invloed van verschillende reagentia wordt de spierinhoud vast (zie beneden) en in verschillende rigtingen verdeeld: *a.* naar de rigting van de dwarsstrepen, in ronde dunne schijven („sarcous discs" BOWMAN); *b.* in

fijne overlangsche vezels, die als eene aanduiding van de vroeger aanwezige dwarsstrepen op dezelfde afstanden zwakke varikeuse opzwellingen vertoonen („spierfibrillen" KÖLLIKER); *c.* naar beide rigtingen in kleine staafjesvormige ligchaampjes, die men zich kan voorstellen als te zijn ontstaan òf door splitsing van de fibrillen in de rigting van de dwarsstrepen of door splitsing van de „discs" in de rigting van de fibrillen („sarcous elements" BOWMAN). Al deze splitsingsprodukten heeft men vroeger voor gepraeformeerde spierelementen aangezien. — Het onderzoek van den spierinhoud in gepolariseerd licht heeft aangetoond (BRÜCKE) dat hij geen homogene zelfstandigheid is, maar uit regelmatig gerangschikte, dubbel lichtbrekende elementen (zoogen. „disdiaklasten) bestaat, ingebed in eene grondzelfstannigheid, welke enkelvoudig het licht breekt; die elementen zijn evenwel zoo klein, dat men ze niet afzonderlijk kan zien; men moet de „sarcous elements" als groepen van disdiaklasten beschouwen, waarvan de vorm door verschillende wijzen van rangschikking van de op zich zelf onveranderlijke disdiaklasten kan afwisselen.

Wijders bezit de spierbuis nog de volgende vormbestanddeelen: 1. „kernen," langwerpige ligchamen, die meestal in de nabijheid van het sarkolemma zijn gelegen en vermoedelijk een integrerend bestanddeel daarvan uitmaken; sommigen houden haar voor bestanddeelen van bijzondere cellen; 2. „openingen (vacuolen)," onregelmatige afbrekingen der zelfstandigheid; sommigen beschouwen ze als bestanddeelen van een net van anastomoserende bindweefselcellen (LEYDIG, BÖTTCHER); 3. zenuwuiteinden. De zenuwbuizen treden bij den rand in de spierbuis, het neurilemma gaat in het sarkolemma over, het zenuwmerg verdwijnt meestal in de nabijheid der plaats van overgang, doch de ascilinder gaat tot binnen in den spierinhoud, vertakt zich daar naar beide zijden, de takken dragen deels wandstandige, deels eindstandige spoelvormige ligchaampjes, de zoogen. „zenuweindknoppen," waarvan de zamenhang met den spierinhoud nog raadselachtig is (KÜHNE). Volgens andere waarnemers (ROUGET, KRAUSE) gaat de ascilinder in eene binnen het sarkolemma gelegen, platte, korrelige uitbreiding, „eindplaat" over *). Anderen (REICHERT, KÖLLIKER) beweren, dat de zenuwvezels in het geheel niet in de spierbuis treden.

De spier bevat behalve de spierbuizen en het stelsel van tusschenschotten, dat van het perimysium uitgaat, nog veel bindweefsel, hetwelk met dit stelsel in verband staat, voor bloed- en watervaten en vertakte zenuwvezels.

Scheikundige bestanddeelen.

Van de scheikundige bestanddeelen, die men in de spier in haar geheel heeft gevonden, kunnen de volgende als bestanddeelen van de eigenlijke spierzelfstandigheid (inhoud van de spierbuis) beschouwd worden: 1. verschillende eiwitachtige ligchamen, waarvan de waterige oplossing de hoofdmassa van de vloeibare spierzelfstandigheid schijnt uit te maken. Men brengt daartoe: *a.* gewoon eiwit, in eene geringe hoeveelheid; *b.* de strembare spierzelfstandigheden (bladz. 21—22, meer hierover zie beneden); *c.* syntonine (spierfibrine, bladz. 22); — 2. leden uit de oxydatiereeks der eiwitachtige ligchamen (bladz. 27) en wel: inosinezuur, kreatine, kreatinine, hypoxanthine (sarcine), piszuur (zeldzaam). De aanwezigheid en hoeveelheid van deze oxydatieprodukten zijn, gelijk beneden zal worden aangetoond, afhankelijk van de werk-

*) [Zooals uit de verhandeling van Krause (Henle und Pfeufer's Zeitschrift, XXI.) blijkt, zijn de motorische eindplaten niet binnen, zooals Hermann opgeeft, maar op het sarcolemma gelegen. Deze uit bindweefsel bestaande platen zijn bij den mensch, de zoogdieren, vogels, grooter dan bij de lagere gewervelde dieren; ook bezitten zij bij de eerste meer kernen (8—20) dan bij de laatsten. Bij de zoogdieren bezit elke dwarsgestreepte spiervezel slechts één eindplaat, terwijl de spiervezels van de lagere vertrebraten verscheiden eindplaten (4—6) bevatten].

zaamheid der spieren; — 3. koolhydraten: inosiet, suiker (bladz. 138), melkzuur (zie beneden); — 4. vetten, in de spiervezel zelve slechts in eene zeer geringe hoeveelheid, misschien een bestanddeel van de intramusculaire zenuwuiteinden; — 5. vlugtige vetzuren (boterzuur, mierenzuur, azijnzuur), misschien produkten van abnormale oxydaties; — 6. eene roode kleurstof; — 7. gassen: zuurstof en koolzuur; — 8. zouten (die van het bloed); — 9. water. — De reactie van den verschen, rustenden spierinhoud is neutraal (DU BOIS-REYMOND).

In de spier in haar geheel komen buitendien de bestanddeelen der overige vormelementen voor (bindweefsel, vaten, bloed, zenuwen enz., dus behalve de reeds genoemde nog lijm, vetten enz.). Het sarkolemma schijnt uit eene veêrkrachtige zelfstandigheid te bestaan (bladz. 24).

Werktuigelijke eigenshappen der rustende spier.

De spier (eenvoudigheidshalve zullen wij hier alle spieren beschouwen als spoelvormig in de lengte uitgestrekt, een vorm, dien de meeste inderdaad hebben) bezit eene geringe, doch zeer volkomen veêrkracht, d. i. zij bezit eene groote rekbaarheid (wordt door ligte lasten reeds aanmerkelijk verlengd), doch keert, als de rekkende kracht ophoudt, terstond weêr tot hare oorspronkelijke lengte terug. Met de verlenging neemt natuurlijk de dikte (de „dwarssnede") in evenredigheid af, zoodat het volume hetzelfde blijft. Evenals bij alle georganiseerde ligchamen zijn ook bij de spier niet, zooals bij de anorganische, de lengten der uitrekking evenredig aan de spannende gewigten, maar eene gelijke vermeerdering van spanning veroorzaakt eene des te geringer verlenging, naar mate de spier reeds meer is uitgerekt (ED. WEBER). De uitrekkingscurve, d. i. de lijn die men verkrijgt, als men de uitrekkende gewigten als abscissen en de uitrekkingslengten als ordinaten plaatst, is daarom niet, zooals bij de anorganische ligchamen, eene regte lijn, maar nadert de hyperbool (WERTHEIM). — In het levende ligchaam zijn de spieren gestadig een weinig meer dan hare natuurlijke lengte uitgerekt, zoodat zij, als zij van hare punten van aanhechting worden losgescheurd, een weinig terugspringen. Deze rangschikking heeft het nut, dat als de spier zich zamentrekt hare punten van aanhechting elkander terstond naderen, zonder dat eerst tijd en kracht te loor gaan om de verslapte spier te spannen. In de uit het ligchaam gepraepareerde spieren vindt men de spierbuizen gewoonlijk niet regtlijnig uitgestrekt, maar golf- of zigzagvormig gebogen.

Stofwisseling in de rustende spier.

Gelijk in alle parenchymateuse weefsels heerscht er ook in

de rustende spier eene zekere werkzaamheid, die in oxydatieprocessen bestaat. Waarschijnlijk verschilt de werkzaamheid in de spier weinig van die in andere parenchymateuse organen. Intusschen wordt zij gewoonlijk in de leerboeken afzonderlijk naauwkeurig beschreven, omdat namelijk van alle parenchymateuse weefsels de spier het naauwkeurigst is onderzocht. Als resultaat van deze oxydatieprocessen moet men zich, naar het schijnt, de vorming voorstellen van de specifieke spierbestanddeelen, inzonderheid van de strembare spierzelfstandigheid uit de transsudaatbestanddeelen des bloeds, volkomen op dezelfde wijze als in de klieren uit transsudaatbestanddeelen door oxydatie de specifieke bestanddeelen der afscheidingsprodukten ontstaan (zie bladz. 84). Het is niet onmogelijk, dat deze of de verdere (zie beneden) oxydaties met eene splitsing verbonden zijn, die de suiker der spier oplevert (bladz. 138). Van de processen zelve weten wij vooralsnog niets meer dan dat zuurstof opgenomen en koolzuur gevormd wordt; doch wij zijn beter bekend met de verrigtingen, welke door de hierbij vrij wordende krachten ontstaan, namelijk: elektriciteit, en misschien warmte, waarvan de eerste bij de spier (en het zenuwstelsel) meer dan bij eenig ander parenchymateus weefsel voorkomt.

Dat er zuurstof opgenomen en koolzuur gevormd wordt (spierademing), blijkt reeds hieruit, dat het lichtroode slagaderlijke bloed in de spier, evenals in alle andere parenchymateuse weefsels, in donkerrood aderlijk bloed verandert. Doch regtstreeks is de spierademing aan (kikvorsch-) spieren, die uit het ligchaam zijn genomen, aangetoond. Zulke spieren behouden in zuurstofgas haren normalen toestand (d. i. hare opwekbaarheid, zie beneden) veel langer dan in andere gassen of mengsels daarvan (v. HUMBOLDT); zij vormen hierbij koolzuur (KRIMER, DU BOIS-REYMOND, G. V. LIEBIG), terwijl zij zuurstof verbruiken. Ook in andere gassen geven de spieren een tijd lang koolzuur af, zelfs nadat het zuurstofhoudende bloed uit hare vaten verwijderd is, — een bewijs, dat in hare zelfstandigheid een voorraad van nog niet verbruikte zuurstof, of van nog niet uitgescheiden koolzuur aanwezig is. Men heeft de mogelijkheid van het eerste in dier voege willen verklaren, dat de spieren een fermentachtig ligchaam bezitten, dat de zuurstof uit het bloed zou opnemen, daarmede in eene losse verbinding treden en haar, naar gelang dat daarvoor behoefte bestaat, op de oxydeerbare bestanddeelen der spier overbrengen (M. TRAUBE, vergel. bladz. 76).

Krachtwisseling in de rustende spier.

Onder de krachten, die door de oxydatieprocessen in de

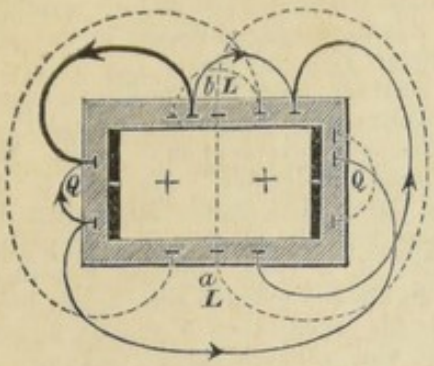
rustende spier vrij worden, moeten wij in de eerste plaats spreken over de elektrische krachten (DU BOIS-REYMOND).

Isoleert men uit eene versche, uit evenwijdige vezels bestaande spier naar willekeur een dikken of dunnen vezelbundel (zelfs één primitiefbundel) en begrenst men hem door twee dwarssneden; legt men vervolgens de beide uiteinden van een stroomaanwijzenden geleidenden boog (het liefst een zoodanigen, waarmede een gevoelige multiplicator is verbonden) in dier voege aan het spierstuk, dat het eene in aanraking komt met een punt van de lengteoppervlakte (van de „kunstmatige overlangsche snede)," het andere met een punt van een der beide („kunstmatige") dwarssneden, — alsdan wijkt de naald af, als een bewijs dat er een stroom ontstaat. Deze stroom gaat in de geleiding van de overlangsche snede van de spier naar de dwarssnede, in de spier zelve bij gevolg van de dwarssnede naar de overlangsche; de overlangsche snede is dus in eene positieve verhouding tegenover de dwarse. De stroom, de zoogen. „spierstroom" is des te sterker, naar mate het spierstuk dikker en langer is. Dezelfde stroom ontstaat, 1° als men zich in plaats van de kunstmatige overlangsche snede van de „natuurlijke" bedient, d. i. de natuurlijke lengteoppervlakte der spier (daartoe behoeft men eenvoudig eene dwarssnede te maken aan eene overigens gave spier); 2° als men in plaats van de kunstmatige dwarssnede de natuurlijke gebruikt. Onder „natuurlijke dwarssnede" verstaat men de pees van de spier, omdat zij als een indifferente geleider aan de uiteinden (natuurlijke dwarssneden) van de spierbuizen is vastgehecht; de roode oppervlakte van de gave spier is dus in eene positieve verhouding tegenover de pees.

Onder de vele methoden, die tot het doen van deze proeven vereischt worden, zullen wij hier alleen vermelden, dat men de dierlijke deelen niet regtstreeks met de metalen uiteinden van den multiplicator of van zijne verlengsels (geleiddraden) in aanraking mag brengen; want, gelijk men weet, vormen twee schijnbaar volkomen gelijke stukken metaal (b. v. twee koperdraden) als zij met een vochtigen geleider — en als zoodanig moeten alle dierlijke stoffen beschouwd worden — in aanraking komen, niettemin eene galvanische keten, waarvan de stroom hier de naald moest doen afwijken. De eenige uitzondering hierop maken geamalgameerde plaatjes zink, als men zich voor een vochtigen geleider van eene oplossing van zinkvitriool bedient; deze bijeenvoeging veroorzaakt geen stroom (de beide stukken metaal verhouden zich „volkomen op dezelfde wijze"). Daarom doet men de uiteinden van den multiplicator in twee geamalgameerde stukken zink uitloopen; elk daarvan staat in een bakje gevuld met eene oplossing van zinkvitriool, en in elk dezer vaten een met dezelfde oplossing doortrokken kussen van vloeipapier, dat buiten den rand van het bakje uitsteekt. De dierlijke deelen, die men wil onderzoeken, worden nu zoo geplaatst, dat zij tusschen de beide vloeipapieren kussens den cirkel sluiten, dien ze als door een brug verbinden en met de punten, waarop het hier aankomt, aanraken. Geleidende plaatjes (b. v. stukjes blaas, die met eiwit geïmbibeerd zijn), die men er onder legt, beschutten ze tegen den nadeeligen invloed der zinkop-

lossing. De aanwending der zinkelektroden heeft buitendien dit voor, dat zij het onmiddellijk teruggaan van de naald na den eersten uitslag voorkomt, hetwelk bij elke andere methode door de terstond plaats hebbende polarisatie der metalen uiteinden veroorzaakt wordt, terwijl geamalgameerd zink in eene zinkoplossing niet-polariseerbaar is. — Men kan den spierstroom ook nog op eene andere wijze dan door den multiplicator aantoonen: 1. langs den elektrochemischen weg, als men jodkalium in stijfselpap op deze wijze laat ontleden; 2. wijders als men de spier als prikkel op eene zenuw, b. v. op de eigen zenuw van de spier laat werken („physiologische rheoskoop"). Gelijk later zal uiteengezet worden, is het te dien einde noodzakelijk, dat men den stroom plotseling in de zenuw doe afbreken. Men bereikt dit doel door een geleidenden cirkel, waarmede de zenuw van een gepraepareerde kikvorschdij is verbonden, plotseling door aanraking van de overlangsche en dwarse snede eener spier te sluiten; terstond volgt eene (tetanische) zamentrekking der dij. Men doet de proefneming met ééne spier in dier voege, dat men haar eigen zenuw (die men zich moet voorstellen in eene geleidende aanraking te zijn met de overlangsche sneden van alle spierbuizen) plotseling tot de natuurlijke dwarssnede (de pees) van de spier laat terugvallen; ook hier volgt eene (tetanische) zamentrekking. (Deze „zamentrekkingen zonder metalen" waren reeds bekend voordat de spierstroom ontdekt was).

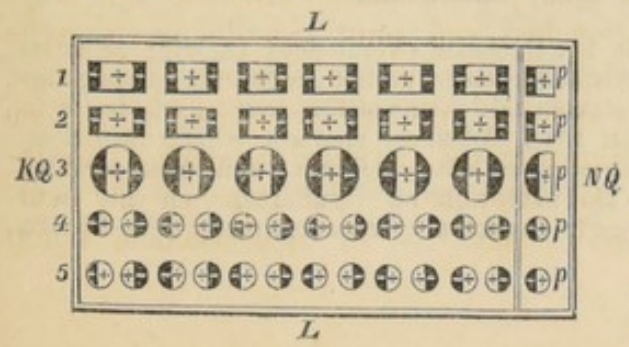
Er ontstaan niet alleen stroomen bij verbinding van de (natuurlijke of kunstmatige) overlangsche en dwarssnede, maar ook als men de uiteinden van de geleiding des multiplicators met twee punten van eene en dezelfde snede in aanraking brengt. Van twee punten der overlangsche snede namelijk verhoudt zich altijd dat hetwelk het digtst bij den aequator (aldus noemt men den cirkel, die het midden van den spiercilinder omgeeft) gelegen is, positief tegenover dat hetwelk er verder van af (dus digter bij de dwarssnede) is gelegen, en van twee punten der dwarssnede altijd dat hetwelk het digtst bij de as is gelegen, negatief tegenover dat, hetwelk er verder van af (dus digter bij de overlangsche snede) is gelegen. Men verkrijgt derhalve geen stroomen, als men twee, van den aequator even ver verwijderde punten der overlangsche snede, of twee even ver van de as gelegene punten der dwarssnede met den multiplicator verbindt. Al deze wetten gelden niet alleen voor punten van dezelfde dwarssnede, maar ook voor twee punten van verschillende dwarssneden; voorts voor punten van verschillende overlangsche sneden (wanneer men niet eenvoudig den geheelen cilindermantel, dus ééne vlakte, overlangsche snede wil noemen); natuurlijk veroorzaken alsdan ook de beide eindpunten van de as, alsook twee punten van den aequator, geen stroomen. — De stroomen tusschen twee punten der overlangsche of twee punten der dwarssnede zijn altijd veel zwakker dan die tusschen een punt van de overlangsche en een van de dwarssnede; zij zijn des te sterker, naar mate zij verder van den aequator, resp. de as, verwijderd zijn; men noemt ze meestal bij verkorting de „zwakke stroomen," in tegenstelling van de „sterke stroomen," die tusschen de overlangsche en dwarssneden bestaan. — In nevenstaande figuur



verbeeldt de groote regthoek een spierstuk, L, L de overlangsche snede, Q, Q de dwarse snede, a b den aequator; alsdan stellen de fijn geteekende bogen voorbeelden van verbindingen voor, die zwakke stroomen geven, de dikker geteekende boog eene verbinding met een sterken stroom, de gestippelde bogen verbindingen zonder stroom.

Om deze wetten goed te begrijpen is het nuttig eene voorstelling te geven van de wijze waarop de elektromotorische krachten gerangschikt zijn, waaruit dezelfde verschijnselen zouden volgen als uit de spier. DU BOIS-REYMOND heeft het volgende schema voorgesteld: positieve spanning aan de overlangsche snede en negatieve aan de dwarse zou klaarblijkelijk reeds eene zeer eenvoudige rangschikking toonen, b. v. een zinkcilinder, die aan de grondvlakken verkoperd is; zij zou echter wel de „sterke stroomen" opleveren, als zij met de overlangsche en dwarse snede de vloeipapieren kussens aanraakt; daarentegen geen spoor van stroom tusschen de verschillende punten van ééne snede. Deze komen echter dadelijk tot stand, zoodra men den elektromotorischen cilinder aan alle kanten met een indifferenten geleider (b. v. water) omgeeft, en de uiteinden van den multiplicator met dezen, in plaats van met den cilinder in aanraking brengt, b. v. zooals in bovenstaande figuur, waar een dergelijke cilinder door een vochtigen geleider omgeven is en de afleidende bogen met dezen in verbinding zijn. Uit de wetten der stroomverdeeling in „niet prismatische" geleiders volgt namelijk, dat in dit geval aan alle punten van den vochtigen geleider eene elektrische spanning moet heerschen, en wel eene positieve in de nabijheid van de overlangsche snede en eene negatieve in die van de dwarssnede. Deze spanningen zijn echter niet aan alle punten even sterk, maar de positieve van de overlangsche snede is het sterkst in het midden (aan den aequator) en neemt in de rigting van de dwarssnede af: op dezelfde wijze is de negatieve van de dwarssnede in het midden (aan de as) het sterkst en neemt naar de peripherie, in de rigting van de overlangsche snede af. Hieruit volgen voor de gezamenlijke rangschikkingen dezelfde stroomen als bij de spier: *sterke* stroomen, als men twee punten van eene tegenovergestelde spanning (van de overlangsche en dwarse snede) verbindt, (de sterkste natuurlijk als men een punt van den aequator met een eindpunt van de as, waar de sterkste tegenovergestelde spanningen bestaan, verbindt); *zwakke* stroomen, als men punten van eene gelijknamige, doch niet even sterke spanning verbindt: van twee punten, die eene positieve spanning hebben, verhoudt zich dat, hetwelk eene zwakkere spanning bezit, negatief tegenover het andere; — *geen* stroomen eindelijk, als men punten van eene gelijknamige en even sterke spanning met elkander verbindt.

In dezen vorm is het schema echter alleen voldoende voor de geheele spier of voor een bepaald stuk van eene spier om de verschijnselen duidelijk voor te stellen. Intusschen daar men, zelfs hoe meer men de spier in de overlangsche en dwarse rigting verder *verdeelt*, aan elk stuk, hoe klein ook, zonder grens, dezelfde verschijnselen waarneemt, zoo moet men zich in plaats van een enkelen cilinder zooals de beschrevene, een phalanx van oneindig vele, oneindig kleine dergelijke cilinders voorstellen, die alle op dezelfde wijze zijn gerangschikt en in een en denzelfden indifferenten geleider ingebed (de rijen 1 en 2 der nevenstaande figuur). Zulk eene rangschikking moet klaarblijkelijk volkomen hetzelfde



uitwerken als de groote cilinder, en kan in eene overlangsche en dwarse rigting verdeeld worden, zonder dat de daaruit ontstaande stukken andere verschijnselen opleveren. Wil men nu aannemen, dat deze rangschikking in de spier werkelijk bestaat, dan is het gemakkelijker zich in plaats van de kleine cilinders kleine bolletjes voor te stellen, waarvan ieder eene positieve aequatoriale zone (overeenkomende met de overlangsche snede van de spier) en eene negatieve pool (die met de dwarssnede overeenkomt) bezit. Men noemt deze bolletjes „peripolair-elektrische moleculen" (de rij 3 der figuur). Voor eenige verschijnselen, die later (Hoofdstuk XI) zullen besproken worden, is het noodig dat men zich in plaats van elke peripolaire molecule twee „dipolaire" voorstelt, d. i. twee bolletjes waarin de eene helft positief, de andere negatief is, en die zoo gelegen zijn, dat de beide positieve naar elkander zijn toegekeerd (de rijen 4 en 5 van de figuur); men begrijpt gemakkelijk, dat deze wijze van rangschikking volkomen op hetzelfde neêrkomt.

De stroomen tusschen de natuurlijke overlangsche en dwarse sneden zijn dikwijls onevenredig zwak of vertoonen zich in het geheel niet, of zelfs omgekeerd; evenwel bereiken zij terstond hunne normale rigting en sterkte, zoodra men de natuurlijke dwarssnede (de uiteinden van het spiervleesch) met zekere agentia, die eene vernietigende werking hebben (zoutoplossingen, alkaliën, zuren, hitte enz.) aanraakt, en zoo doende in zekere mate eene kunstmatige dwarssnede maakt. Men kan dit verschijnsel verklaren door eene laag van spierzelfstandigheid aan de uiteinden der spierbuizen aan te nemen, welke in tegenoverstelling van de algeheele spier elektromotorisch werkt en dus gedeeltelijk, of geheel, of zelfs nog meer dan geheel opweegt tegen de werkingen van de algeheele spier (de „parelektronomische laag"). Om haar aanschouwelijk voortestellen is het voldoende, aan het uiteinde der spier van het laatste stelsel van twee dipolaire moleculen het buitenste weg te laten, zoodat de voorlaatste hare positieve zijde naar de dwarssnede toekeert (p in de figuur). De ontwikkeling van dezen toestand wordt door zekere invloeden, inzonderheid door koude, begunstigd.

Over de beteekenis van deze verschijnselen bestaan slechts hypothesen; evenmin weten wij of welligt het opgegeven schema van dipolaire elektrische moleculen, waardoor de verschijnselen van den spierstroom zouden verklaard worden, werkelijk op die wijze in den bouw der spieren bestaat, of er soms een verband bestaat tusschen dit en het optische schema (van de disdiaklasten) enz. Om niet verkeerd begrepen te worden moeten wij nog aanmerken, dat de stroomen der elektromotorische elementen door de geleidende spierzelfstandigheid zelve gesloten zijn, gelijk in het schema de stroomen der moleculen door den vochtigen geleider. Door twee punten van de oppervlakte met een geleidenden boog in verbinding te brengen, kan men dus van de stroomen slechts een zeer klein gedeelte afleiden, waarvan de grootte afhangt van het geleidingsvermogen van den boog, en het is dit zeer kleine gedeelte alleen, dat zich aan den multiplicator of welken anderen rheoskopischen toestel ook, openbaart.

Vermits nu de spieren in het ligchaam overal door vochtige geleiders zijn omgeven, houden zich de spierstroomen gestadig door het geheele ligchaam in evenwigt, waar de elektriciteit vermoedelijk voor een gedeelte in warmte overgaat (vergel. bladz. 164). Wanneer men een geleidenden boog met twee plaatsen der ligchaamsoppervlakte verbindt, kan men derhalve ook stroomen zien ontstaan, die natuurlijk als resultanten van vele en in verschillende rigtingen verloopende stroomen zeer onregelmatig zijn. Bij den

mensch zijn zulke stroomen wegens den weêrstand van de huid nog niet voortgebragt, doch wel bij den kikvorsch: de zoogen. „kikvorschstroom," waarvan het bestaan reeds bekend was (MATTEUCCI) vóór dat van den spierstroom.

Of alle krachten die in de spier vrij worden als elektriciteit voor den dag komen, dan wèl of ook warmte in de rustende spier ontwikkeld wordt, is niet bekend, vermits men nog niet onderzocht heeft, of het bloed, dat uit de spier komt, warmer is dan het naar binnen stroomende; ware dit niet het geval, dan zou men moeten aannemen, dat de rustende spier alleen door het bloed verwarmd wordt (bladz. 173) en dat hare oxydatieprocessen alleen tot de vorming van elektriciteit besteed worden.

Afwijkingen der stof- en krachtwisseling in de spier.

a. door het afsterven.

De rustende spier kan in twee rigtingen veranderingen ondergaan; in de eerste worden hare verrigtingen onder vermindering van het verbruik van zuurstof verminderd, in de tweede onder vermeerdering van de ademhaling „vermeerderd. De eerste van deze veranderingen is het afsterven der spier, de tweede is de overgang in den „werkzamen toestand," d. i. in een toestand, waarin de verrigtingen toenemen en een nieuwen vorm, dien van den werktuigelijken arbeid, aannemen.

De spier sterft af, zoodra hare normale stofwisseling (hare oxydatieprocessen) wordt afgebroken; dus voornamelijk bij het afbreken van de spierademing door den slagaderlijken aanvoer van zuurstofhoudend bloed af te snijden, of door den dood van het geheele ligchaam. Hierbij hebben binnen korten tijd (waarschijnlijk zoodra de voorraad zuurstof, die in de spier nog aanwezig is, bladz. 180, verteerd is) scheikundige veranderingen in de spierzelfstandigheid plaats; vooreerst stolt het strembare bestanddeel der spier, onder het te voorschijn treden van eene zure reactie. Hierbij wordt de inhoud der spierbuis vast, krijgt hij een troebel voorkomen en verliest het vermogen om golven te vormen; ten gevolge daarvan neemt de geheele spier eene pappige gesteldheid aan. Te gelijker tijd verandert zij van vorm, zij wordt korter en dikker. Zijn de afstervende spieren in het lijk in hare natuurlijke verbindingen, alsdan nemen de ledematen door hare verkorting onbewegelijke houdingen aan, alsof alle spieren zich actief hadden zaâmgetrokken. Men noemt dezen toestand, waarin het geheele ligchaam onbewegelijk stijf is, lijkverstijving, en dezen naam

geeft men daarom ook aan den toestand van de afstervende spier.

Zoodra de oxydatieprocessen ophouden, moeten ook de verrigtingen der spier ten einde loopen; dus verdwijnt de spierstroom, zoodra de lijkverstijving voor den dag komt. — Nadat de verstijving eenigen tijd geduurd heeft, verdwijnt de verkorte gedaante der spier ten gevolge van de rotting, die te voorschijn komt, de ledematen van het lijk worden weder bewegelijk, „de verstijving wordt opgeheven;" tegelijk daarmede gaat de zure reactie in eene alkalische over.

De tijdruimte, gelegen tusschen het ophouden van den toevoer der zuurstof en het verschijnen van de lijkverstijving is bij de verschillende dieren en onder verschillende omstandigheden niet gelijk. Bij warmbloedige dieren is zij zeer kort, de verstijving komt bijna onmiddellijk na den dood te voorschijn; bij koudbloedige dieren is zij, vooral bij eene lage temperatuur, veel langer. Voorts komt de verstijving zeer snel tot stand, als de spier, voordat de toevoer der zuurstof is afgebroken, aanhoudend werkzaam (tetanisch zamengetrokken, zie beneden) is geweest; waarschijnlijk is in zulke gevallen door het groote verbruik van zuurstof geen voorraad daarvan aanwezig.

Door het feit, dat bij de lijkverstijving eene verkorting der spieren plaats heeft, evenals bij hare werkzaamheid (zie beneden) heeft men zich een tijd lang valsche voorstellingen gevormd van het wezen der verstijving. Men hield haar voor eene actieve zamentrekking, voor de „laatste uiting van de levensenergie." Eerst nadat BRÜCKE de aanwezigheid van een stolbaar ligchaam in de spier had vermoed en KÜHNE die werkelijk heeft aangetoond, is de leer, die wij hier hebben opgegeven, algemeen aangenomen. — Als men, na het bloed uit de vaten (met eene oplossing van keukenzout) uitgespoten te hebben, de spier uitperst, dan verkrijgt men eene neutrale vloeistof, die na verloop van eenigen tijd van zelf stolt, en daarbij meestal eene zure reactie aanneemt. De stremming komt des te spoediger voor den dag, naar mate de temperatuur hooger is, en heeft oogenblikkelijk bij een bepaalden warmtegraad plaats, welke voor de koudbloedige dieren gemiddeld bij 40° C., voor de zoogdieren (en den mensch) bij 49—50°, voor vogels bij 53° is gelegen (KÜHNE). Deze warmtegraden veroorzaken natuurlijk ook in de levende spieren stremming en verstijving; de laatste wordt „warmteverstijving" genoemd (PICKFORD). Bij hoogere warmtegraden komen altijd op nieuw stremmingen in het uitgeperste vocht voor den dag, tot dat eindelijk bij 90° de laatste stremming plaats heeft. Er schijnt dus tusschen de van zelf stremmbare eiwitachtige ligchamen en dat, hetwelk bij 90° stolt in de spier eene geheele reeks van proteïnestoffen te bestaan, welke bij verschillende warmtegraden stremmen. Een daaronder (75°) is het gewone eiwit.

Als eene spier door het afsnijden van haar toevoer aan zuurstof (onderbinding van de slagader, of algemeene dood) hare normale gesteldheid, d. i. hare opwekbaarheid verloren heeft, kan men deze, zoo lang zich nog geen stolling en verstijving hebben voorgedaan, weder tot stand brengen, als men den toevoer der zuurstof herstelt, b. v. door het losmaken van de slagader-ligatuur, (STENSON), of door inspuiting van slagaderlijk bloed (BROWN-SÉQUARD). Doch de opgave, dat men dit resultaat ook nog zou verkrijgen nadat de verstijving reeds is tot stand gekomen (BROWN-SÉQUARD), is niet bevestigd geworden (KÜHNE).

b. Door de werkzaamheid.

De tweede, uit een physiologisch oogpunt meer belangrijke verandering in den toestand der spier is de overgang in den „werkzamen toestand," d. i. in een toestand, waarin onder verhooging der oxydatieprocessen de verrigtingen toenemen en de vrij wordende krachten in een nieuwen vorm, als werktuigelijke arbeid, voor den dag komen.

Vrijmaking van de werkzaamheid der spier.

De invloeden, welke dezen overgang te voorschijn roepen, noemt men prikkels, den actus van den overgang zelf: opwekking, en het vermogen der spier om door de prikkels opgewekt te worden, hare opwekbaarheid of irritabiliteit. Voor zoover de prikkels nieuwe hoeveelheden van spankrachten in levende krachten overbrengen, verhouden zij zich tegenover deze als vrijmakende krachten (bladz. 5—6), en men spreekt daarom van het vrijmaken der spierwerkzaamheid door de prikkels. — De normale prikkel voor de spier gaat altijd uit van de („motorische") zenuw, die zich in haar verspreidt, en bestaat in een onbekend proces, waarover in het eerstvolgende hoofdstuk zal gesproken worden. Er bestaan evenwel nog veel andere spierprikkels, welke deels ten gevolge van ziekelijke omstandigheden, deels als zij kunstmatig worden aangewend, opwekkend op de spier werken.

Men was een geruimen tijd van meening, dat er geen regtstreeksche spierirritabiliteit bestond, d. i. dat alle prikkels, welke op de spier regtstreeks en met goed gevolg waren aangewend, alleen de zenuwuiteinden, die in de spier zijn verspreid, en eerst door hunne tusschenkomst middellijk de spier opwekken. De volgende gronden hebben tegenwoordig de zaak ten voordeele van de regtstreeksche opwekbaarheid der spieren beslist: 1. zelfs spierfragmenten, die geen zenuwen bezitten (de uiteinden van den sartorius bij den kikvorsch) kunnen door regtstreeksche prikkels tot werkzaamheid aangezet worden (KÜHNE); 2. Er bestaan spierprikkels, die de zenuwen niet vermogen op te wekken (KÜHNE); 3. Stoffen, die de eigenschap hebben van de zenuwen, en inzonderheid de intramusculaire zenuwuiteinden, ongeschikt te maken om te functioneren, nemen de regtstreeksche opwekbaarheid van de spier niet weg (vergiftiging met het indiaansche pijlgif, curare, KÖLLIKER); 4. onder zekere omstandigheden (vermoeijenis van de spier) roept eene plaatselijke prikkeling van de spier slechts eene plaatselijke beperkte zamentrekking te voorschijn, die alleen op de plaats van de prikkeling voor den dag komt, onverschillig hoe zich de zenuwvezels verspreiden, die op deze plaats door den prikkel getroffen zijn (SCHIFF, KÜHNE).

De tot nu toe bekende prikkels voor de spier zijn: 1. de normale, van de zenuw uitgaande prikkel, die òf van het centrale zenuwstelsel (wil, automatie, reflexie) òf van een geprikkeld punt der zenuwbaan uit naar de spier geleid is; 2. elektrische prikkels; het is doelmatiger, de

nadere bijzonderheden hierover bij de zenuwen (Hoofdstuk XI) op te geven, waarop zij naar dezelfde wetten werken; 3. scheikundige prikkels. Als zoodanig moeten in het algemeen alle zelfstandigheden beschouwd worden, die spoedig veranderingen in de scheikundige zamenstelling van den spierinhoud te voorschijn roepen; voor een gedeelte doen zij tegelijker tijd de strembare spierzelfstandigheid stremmen, zoodat in het oogenblik der werkzaamheid terstond verstijving tot stand komt. Onder die, welke het zachtst werken, zijn bekend (KÜHNE): verdunde minerale zuren (zoutzuur reeds in eene oplossing van 0,1%), verdunde oplossingen van metaalzouten, oplossingen van chlooralkaliën, verdund melkzuur, verdunde glycerine, ammoniak, zelfs sporen daarvan in verdunde oplossingen (dampen, die met de spieren in aanraking komen); voorts (v. WITTICH) reeds eenvoudig gedestilleerd water, als het in de vaten der spier wordt ingespoten. De meeste van deze zelfstandigheden werken volstrekt niet opwekkend op de zenuwen, b. v. ammoniak, of niet dan in eene sterke concentratie (vergel. boven); 4. thermische prikkels, d. i. warmtegraden boven 40°, inzonderheid eenigzins sterk verhitte ligchamen, die met de spier in aanraking komen; 5. werktuigelijke prikkels, elke plotselinge, met geweld gepaard gaande verandering van gedaante, welke de spiervezel aan de eene of andere plaats ondergaat (drukking, kneuzing, trekking, uitrekking enz.); 6. ook houden sommigen het licht voor een spierprikkel, omdat de (gladde) spiervezels van de iris zich zamentrekken, als het licht er regtstreeks op invalt (BROWN-SÉQUARD). — Vooralsnog zijn wij geheel in het onzekere aangaande de wijze waarop deze prikkels inwerken.

Dezelfde sterkte van een prikkel heeft bij eene en dezelfde spier niet onder alle omstandigheden hetzelfde effekt; nu eens worden daardoor meer, dan eens minder krachten vrijgemaakt, met andere woorden: de opwekbaarheid van de spier is niet altijd even groot. Voorzooverre wij thans weten, hangt zij van de volgende omstandigheden af: 1. Zij neemt toe met het zuurstofgehalte der spier; in de uitgesneden spier is zij het grootst, als zij in zuiver zuurstofgas is gelegen (v. HUMBOLDT, KRIMER, G. v. LIEBIG); 2. zij is des te grooter, naar mate de spierstroom sterker is (DU BOIS-REYMOND); 3. zij is voor elk organisme bij eene zekere gemiddelde temperatuur het grootst en neemt met het dalen of rijzen daarvan af; 4. door voorafgegane ingespannen werkzaamheid vermindert zij voor een poos; deze vermindering noemt men „spiervermoeijenis." Het is mogelijk dat de opwekbaarheid op de volgende momenten berust: *a.* de ophooping van oxydatieprodukten in de spier, die bij de werkzaamheid in eene groote hoeveelheid worden gevormd (zie be-

neden) en misschien niet spoedig genoeg door opslorping worden verwijderd; in dat geval zou men moeten aannemen, dat zij den een of anderen nadeeligen invloed op de werkzaamheid uitoefenen; *b.* het ontbreken der specifieke bestanddeelen, op de oxydatie waarvan de werkzaamheid berust, en die waarschijnlijk alleen tijdens de rust, uit stoffen die in het bloed aanwezig zijn, worden gevormd (bladz. 180); *c.* het gebrek aan zuurstof, die in eene groote hoeveelheid, misschien meer dan de toevoer bedraagt, bij de werkzaamheid verbruikt wordt. — Misschien brengen deze drie oorzaken te zamen genomen of elk afzonderlijk verschillende soorten van spiervermoeijenis voort, ofschoon meesttijds slechts de eerste als zoodanig wordt genoemd. Voor de mogelijkheid van de laatste pleit inzonderheid, dat soms de vermoeijenis uiterst snel plaats heeft, als de werkzaamheid, al zij het ook maar voor een oogenblik, wordt afgebroken (b. v. als men den arm stijf houdt). 5. De opwekbaarheid neemt in de spieren, die uit het ligchaam verwijderd zijn, als ook in die van het gestorven ligchaam af, bij warmbloedige dieren zeer spoedig, bij koudbloedige langzaam; bij de laatsten houdt de opwekbaarheid dikwijls dagen lang aan; 6. alle invloeden, die de normale zamenstelling van den spierinhoud werkelijk veranderen, verminderen de opwekbaarheid, kunnen haar zelfs doen ophouden; 7. zoodra de lijkverstijving in het midden treedt, houdt de opwekbaarheid voor goed op. Is de opwekbaarheid door een der genoemde invloeden, met uitzondering van den laatsten, zeer verminderd, dan kan men haar in een zekeren graad weder herstellen, als een sterke constante galvanische stroom een tijd lang door de spier in hare lengterigting heengaat (HEIDENHAIN). In het 11de hoofdstuk, waarin wij over de wijzigingen van de opwekbaarheid der zenuwen spreken, zullen wij trachten daarvoor eene verklaring te geven.

De werkende spier nu onderscheidt zich, gelijk reeds gezegd is, van de rustende door een verhoogd oxydatieproces en door vermeerderde en in vorm veranderde verrigtingen (vermindering in de ontwikkeling van elektriciteit, verhooging van de warmteproductie en ontstaan van werktuigelijken arbeid).

1. De veranderingen in de stofwisseling.

De verhooging der oxydatieprocessen wordt bewezen: *a.* door het vermeerderde verbruik van zuurstof, *b.* door de vermeerderde vorming van oxydatieprodukten. Het eerste is wel is waar niet regtstreeks aan de geïsoleerde spier aangetoond, maar men heeft daarentegen gevonden, dat het organisme onder den spierarbeid meer zuurstof verteert dan in de rust (LAVOISIER, REGNAULT en REISET, HIRN). — Voor het laatste

feit spreekt: 1) de vermeerderde vorming van koolzuur in de werkzame (geïsoleerde) spier (G. V. LIEBIG, VALENTIN); hiermede komt overeen, dat het aderlijke bloed der werkzame spier donkerder is, dan dat van de rustende (BERNARD). Reeds vroeger was het bekend, dat het organisme gedurende den arbeid meer koolzuur afgeeft, dan tijdens de rust (VALENTIN, SCHARLING, VIERORDT). 2. De scheikundige zamenstelling van den spierinhoud verandert gedurende de werkzaamheid op eene wijze, waaruit men tot verhoogde oxydatieprocessen mag besluiten, namelijk: *a*) de reactie van de spierzelfstandigheid gaat uit de neutrale in de zure over, die hoogstwaarschijnlijk door melkzuur wordt veroorzaakt (DU BOIS-REIJMOND): het laatste is zonder twijfel een oxydatieprodukt; *b*) de in alkohol oplosbare bestanddeelen der spier nemen gedurende de werkzaamheid toe, doch die in water oplosbaar zijn, nemen af (HELMHOLTZ); onder de eersten komen echter belangrijke oxydatieprodukten voor, terwijl de laatsten de in water oplosbare albuminaten bevatten; *c*) men heeft van sommige oxydatieprodukten der eiwitachtige ligchamen regtstreeks bewezen, dat zij in de werkzame spier toenemen, hetgeen inzonderheid het geval is met de kreatine en hypoxanthine (J. LIEBIG, SCHERER). De oxydatie gaat evenwel in den normalen toestand niet zoo ver dat er pisstof gevormd wordt.

Wij weten nog niet, welke bestanddeelen der spier tijdens de werkzaamheid geoxydeerd worden, voorts of er bij de stoffen die tijdens de rust geoxydeerd worden, nog nieuwe bijkomen, dan wèl of gene eenvoudig hooger geoxydeerd worden. De oude meening, dat de oxydatie uitsluitend bij stikstofhoudende zelfstandigheden zou voorkomen, en dat deze door den spierarbeid hoofdzakelijk zouden verbruikt worden (J. LIEBIG), is in den laatsten tijd betwijfeld geworden. Tegen deze meening pleit namelijk: 1. dat de uitscheiding van pisstof door den spierarbeid niet vermeerderd wordt (BISCHOFF en VOIT, vergel. bladz. 169); 2. dat in de arbeidende spier melksuiker ontstaat; tegenwoordig weet men ook dat suiker een normaal bestanddeel van de spier is (MEISSNER). De tegenovergestelde bewering, dat geen andere dan niet-stikstofhoudende zelfstandigheden bij den spierarbeid geoxydeerd worden (M. TRAUBE) gaat ook niet door, omdat de vermeerdering van de kreatine bij den spierarbeid nog twijfelachtig is. — Het meest waarschijnlijk is dus, dat er bij den spierarbeid splitsingsprocessen plaats hebben, waaruit deels stikstofhoudende oxydatieprodukten (kreatine, enz.), deels niet-stikstofhoudende produkten (suiker — MEISSNER, J. RANKE — inosiet, melkzuur) ontstaan.

2. De veranderingen in de verrigtingen.

a. De ontwikkeling van elektriciteit neemt af als de rustende spier werkzaam wordt (DU BOIS-REIJMOND.) Als men van twee punten der spier een (sterken of zwakken) stroomarm van den spierstroom naar den multiplicator afleidt, en de spier zoodanig prikkelt, dat zich slechts ééne phase van werkzaamheid openbaart (b. v. eene [tetanische] zamentrekking, zie beneden), dan heeft dit op den stand van de naald

geen invloed, omdat zij te traag is om de spoedige afwijkingen van den stroom te volgen. Doch laat men de prikkeling eenige keeren zoo snel op elkander volgen, dat de spier in eene blijvende werkzaamheid wordt overgebragt (zoogen. „tetanus," zie beneden), dan wijkt de naald uit haar stand, die aan den rustenden spierstroom beantwoordt, terug in de rigting naar het nulpunt, en springt zelfs over het nulpunt heen tot in het negatieve kwadrant. Deze vermindering van den spierstroom wordt de „negatieve variatie van den stroom" genoemd. Men kan haar ook bij den mensch aantoonen, als men beide handen in de geleidingsbakjes van den multiplicator dompelt en, zoodra de naald tot rust gekomen is, plotseling de spieren van een arm tetanisch zamentrekt. — Men kan de negatieve variatie van den stroom ook nog langs een anderen weg aantoonen, en deze methode is ook toereikend voor eene enkele zamentrekking. Leidt men namelijk den spierstroom door de zenuw van eene tweede spier, door de zenuw eenvoudig over de eerste spier heên te drukken, dan blijft de tweede spier natuurlijk in rust (nadat de [tetanische] zamentrekking, die soms bij het leggen van de zenuw over de spier is ontstaan, opgehouden heeft, zie bladz. 181—182). Zoodra men echter de eerste spier in werkzaamheid heeft gebragt, moet het plotseling verminderen van den spierstroom de zenuw opwekken, gelijk dit ook plaats heeft door elke plotselinge vermindering of vermeerdering van een elektrischen stroom, die door de zenuw gaat; ten gevolge daarvan trekt de tweede spier zich [tetanisch] zamen, de zoogen. „secundaire [tetanische] zamentrekking."

Hoe ver de spierstroom kan afnemen en of hij zelfs omkeeren kan, is onbekend; zeer waarschijnlijk hangt de grootte der vermindering met de energie van de werkzaamheid zamen. — Over de verhouding van den tijd der negatieve variatie tot de ontwikkeling van den werktuigelijken arbeid, zie beneden. — Men moet zich in het bladz. 183 gegeven moleculaire schema de negatieve variatie van den stroom voorstellen als eene vermindering van de elektrische tegenstelling in de helften van de dipolaire moleculen.

b. Zoolang de spier werkzaam is, heeft daarin warmteontwikkeling plaats (in geval reeds tijdens de rust warmte voortgebragt wordt, neemt zij toe; vergel. bladz. 184). De aanhoudend (tetanisch) werkzame spier wordt dus warmer dan de rustende was (HELMHOLTZ).

Door tetaniseren kunnen kikvorschspieren 0,15° C. warmer worden. Het aantoonen en meten der warmte geschiedt door thermo-elektrische ketens, waarvan eene reeks van aan elkander gesoldeerde plaatsen met de spier in aanraking is, terwijl de andere eene standvastige temperatuur behoudt; men vergelijkt de afwijking der naald van den multiplicator terwijl de spier in rust of in werkzaamheid verkeert, of om ons eenvoudiger uit te drukken: men laat de temperatuur der rustende spier en die van de vrije aan elkander gesoldeerde plaatsen zich met elkander in

evenwigt stellen, zoodat de naald op O staat, en neemt alsdan de afwijking waar, die tijdens de werkzaamheid ontstaat. — Over de betrekking, waarin de ontwikkeling van warmte tot den werktuigelijken arbeid staat, zie beneden. — Volgens eene latere opgave van SOLGER zou de toeneming van warmte, die bij het tetaniseren van de spier ontstaat, door eene korte vermindering van temperatuur („negatieve variatie van de warmte") worden voorafgegaan (vergel. beneden).

c. Behalve de ontwikkeling van warmte komt in de werkzame spier werktuigelijke arbeid, beweging tot stand, welke het belangrijkste en meest in het oogloopende resultaat is van de krachten, die in de werkzame spier vrij worden. Zij wordt daarom bij voorkeur met den naam van spierarbeid bestempeld. De vorm van deze beweging bestaat in eene verandering van de gedaante der spier, namelijk verkorting van de lengte-as (of van de primitiefbuizen) en verdikking in de dwarssnede; de vormverandering heeft met zulk eene energie plaats, dat zij zelfs belangrijke hinderpalen, die haar in den weg staan, kan overwinnen. De hinderpalen werken bijna altijd de verkorting tegen, en bestaan in krachten, die de beide eindpunten van de spier uit elkander houden; het geval, dat het meest voorkomt en waartoe als het ware alle overige kunnen teruggebragt worden, is dat waarbij men zich voorstelt, dat onder aan de spier, die men zich als opgehangen denkt, een last hangt. Door de verkorting der spier wordt deze last in de hoogte geheven, en de werktuigelijke arbeid, die daarbij wordt verrigt, wordt uitgedrukt door het produkt van den last met de hoogte, waartoe hij geklommen is; hierbij moet nog opgeteld worden de arbeid, welke ontwikkeld wordt door de verkorting van de spier, die men zich niet-belast voorstelt, namelijk: gelijk men gemakkelijk begrijpt, het produkt van het gewigt der spier met de halve hoogte van de klimming; is dus P het gewigt der spier, p de last en h de hoogte van klimming, dan is de arbeid =

$$\frac{Ph}{2} + ph = \left(\frac{P}{2} + p\right) h.$$

Bij groote lasten (en deze zijn meestal veel grooter dan het gewigt van de spier) kan men P buiten rekening laten en is de arbeid = ph.

Met de verkorting en verdikking der spier is te gelijkertijd eene vermindering in volume, dus eene verdigting verbonden. Brengt men namelijk spieren in een gesloten vat, dat met vocht gevuld en met eene opstijgende buis voorzien is, en doet men de spieren zich zamentrekken, dan daalt tijdens de contractie de vloeistof in de opstijgende buis (ERMAN).

De verkorte spier is verder minder veêrkrachtig, dus rekbaarder, dan de rustende (ED. WEBER).

Na elken eenvoudigen prikkel doet zich de beweging van de spier voor in den vorm van een proces, dat snel ten einde loopt, en dat men eene „(tetanische) zamentrekking" noemt. De verkorting begint niet terstond bij de inwerking van den prikkel, maar er verloopt eerst een korte tijd (tot $^1/_{100}$ seconde) voordat de zamentrekking begint, gedurende welken dus de spier voor het oog in rust blijft, de tijd van de „latente prikkeling" (HELMHOLTZ). Daarop begint de verkorting en neemt, in de hoofdzaak (vergel. beneden) met eene afnemende snelheid, toe tot dat zij een zeker maximum heeft bereikt. Nu beginnen de verkortende krachten allengs zwakker te worden, en de spier wordt door den last die aan haar hangt eerst snel, vervolgens langzamer weder tot hare vroegere lengte uitgerekt. Is de spier in het geheel niet belast, zelfs niet door haar eigen gewigt (b. v. als zij op kwik ligt), dan behoudt zij ongeveer denzelfden vorm, dien zij op het oogenblik van hare hoogste verkorting had (KÜHNE); is zij te weinig belast, dan krijgt zij niet volkomen de oorspronkelijke lengte weder (L. HERMANN). — Wanneer men zich dus het bovenste uiteinde van eene spier, die loodregt is opgehangen, bevestigd voorstelt en zich tevens eene vlakte denkt, die voor het onderste uiteinde in eene horizontale rigting met gelijkmatige snelheid spoedig wordt voortbewogen, dan beschrijft dat onderste uiteinde op deze vlakte de volgende curve (waarvan de abscissen aan de tijden, de ordinaten aan de verkortingen beantwoorden): zij loopt van het oogenblik der prikkeling af eerst eene poos op de as der abscissen (latente prikkeling), daarna loopt zij opwaarts en klimt, grootendeels concaaf naar de as van de abscissen, tot dat zij haar hoogste punt heeft bereikt; daarop daalt zij (als de spier genoegzaam belast is) langzamerhand weder naar de as der abscissen af (HELMHOLTZ).

Men heeft dit „tijdelijk verloop van de (tetanische) zamentrekking der spier" langs de volgende methoden nagegaan (HELMHOLTZ). 1. Men belast het onderste uiteinde van de spier, zooals boven is opgegeven, met een klein gewigt en voorziet het met een schrijfstift, welke de curve op een zeer snel draaijenden cilinder opteekent. Hiertoe is het noodig, dat de draaijing van den cilinder, althans zoolang de (tetanische) zamentrekking aanhoudt, met eene gelijkmatige snelheid plaats heeft; en wijders, dat de stift niet eerder en niet later dan juist op het oogenblik van de prikkeling, op den cilinder begint te schrijven. De toestel, die zoo naauwkeurig mogelijk aan beide voorwaarden voldoet, heet „myographion." — 2de methode: De lengte van de spier is in elk oogenblik het resultaat van de verkortende kracht en de uitrekkende (belasting). Vermits nu de laatste kracht gedurende de geheele (tetanische) zamentrekking dezelfde blijft, komt het er op aan na te gaan, op welke wijze de verkortende kracht (of de „energie") van de spier met den tijd toeneemt. Te dien einde doet men achtereenvolgens eene reeks van proeven: bij elke daarvan wordt aan de spier eene bepaalde taak opgelegd, tot het vervullen waarvan zij eene bepaalde energie moet bereiken, terwijl telkenmale de tijd gemeten wordt, die er verloopt van het oogenblik der prikkeling tot dat de spier hare taak heeft volbragt. Het is duidelijk dat, als men

de gevondene tijden als abscissen, en de energie, welke aan elke taak beantwoordt, als ordinaten aangeeft, men punten van de gezochte curve moet verkrijgen. — De eerste taak, die men de spier moet opleggen, bestaat hierin, dat zij begint zich te verkorten, d. i. haren last ten bedrage van een minimum op te ligten; de tijd, die hiertoe noodig is, geeft de lengte van de latente prikkeling te kennen. Men meet den tijd in dier voege, dat men op het oogenblik van de prikkeling tegelijkertijd eene keten sluit, in den boog waarvan een galvanometer en een metalen contakt is tusschengevoegd, en dat de spier op het oogenblik waarop de (tetanische) zamentrekking begint (zoodra de spier zich ten bedrage van een minimum zamentrekt) het metalen contakt en dus den „tijdmetenden" stroom opent. Men kan volgens eene bepaalde formule uit de afwijking van de naald gedurende de sluiting, den tijd van de sluiting, derhalve den gezochten tijd, berekenen (methode van POUILLET om zeer kleine tijdruimten te meten). — Bij de volgende voorwaarden moeten door de spier bepaalde energieën bereikt worden. De verkortende krachten op elk oogenblik van de (tetanische) zamentrekking kunnen uitgedrukt worden door de uitrekkende krachten, welke gene volkomen in evenwigt kunnen houden, met andere woorden: door den last welke, als hij in het bedoelde oogenblik aan de spier wordt gehangen, noch zou moeten worden opgetrokken, noch eene verlenging zou kunnen bewerken. Om nu zulk een last zóó aan te brengen, dat hij werkelijk eerst in een bepaald tijdperk der werkzaamheid aan de spier hangt, ondersteunt men de (door een kleinen last gerekte) spier aan haar onderste uiteinde zoodanig, dat een nieuw bijgevoegde last („overlading") haar niet kan uitrekken. Opdat zij zich nu ten bedrage van een minimum kan verkorten, of, om bij de bovengenoemde proeven den tijdmetenden stroom te openen, moeten klaarblijkelijk de verkortende krachten der spier juist zoover geklommen zijn, dat zij de uitrekkende krachten van de overlading in evenwigt houden (om ons duidelijker uit te drukken: ze een weinig overtreffen, hetgeen echter buiten rekening kan blijven); want op dit oogenblik wordt een gewigt aan de spier gehangen, dat (tot op een minimum na) noch opgetrokken wordt, noch eene uitrekking te weeg brengt. Wanneer men nu in eene reeks van proefnemingen hoe langer zoo grootere overladingen aanwendt, en telkenmale den tijd die er verloopt van de prikkeling tot het openen van de keten meet, dan bepaalt men de tijden, na verloop van welke de spier bepaalde energieën bereikt heeft, en kan op deze wijze het opstijgende gedeelte van de curve geconstrueerd worden. — Uit beide methoden verkrijgt men overeenkomstige resultaten.

Bijaldien twee prikkels zoo spoedig op elkander volgen, dat de (tetanische) zamentrekking, die door den eersten wordt vrijgemaakt, zoodra de tweede prikkel voor den dag komt nog niet het maximum van de verkorting bereikt, doch wel het tijdperk van de latente prikkeling overschreden heeft, dan vereenigen zich de resultaten van beide in dier voege, dat er eene sterkere (tetanische) zamentrekking ontstaat. De werking van den tweeden prikkel doet zich namelijk zoo voor, alsof de verkorte vorm, dien de spier bij het verschijnen van den prikkel reeds bereikt heeft, haar natuurlijke vorm ware (HELMHOLTZ); gelijk men ligt begrijpt, kan het maximum van de verkorting zich onder de gunstigste omstandigheden hierbij verdubbelen, namelijk, als het tijdsverschil van de beide prikkelingen gelijk is aan den duur van de enkelvoudige (tetanische) zamentrekking tot aan haar maximum.

Bijaldien verder eene reeks van prikkels met zeer korte tusschenpoozen de spier treft, dan heeft zij tusschen elke twee tusschenpoozen geen tijd om zich weder uit te rekken en blijft

hare verkorte gedaante tijdens de reeks der prikkels behouden. Men noemt dezen toestand „tetanus." Men moet alle aanhoudende spierzamentrekkingen, gelijk er zoo dikwijls in het ligchaam voorkomen, als tetanische beschouwen, d. i. zij worden door eene reeks van spoedig op elkander volgende prikkels voortgebragt (ED. WEBER). Dat elke zoodanige aanhoudende zamentrekking als eene reeks van zamentrekkingen moet beschouwd worden, volgt daaruit, dat ze gepaard gaat met eene reeks van negatieve variaties van den stroom; want legt men over de spier de zenuw van eene tweede spier, alsdan werkt op de zenuw eene reeks van prikkels, en de tweede spier geraakt in een „secundairen tetanus" (vergel bladz. 191). — Klaarblijkelijk verrigt de eenmaal verkorte spier gedurende den tetanus geen werktuigelijken arbeid meer.

Om eene spier te „tetaniseren" zijn dikwijls herhaalde elektrische prikkels het meest geschikt, b. v. door een gestadig openen en sluiten van een elektrischen stroom. Het nadere hierover in het volgende hoofdstuk. Het tetaniseren van de spier is tevens het doelmatigste middel om die eigenschappen van de werkzame spier te bestuderen, tot het goede begrip waarvan eene enkele (tetanische) zamentrekking te vlugtig is, b. v. de scheikundige veranderingen bij de werkzaamheid (bladz. 189, 190), de warmtevorming (bladz. 191), de negatieve variatie van den stroom aan den multiplicator, waarvan de trage naald niet in beweging komt op een enkele vlugtige impulsie (bladz. 191).

Ingeval slechts eene beperkte plaats eener spier of eener spiervezel door een prikkel in den werkzamen toestand wordt overgebragt, dan plant deze zich terstond over de geheele lengte van de getroffen vezels voort (KÜHNE). Voor de spieren van een kikvorsch bedraagt de snelheid dezer voortplanting nagenoeg 800—1200mm. in de seconde (AEBY, v. BEZOLD) en vermindert als de temperatuur daalt. Onder het mikroskoop vertoont zich de zamentrekking in den vorm eener golf, die over den vloeibaren inhoud van de spiervezels heenloopt (KÜHNE). Hierbij komen de dwarsstrepen digter bij elkander te liggen (ED. WEBER) en worden zij tegelijkertijd smaller, doordien de groepen, die het licht dubbel breken, zich in de rigting van de lengte-as verkorten (BRÜCKE). De krommingen van de rustende vezels (bladz. 179) verdwijnen, zoolang de spier werkzaam is (ED. WEBER). — Is de opwekbaarheid van de spiervezels verminderd, b. v. door vermoeijenis (bladz. 188), dan blijft de zamentrekking beperkt tot de plaats, die regtstreeks geprikkeld is, en er ontstaat hier, vooral bij eene sterke werktuigelijke prikkeling, tengevolge van de plaatselijke verkorting en verdikking eene wrongvormige verhevenheid (KÜHNE), waaraan men, ofschoon zij reeds vroeger bekend was, om redenen die theoretisch niet meer doorgaan, den naam van „idiomusculaire zamentrekking" (SCHIFF) gegeven heeft.

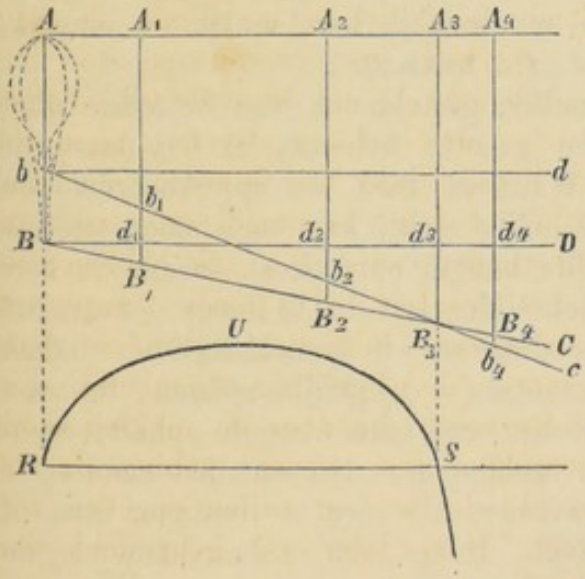
Bij eene sterke plaatselijke (werktuigelijke) prikkeling ontstaat deze wrongvormige verhevenheid ook in spieren, die nog volkomen opwekbaar zijn, gelijktijdig met de algemeene doch zwakkere zamentrekking van de geheele lengte der vezels.

Met betrekking tot de wijze, waarop zich de spierwerkzaamheid tegenover de stofwisseling der spier en de vrijmakende krachten (prikkels) verhoudt, heeft men in dit opzigt alleen aangaande den werktuigelijken arbeid nadere onderzoekingen in 't werk gesteld, die niet alleen theoretische, maar ook praktische hoogst belangrijke resultaten hebben opgeleverd.

Voor dezelfde spier en gelijke opwekbaarheid komen hier inzonderheid de volgende drie grootheden in aanmerking: de sterkte van den prikkel, de grootte van den last en die van de verkorting (klimhoogte). Wanneer twee daarvan bekend zijn, is tevens de derde bepaald. Hare onderlinge afhankelijkheid volgt van zelf uit de rigting; wordt b. v. de klimhoogte gevraagd, dan zal zij klaarblijkelijk toenemen (wanneer men al het overige als standvastig aanneemt) met het toenemen van de sterkte van den prikkel, daarentegen verminderen als de last grooter wordt. Wat de afhankelijkheid in het bijzonder betreft, is ons het volgende bekend.

1. Belasting en klimhoogte (als de prikkel gelijk is). Het produkt van beide geeft den arbeid van de spier (bladz. 192). Bij deze oppervlakkige beschouwing zou het kunnen schijnen, dat dezelfde prikkel, dus dezelfde vrijmakende kracht, in dezelfde spier altijd dezelfde arbeidsverrigtingen zou moeten vrijmaken, dat dus het produkt van belasting en klimhoogte altijd gelijk moet zijn, of beide in omgekeerde reden tot elkander staan. De proefnemingen van ED. WEBER hebben echter geleerd, dat dit niet het geval is. Dit moet daaruit verklaard worden, dat in de belaste spier nog bijzondere spankrachten, die van de grootte der belasting afhankelijk zijn, voorkomen, namelijk de veêrkracht, die door de rekking wordt veroorzaakt. Deze proefnemingen (ED. WEBER) hebben de volgende uitkomsten opgeleverd, die wij nu zullen opgeven, ofschoon over de feiten zelve eerst later zal gehandeld worden: Men neemt aan, dat de werkzame spier voor elken graad van werkzaamheid (die, al het overige gelijkstaande, van de sterkte van den prikkel afhangt), een bepaalden natuurlijken vorm Ab bezit, welke zich van dien der rustende spier AB door eene geringe lengte, grootere dikte en mindere veêrkracht (bladz. 192) onderscheidt. Gaat de spier uit den ouden vorm in den nieuwen over, dan doet zij zich juist zóó voor, als of zij over de natuurlijke lengte van den laatsten heen ware uitgerekt geweest, en gaat spoedig met elastieke krachten in den nieuwen vorm over. De beweging

moet gelijk elke elastieke beweging met eene afnemende snelheid plaats hebben, hetgeen in 't algemeen met de curve van de (tetanische) zamentrekking (bladz. 193) overeenstemt. Hetzelfde heeft plaats, als zij tijdens de rust door een last was uitgerekt; alleen met dat onderscheid, dat zij in dit geval spoedig die lengte bereikt, welke men verkrijgt, als men zich den werkzamen vorm door de belasting uitgerekt voorstelt. Het verschil in beide lengten is altijd de klimhoogte. Een eenvoudig nadenken, inzonderheid een blik op onderstaande figuur, leert nu, dat als de rekbaarheid van de werkzame spier aanmerkelijk grooter is dan die van de rustende, de klimhoogte, bij het toenemen van den last, moet afnemen, bij eene zekere belasting = O, en eindelijk negatief moet worden, met andere woorden: dat een zekere last niet meer wordt opgeligt, en, als de last nog grooter wordt, eene verlenging van de spier in plaats van eene verkorting moet plaats hebben. Is namelijk AB de natuurlijke lengte van de rustende spier, — denkt men zich verder zekere belastingen als abscissen op de as BD en de daaraan beantwoordende uitrekkingen naar beneden als ordinaten aangegeven, dan is BC de rekkingscurve *) der rustende spier en zijn A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3 enz. de lengten der spier, welke beantwoorden aan de lasten Bd_1, Bd_2, Bd_3 enz. Is vervolgens Ab de natuurlijke lengte van de werkzame spier (voor een zekeren prikkel), en hare elasticiteit een weinig geringer dan die van de rustende spier, dan zal hare rekkingscurve bc steiler naar beneden loopen dan BC, en deze in een zeker punt (B_3) snijden. Omdat nu A_1b_1, A_2b_2, A_3b_3, A_4b_4 enz. de lengten van de belaste werkzame spier zijn, zoo stellen de afstanden B_1b_1, B_2b_2 enz. tusschen BC en bc, de klimhoogten voor. Men ziet bij den eersten oogopslag, dat zij hoe langer zoo kleiner, bij B_3 = O en verder (B_4b_4) negatief worden; bij dit punt begint eene verlenging in plaats van de verkorting (A_4B_4 wordt A_4b_4). — Al deze gevolgtrekkingen komen met de proefnemingen (ED. WEBER)



*) Deze curve, welke werkelijk eene kromme lijn is (laten wij aannemen eene hyperbool, zie bladz. 179) is hier eenvoudigheidshalve als eene regte lijn geteekend.

overeen, hetgeen ook met de overige het geval is, die men uit de theorie kan afleiden (L. HERMANN). — De arbeid, dien de spier bij de verschillende belastingen verrigt, is het produkt van de abscissen (Bd_1, Bd_2, enz.) en de klimhoogten. Men ziet ligtelijk, dat deze produkten zoowel bij B als bij $B_3 = O$, en in het midden (bij de helft van den last Bd_3, die niet hooger kan opgeheven worden) het grootst zijn; aan gene zijde van B_3 worden zij negatief. Men kan ze door de curve RUS voorstellen *).

De klimhoogte en belasting staan derhalve in eene verhouding, die een gevolg is van den vorm en de elasticiteit der spier tijdens de werkzaamheid. De verandering van veêrkracht staat altijd volgens bepaalde, nog niet onderzochte wetten in verband met de verandering in vorm. Voor de verdere punten, die nu nader moeten onderzocht worden, is het beter in plaats van de correlatieve hoegrootheden belasting en klimhoogte, de „vormverandering" te nemen.

2. Sterkte van den prikkel en vormverandering. Er zijn nog geen wetten bekend voor de afhankelijkheid van deze beide hoegrootheden; men weet alleen, dat de hoegrootheid der vormverandering, met het toenemen der intensiteit van den prikkel, eerst zeer spoedig, vervolgens gedurig langzamer vermeerdert en eindelijk haar maximum bereikt, welk zij niet te boven gaat. (L. HERMANN).

Voor spieren van dezelfde gesteldheid (van hetzelfde dier) die eene verschillende grootte hebben, is het daarmede zeer eenvoudig gesteld. Wanneer men de opwekbaarheid en de sterkte van den prikkel gelijk stelt, kan eene spier een des te grooteren last tot dezelfde hoogte optrekken, naarmate hare dwarssnede grooter is, en denzelfden last des te hooger, naarmate zij langer is. Het bewijs daarvoor is gemakkelijk te vinden. Denkt men zich een zeker aantal (= n) gelijke spieren, waarvan elke een enkelvoudigen last tot eene zekere hoogte opheft, evenwijdig digt naast elkander gehangen, dan ontstaat eene spier van eene n voudige dwarssnede, die den n voudigen last tot de enkelvoudige hoogte opheft. Hangt men ze daarentegen in de lengte de eene aan de andere, dan ontstaat eene spier van eene n voudige lengte, welke den enkelvoudigen last tot eene n voudige hoogte opheft.

Het arbeidsmaximum bij de sterkste prikkeling zou de natuurlijkste maat zijn voor het maximum der levende krachten, die in de spier bij de hoogste opwekbaarheid en de sterkste prikkels vrij kunnen worden. Daar evenwel het maximum van

*) In de werkelijkheid, waarin de rekkingscurven anders gevormd zijn, ligt het maximum van den arbeid niet in het midden, maar verder naar voren. — Ook is de arbeid van de niet-belaste spier in de werkelijkheid niet = O, omdat hij immers zijn eigen gewigt in de hoogte opheft (bladz. 192).

arbeid eene grootheid is die afhankelijk is van de belasting (bladz. 197, 198), zoo bepaalt men liever in de plaats daarvan eene andere grootheid, waaraan men den naam van „volstrekte spierkracht"heeft gegeven. Men kiest daartoe den last, die de, haar maximum bereikt hebbende, verkorte krachten der spier juist in evenwigt houdt, met andere woorden: de belasting, welke de spier bij de sterkste prikkels niet meer kan optrekken (die dus aan de abscis Bd_3 in vorenstaande figuur beantwoordt, ED. WEBER). Deze „volstrekte kracht" hangt natuurlijk, daar zij door een gewigt wordt uitgedrukt, alleen van de dwarssnede der spier af en wordt gewoonlijk als de vlakteeenheid van de dwarssnede opgegeven. Voor den □ Cmtr. van den gastrocnemius van den mensch bedraagt zij 0,7—1 kgrm. (ED. WEBER).

Aangaande de verhouding van den tijd der verschillende processen bij den spierarbeid is vooralsnog alleen bekend, dat de negatieve variatie van den stroom in het tijdperk der latente prikkeling, derhalve voordat de werktuigelijke arbeid begint, plaats heeft (HELMHOLTZ) en slechts zeer kort ($^1/_{1000}$ seconde) duurt (v. BEZOLD). — Wij weten niet, in welk tijdperk van den spierarbeid de warmtevorming haar maximum bereikt. Uit eenige nieuwe onderzoekingen (BÉCLARD, SOLGER) heeft men aangenomen, dat de warmtevorming en de werktuigelijke arbeid niet gelijktijdig plaats hebben, en wèl, dat gene tot stand komt, resp. toeneemt, als de werkzame spier geen werktuigelijken arbeid verrigt. Dit is b. v. het geval (bladz. 193) als de spier zich verkort heeft en nu tetanisch verkort blijft, dus niettegenstaande de werkzaamheid aanhoudt, — zooals door den secundairen tetanus (bladz. 193), vermoeijenis, enz. kan aangetoond worden —, geen nieuwen werktuigelijken arbeid verrigt. De krachten, die na de verkorting vrij worden, zouden naar deze voorstelling warmte voortbrengen, en dus zou de spier in het begin van den tetanus kouder zijn dan later.

Evenwel is het ons nog niet mogelijk eene verklaring te vinden voor de bladz. 192 genoemde afkoeling („negatieve variatie van de warmte") in het begin van den tetanus. — Met betrekking tot hetgeen boven is meêgedeeld moet hier nog het geval vermeld worden, waarin eene spier, die tusschen twee punten is uitgespannen, geen werktuigelijken arbeid kan verrigten, omdat zij absoluut bevestigd is. Klaarblijkelijk zal hier bij het tetaniseren in plaats van de verkorting elastische spankracht ontstaan, die bestaan blijft zoolang de prikkeling duurt, terwijl de later vrijwordende krachten in warmte overgaan.

Vooralsnog bestaat er geen steekhoudende theorie voor de moleculaire processen bij den spierarbeid, vooral met betrekking tot de verandering van vorm en elasticiteit. De theorieën, die daarover tot nu toe, grootendeels voordat men met de elektriciteit der spier bekend was, zijn voorgesteld, zijn alle hoogst gebrekkig.

Over het nut van de willekeurige spieren voor het organisme, zie het Aanhangsel tot dit hoofdstuk.

Over de sensibiliteit der spieren zie de 3de afdeeling.

B. De gladde spieren.

De „gladde" of „organische" spieren brengen de minder krachtdadige, langzame bewegingen van de organen, die aan den wil onttrokken zijn, inzonderheid van de ingewanden tot stand. Zij vormen meestal vliezige uitgebreidheden van eene verschillende dikte (tunicae musculosae). Deze bestaan altijd uit fijne vezels, die in bepaalde, dikwijls laagsgewijs afwisselende rigtingen verloopen. Zij zijn zamengesteld uit spoelvormige, langwerpige elementen, welke met hunne lengte-as in de rigting der vezels liggen. Doch niet elk element doorloopt, zooals bij de dwarsgestreepte spieren, de geheele lengte van de vezeling, maar zij zijn op verschillende wijzen met hunne smalle uiteinden aan elkander gevoegd. Deze elementen worden voor langwerpige cellen gehouden; een vlies (sarcolemma) is nog niet met zekerheid aangetoond; daarentegen bezitten zij eene staafvormige kern. Van dwarsstrepen is geen spoor zigtbaar, somwijlen ziet men evenwel eene aanwijzing van overlangsche strepen. Men noemt ze „gladde spiervezels" of „contractiele vezelcellen."

Het onderzoek in gepolariseerd licht heeft geleerd, dat ook deze spieren ligchamen bezitten, die het licht dubbel breken (disdiaklasten), doch niet zoo geregeld gerangschikt als bij de dwarsgestreepte spieren, maar door de geheele massa verspreid; daarom moet de geheele vezel als een dubbel lichtbrekend ligchaam beschouwd worden (BRÜCKE).

De gladde spiervezels hebben dezelfde scheikundige bestanddeelen als de dwarsgestreepte. De lijkverstijving, waaraan ook deze spieren onderworpen zijn, bewijst dat zij zelfstandigheden bezitten, die vrijwillig stremmen. Omtrent de reactie, die nu eens neutraal, dan eens zuur, ook wel alkalisch is, valt hetzelfde te zeggen als bij de dwargestreepte spieren.

Voor zooverre onderzocht is, komen de eigenschappen van beide soorten van spieren, vooral de elektromotorische bijna volkomen met elkander overeen; de gaswisseling, de verandering van de zamenstelling bij de werkzaamheid, de elasticiteitsverhoudingen, de vorming van warmte in de gladde spieren, — deze en nog meer punten wachten nog op een naauwkeurig onderzoek. De werktuigelijke werkzaamheid van de gladde spieren heeft insgelijks in den vorm van eene verkorting plaats; zij heeft plaats naar dezelfde wetten, als bij de dwarsgestreepte spieren (bladz. 192), met dat onderscheid alleen dat zij veel

langer duurt, zoodat de afzonderlijke tijdperken (latente prikkeling, eene trapswijze vermeerdering van de verkorting en vervolgens weder eene vermindering) duidelijk zigtbaar zijn. Er verloopt namelijk na de prikkeling een geruime tijd voordat de verkorting begint, vervolgens trekt de spier zich zeer langzaam zamen, blijft een tijd lang in het maximum van hare zamentrekking, die vervolgens langzamerhand weder afneemt.

Het onderzoek van de gladde spiervezels stuit op zeer veel moeijelijkheden, omdat men de daarvoor vereischte bouwstoffen alleen van warmbloedige dieren kan verkrijgen, en deze zeer spoedig hare opwekbaarheid verliezen.

II. Contractiele weefselcellen.

Behalve de cellen van de gladde spieren, die met eene zamentrekbare zelfstandigheid zijn gevuld (zie boven) schijnen er nog veel andere contractiele cellen te bestaan, waarvoor inzonderheid talrijke proefnemingen op lagere dieren pleiten. De Amoeben (eene soort van infusoriën) bestaan, naar het schijnt, geheel en al uit eene contractiele zelfstandigheid, die bij 40° (vergel. bladz. 186) stremt. Men bestempelt alle zamentrekbare zelfstandigheden van lagere organismen met den naam van „sarcode."

Bij hoogere dieren zijn contractiele elementen in andere deelen dan de spieren reeds sinds lang bekend in de stervormige pigmentcellen van den kikvorsch. Later heeft men ze ook gevonden in de hoornvliescellen van hetzelfde dier (KÜHNE). Haar inhoud heeft dezelfde eigenschappen als sarcode; zij kunnen zich zamentrekken (waarbij de inhoud van de kern terugwijkt) niet alleen door eene regtstreeksche prikkeling (van het geheele hoornvlies), maar ook indirekt door uitsluitend den ondersten rand van het hoornvlies, waar de zenuwen naar binnen treden, te prikkelen. Men moet dus aannemen, dat zich de prikkel door de zenuwen, die men in der daad vertakt aan de cellen ziet eindigen, op deze voortplant. — De beteekenis van deze inrigting is nog een raadsel; vermoedelijk zal de ontdekking van dat verschijnsel nog door een aantal andere gevolgd worden, die ons misschien een duidelijker denkbeeld zullen geven van den nog zeer duisteren invloed van het zenuwstelsel op de voeding. — Men heeft in den laatsten tijd zelfs willen beweren (HAECKEL) dat de contractiliteit eene gemeenschappelijke eigenschap is van den wezenlijken inhoud (het zoogen. protoplasma) van alle dierlijke cellen zonder onderscheid.

III. De Flikkercellen.

Op zekere vlakten van het ligchaam, die met een enkel-

voudig of laagsgewijs cilinderepithelium bedekt zijn, is de oppervlakkige, resp. de éénige cellaag op hare vrije vlakte met fijne, structuurlooze haartjes, zoogen. trilhaartjes, bezet, die zich onophoudelijk bewegen. De plaatsen, waar zij voorkomen, zijn voornamelijk: het ademhalingskanaal van den ingang van den neus tot aan de longblaasjes, (bladz. 73); de vrouwelijke geslachtswerktuigen van de openingen der eileiders tot aan den buitensten baarmoedermond; hersenholten met de deelen, waarmede zij in gemeenschap staan enz. Bij genoemde bewegingen der trilharen heeft geen vrijmaking door het zenuwstelsel plaats. Zij bestaan meestal in een afwisselend ombuigen en wederoprigten van de haren; volgens sommigen zouden echter ook slingerachtige, kegelvormige en andere bewegingen voorkomen. Aan cellen, die men uit de weefsels geïsoleerd heeft, houden de bewegingen het langst aan in vloeistoffen, die dezelfde concentratie en consistentie hebben als de dierlijke, met name in bloedwei, oplossingen van eiwit, speeksel, terwijl zij daarentegen spoedig ophouden in zeer verdunde (water) of zeer geconcentreerde vloeistoffen, alsmede wanneer men de cellen laat verdroogen. Sommige zelfstandigheden, zooals aether, heffen de flikkerbeweging op. Wanneer de flikkerbeweging is opgeheven, zonder dat daarbij de cellen vernietigd zijn, kan zij door verdunde alkaliën weder te voorschijn worden geroepen (VIRCHOW). Eene verhoogde temperatuur vermeerdert de veelvuldigheid (CALLIBURCÉS), die in den gewonen toestand 1—5 trillingen in de seconde zou bedragen. — De oorzaken van de flikkerbeweging zijn nog ten eenenmale onbekend. Door den grooten invloed van de concentratie der middenstof is men tot de hypothese gekomen, dat diffusiestroomen als oorzaken in het spel zijn, die ons evenwel nog bij lange na het verschijnsel niet kunnen verklaren.

Wanneer zich beweegbare deeltjes op eene trilharige oppervlakte bevinden, dan worden zij in eene bepaalde rigting langzamerhand voortgeschoven. Bij de ademhaling- en geslachtswerktuigen geschiedt deze rigting naar de uitgangen toe. Om dit verschijnsel te verklaren moet men aannemen, dat de trilling in de eene rigting spoediger plaats heeft dan in de andere, zoodat de deeltjes van deze naar gene plaats heengeslingerd worden; anders moesten zij na elke heen- en weêrtrilling weder hunne oude plaats innemen. Over het nut van de flikkerbeweging zie bladz. 73, en over den togt van het vrouwenlijk ei zie de 4de afdeeling. — Een groot aantal infusoriën bezitten een overtreksel van trilhaartjes, waardoor zij zich in het water als 't ware voortroeijen, of zij bezitten kransen van trilharen aan den mond, die hun het voedsel toevoeren.

IV. Cellen met moleculaire beweging.

Vooralsnog heeft men de moleculaire beweging aan den korreligen inhoud der volgende cellen naauwkeurig waargenomen (BRÜCKE): kleurlooze bloedligchaampjes, etter-, slijm- en speekselligchaampjes, kraakbeencellen, pigmentcellen van de kikvorschen. Zij is dus zeer algemeen verspreid. Dat men hier te doen heeft met een verschijnsel, hetwelk van de moleculaire bewegingen van anorganische praecipitaten verschilt, blijkt daaruit, dat de beweging door vele invloeden wordt opgeheven, die het leven der cel bedreigen, en altijd met den dood van deze verdwijnt, dat wijders juist deze cellen geen blaasjes zijn, die door omhulsels zijn ingesloten en met vocht gevuld, maar uit eene weeke massa bestaan, waarin men, op grond van zekere verschijnselen, de aanwezigheid van zamengestelde holle ruimten of kanalen moet vermoeden. De rustende ligchaampjes zijn meestal in een hoop om de kern gelegen, en geven dikwijls straalvormige uitloopers naar den rand af. Inductiestroomen doen eerst de beweging ophouden en verkleinen daarna plotseling de cellen, die daarbij de korrels naar buiten drijven. Het is dus mogelijk dat de moleculaire beweging een zamengesteld verschijnsel is, dat met de overige verschijnselen van het leven innig zamenhangt. — In het voorbijgaan mogen wij hier de waarneming niet verzwijgen, dat de kleurlooze bloedligchaampjes der ongewervelde dieren die, zonder omhulsel, uit contractiele zelfstandigheid bestaan, van buiten af korrelige stoffen opnemen, waarbij zij, even als bij de Amoeben, uitloopers afgeven, die, met korrels bezet, weder teruggetrokken worden (HAECKEL).

Aanhangsel.

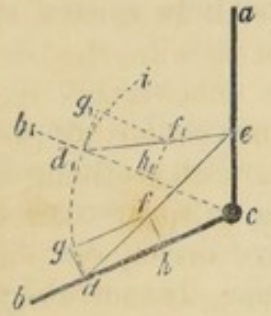
Het nut der spieren.

Op velerlei wijzen wordt partij getrokken van het vermogen der spieren om zich te verkorten, om ligchaamsdeelen, welke tegen elkander beweegbaar zijn, uit hun evenwigtsstand te brengen, en daardoor vormveranderingen aan het ligchaam te voorschijn te roepen. De evenwigtsligging der ligchaamsdeelen wordt door velerlei werktuigelijke invloeden bepaald, hoofdzakelijk door zwaarte en spanning (veêrkracht). De vormveranderingen hebben gedeeltelijk tot bewuste doeleinden (willekeurige bewegingen) plaats, gedeeltelijk worden zij veroorzaakt door

zekere mechanismen, waarvan de zitplaats in de centraalorganen van het zenuwstelsel moet gezocht worden (onwillekeurige bewegingen).

De vormverandering, die door de verkorting eener spier (men mag zich in plaats van de geheele spier ook wel eene afzonderlijke spiervezel voorstellen) veroorzaakt wordt, kan in elk geval berekend worden, als de evenwigtsligging en de bewegelijkheid der te bewegen voorwerpen, alsmede de ligging van de spier bekend is. Er komen hoofdzakelijk twee gevallen van spierwerking in aanmerking: 1. De beide uiteinden der spier zijn onderling niet verschuifbaar, maar onbewegelijk met elkander verbonden. In dit geval kan eene verkorting der spier alleen dan plaats hebben, als de spier niet regtlijnig is uitgespannen, maar in eene krommé lijn is gelegen. Dit is het geval bij de spierachtige holle organen, waarbij op eene cilindrische bolvormige of op eene andere wijze gekromde vlakte spiervezels verloopen, waarvan de uiteinden òf regtstreeks, òf door aaneenvoeging van vele vezels, in zich zelf of op een ligchaam dat als onveranderlijk moet beschouwd worden, uitloopen (darm, hart, baarmoeder, blaas, enz.). Hier zal zich bij de zamentrekking der vezels de neiging doen gelden om de regte lijn te naderen en daarom met de vlakte eene drukking uitgeoefend worden op vochten, die in de holle ruimte aanwezig zijn. — 2. De uiteinden zijn onderling verschuifbaar, hetzij beide òf slechts één bewegelijk punt (het meest gewone geval). In dit geval moet de verkorting der spier, vooropgesteld, dat deze reeds vooraf tusschen hare uiteinden was uitgespannen (bladz. 179), de beide uiteinden, en dus de deelen, waaraan de uiteinden der spier zijn vastgehecht, tot elkander brengen. Is een daarvan vastgehecht, dan verandert het andere van plaats; zijn beide bewegelijk, dan staan de verschuivingen in omgekeerde reden van den weêrstand, die de verschuiving tegenwerkt. De rigting van de verschuiving ligt volstrekt niet altijd in de regte lijn, die beide punten vereenigt. Afwijkingen van deze rigting worden veroorzaakt: a. doordien het verloop van de (uitgespannen) spier of hare verlengsels (pezen) niet regtlijnig, maar gebogen of geknikt is, b. v. doordien de spier of pees over een katrolachtig uitsteeksel loopt; — b. doordien de punten van aanhechting niet regtlijnig onderling kunnen bewogen worden, omdat hunne bewegelijkheid door een of ander mechanisme beperkt is. In dit geval wordt niet alle levendige kracht der spierwerkzaamheid (welke uit lengte, dwarssnede en graad van werkzaamheid der spier bekend wordt) tot de vormverandering gebruikt, maar een gedeelte daarvan wordt door den weêrstand van het mechanisme opgeheven, d. i. in warmte omgezet. Men vindt het

gedeelte, dat voor de vormverandering wordt gebruikt, gemakkelijk volgens het parallelogram van krachten, als men het verkortingsmoment van de spier op de rigting waarin de kracht werkt als eene lijn aanbrengt en in twee composanten verdeelt, de eene in de rigting van den absoluten weêrstand, de andere in de rigting van de bewegelijkheid; de laatste stelt de werking voor, waardoor de vorm veranderd wordt.



Zijn b. v. ac en bc twee beenderen, die door een scharniergewricht verbonden zijn, en die door de spier de tegenelkander kunnen bewogen worden (wanneer men zich daarbij ac als vast voorstelt), dan kan het punt d slechts in de rigting dg (tangent van den boog di) die loodregt op bc staat bewogen worden. Het moment van de spierverkorting df moet dus ontleed worden in de composanten dg (bewegend deel, dat den vorm verandert) en dh (rigting van den volstrekten weêrstand: — deel, dat op het gewricht drukt). — Het is duidelijk dat, wanneer de zamentrekking zich verder uitstrekt het bewegende gedeelte $d_1 g_1$ steeds grooter, het gedeelte dat op het gewricht drukt, $d_1 h_1$, kleiner wordt.

De omzetting in warmte van dat gedeelte van den spierarbeid dat „op het gewricht drukt," moet men in dier voege verstaan, dat de drukking op het gewricht de wrijving daarin vermeerdert, waardoor de warmtevorming die aan deze moet toegeschreven worden, verhoogd wordt.

De spieren, die op stijve ligchaamsdeelen (beenderen of kraakbeenderen) inwerken, loopen, daar gene bijna alle zoo bevestigd zijn dat zij om een punt kunnen draaijen, meestal in hefboomen uit, waardoor de verdeeling van haar bewegingsmoment over last en snelheid op velerlei wijzen gewijzigd is. De meeste dezer hefboomen zijn eenarmig, d. i. het aangrijpingspunt der spier en de last of de weêrstand liggen aan denzelfden kant van het draaipunt; er komen evenwel ook tweearmige hefboomen voor; een zoodanige wordt onder andere gevormd voor den voorarm door den triceps brachii, welke zich aan het olecranon bevestigt. Het aangrijpingspunt der spier ligt meestal zeer digt bij het draaipunt, zoodat de hefboomsarm der spier aanmerkelijk kleiner is, dan die van den last, daarom kunnen geen andere dan betrekkelijk kleine lasten (wanneer men zich deze aan hun natuurlijk aangrijpingspunt voorstelt), doch met des te grootere snelheid bewogen worden. Daardoor kan het ligchaam zijne bewegingen met eene zeer groote behendigheid ten uitvoer brengen. Overigens ziet men bij een weinig nadenken dat eene tegenovergestelde inrigting de gedaante des ligchaams, met name die der ledematen, zeer wanstaltig zou maken.

Ingeval verscheidene spieren in verschillende rigtingen op hetzelfde ligchaamsdeel bewegend inwerken, kan het resultaat altijd gemakkelijk gevonden worden door middel van het parallelogram van krachten; op gelijke wijze vindt men de resul-

terende krachtrigting van eene spier, waarvan de vezels eene verschillende rigting hebben. Ingeval verschillende spieren, die op hetzelfde ligchaamsdeel werken, zoo gerangschikt zijn, dat bij eene gelijktijdige inspanning al de daaruit volgende bewegingen = O worden, het ligchaamsdeel bijgevolg in rust kan blijven, dan wordt elk van haar de antagonist der overige genoemd. De evenwigtstoestand van een ligchaamsdeel, waarop antagonistische spieren werken, is, de invloed der zwaarte daargelaten, die, waarbij de elastische krachten van alle spieren in evenwigt blijven.

Wij hebben reeds in de 1ste afdeeling meermalen gesproken over het nut der spieren in bijzondere gevallen, met name bij de beweging van het bloed, de ademhaling en spijsvertering. Hier moeten wij de bewegingen van de stijve deelen des ligchaams, die onderling bewegelijk verbonden zijn, beenderen en kraakbeenderen, in het algemeen nagaan, en vervolgens twee belangrijke groepen van beweging in het bijzonder in oogenschouw nemen, namelijk: 1. de locomotie of plaatsverandering van het geheele ligchaam; 2. de bewegingen in de aanvangsbuis van den ademhalingstoestel, die tot het voortbrengen der stem en der spraak dienen.

Mechanisme van het skelet.

De elementen van het skelet, de beenderen, zijn grootendeels bewegelijk met elkander verbonden. Alleen de verbinding der beenderen door naden, zooals aan den schedel, is volstrekt onbewegelijk voor zulke krachten, die het bestaan van het organisme niet bedreigen. De mechanica moet derhalve beenderen, die door naden verbonden zijn, als een onveranderlijk geheel beschouwen. Onder de bewegelijke verbindingen der beenderen moeten twee soorten onderscheiden worden: De eene veroorlooft slechts eene zeer geringe, doch in rigting niet weinig onbeperkte beweging; het complex der verbondene beenderen bezit een stabielen vorm, voortvloeijende uit de verbinding, waaruit het niet dan door aanzienlijke krachten verwijderd kan worden, en waartoe het, als die krachten ophouden, met elastieke krachten haastig terugkeert; dezen vorm maken de synchondrosen of symphysen uit. De tweede vorm veroorlooft eene groote beweging, die evenwel in rigting beperkt is, zonder wezenlijken weêrstand; hij veroorzaakt derhalve geen evenwigtstoestand; deze vorm omvat de gewrichten.

Synchondrosen.

De synchondrosen ontstaan wanneer twee tegenover

elkander geplaatste, congruente beenvlakten door een vaster of weeker bindmiddel, gewoonlijk hyalijn- of vezelkraakbeen als het ware aan elkander verbonden zijn. Opdat het bindmiddel niet naar ter zijde zal uitwijken, is de plaats der verbinding met een ligamenteus omhulsel voorzien. De bewegelijkheid dezer verbindingen van beenderen hangt af: 1. van de absolute vastheid van het bindmiddel; 2. van zijne afmetingen: de bewegelijkheid is namelijk (de sub 3 genoemde invloed daargelaten) regtstreeks evenredig aan de lengte der verbinding, d. i. den afstand van beide beenvlakten, en omgekeerd evenredig aan de dwarssnede van het bindmiddel, d. i. de grootte der beenvlakten; 3. van de strakheid van den omhullenden band. — De bewegelijkheid is altijd zeer gering, en trekkingen van spieren hebben daarom op dergelijke verbindingen van beenderen bijna geen invloed. Daarentegen is hare veêrkracht van eene groote beteekenis, vooral voor de wervelkolom, waarin eene geheele reeks van synchondrosen (de tusschenwervelkraakbeenderen) op elkander volgen, en daardoor aan de op verscheidene plaatsen gebogen zuil eene zekere buigzaamheid en groote veêrkracht geven.

Gewrichten.

In de volstrekt bewegelijke verbindingen van beenderen der gewrichten is de weêrstand, die de beweging tegenwerkt, tot een minimum teruggebragt. Daarentegen is de rigting der bewegingen reeds door den vorm der gewrichtsverbinding op velerlei wijzen beperkt. — De beide beenderen, die met elkander door een gewricht verbonden zijn, keeren elkander twee gladde, met kraakbeen overtrokken vlakten (gewrichtsvlakten) toe, die door bepaalde middelen, waarover beneden zal gesproken worden, gestadig in eene zooveel mogelijk uitgezette onderlinge aanraking worden gehouden. Eene van deze gewrichtsvlakten is altijd grooter dan de andere.

De eenvoudigste gewrichten zijn die, waarbij de kleinste gewrichtsvlakte gestadig in al hare punten met de grootste in aanraking is. Zal nu deze aanraking niet afgebroken worden, derhalve geen andere beweging plaats hebben dan het wrijven van de kleinste gewrichtsvlakte tegen de grootste, zoo hangt natuurlijk de mogelijkheid van de wederkeerige verschuiving van beide beenderen altijd af van den vorm der gewrichtsvlakte (beide vlakten bedekken elkander, de eene is het afgietsel van de andere). Over 't algemeen is zulk eene wrijving alleen mogelijk bij bepaalde vlakten van een regelmatigen vorm, en wel: 1. vlakken (gewrichten met vlakke oppervlakten schijnen niet voor te komen; de bewegingen, die zij zouden ver-

oorloven, zijn: a. draaijing van elk been om assen, die loodregt staan op het gewrichtsvlak; b. verschuiving van de as van elk been evenwijdig aan zich zelf). — 2. Stukken der oppervlakte van rotatie-ligchamen, d. i. vlakten, welke men zich kan denken als ontstaan te zijn door draaijing van eene kromme of van eene willekeurige lijn van eene eenvoudige kromming om eene as die in hetzelfde vlak is gelegen. (Op deze wijze is het volgende mogelijk, er ontstaat een cilinder, als de draaijende lijn regt en aan de as evenwijdig is; — een kegel, als de lijn wel regt, maar niet evenwijdig aan de as is; — een bol, als zij een halve cirkel is en de as de middellijn daarvan; voorts ontstaat eene zadelvormige vlakte als de lijn een cirkelboog en de as gelegen is op zijne bolle zijde; — een cykloïed, als de as op zijne holle zijde is gelegen (als zij eene koorde vormt); een ellipsoïed, als de lijn eene ellips en de draaijingsas eene van hare geometrische assen is, enz.; eindelijk wanneer de lijn eene willekeurige kromme lijn is, dan ontstaat een uitgehold, rond ligchaam, een katrol, enz.). — Alle gewrichten van dezen vorm veroorloven eene draaijing van beide beenderen om eene gemeenschappelijke as, en wel om de draaijingsas der gewrichtsvlakte; men noemt ze *éénassige* of *scharniergewrichten* (ginglymi). — Het zijn alleen de gewrichten met eene bolvormige vlakte, die hierop eene uitzondering maken, want zij veroorloven eene draaijing om elke willekeurige doorsnede van den bol, of zooals men ook zegt, om een *punt*, namelijk het middenpunt van den bol; men noemt ze *veelassige* of *kogelgewrichten* (arthrodiën). — Eene bijzondere soort van eenassige gewrichten vormen de *schroefgewrichten*. Men kan zich hunne gewrichtsvlakten voorstellen in dier voege te zijn ontstaan, dat de draaijende (in het onderhavige geval: kromme) lijn, gedurende de draaijing, in de rigting der as naar een uiteinde daarvan wordt voortbewogen, en wèl met eene snelheid, welke evenredig is aan die der rotatie. Dergelijke gewrichten veroorzaken bij de draaijing om de rotatieas tevens eene wederkeerige verschuiving der gewrichtsvlakten in de rigting der as (analoog aan de verschuiving van eene schroef, die in haar moer draait).

De tot nu toe nagegane voorwaarden zijn alleen bij een gedeelte van de in het ligchaam aanwezige gewrichten werkelijk voorhanden, en ook daar nog nergens met eene wiskunstige zekerheid. Bij zeer vele gewrichten zijn de gewrichtsvlakten niet congruent, zoodat eene volkomene aanraking met alle punten der kleinere onmogelijk is. Ook voor de reeds besproken vormen zijn posities mogelijk, waarin de vlakten elkander niet volkomen, maar slechts gedeeltelijk bedekken; daardoor kunnen

b. v. de gewrichten, die eene zadelvormige en cykloïede vlakte hebben, behalve de draaijing om de rotatieas nog eene tweede ondergaan, en wèl om eene as, welke ten opzigte van de eerste eene loodregte rigting heeft, met andere woorden: om eene as, die door het geometrische middenpunt van den draaijenden cirkelboog gaat en eene loodregte rigting heeft op de rotatieas, vooronderstelt, dat de eene gewrichtsvlakte slechts een klein gedeelte van de andere bedekt. Overal, waar geen onmiddellijke aanraking van de gewrichtsvlakten kan plaats hebben, worden de onbedekte gedeelten door zekere zachte deelen en vloeistoffen, die in de gewrichten aanwezig zijn, opgevuld (zie beneden).

In die gevallen, waarin het geen vereischte is, dat de gewrichtsvlakten elkander volkomen bedekken, bereikt daardoor het aantal der gewrichtsvormen en de mogelijkheid van hunne bewegingen een buitengewoon hoog cijfer. Tevens wordt het eene onmogelijkheid zich eenvoudig uit den vorm der beide gewrichtsvlakten een oordeel te vormen over de bewegelijkheid, vermits hare beperkingen hoofdzakelijk afkomstig zijn van de overige bestanddeelen des gewrichts. Het is daarom onmogelijk eene algemeene beschrijving te geven van deze onregelmatige gewrichten, waarvan de vlakten geen deel uitmaken van rotatieligchamen; elk van deze gewrichten echter een voor een te beschouwen, zou, zelfs al had men ze alle reeds onderzocht, ons hier te ver leiden.

De gestadige en zooveel mogelijk innige aanraking van de beide gewrichtsvlakten komt door de volgende middelen tot stand: 1. De ruimte tusschen beide gewrichtsvlakten is naar buiten afgesloten. Beide beenuiteinden worden namelijk onderling verbonden door eene korte buis, welke om den omtrek van elk gewrichtshoofd vastgegroeid is (gewrichtsbeurs). De op deze wijze gevormde holte heeft slechts een capillair lumen en is gevuld met eene daaraan geëvenredigde hoeveelheid van een taai, glibberig vocht (gewrichtsmeer, synovia). Lucht kan daarin niet binnendringen. De beide gewrichtsvlakten kunnen zich dientengevolge niet verder van elkander verwijderen, dan de geringe hoeveelheid synovia in de gewrichtsholte toelaat. Elke verdere vaneenwijking wordt door de drukking der buitenlucht verhinderd met eene kracht, die gelijk is aan het produkt van den vlakte-inhoud der kleinste gewrichtsvlakte en de barometrische luchtdrukking voor de vlakte-eenheid. Deze wijze van bevestiging is vooral voor de kogelgewrichten, waarvan de gewrichtsvlakten zeer groot zijn, van het hoogste gewigt, omdat daarbij elke andere wijze van bevestiging de vrije en naar alle zijden mogelijke bewegelijkheid aanmerkelijk zoude beperken. Bij het heupgewricht, het grootste kogelgewricht van het ligchaam, is

de kleinste gewrichtsvlakte (die van de heupkom) zoo groot, dat de lucht, die daarop drukt, het gewigt van het geheele been in evenwigt houdt, zoodat dit laatste niet naar beneden valt, als men alle zachte deelen van den omtrek en zelfs de gewrichtsbeurs heeft doorgesneden; zelfs na de verwijdering van deze laatste kan namelijk geen lucht in de ruimte tusschen heupkom en gewrichtshoofd binnendringen, omdat deze zoo naauwkeurig mogelijk op elkander sluiten, en voornamelijk omdat de rand der heupkom door een scherpen veêrkrachtigen kraakbeenigen ring (labrum cartilagineum) innig tegen het dijbeenshoofd aan is gelegen. — In die gevallen derhalve waarin eene gebrekkige op elkander sluiting der gewrichtsvlakten eene grootere gewrichtsholte vereischt, is het grootste gedeelte daarvan niet door vloeibare synovia, maar door verschuifbare kraakbeenderen, vetmassa's of banden, die door de gewrichtsholte gaan, opgevuld. Het meest ontwikkelde gewricht dat tot deze categorie behoort is het kniegewricht. — 2. Bij nagenoeg alle gewrichten dienen buitendien nog bandachtige massa's tot bevestiging der deelen; zij bestaan òf uit gespannen banden, welke als een brug van het eene been naar het andere loopen (meestal met de gewrichtsbeurs vergroeid) òf uit gespannen deelen der beurs zelve. Vermits de bevestigingsbanden eene gestadige spanning moeten bezitten, zoo kunnen zij niet anders dan in dier voege gelegen zijn, dat zij de beweging niet belemmeren, derhalve bij scharniergewrichten aan beide uiteinden van de rotatieas. Bij de meeste gewrichten, waarvan de vlakten elkander niet volkomen bedekken, worden de rotatieassen eerst door de aanhechting van de bevestigingsbanden bepaald.

De middelen en toestellen, welke niet de rigting, maar de veelvoudigheid der gewrichtsbewegingen bepalen, zijn de volgende: 1. bijzondere gedaante van het been; zoo vormt b. v. bij het elleboogsgewricht het zetten van het olecranon ulnae tegen den sinus maximus humeri eene volstrekte grens voor de uitstrekking van den voorarm; 2. zoogen. belemmeringsbanden, dat wil zeggen banden, welke bij middelbare posities van de gewrichten niet gespannen zijn, doch bij zekere uiterste posities gespannen worden, en wel doordien hunne punten van aanhechting zich bij bewegingen van het gewricht zoo ver mogelijk van elkander verwijderen. De aanhechtingspunten dezer banden liggen dus in den regel niet aan de uiteinden der rotatieas. Hierop maken eene uitzondering de belemmeringsbanden der zoogen. spiraalgewrichten, waaronder het kniegewricht het meest in het oog loopende voorbeeld oplevert. Eene sagittaalsnede door het gewrichtsuiteinde van het dijbeen toont als begrenzing eene spiraal, waarvan het middenpunt naar achteren ligt en waarvan de vectoren van achter naar

voren in lengte toenemen. De bovenste uiteinden der beide ligamenta lateralia zijn bevestigd aan de uiteinden van eene dwars door genoemd middenpunt getrokkene as (tuberositas condyli interni en externi femoris) (het onderste uiteinde van het lig. later.internum is aan den condylus internus tibiae, dat van het lig. later. externum aan het capitulum fibulae vastgehecht). Door deze beide banden wordt het kniegewricht een onvolkomen scharniergewricht. Daar nu bij eene gebogene knie de kleinste vectoren der spiraal, bij eene toenemende uitstrekking gedurig grootere vectoren in de rigting van de banden verloopen, — wordt de afstand van hunne aanhechtingspunten, derhalve hunne spanning, van de positie der buiging tot die der uitstrekking gedurig vergroot, tot op een maximum, voorbij hetwelk eene verdere uitstrekking onmogelijk is. Daardoor wordt tevens bewerkt, dat de draaijing van het onderbeen om zijne lengteas niet dan in den toestand van buiging onafhankelijk van het dijbeen mogelijk is, doch niet als het been uitgestrekt is, in welk geval het onderbeen en het dijbeen door die inklemming één stuk vormen. 3. Ook de zachte deelen, die de gewrichten omgeven (spieren, pezen, huid) kunnen op gelijke wijze als de belemmeringsbanden aan de bewegingen, als zij gespannen zijn, paal en perk stellen.

Voorwaarden voor het evenwigt en actieve locomotie van het geheele ligchaam.

Voor de punten die wij nu bespreken zullen kan men zich het ligchaam voorstellen als eene keten, die uit vele schakels bestaat en op vele wijzen is vertakt, en waarvan de verschillende schakels overal moeten gezocht worden, waar twee beenderen bewegelijk met elkander verbonden zijn. Zulk eene keten zal alleen dan in een stabiel evenwigt verkeeren, als elke afzonderlijke schakel genoegzaam ondersteund is. Dit komt bij de verschillende posities van het ligchaam (liggen, zitten enz.) op de meest verschillende wijze tot stand. De positie, waarover wij hier alleen zullen spreken, is de opgerigte stand.

Staan.

Onder een vrijen opgerigten stand verstaat men die evenwigtspositie van het ligchaam, waarbij het geheele ligchaam alleen door de beide voetzolen, die den grond aanraken, gesteund wordt. Bijaldien het geheele ligchaam eene stijve kolom ware, die niet uit schakels bestond, dan zou, ter bereiking van het pas genoemde doel, slechts aan die voorwaarde moeten

voldaan worden, dat het zwaartepunt der kolom door de ondersteuningsvlakte (welke door de aanrakingspunten tusschen voetzolen en grond gegeven is) gesteund zou zijn, met andere woorden dat de zwaartelijn (eene loodlijn, die door het zwaartepunt gaat) den grond binnen de ondersteuningsvlakte zou raken. Zulk eene stijve kolom kan echter het ligchaam alleen daardoor worden, dat alle bewegelijke beenverbindingen, die in aanmerking komen, onbewegelijk vastgezet worden. Bij het natuurlijke staan heeft deze vastzetting bijna zonder medehulp van spierzamentrekkingen plaats, zoodat de spieren bij het staan alleen werkzaam zijn om het labiele evenwigt in stand te houden, hetgeen in der daad met niet weinig moeite gepaard gaat.

De beenverbindingen, die hier in aanmerking komen, zijn: de tarsale en tarso-metatarsale gewrichten, het voetgewricht, het kniegewricht, het heupgewricht, de wervelverbindingen (de symphysen van het bekken kunnen als volstrekt vast beschouwd worden) en het gewricht tusschen het hoofd en de bovenste halswervels. De overige beenverbindingen (van de borstkas, van het bovenste lid en van de kaak) komen niet in aanmerking, omdat de overeenkomstige beenderen niet dienen om andere te ondersteunen, maar aan de overige opgehangen zijn.

Vermits de wervelverbindingen hoofdzakelijk synchondrosen zijn, zoo vormt de wervelkolom eene stijve, maar eenigzins buigzame en zeer veêrkrachtige staaf. Deze is op vele wijzen gekromd, naar voren convex in de hals- en lendenstreek, naar voren concaaf in het borst- en sacraalgedeelte. Voor de tusschenwervelgewrichten wordt er derhalve geen bijzondere stijfheid vereischt, derhalve blijven ons de volgende gewrichten ter beschouwing over:

1. Het gewricht tusschen het hoofd en de bovenste halswervels. De positie van het hoofd wordt bepaald door den contractietoestand van de talrijke spieren. Wanneer deze niet bestaat (zooals in den slaap enz.), alsdan zakt, terwijl de romp een opgerigten stand heeft, het hoofd voorover en steunt met de kin op de borst, omdat het zwaartepunt van het hoofd verder naar voren ligt dan zijn ondersteuningspunt.

2. Het heupgewricht. a. Het zwaartepunt van het deel des ligchaams, dat hier moet ondersteund worden, — romp + hoofd, — ligt in een horizontaal vlak, dat door den proc. xiphoideus sterni is gelegd (WEBER), en wel digt bij de wervelkolom (voor de 10de borstwervel, HORNER). Zooals men gemakkelijk begrijpt, ligt dit zwaartepunt niet altijd op dezelfde plaats, omdat de graad van vulling van den spijsverteringstoestel enz. daarop van invloed is. De loodlijn, welke

men door dit punt trekt (de „zwaartelijn") valt achter de lijn, die de heupgewrichten verbindt. De romp zou derhalve achterover moeten vallen, zoo hij niet van voren aan weêrszijden door een sterken band, die aan de spina ilium ant. inf. is vastgehecht, het lig. superius s. iliofemorale, aan het dijbeen (linea intertrochanterica ant.) was bevestigd. De romp wordt derhalve nagenoeg op dezelfde wijze op de hoofden der dijbeenderen gehouden, als een geweer dat schuins over den schouder hangt en dat men, door de kolf met de hand vast te houden belet naar achter over te vallen. Volkomen op gelijke wijze als het lig. iliofemorale werkt het voorste gedeelte der gespannen fascia lata (lig. iliotibiale) en de spanning van den grooten uitstrekker van het onderbeen (m. extensor quadriceps), met dat onderscheid evenwel, dat het onderste aanhechtingspunt van dezen halster aan het onderbeen is gelegen. b. Eene vastzetting in eene frontale rigting (om het overvallen naar regts of links te voorkomen) zou door de dubbele ondersteuning van het bekken onnoodig gemaakt zijn, in geval beide beenen aan den grond waren bevestigd. Vermits dit nu niet het geval is, zoo zou een zijdelings overvallen, d. i. eene draaijing van den romp om een hoofd van het dijbeen naar ter zijde mogelijk zijn, tenzij de hiermede noodwendig verbondene aanvoering van de dij over de middellijn heen, terwijl de dij in den toestand van uitstrekking verkeert, door het lig. teres verhinderd ware, voornamelijk als het door buitenwaartsrollen van het been, zooals bij het staan het geval is, gespannen wordt. Dit buitenwaarsrollen komt door den glutaeus maximus tot stand; de aanvoering wordt wijders tegengewerkt door de gespannen buitenste plaat van de fascia lata. — c. Eene vastzetting tegen eene draaijing van den romp op het hoofd van het dijbeen is bij het staan op twee beenen van geen belang; zij kan door de glutaei en de banden tot stand worden gebragt.

3. Het kniegewricht. a. Het gemeenschappelijke zwaartepunt van hoofd + romp + dijen ligt wel is waar dieper, maar niet wezenlijk verder naar voren, dan dat van hoofd en romp alleen. Ook bij het kniegewricht valt derhalve de zwaartelijn achter het ondersteuningspunt; ook hier moeten dus toestellen aangebragt zijn, die het achteroverslaan (buigen) tegengaan. Deze bestaan in de spanning van het lig. iliotibiale (zie boven) en in de spanning en zamentrekking van den extensor quadriceps. — b. De vastzetting in eene frontale rigting is reeds door de scharnierbeweging van het kniegewricht, namelijk door de ligg. lateralia onnoodig gemaakt. — c. De draaijing op de onderbeenen is in den toestand van uitstrekking door het bladz. 210 vermelde mechanisme verhinderd.

4. Het kootgewricht. Het zwaartepunt van het geheele ligchaam (wij laten de voeten hier buiten rekening) ligt ten naastebij in het promontorium ossis sacri, de zwaartelijn valt dus bij het staan eenigzins voor de lijn die de assen van de beide voetgewrichten verbindt. Hier moet derhalve het naar voren overslaan van het ligchaam verhinderd worden. Dit kan op de volgende wijzen plaats hebben: a. doordien de assen der beide kootgewrichten een hoek met elkander vormen, zoodat eene gelijktijdige draaijing om beide, zonder verandering in positie (verwijdering) der beenen onmogelijk is *); b. door vastklemming van het achterste, smallere gedeelte van de katrol van het kootbeen in de vork die door de beide enkels gevormd wordt, welke in den uitgestrekten stand van het onderbeen zoo naauw is, dat zij het voorste, breedere gedeelte van de katrol niet kan opnemen (zooals toch bij het vooroverbuigen noodig zou zijn). De beklemming tusschen de enkels geschiedt door de, met de uitstrekking van het onderbeen verbondene, draaijing van het scheenbeen om het kuitbeen, waardoor de vork zoo gedraaid wordt, dat zij de katrol schuins omvat. — c. door de spanning en zamentrekking van de voetbuigers (in ontleedkundigen zin), spieren van de pees van Achilles, tibialis post., peronaei post. enz.

5. Kleine voetgewrichten. De beenderen van den voetwortel en den middenvoet vormen een gewelf, op het hoogste punt waarvan (caput astragali) de last des ligchaams rust en hetwelk met drie punten op den grond steunt: met den tuber calcanei (hiel) en met de hoofdjes van het 1ste en 5de voorvoetsbeen (bal van den grooten en kleinen teen). Deze welving, welke de zwaarte van het ligchaam tracht platter te maken, komt hoofdzakelijk door de spanning van de banden aan de zoolzijde van het voetskelet tot stand; alleen bij eene ziekelijke verslapping van die banden treedt de welving op den achtergrond („platvoet"). — De teenen dienen bij het staan niet tot ondersteuning van het ligchaam, maar zijn ook hiervoor de balanceerbewegingen, doch met name bij het gaan, van belang. Ook het „staan op de teenen" is niets anders dan een balanceren op de hoofdjes van de voorvoetsbeenderen met een uitgestrekt voetgewricht (in den gewonen zin), waarbij de romp zoover naar voren gebogen wordt, dat zijne zwaartelijn in de ondersteuningslijn valt.

Gaan, loopen, enz.

Het voorwaarts gaan bestaat hierin, dat het bekken,

*) Dit is evenwel slechts een beletsel, dat zeer zwak te noemen is; want zelfs als men de beide knieën zamensnoert, kan men zich uit de staande positie ongehinderd met stijve beenen vooroverbuigen, zonder dat de hielen den grond verlaten.

en daarmede de romp, rhythmisch bij afwisseling door één der beide beenen (het „actieve") gesteund en een eind ver (de „lengte eener schrede") voorwaarts geschoven wordt, terwijl het andere („passieve") been eenvoudig daaraan hangt. Bij het begin eener schrede is het alsdan actieve (meestal zwak gebogen, zie beneden) been loodregt geplaatst en vormt het eene regthoekszijde van een regthoekigen driehoek, waarvan de hypothenuse gevormd wordt door het passieve been, dat naar achter volkomen uitgestrekt is en alleen met de uiteinden der teenen den grond aanraakt (zie beneden) en waarvan de andere regthoekszijde de lijn voorstelt, die beide voeten met den grond verbindt. Het actieve been gaat nu, terwijl 't het bekken naar voren schuift, uit zijn loodregten stand van regthoekszijde in eene schuin naar voren gerigte positie eener hypothenuse over, waarbij het zich, daar het bekken in eene horizontale rigting naar voren geschoven wordt, evenredig daarmede moet verlengen. Dit heeft in dier voege plaats, dat zich het (aanvankelijk zwak gebogen) been in al zijne gewrichten volkomen uitstrekt; door de uitstrekking in het voetgewricht (in den gewonen zin opgenomen) moet de hiel van den grond worden opgeligt, waardoor het steunpunt op de hoofdjes van de voorvoetsbeenderen overgaat; doch ook deze worden ten laatste van den grond opgeligt, zoo dat het been nu alleen nog met den top van den grooten teen den grond aanraakt; de voet wordt derhalve van den grond „opgewonden," even als eene ketting, die men van den grond opneemt. Thans heeft het actieve been den zelfden stand ten opzigte van den romp, dien in den beginne het passieve had. Dit laatste, — het passieve been —, dat zoo even bij de laatste schrede als actief been gefungeerd, dus dezelfde beweging doorloopen had, verlaat in het begin der schrede den grond en maakt om het punt, waar het aan het bekken is opgehangen, eene slingering naar voren, waardoor zijn voet even ver voor het actieve been gebragt wordt, als hij in het begin der schrede daarachter stond (d. i. de lengte eener schrede). Nu wordt de voet neêrgezet, en staat nu, zoodra de verschuiving van het bekken door het actieve been ten einde is gebragt, loodregt onder dit laatste, zooals in het begin der schrede de actieve voet stond. (Opdat het slingerende been bij de slingering den grond niet aanrake, moet het zich door buiging een weinig verkorten). Derhalve is gedurende de schrede het actieve been uit zijn stand van regthoekszijde in dien van hypothenuse, doch het passieve uit zijn stand van hypethenuse in dien van regthoekszijde overgegaan; de driehoek is ten bedrage van de lengte eener schrede naar voren geschoven; de passieve voet is ten bedrage van de lengte van twee schreden door zijne slingeringen naar voren bewogen, terwijl de actieve niet van plaats is veranderd;

beide beenen verwisselen nu van rol, het pas van den grond opgeligte actieve been wordt passief en begint zijne slingeringen, het pas op den grond neêrgezette been wordt actief en begint zich van den grond te verwijderen, enz.

De snelheid van het gaan moet derhalve afhangen: 1. van de lengte der schreden (voetstappen); 2. van den duur der schreden, welke zamengesteld is uit den duur der slingering en den tijd die er verloopt tusschen het volbrengen der slingering en het begin van de eerstvolgende, d. i. de tijdruimte, binnen welke beide voeten den grond aanraken. 1. De lengte der schreden, wanneer men zich die voorstelt als regthoekszijde van den genoemden regthoekigen driehoek, is des te grooter, naar mate het verschil tusschen hypothenuse en de andere regthoekszijde grooter is, derhalve: a. hoe korter, d. i. hoe sterker gebogen het actieve been in het begin van de schrede is, derhalve hoe lager het bekken bij het gaan gedragen wordt; b. hoe grooter het verschil in lengte is tusschen het volkomen van den grond opgeligte (passieve) en het loodregte been, d. i. hoe langer de voet is; lange personen kunnen derhalve grootere stappen doen, dan korte. — 2. a. De slingering heeft naar bekende wetten des te sneller plaats, naarmate het slingerende been korter is; de elongatie (lengte der schrede) is insgelijks van invloed, omdat de elongatiehoek hier vrij groot is. b. De tijdruimte, binnen welke beide voeten den grond aanraken, kan naar willekeur verkort worden, en wordt = O als men zoo snel mogelijk gaat, zoodat de opgeligte voet op hetzelfde oogenblik den grond verlaat, als de andere na zijne slingeringen wordt neêrgezet.

Eene nog grootere snelheid kan door het loopen bereikt worden, waarbij in elke periode van de schrede een oogenblik bestaat, gedurende hetwelk geen van de beide voeten den grond aanraakt. Het van den grond opgeligte been heeft reeds zijne slingering begonnen, voor dat nog die van het andere volbragt is. Hiertoe wordt vereischt, dat aan het bekken eene voldoende wringkracht medegedeeld worde, om terwijl het zweeft niet te vallen; dit geschiedt op die wijze, dat het actieve been in den beginne zeer sterk gebogen is en de uitstrekking met eene groote, als 't ware vliegende snelheid tot stand komt.

Onze ruimte veroorlooft ons niet hier nader te spreken over de verschillende varieteiten van het gaan en loopen, alsmede over de nevenverschijnselen, welke daarbij zijn waargenomen (W. en E. WEBER, H. MEYER) en gedeeltelijk reeds uit het meêgedeelde kunnen afgeleid worden.

Stem en Spraak.

De stroom der uitgeademde (bij uitzondering ook der inge-

ademde *) lucht, die door het strottenhoofd en de keel-, mond- en neusholte gaat, dient om deelen van deze organen in een toestand van trilling te brengen, en daardoor klanken en geruischen voort te brengen. De eersten worden met den naam van „stem" bestempeld, doch beide, zoodra zij den mensch tot teeken dienen om elkander te verstaan, met dien van „spraak."

I. Stem.

De klanken van de stem ontstaan door trillingen der onderste stembanden van het strottenhoofd, welke op de wijze van een vliezig tongwerktuig in de buis van het strottenhoofd zijn uitgespannen. Zij worden van beneden uit in trilling gebragt door den stroom van de uitgeademde lucht. De buis, waarin de stembanden geplaatst zijn, — van onder („blaasbalg"), de vertakkingen der bronchiën, luchtpijp, strottenhoofd; van boven („verlengstuk") strottenhoofd, keel-, mond- en neusholte, — dient even als de buizen van de orgelpijpen deels om op den klank te influënceren, deels als resonator.

Met den naam van „klank" bestempelt men sedert kort (HELMHOLTZ) elke gewaarwording van het gehoor, die door regelmatige (periodieke) trillingen van de lucht wordt voortgebragt. Zijn de luchttrillingen eenvoudig als die bij een slinger, alsdan wordt de klank een „toon". Elke meer zamengestelde regelmatige trilling kan echter volgens eene bekende wiskunstige stelling in eene som van trillingen ontleed worden, waarvan de trillingsaantallen tot elkander staan als: 1, 2, 3 enz. (FOURIER). Deze ontleding kan echter niet alleen wiskunstig, maar ook, op eene aanstonds te beschrijven wijze, in zeker opzigt werktuigelijk plaats hebben. Men kan derhalve elken klank beschouwen als eene som van toonen, waarvan de trillingsgetallen tot elkander staan als: 1, 2, 3 enz. (partiaaltoonen van den klank). De laagste van deze toonen wordt de grondtoon van den klank, de volgenden zijn harmonische volgtoonen genoemd. Heeft de grondtoon het trillingsgetal n, dan zijn de trillingsgetallen van de harmonische volgtoonen: 2n (octaaf van den grondtoon), 3n (duodecime), 4n (2de octaaf), 5n (groote terz daarvan), enz. Het aantal der partiaaltoonen, de betrekkelijke sterkte van elk afzonderlijk is bij verschillende klanken, b. v. bij die van verschillende instrumenten, hoogst verschillend; dikwijls ontbreken sommige partiaaltoonen uit de reeks geheel. De naam van den klank wordt meestal ontleend aan zijn sterksten partiaaltoon (hoofdtoon, de andere: bijtoonen). Komt een toon, b. v. a, in verschillende klanken als hoofdtoon voor, dan geeft men dit in het dagelijksche leven te kennen door te zeggen, dat men a met een verschillend timbre gehoord heeft. De golfcurve van een klank wijkt in haren vorm op velerlei wijzen van die van een enkelvoudigen toon af; dikwijls nadert zij duidelijk den golfvorm van een bepaalden toon: haren hoofdtoon; daarom zeide men vroeger: twee even hooge en sterke „toonen van een ongelijk timbre" verschillen in het verloop van hunne (even lange en hooge) golven.

De ontleding van een klank in zijne partiaaltoonen heeft het eenvoudigst plaats door combinatietoonen (HELMHOLTZ): Door een enkelvoudigen toon worden bijna uitsluitend die ligchamen in eene medetrilling overge-

*) [Zooals bij het lagchen, den hik en derg., met andere woorden als de ademhalingsspieren krachtdadig functioneren].

bragt, welke hetzelfde aantal trillingen hebben; — maar door een klank al die ligchamen, waarvan het aantal eigen trillingen overeenkomt met dat van een zijner partiaaltoonen, en wel volkomen in die intensiteitsverhouding, welke aan de afzonderlijke partiaaltoonen bij de ontleding van den klank volgens de reeks van FOURIER toekomt. Heeft men derhalve eene reeks van ligt medeklinkende ligchamen (resonatoren), waarvan de eigen toonen aan de afzonderlijke harmonische volgtoonen van een toon c beantwoorden, dan zullen, als een klank van den grondtoon c aangegeven wordt, de afzonderlijke resonatoren met eene ongelijke intensiteit, sommige in het geheel niet, medeklinken. Tot resonatoren bedient men zich het eenvoudigst van twee opzettelijk daartoe ingerigte glazen bollen, met twee openingen, waarvan een in de gehoorbuis past. Even als in een klank de eigen toon van den resonator als partiaaltoon voorkomt, zoo wordt deze luide gehoord, terwijl alle overige toonen onhoorbaar blijven (het andere oor wordt verstopt). Even als men op deze wijze de klanken kan ontleden (analyseren), kan men ze ook omgekeerd door zamenvoeging (synthese) uit de enkelvoudige toonen zamenstellen. Over de methode om volkomen enkelvoudige toonen voort te brengen en te vereenigen, zie beneden bij de spraak.

Ook het geluid van het strottenhoofd en van de daaraan analoge orgelpijpen zijn *klanken*, waarin de grondtoon in hooge mate de bovenhand heeft, doch de harmonische volgtoonen meestal tot aan den 6den of 8sten door de ontleding kunnen aangetoond worden. — Wanneer wij nu bij onze volgende beschouwingen spreken van de *toonen* des strottenhoofds en hunne hoogte, moet men daaronder altijd den *grondtoon* der klanken verstaan.

Toonen der tongwerktuigen en orgelpijpen.

In de acustiek verstaat men onder een „tongwerktuig" eene veêrkrachtige plaat, welke in den toestand van rust eene opening nagenoeg volkomen sluit, doch zoo geplaatst is, dat door elke afwijking uit haar evenwigtstoestand, de spleten tusschen hare randen en die van de opening vergroot worden. Wanneer een niet te zwakke luchtstroom tegen de opening geblazen wordt, alsdan moet deze, gelijk men gemakkelijk kan begrijpen, het tongwerktuig in trillingen brengen; de spleten zijn namelijk, als de plaat in den toestand van rust is, zoo naauw, dat de luchtstroom onder deze omstandigheid niet kan doorgaan, maar op een beletsel stuit; vóór de tong blijft derhalve de lucht stilstaan, er heeft eene vermeerdering van drukking plaats, die, zoodra zij eene zekere hoogte bereikt heeft, de veêrkrachtige plaat uit haren toestand van evenwigt brengt. In dit oogenblik stroomt de lucht met geweld naar buiten en de drukking vóór de tong daalt zoo aanmerkelijk, dat deze weder al trillend teruggaat. Hetzelfde spel herhaalt zich voortdurend. Door dit mechanisme wordt derhalve de onafgebroken luchtstroom in een tusschenpoozenden of althans af- en toenemenden stroom veranderd, en tegelijk daarmede de tong in trillingen, die geluid geven, gebragt *). — De tong is òf eene, slechts aan eene zijde bevestigde *stijve* veêrkrachtige plaat, zooals bij vele muziekinstrumenten die tongwerktuigen hebben, òf zij is een veêrkrachtig *vlies*, dat over de opening heen gespannen is („vliezige tongen)." Dit vlies is òf aldus over de opening gespannen, dat het aan beide zijden spleten openlaat, òf het kan de opening volkomen opvullen, en alleen in het midden een spleet laten. Met het laatste geval komt de vliezige tong van het strottenhoofd, die door de beide stembanden met de stemspleet gevormd wordt, overeen.

De hoogte (d. i. het aantal trillingen in een bepaalden tijd) van den toon, welke eene tong, waartegen men een luchtstroom heeft aangebragt, geeft,

*) Er heerscht nog een strijd over de vraag, of de toon van een tongwerktuig van de trillingen van de tong zelve (J. MÜLLER) of van die van de bij tusschenpoozen uitstroomende lucht, zooals bij de sirene van CAGNIARD-LATOUR (E. WEBER) afkomstig is. Voor de eerste meening pleit voornamelijk het feit, dat, als de tong zoo geplaatst is, dat zij verder reikt dan de opening, zoodat dus de luchtstroom bij een heen- en weêrtrillen van de tong tweemaal in plaats van eenmaal afgebroken wordt, niettemin niet de octaaf, maar dezelfde toon gehoord wordt, als wanneer de tong enkelvoudig wordt aangeslagen (J. MÜLLER).

hangt af van den tijd, gedurende welken de plaat als zoodanig trilt; zij staat derhalve in eene omgekeerde reden tot de lengte van de plaat en in eene regte reden tot den vierkantswortel uit de grootte van hare elasticiteit, — bij gespannen vliezen dus tot den vierkantswortel uit de spannende gewigten, volkomen op dezelfde wijze als bij een gespannen snaar. Bij vliezige tongen komt hier nog een derde invloed bij, namelijk de intensiteit, waarmede de luchtstroom tegen de tong wordt aangebragt; deze invloed komt evenwel bij de toonhoogte van de gewone stijve tongen niet in rekening. Dat een krachtiger luchtstroom den toon hier niet alleen versterkt, maar ook verhoogt (J. MÜLLER), wordt daardoor verklaard, dat hij tegelijkertijd de spanning van het vlies vermeerdert; want de gemiddelde stand, waarom de tong trilt, wijkt bij een krachtiger luchtstroom verder af van de positie, die zij in rust heeft, dan bij een zwakkeren. Deze grootere afwijking vermeerdert echter bij vliezen natuurlijk de spanning, terwijl zij bij stijve platen hare veêrkracht, voor zooverre die bij de trillingen in aanmerking komt, niet verhoogt. Het is nog niet naauwkeurig bekend waarop de verhoogende invloed van den sterken luchtstroom berust. — De vorm en de grootte der spleet is slechts in zooverre van invloed op den toon, als eene naauwere spleet bij eene even groote levende kracht den stilstand der lucht, derhalve de drukking vóór de tong vergroot, dus een sterker luchtstroom mogelijk maakt.

Wanneer de tong in eene buis („orgelpijp") geplaatst is, dan noemt men het gedeelte daarvan, dat den luchtstroom aanbrengt den blaasbalg, het andere gedeelte verlengstuk. Wanneer zulk een tong door een luchtstroom wordt in beweging gebragt, dan hoort men niet den eigentoon der tong, maar de hoogte daarvan wordt door den invloed van de buis, met name van het verlengstuk, veranderd (en zijne intensiteit buitendien door resoneren versterkt). Bij niet-vliezige tongen wordt de eigentoon der tong door verlenging van het verlengstuk lager en wel tot een octaaf toe; dit maximum komt tot stand, als het verlengstuk die lengte bereikt heeft, waarbij zijn eigen toon aan den eigen toon der tong gelijk is geworden. Door het verlengstuk nog verder te verlengen bereikt de toon verder zijn oorspronkelijke hoogte, om verder weder een kwart te dalen (als de lengte tweemaal zoo groot is geworden als toen de toon tot een octaaf kwam) en eindelijk komt de toon weder op zijne oorspronkelijke hoogte, enz. (WEBER). Bij vliezige orgelpijpen neemt men dezelfde veranderingen, doch niet volkomen, waar (J. MÜLLER). Anderen beweren, dat bij vliezige orgelpijpen over 't algemeen de buis geen invloed heeft op de hoogte, voorondersteld, dat beide vliezen dezelfde spanning *) hebben (RINNE). In der daad heeft bij het strottenhoofd het verlengstuk geen invloed op de toonhoogte, hetgeen bij de het eerst genoemde voorstelling slechts aldus verklaard kan worden, dat het strottenhoofd zich van kunstmatige vliezige orgelpijpen in een belangrijk punt onderscheidt; bij de laatsten namelijk is, doordien het vlies over den wand der buis heen gespannen is, die wand zeer geneigd om mede te trillen, terwijl de spanning der stembanden nagenoeg onafhankelijk is van de wanden der buis (J. MÜLLER). De invloed der buis wordt grooter, — in geval niet het geheele vlies, maar alleen meer of minder breede strooken van zijn rand trillen — wanneer deze strooken breeder worden (RINNE).

Inrigting van het strottenhoofd.

In het strottenhoofd wordt de vliezige tong gevormd door twee horizontale vliezige platen, de onderste stembanden, welke tusschen de binnenste (achterste) vlakte van het schildkraakbeen en de voorste buitenste vlakten der bekervormige kraakbeenderen zijn uitgespannen, en met het laryngeale slijm-

*) Eene ongelijke spanning van beide vliezen heeft natuurlijk op den eigentoon van de vliezige tong invloed, en wèl zou de tongtoon òf in het midden gelegen zijn òf slechts de toon zijn van het eene vlies dat bij voorkeur in trilling is gebragt. Zijn beide vliezen even sterk gespannen, dan zou de tongtoon nagenoeg een halven toon lager liggen dan die van elk afzonderlijk vlies (RINNE).

vlies, dat hier bij uitzondering plaatepithelium bezit (vergel. bladz. 73) bekleed. De spleet tusschen beiden, de stemspleet (glottis vocalis), strekt zich naar achter uit in de tusschenruimte tusschen beide binnenste vlakten der bekervormige kraakbeenderen, de ademhalingsspleet (glottis respiratoria). Het schild- en de bekervormige kraakbeenderen zijn beweegbaar op het ringkraakbeen bevestigd; het eerste draait om eene horizontale dwarse as, zoo dat door de draaijing zijn voorste gedeelte (de schildplaat) het voorste gedeelte van het ringkraakbeen kan naderen of daarvan kan verwijderd worden; daardoor wordt de helling der schildplaat naar de loodregte as vergroot of verkleind, haar bovenste gedeelte derhalve, waaraan de stembanden bevestigd zijn, naar voren of achter bewogen. De bekervormige kraakbeenderen draaijen zich hoofdzakelijk om hunne (verticale) lengte-assen, zoodat zij, aangezien zij driezijdige piramiden vormen, met hunne zijvlakten onderling verschillende standen hebben en daardoor den vorm der spleet veranderen. Hieruit volgt, dat hoofdzakelijk het schildkraakbeen door zijn stand invloed moet uitoefenen op de lengte. Men heeft daarom zeer doeltreffend voorgeslagen om de cart. cricoidea „grondkraakbeen," de cart. thyreoidea" „spannend kraakbeen" en de c. c. arytaenoïdeae „stand bepalende kraakbeenderen" te noemen (LUDWIG).

De volgende spieren dienen om in de ligging der kraakbeenderen van het strottenhoofd veranderingen tot stand te brengen, die van invloed zijn op de stembanden: 1. De crico-thyreoïdei trekken het schildkraakbeen naar voren tegen het ringkraakbeen, draaijen derhalve het eerste naar voren en beneden om zijn as; zij trekken dien ten gevolge (zie boven) het bovenste gedeelte van het kraakbeen naar voren en spannen derhalve de stembanden, als de bekervormige kraakbeenderen vaststaan. 2. De thyreo-arytaenoïdei, die grootendeels in de stembanden zelve verloopen, draaijen het schildbeen naar boven en achter, in de rigting van de bekerv. kraakb., verslappen dus de stembanden. Een gedeelte van hunne vezels ontspringt van punten der stembanden zelve, moet derhalve bij zijne zamentrekking aan den stemband eene ongelijke spanning geven (het gespannen deel verkorten), aangezien het slechts dat gedeelte verslapt, waarin het zelf verloopt, doch het overige gedeelte spant. Daar verder een gedeelte der vezels om de buitenste zijvlakte van de bekerv. kraakb. verloopt, moet het deze tegelijker tijd zoo draaijen, dat zij met hunne voorste binnenste zijvlakten (processus vocales) zamenstooten, doch met hunne achterste binnenste uiteenwijken. Daardoor wordt de glottis vocalis tot eene smalle spleet vernaauwd, doch de glottis respiratoria tot eene driehoekige ruimte verwijd. 3. De crico-arytaenoïdei pos-

tici trekken de buitenste zijvlakten van de bekerv. kraakb., aan wier onderste uiteinde (processus muscularis) zij zijn vastgehecht, naar achter en beneden, zoodat de voorste binnenste (proc. vocal.) naar buiten gedraaid worden en tevens ietwat naar boven wijken, terwijl de achterste tot elkander worden gebragt. Daardoor wordt zoowel de glottis vocalis als gl. respiratoria tot driehoekige ruimten verwijd, zoodat beide te zamen eene ruime, ruitvormige opening vormen. 4. De crico-arytaenoïdeï laterales trekken de processus musculares van de bekervormige kraakbeenderen naar beneden, voren en buiten; daardoor worden de toppen van de beide piramiden een weinig van elkander verwijderd, en tegelijkertijd deze zoo gedraaid, dat zij nagenoeg denzelfden stand aannemen als bij de zamentrekking van de m. m. thyreo-arytaenoïdeï, alleen met dit onderscheid, dat zij de processus vocales niet zoo naauw aanraken. 5. De arytaenoïdei proprii (interarytaenoïdei, transversus en obliqui) brengen de toppen der piramiden tot elkander en trekken tegelijkertijd hunne achterste zijvlakten zamen. Werken zij derhalve in vereeniging met de thyreo-arytaenoïdei, dan is zoowel de glottis respiratoria als de glottis vocalis gesloten, de ademhaling dus afgebroken, b. v. voor het hoesten (bladz. 73).

De ventriculi Morgagni geven aan de stembanden vrije ruimte tot het trillen, voornamelijk als zij door de werking van een sterken luchtstroom omhoog zijn gewelfd. De bovenste stembanden hebben, naar het schijnt, volstrekt geen beteekenis voor de stem; wel is waar heeft men opgemerkt, dat eene vernaauwing van het verlengstuk over het tongwerktuig den toon kan verhoogen (J. MÜLLER); doch het uit het ligchaam genomen strottenhoofd geeft dezelfde toonen, om het even of de bovenste stembanden nog aanwezig of verwijderd zijn. — Bij de vogels dienen de stembanden over 't algemeen niet om toonen voort te brengen, maar deze komen tot stand door „den ondersten larynx," een eigenaardig orgaan, dat meestijds gelegen is op de plaats waar de luchtpijp zich verdeelt.

Toonen van het stemorgaan.

De algemeene voorwaarden, waardoor de toonvoortbrenging en toonwisseling in het strottenhoofd tot stand komen, kunnen uit het geen boven over tongwerktuigen en orgelpijpen gezegd is, gemakkelijk opgemaakt worden. Tot het voortbrengen van een toon over 't algemeen wordt derhalve eene zekere spanning der stembanden en eene zekere intensiteit van den aangevoerden luchtstroom vereischt; tot het laatste is wederom eene zekere naauwte der stemspleet noodig, gelijk zij door zamentrekking der crico-arytaenoïdei laterales of van de thyreo-arytaenoïdei tot stand komt; bij zamentrekking van de crico-arytaenoïdei postici kan derhalve onmogelijk de stem voortgebragt worden. — De hoogte van den toon hangt wijders, naar hetgeen boven is meêgedeeld, af van de lengte en de spanning

der stembanden en van de intensiteit van den aangevoerden luchtstroom. Daarentegen is zij onafhankelijk van den vorm der stemspleet; evenwel moet deze, om den aanvoer van een sterkeren luchtstroom mogelijk te maken, meer vernaauwd worden. Voorts is de toonhoogte onafhankelijk (bij het strottenhoofd, bladz. 220) van den vorm en de lengte van den blaasbalg en het verlengstuk. Hieruit volgt, dat de toonhoogte klimt: 1. met het vermeerderen der spanning van de stembanden, en deze wordt op hare beurt weêr verhoogd: a. door zamentrekking van de crico-thyreoïdei (zooals men uitwendig kan voelen), welke de stembanden spant; b. door de afnemende zamentrekking van de thyreo-arytaenoïdei in 't geheel, waarvan de zamentrekking de stembanden verslapt; c. door den aanvoer van een sterkeren luchtstroom (bladz. 219); van dezen invloed wordt hoofdzakelijk bij de hoogste toonen gebruik gemaakt, die derhalve alleen „forte" aangegeven kunnen worden. Om den sterksten luchtstroom aan te voeren, moet de stemspleet zoo naauw mogelijk zijn en ook de glottis respiratoria zooveel mogelijk vernaauwd zijn (door de arytaenoidèi proprii). Omgekeerd wordt bij elke sterke spanning der stembanden om in trilling te geraken de aanvoer van een sterkeren luchtstroom vereischt; de luchtdrukking in de luchtpijp, die men bij de luchtpijpsfistels door den manometer kan bepalen, neemt derhalve tegelijk met de toonhoogte toe (CAGNIARD-LATOUR). — 2. met de afnemende lengte van de trillende deelen der stembanden; — verkort worden ze echter bij gelijke spanning: a. door zekere gedeeltelijke zamentrekkingen van de thyreo-arytaenoïdei (bladz. 220); b. door eene innige tegenelkanderlegging van de processus vocales der bekervormige kraakbeenderen, waardoor de deelen der stembanden, waarin het kraakbeen is gelegen, niet meer kunnen trillen; c. strottenhoofden van kleinere afmetingen, namelijk die van kinderen en vrouwen, brengen wegens hunne korte stembanden over het geheel hoogere toonen voort. Al deze gevolgtrekkingen zijn door de waarneming bevestigd, waardoor buitendien is aangetoond (GARCIA) dat met het toenemen van de toonhoogte de bovenste stembanden zich al meer en meer vernaauwen (doch nooit zoo ver dat zij volkomen gesloten worden), en het strotklepje zich hoe langer zoo meer over den aditus laryngis heen legt. Met de hoogere toonen rijst verder het strottenhoofd omhoog, deels door zamentrekking van de spieren die den larynx opligten, deels misschien door de rekbaarheid der luchtpijp als de spanning van de ingesloten lucht toeneemt. In weêrwil van de schijnbaar eenvoudige verhoudingen, moet het werkelijke proces bij de voortbrenging der toonen hoogst ingewikkeld zijn. Zoo moest b. v. bij een zekeren stand van de stembanden het aanvoeren van een sterken luchtstroom

den toon niet alleen versterken, maar ook hooger maken; daar wij nu denzelfden toon met eene afwisselende sterkte (piano en forte) kunnen doen aanhouden, zoo moet er eene gestadige compensatie der spierkrachten plaats hebben.

Om de stemvorming in het strottenhoofd na te gaan bestaan de volgende methoden: 1. palpatie en auscultatie van den larynx van buiten; 2. inspectie van zijn inwendig gedeelte door middel van den keel- [eigenlijk strottenhoofd-] spiegel (GARCIA, CZERMAK, TÜRCK). Dit instrumentje bestaat uit een kleinen spiegel, dien men verwarmd (ten einde het beslaan te voorkomen) in den mond brengt, en welke door middel van een handvat over den aditus laryngis vóór het naar achter gedrukte velum palati onder een hoek van 45° wordt vastgehouden. Op dezen spiegel wordt geconcentreerd licht teruggekaatst door een tweeden, met eene opening voorzienen spiegel, welke voor den mond geplaatst is en waar achter het oog van den waarnemer zich bevindt. De mond wordt ruim geopend, de tong uit den mond gestoken; men ziet nu het inwendig gedeelte van het strottenhoofd sterk verlicht; 3. waarneming van den kunstmatig van boven uit geopenden larynx van levende dieren: 4. proefnemingen met strottenhoofden, uit menschenlijken genomen (J. MÜLLER). Men bootst op deze wijze de spierwerkingen na, door aan de punten van aanhechting draden te bevestigen, deze in eene behoorlijke rigting over katrollen te leggen en met gewigten te belasten. Strottenhoofd en katrollen worden aan hetzelfde voetstuk bevestigd. De vereischte luchtstroom wordt aangebragt door eene in de luchtpijp gebonden buis, met den mond of door een blaaswerktuig; de drukking wordt bepaald door een manometer, dien men zijdelings aan de buis aanbrengt. Om den invloed van het verlengstuk na te gaan, laat men het strottenhoofd van boven met de deelen van het hoofd in verbinding. De proefnemingen met strottenhoofden uit het lijk wijken in vele punten af van hetgeen men bij strottenhoofden van het levend individu waarneemt; ofschoon gedeeltelijk nog niet verklaard, bewijzen deze afwijkingen dat onze kennis van de stemvorming in vivo nog gebrekkig is; 5. proefnemingen met kunstmatig nagemaakte strottenhoofden (J. MÜLLER); in den wijdsten zin behooren hiertoe vooral de experimenten met orgelpijpen.

Eene nog grootere verhooging der toonen, dan door de gewone wijze van stemvorming tot stand komt, kan door de zoogen. „falsetstem" verkregen worden. Dit is een ander „register," eene andere soort van stemvorming, welke met name voor hoogere toonen geschikt is, doch waarvan men nog niet zeker weet, waarin zij zich van de gewone onderscheidt. Ook het timbre (bladz. 217) van de falsetstem verschilt wezenlijk van dat der gewone stem. Men heeft waargenomen, dat de stemspleet bij de falsetstem wijder is dan bij de gewone (alsook de afstand van de bovenste stembanden); voorts wil men, dat de stembanden bij de falsetstem over eene kleinere uitgestrektheid, alleen aan de randen trillen (J. MÜLLER, LEHFELDT); anderen daarentegen beweren, dat zij over eene grootere breedte dan gewoonlijk trillen (GARCIA). Het is evenwel waarschijnlijk, dat de stembanden zeer sterk gespannen zijn, waarvoor het gevoel van inspanning in het strottenhoofd pleit. Uithoofde van de grootere wijdte der stemspleet moet de lucht bij de falsetstem spoediger ontwijken; een falsettoon kan daarom niet zoo lang duren als een gewone. Een verschil in beide

stemregisters, dat op dezelfde omstandigheid berust, is gelegen in het resoneren van den blaasbalg en het verlengtstuk; hierover beneden.

De beide tegenovergestelde beweringen omtrent de trillingsbreedte hebben haren oorsprong in de verschillende methoden van waarneming: bij de eerstgenoemde werden proefnemingen gedaan aan het strottenhoofd, dat uit het lijk gesneden was, bij de tweede werd aan den larynx in vivo door middel van den keelspiegel waargenomen. Doch hoe het ook zij, vooralsnog kunnen wij geen physische verklaring van het falsetregister geven.

Zooals reeds meermalen gezegd is, hebben de vorm en lengte van het verlengstuk en van den blaasbalg geen invloed op de toonhoogte; daarentegen heeft de buis eene versterkende werking door resoneren, terwijl nog buitendien daarin bijtoonen ontstaan, die zekere partiaaltoonen van den stemklank versterken en daardoor het timbre (bladz. 217) van dezen veranderen; vandaar komt het dat de stemmen van de verschillende individus aanmerkelijk van elkander verschillen. Door veranderingen in den vorm van het verlengstuk kunnen daarin nog bijzondere bijtoonen en geruischen willekeurig voortgebragt worden, die voor de spraak (zie beneden) zeer belangrijk zijn. Andere onbelangrijke of storende geruischen ontstaan door ophooping van slijm enz., in verschillende deelen van de buis (of aan de stembanden zelve). — Het resoneren is bij de gewone toonen in den blaasbalg het sterkst, omdat in dezen de door de naauwte der stemspleet zamengedrukte lucht bevat is; de luchtpijp en wanden van de borst resoneren hier dus aanmerkelijk en geraken in eene trillende beweging (fremitus pectoralis); daarom noemt men de gewone, volle en krachtige stem de borststem. Bij de falsettoonen resoneert de borst niet wegens de wijdte der stemspleet, maar hier heeft het resoneren van het verlengstuk, van de mond- en neusholte enz. de bovenhand; de falsetstem wordt daarom ook hoofdstem genoemd.

De omvang der borststem bedraagt bij eene volmaakte ontwikkeling van het stemorgaan 2 tot $2\frac{1}{2}$ octaven. Evenwel verschillen de grenzen naar gelang der grootte van het strottenhoofd. De mannen hebben den laagsten omvang van stem: de bas gewoonlijk van E (80 trillingen in de seconde) tot f^{I} (342), de ténor van c (128) tot c^{II} (512). Kinderen en vrouwen hebben den hoogsten omvang van stem: de alt van f (171) tot f^{II} (684), de sopraan van c^{I} (256) tot c^{III} (1024). De totaalomvang van de menschelijke borststem bedraagt dus (E 80 — c^{III} 1024) bijna 4 octaven. De afstand c^{I} (256) tot f^{I} (342) wordt bij alle stemmen aangetroffen, hij klinkt evenwel wegens het eigenaardig timbre van de strottenhoofden verschillend, al naar gelang hij door een bas-, een altstem

enz. wordt voortgebragt. In veel gevallen worden de hier opgegeven grenzen overschreden.

De meerdere of mindere ontwikkeling van het strottenhoofd staat in eene zekere betrekking tot de geslachtelijke ontwikkeling. Bij het begin der puberteit nemen zijne afmetingen plotseling toe, de alt- of sopraan- (discant-) stem van den knaap verandert in eene bas- of tenorstem („stemwisseling"). Bij gecastreerden, hypospadei enz. blijft de stem abnormaal hoog, zelfs hooger dan de sopraanstem der vrouwen.

II. Spraak.

De spraak komt tot stand door zekere toonen en geruischen, welke de uitgeademde lucht in de holten boven het strottenhoofd voortbrengt, en deze worden òf aangewend tot het spreken — fluisteren — òf, in verbinding met de geluiden van de stem, — overluid spreken.

De elementen, uit welker tijdelijke opeenvolging de spraak gevormd wordt, heeten klanken, en worden verdeeld in klinkers (vocalen) en medeklinkers (consonanten). Deze benamingen zijn niet juist, omdat ook de „medeklinkers" op zich zelve en zonder stem kunnen worden aangegeven (al verliezen ook sommige daarvan iets van hunne eigenaardigheid, zie beneden). Het wezenlijke verschil bestaat daarin, dat de medeklinkers echte, niet nader te bepalen geruischen zijn, terwijl de klinkers het karakter van klanken (bladz. 217 volg.) hebben. De laatsten zijn namelijk bij het fluisteren geruischen met een overwegenden toon, waarvan de hoogte kan bepaald worden, en die in de mondholte wordt voortgebragt, doch bij het overluid spreken zijn zij zekere wijzigingen van het stemgeluid, daardoor ontstaan, dat de bijtoonen der mondholte sommige partiaaltoonen van het eerste versterken.

Klinkers.

1. Bij het fluisteren ontstaan de klinkers op die wijze, dat de stroom van de uitgeademde lucht door de mondholte gaat, die verschillende vormen heeft aangenomen. Daardoor ontstaan geruischen, waarin men echter bij eenige opmerkzaamheid, voornamelijk bij vergelijking van verschillende klinkers, bepaalde toonhoogten onderscheidt, die bij verschillende personen (ouderdom, geslacht) voor denzelfden klinker in het oogloopend met elkander overeenkomen, en aan het klavier bepaald kunnen worden (DONDERS, WILLIS). Dit zijn de eigen toonen van de mondholte, waartegen een luchtstroom is aangebragt. Nog beter kan men deze toonen vinden door combinatietoonen (bladz. 217), wanneer men aangeslagen stemvorken voor de mondholte brengt, die op het punt staat van een klinker uittespreken;

treft men juist de stemvork, waarvan de grondtoon met den toon der mondholte overeenkomt, dan wordt de stemvork terstond door de resonatorische versterking hoorbaar (HELMHOLTZ). De vorm der mondholte (vergel. beneden) is bij U en O die van eene ronde flesch met een korten hals, bij A een van voren wijde trechter, bij E en I eene ronde flesch met een langen naauwen hals, enz. In overeenstemming met de eigentoonen van zulke flesschen zijn nu de toonen der mondholte voor U: f, voor O: b^{I}, voor A: b^{II}; voor de duitsche AE, E en I bestaan er twee eigentoonen (een voor den buik der flesch, een voor haar hals): voor de [duitsche] AE: g^{II} en d^{III}, voor de E: f^{I} en b^{III}, voor de I: f (?) en d^{IV}; verder voor de [duitsche] OE: f^{I} en g^{III} tot as^{III}, voor de [duitsche] UE: f en g^{III}—as^{III} (HELMHOLTZ). Eenige wijzigingen in de uitspraak (bij de verschillende talen) veranderen den toon aanmerkelijk. De standvastigheid van den eigentoon voor denzelfden klinker bij verschillende groote mondholten moet verklaard worden door de evenredige verandering der mondopening.

De verschillende gedaanten der mondholte komen op de volgende wijzen tot stand: In de eerste plaats moet bij alle klinkers de toegang van den luchtstroom tot de choanae door het opligten van het velum palati afgesloten worden, als de luchtstroom alleen tegen de mondholte zal aangevoerd worden. Heeft dit niet plaats, dan verkrijgen bij het luid spreken (zie beneden) de klinkers het „nasale" karakter. Het velum wordt het minst opgeligt bij A, daarop volgen E, O, U, I. De verschillende fleschvormen (zie boven) ontstaan op de volgende wijze: bij A is de mondholte, doordien de tong op den bodem ligt, het wijdst, en is de mond ver geopend (trechtervorm); bij O en U ontstaat de bolvormige flesch door het opligten van den tongwortel en doordien de mond tot eene ronde opening (die bij U het naauwst is) vernaauwd wordt; bij A, E, I ontstaat de flesch met een langen hals doordien de tong digter bij het harde gehemelte wordt gebragt, enz. Bij alle klinkers, behalve U, wordt het strottenhoofd een weinig naar boven gedrongen, het minst bij O, en daarop volgen A, E, I.

2. Bij het overluid spreken ontstaan de klinkers doordien de eigentoon der mondholte den overeenkomstigen partialen toon van het stemgeluid versterkt (HELMHOLTZ). Hieruit volgt, dat de klinkers het meest kenmerkend op die noten kunnen gezongen worden, welke een harmonischen volgtoon hebben, die met den eigentoon der mondholte overeenkomt; verder dat de afzonderlijke vokaalklanken zich niet door de reeks getallen van de versterkte partiaaltoonen, maar door de absolute hoogte daarvan onderscheiden.

De ontleding der vokaalklanken geschiedt gemakkelijk door middel van de bladz. 218 opgegeven resonatoren. — Om den vokaalklank door synthese op nieuw voort te brengen, behoeft men slechts den demper van een klavier op te ligten en den klinker krachtig en zuiver op eene noot van het klavier tegen de snaren in te zingen. Alsdan klinken (bladz. 218) alle snaren mede, waarvan de toonen als partiaaltoonen in den vokaalklank bevat zijn, en met eene overeenkomstige intensiteit; men hoort alsdan de gezongen vokaal niet alleen als toon, maar als vokaal uit het klavier resoneren (HELMHOLTZ). — Leerrijker is de regtstreeksche synthese uit enkelvoudige toonen: een aantal stemvorken, die aan harmonische volgtoonen van een grondtoon beantwoorden (b. v.: B, b, f^{I}, b^{I}, d^{II}, f^{II}, as^{II}, b^{II}, d^{III}, as^{III}, f^{III}, b^{III}) wordt door elektromagneten aan het trillen gebragt (het openen en sluiten van den stroom heeft door eene bijzondere stemvork plaats, welke door eene inrigting naar het beginsel van den hamer van NEEF in trilling gehouden wordt). De klanken der stemvorken zijn door hare plaatsing (op gom) niet hoorbaar; doch voor elke vork staat eene resoneerbuis, die op haren grondtoon gestemd is; wordt deze geopend, dan doet zij den grondtoon der stemvork, derhalve een enkelvoudigen toon, hooren. Men kan nu naar willekeur de afzonderlijke toonen sterk of zwak, door eene grootere of kleinere opening der resoneerbuizen (door middel van een sleutel) laten klinken en met elkander verbinden. Op deze wijze kan men niet alleen de vokalen, maar ook de karakteristieke klanken der verschillende instrumenten, enz. door synthese voortbrengen (HELMHOLTZ).

De tweeklanken ontstaan gedurende het tijdstip dat de mond van vorm verandert om den eenen klinker in plaats van den anderen te laten hooren, en bestaan uit twee klanken, die onmiddellijk op elkander volgen.

Medeklinkers.

De geruischen, welke men medeklinkers noemt, ontstaan alle daardoor, dat de doorstrijkende stroom uitgeademde lucht zekere ligt beweegbare deelen in het keel- en mondkanaal, in niet-klinkende trillingen verplaatst; zij zijn derhalve van de stemvorming in het strottenhoofd, op weinige uitzonderingen na, ten eenenmale onafhankelijk. Inzonderheid zijn drie vernaauwbare plaatsen, zoogen. „poorten" van het kanaal daartoe geschikt: 1. de lippoort, welke gevormd wordt òf door de beide lippen òf door de onderlip en de bovenste rij snijtanden, ook wel door de bovenlip en de onderste rij snijtanden; 2. de tongpoort, gevormd door de punt der tong en het voorste gedeelte van het harde gehemelte of de rugzijde van de bovenste snijtanden; 3. de gehemeltepoort, gevormd door den tongwortel en het weeke gehemelte. Aan elk van deze poorten kan eene reeks van geruischen voortgebragt worden, waardoor drie reeksen van medeklinkers ontstaan: lip-, tong- en keelletters. De geruischen, die aan elke poort kunnen worden gevormd, zijn: a. het plotseling openspringen van de tot nu toe geslotene of eene plotselinge sluiting van de tot nu toe opene poort („explosivae," plofklanken); b. hetzelfde, doch meer langzamerhand; c. het stroomen van de lucht door de vernaauwde poort; d. het-

zelfde onder het medeklinken van de stem; e. het sluiten der poort en klinken der stem, terwijl de lucht door de neusholte naar buiten stroomt; f. het bij afwisseling openen en sluiten der poort. Op deze wijze ontstaan de volgende medeklinkers:

wijze der vorming.	1 lipletters.	2 tongletters.	3 keelletters.
a.	P	T	K
b.	B	D	G
c.	F, V	scherpe S	Ch
d.	W	zachte S en L	J
e.	M	N	neus N zooals in het fransche „gant"
f.	lip-R	tong-R	brouwende-R

Bij deze tabel moet men het volgende in aanmerking nemen. De reeks b. (B, D, G) onderscheidt zich van a. (P, T, K) niet alleen door het meer langzaam openen en sluiten, maar ook daardoor, dat bij gene, juist omdat het proces langzamer gaat, de stem kan medeklinken; als men ze niet laat medeklinken, b. v bij het fluisteren, dan zijn zij moeijelijk te onderscheiden van de plofklanken. — ad c. 3. De beide Ch in het duitsche „ich" en „ach" verschillen daarin, dat bij het eerste de vernaauwing een weinig verder naar voren, aan het harde gehemelte is gelegen. — De reeks d. (W, zachte S, L, J,) kan alleen onder het medeklinken der stem aangegeven worden; tracht men W al fluisterende uit te spreken, dan komt er een V of een U voor den dag, De zachte S en de L onderscheiden zich daardoor, dat bij gene de vernaauwing verder naar voren ligt, en bij L buitendien aan weêrszijden tusschen de randen der tong en het gehemelte eene opening blijft. — ad d. 3. Bij J ligt de vernaauwing op dezelfde plaats als bij Ch in het duitsche „ich." — ad f. De lip-R komt in de europesche talen niet voor. Tusschen de tong- en de brouwende-R beslist taal, dialekt of individuële gewoonte.

De Sch der Duitschers ontstaat door twee op elkander volgende vernaauwingen, namelijk van de beide rijen tanden, en de punt van de tong met het gehemelte; de Th van de Engelschen ontstaat door eene vernaauwing, welke wordt voortgebragt doordien de tong zich tusschen de beide rijen tanden schuift: de harde Th in het engelsche woord „thing" behoort evenals de Sch der Duitschers in de reeks c., de zachte Th in

„the" daarentegen kan alleen onder het medeklinken van de stem ontstaan, en behoort derhalve in de reeks d. — H is een geruisch dat in het strottenhoofd zelf ontstaat, voortgebragt doordien de lucht door de wijd geopende stemspleet strijkt.

Zamengestelde medeklinkers ontstaan voornamelijk doordien, nadat een gesloten poort (zie boven) plotseling geopend is (P, T, K), de uitstroomende lucht door de vernaauwde tweede poort gaat (harde S); op deze wijze ontstaan vereenigingen uit P en S (Ψ), T en S (Z), en K en S (X). Andere zamenstellingen ontstaan wanneer de mond spoedig van de eene positie in de andere overgaat.

Wij behoeven naauwelijks aan te merken, dat de medeklinkers van de reeks c. (M, N, nasaal N) geen geruischen zijn, maar eenvoudig wijzigingen van het stemgeluid door de eigentoonen van de deelen van het mondkanaal en de neusholte, waartegen de luchtstroom is aangebragt.

De waarneming der spraakvormende bewegingen geschiedt deels door bezigtiging der mondholte, als de mond geopend is, deels door betasting door middel van den vinger, dien men in den mond brengt. Om te weten of de ingang van den neus open of gesloten is, plaatst men voor de neusgaten de vlam eener kaars of een helderen spiegel. Ten slotte zijn vele punten betreffende de spraak door waarneming van de spraak bij pathologische misvormingen (gemis, vergroeijingen van het velum palati, enz.) opgehelderd geworden.

DERDE AFDEELING.

DE VRIJMAKINGSORGANEN.

HET ZENUWSTELSEL.

Wij hebben reeds in de Inleiding (bladz. 5 en volgg.) in breede trekken de inrigting van den vrijmakingstoestel (zenuwstelsel) en zijne betrekkingen deels tot de buitenwereld, deels tot de „arbeidende organen" (bladz 7) opgegeven. Uit die beschrijving volgt al dadelijk, dat men in het zenuwstelsel de volgende vijf groepen van organen moet onderscheiden:

1. Organen, door middel waarvan in de arbeidende organen verrigtingen vrijgemaakt worden: — de eindorganen der zenuwen in parenchymateuse weefsels, klieren en spieren;

2. Organen, welke het vrijmakingsproces (vrijmakingsketen) van organen van het centrale zenuwstelsel uit op de sub 1 genoemde werktuigen voortplanten: — centrifugale geleidingsorganen;

3. Organen van het centrale zenuwstelsel, waarvan de beteekenis (bladz. 7) is opgegeven;

4. Organen, welke vrijmakingsprocessen, die van de buitenwereld afkomstig zijn (zie sub 5), op centraalorganen voortplanten: — centripetale geleidingsorganen;

5. Organen, waarin eene beweging van de buitenwereld op de sub 4 genoemde organen vrijmakend werkt: — zintuigsorganen.

Evenwel zullen wij de physiologie van het zenuwstelsel niet in deze vijf afdeelingen behandelen. De centrifugale en de centripetale geleidingsorganen verschillen namelijk in hunne eigenschappen volstrekt niet van elkander; alleen de organen, waarmede zij peripherisch zamenhangen, zijn verschillend (zie boven sub 1 en 5). Men moet derhalve onderscheiden: geleidingsorganen, centraalorganen, zintuigsorganen en eindtoestellen in arbeidende organen; de beide laatste kan men ook als peripherische eindorganen van de geleidingstoestellen zamenvatten, zooals ook in het 12de hoofdstuk plaats heeft.

ELFDE HOOFDSTUK.

De geleidingsorganen (Zenuwen).

A. Algemeene beschouwingen.

De elementen der zenuwen zijn dunne gerekte vezels, die in hare lengte even als de spiervezels door bindweefsel aan elkander zijn gevoegd en in een vast vezelig omhulsel (perineurium) tot eene ronde of platte streng (zenuw) vereenigd zijn. Elke zenuwvezel is eene buis, gevuld met een waarschijnlijk vloeibaren inhoud; de dunne scheede (neurilemma) is even als het sarkolemma een veêrkrachtig vlies met kernen. De inhoud, die in den verschen toestand, naar het schijnt, homogeen is, wordt door de meeste invloeden na den dood in eene vaste centrale streng (ascilinder), en eene vetrijke, kruimelige massa, welke deze omgeeft, (zenuwmerg, mergscheede) gescheiden. Eene zekere soort van gewoonlijk dunnere zenuwvezels heeft geen merg, bestaat derhalve alleen uit ascilinder en neurilemma (merglooze vezels); eene derde soort heeft de eigenaardigheid, dat de ascilinder hier en daar varikeus gezwollen is en geen omhulsel vertoont (grijze, varikeuse, REMAK'sche vezels). Over het voorkomen der verschillende soorten van vezels zie hoofdstuk XIII.

Rustende zenuw.

Wij weten zeer weinig met zekerheid van de scheikundige bestanddeelen van den zenuwinhoud. Behalve water en zouten heeft men daarin gevonden: verschillende niet zuiver afgescheiden vetten (die voor een gedeelte phosphorus bevatten, bladz. 34) en eiwitachtige ligchamen. — De versche rustende zenuw reageert neutraal (TUNKE).

De werktuigelijke eigenschappen der zenuwen zijn van belang ontbloot. Slappe zenuwen hebben de neiging om in de dwarse rigting fijne plooijen te vormen (dwarsstreping van FONTANA).

Evenals in de spier heeft ook in de zenuw reeds gedurende hare rust eene zekere stofwisseling plaats, die, zooals men vermoedt, in oxydatieprocessen bestaat, ofschoon men vooralsnog evenmin eene opname van zuurstof als eene vorming van koolzuur heeft aangetoond. Men mag echter dergelijke processen aannemen: 1. omdat de zenuw specifieke weefselbestanddeelen bevat, die van de bestanddeelen des bloeds verschillen, 2. omdat in de rustende zenuw krachten vrij worden.

Men ontdekt namelijk in de rustende zenuw, even als bij de spieren, een „zenuwstroom," waarvoor volkomen dezelfde wetten gelden als bij gene. Ook hier kunnen wij dus het volgende stellen (vergel. bladz. 181 en volgg.): 1. Elk punt van de natuurlijke (of kunstmatige) overlangsche snede verhoudt zich positief tegenover elk punt van de kunstmatige dwarssnede (de natuurlijke dwarssnede der zenuw is, gelijk men van zelf begrijpt, voor het onderzoek niet toegankelijk); 2. elk punt van de overlangsche snede, dat digt bij den aequator ligt, verhoudt zich positief tegenover de punten, die er verder van afliggen. (De zwakke stroomen van de dwarssnede zijn, ofschoon zij buiten allen twijfel bestaan, wegens de kleinheid van deze, nog niet aangetoond).

De elektromotorische eigenschappen der zenuw kunnen volgens het boven medegedeelde insgelijks volkomen door het schema, dat bladz. 183 is gegeven, voorgesteld worden.

Ook de zenuw kan uit de rust in twee andere toestanden overgaan, in dien van werkzaamheid en dien van afsterving. Wij weten nog niet of ook hierbij, even als bij de spier, deze toestanden zamenhangen met de oxydatieprocessen en het verbruik van zuurstof (bladz. 185).

Afsterving van de zenuw.

Het afsterven van de zenuw openbaart zich niet, zooals bij de spier, door eene stremming, maar alleen door het ophouden van den zenuwstroom, het verlies der opwekbaarheid (zie beneden) en het ontstaan van eene zure reactie (FUNKE). De afgestorven zenuw gaat, even als de spier, in rotting over, tenzij zulks door verdrooging mogt verhinderd worden.

Werkzame toestand.

Even als bij de spier is ook hierbij eene vrij makende kracht, een prikkel noodig om den werkzamen toestand der zenuw te voorschijn te roepen; ook hierbij noemt men de eigenschap der zenuw, om door prikkels in den werkzamen toestand overgebragt te worden, hare opwekbaarheid.

De opwekbaarheid en de prikkels zijn in vele opzigten voor de zenuwen niet verschillend van die der spieren.

Opwekbaarheid.

De opwekbaarheid hangt af van de normale zamenstelling der zenuw. Daar echter deze slechts zeer oppervlakkig bekend is, moeten wij ons vergenoegen met het bepalen der invloeden, welke, blijkens de ervaring, de opwekbaarheid verhoogen, verminderen of vernietigen; doch ook hiervan weten wij weinig. De volgende feiten zijn in dit opzigt bekend: 1. Is eene zenuw niet meer met een levend centraalorgaan verbonden (b. v. daarvan door eene snede gescheiden, of is het centraalorgaan afgestorven), dan neemt hare opwekbaarheid eerst aanmerkelijk toe, doch daalt vervolgens tot dat zij geheel is uitgedoofd; door het aanbrengen van eene dwarssnede loopt dit proces veel spoediger ten einde (ROSENTHAL), hetgeen ook het geval is in de zenuwbanen die digter bij het centrum zijn gelegen, dan die welke verder daarvan verwijderd zijn (wet van RITTER-VALLI). Er hebben in eene zenuw die men van het centrum gescheiden, doch niet uit het ligchaam genomen heeft, later scheikundige en morphologische veranderingen plaats, de zoogen. „vettige ontaarding." (Wanneer de beide uiteinden van de plaats der doorsnijding met elkander in aanraking zijn, dan groeijen zij, als namelijk de opwekbaarheid van het peripherische uiteinde nog niet uitgedoofd is, weder aan elkander). 2. Aanhoudende rust der zenuw vermindert en vernietigt tevens de opwekbaarheid en heeft eindelijk vettige ontaarding ten gevolge. (Doorgesnedene gevoelszenuwen ontaarden daarom zoowel in het peripherische als in het centrale stuk, — in het eerste, omdat het van het centraalorgaan is afgescheiden, in het laatste, omdat het niet meer opgewekt wordt). 3. Aanhoudende werkzaamheid vermindert insgelijks voor eene poos de opwekbaarheid en kan haar zelfs voor goed doen verdwijnen (vermoeijenis, uitputting). In het eerste geval herkrijgt de opwekbaarheid door rust haar oorspronkelijken toestand. De veranderingen, die bij de vermoeijenis plaats hebben, zijn nog niet bekend. 4. De opwekbaarheid wordt verder vernietigd door grove werktuigelijke veranderingen der zenuw (trekken, kneuzen), als ook door 5. Grovere veranderingen in de scheikundige zamenstelling (verlies van water door uitdrooging, cauteriséren, enz.). 6. De invloeden der temperatuur, welke men tot nu toe alleen bij kikvorschen nader heeft onderzocht, zijn de volgende: warmtegraden boven 45°C. (door eene temperatuur van 40—45°C. wordt de zenuw opgewekt, zie beneden) vernietigen de opwekbaarheid, en wèl des te sneller, naarmate zij hooger zijn;

eene temperatuur van 70° doet dit oogenblikkelijk; tot aan 50° is het mogelijk door bekoeling, de opwekbaarheid weder te voorschijn te roepen (ROSENTHAL). 7. Een hoogst belangrijken invloed schijnt de elektriciteit uit te oefenen. Wanneer men door eene willekeurige streek van eene zenuw een constanten galvanischen stroom leidt, dan wordt de zenuw over hare geheele lengte in een anderen toestand verplaatst, waarin zoowel hare elektromotorische eigenschappen (DU BOIS-REYMOND), gelijk ook hare opwekbaarheid (ECKHARD, PFLÜGER) gewijzigd worden. Men noemt dezen toestand den „electrotonischen" of „electrotonus" (DU BOIS-REYMOND); voorts noemt men den toestand aan gene zijde van de positieve elektrode (anode) „anelectrotonus," dien aan gene zijde van de negatieve (kathode) „katelectrotonus" (PFLÜGER), terwijl de constante stroom zelf de „polariserende" of „elektrotoniserende" stroom wordt genoemd. — Leidt men van twee willekeurige punten der zenuw den zenuwstroom af, terwijl men door eene andere streek een constanten stroom laat gaan, dan ziet men den zenuwstroom versterkt („positieve phase" van den electrotonus), als de polariserende stroom een gelijke rigting heeft als gene, daarentegen verzwakt („negatieve phase"), als hij eene tegenovergestelde rigting volgt. De invloed van den electrotonus is het sterkst in de nabijheid van de polen. — De opwekbaarheid is bij eene matige intensiteit van den polariserenden stroom in den afstand tusschen de elektroden („intrapolaire streek") aanmerkelijk verhoogd, alsook in de gekatelectrotoniseerde streek, daarentegen verminderd in de geanelectrotoniseerde streek. Ook deze veranderingen zijn in de nabijheid van de polen het sterkst. Met het toenemen der intensiteit van den gepolariseerden stroom nemen zij tot een zeker maximum toe, verminderen vervolgens, verdwijnen eindelijk en gaan bij de sterkste stroomen in de tegenovergestelde veranderingen over. — Na het ophouden van den gepolariseerden stroom keert de opwekbaarheid na een omslag in de tegenovergestelde wijziging (positieve na den an-, negatieve na den katelectrotonus) langzamerhand weder tot haren normalen toestand terug (vergel. tevens beneden bij de prikkels).

De verschijnselen van den elektrotonus zijn de oorzaak, waarom in het schema voor de electromotorische verhoudingen der zenuw, en bijgevolg ook van de spier, voor elke peripolaire molecule twee bipolaire werden aangenomen (bladz. 183); want door dit aan te nemen kan men alleen de boven gemelde verschijnselen verklaren, en wèl op de volgende wijze: Wanneer men door een stelsel van gepolariseerde moleculen een elektrischen stroom laat gaan, dan verkrijgen de moleculen zulk eene rangschikking, dat elke molecule hare positieve pool naar de negatieve elektrode, hare negatieve pool naar de positieve elektrode keert. Ook de moleculen, waardoor de stroom niet regtstreeks heengaat, maar die, welke in de nabijheid gelegen zijn van de moleculen, waardoor de stroom loopt, nemen dezelfde

(absolute) rangschikking aan, omdat door den invloed van gene wederom de rigting van deze in zeker opzigt bepaald wordt, d. i. omdat gene met hare positieve polen de negatieve aantrekken en omgekeerd. Wanneer men zich nu in het schema voor de zenuw — fig. op bladz. 183, reeks 4 en 5, — voorstelt, dat door de 4 middenste moleculen van elke reeks regtstreeks een polariserende stroom gaat, waarvan de positieve elektrode regts, de negatieve links staat, dan worden klaarblijkelijk de 5de en 7de molecule van elke reeks om een hoek van 180° gedraaid *), zoodat de 4 moleculen (5, 6, 7, 8) niet meer peripolair, maar dipolair geplaatst zijn (alle hare witte zijde naar links keeren). Dezelfde rangschikking komt nu, naar hetgeen wij boven gezegd hebben, ook aan gene zijde der elektroden voor, d. i. ook de moleculen 1, 3, 9, 11 keeren hare witte zijde naar links, en wel des te volledige naarmate zij digter bij de elektroden zijn gelegen, derhalve 3 en 9 volledige dan 1 en 11. Daardoor moet aan alle punten van de zenuw eene verandering ontstaan in de spanningsverhoudingen ten voordeele van de rigting van den polariserenden stroom; de zenuwstroom moet derhalve sterker worden daar, waar de polariserende stroom eene gelijke rigting heeft als gene, — zwakker, waar de rigting eene tegenovergestelde is.

Prikkels.

De prikkels, waardoor de rustende toestand der zenuw in een werkzamen overgaat, zijn de volgende:

1. Veranderingen in den elektrischen stroom. Een volkomen constante stroom, welke door de zenuw gaat, heeft gedurende zijn bestaan (vooronderstelt dat hij niet scheikundig prikkelt door elektrolytische produkten) eene niet belangrijke, ofschoon toch aanwijsbare, opwekkende werking (meer hierover zie beneden). Daarentegen brengt elke verandering in de sterkte van den stroom (of naauwkeurig uitgedrukt: in de digtheid van den stroom †) in de zenuw eene opwekking te weeg, welke des te sterker is, naarmate de verandering in de stroomdigtheid (de afwijking in den stroom) sneller (plotselinger) tot stand komt (DU BOIS-REYMOND). De stroomafwijking, waarvan men het meest gebruik maakt is het sluiten of openen van een stroom, d. i. de overgang van de stroomsterkte 0 tot de volle sterkte van den stroom, of het omgekeerde. Doch ook elke andere stroomafwijking werkt opwekkend, b. v. de plotselinge versterking of verzwakking van een stroom die reeds door de zenuw gaat, of eene eenvoudige verandering van de stroomdigtheid in de zenuw, terwijl de stroomsterkte onveranderd is §).

Wanneer men zich den tijd der stroomafwijking voorstelt als in veel kleine deeltjes ontleed te zijn, en deze als abscissen aangeeft, daarentegen

---

*) De draaijing om een hoek van 180° is het maximum; aangezien ongelijk sterke polariserende stroomen een sterkeren of zwakkeren electrotonus tot stand brengen, zoo moet men aannemen, dat de moleculen hoe langer zoo meer om kleinere hoeken gedraaid worden.

†) Onder digtheid van den stroom verstaat men de stroomsterkte, gedeeld door de dwarssnede van het ligchaam (hier de zenuw) waardoor de stroom gaat. Klaarblijkelijk kan men alleen uit deze grootheid een maatstaf ontleenen, want dezelfde stroomsterkte moet in eene dunnere zenuw een sterker effekt hebben.

§) Het laatste geschiedt b. v., als men bij een gesloten stroom de zenuw plotseling door een anderen vochtigen geleider, dien men boven haar legt, verdikt. De stroom, die zich tot nu toe door de zenuw alleen verspreidde, gaat thans door beide geleiders te gelijk, de digtheid in de zenuw neemt dus plotseling af.

als ordinaten de stroomsterkte, die aan elk tijddeeltje beantwoordt, dan verkrijgt men eene curve, welke het tijdsverloop der stroomafwijking voorstelt. Nu volgt uit de opgegeven „wet van de opwekking der zenuw door den stroom," dat de opwekkende waarde der stroomafwijking des te grooter is, naarmate deze curve steiler klimt of daalt. (Er is nog geen naauwkeurige wet van deze afhankelijkheid bekend). — Uit dezelfde wet begrijpt men gemakkelijk, dat men reeds met eene zeer geringe stroomsterkte eene zenuw sterk kan opwekken, als men slechts bewerkt, dat de stroom zeer snel in de zenuw komt of weder daaruit stroomt. Daarom werken de ontladingen van de wrijvingselektriciteit zeer sterk opwekkend, omdat zij wel is waar zeer zwakke, maar uiterst snel ontstaande en weder verdwijnende stroomen zijn. Om dezelfde reden maakt men voor de prikkeling gaarne gebruik van de zeer snel ontstaande en weder verdwijnende inductiestroomen. — Van den anderen kant is het duidelijk, dat men een zeer sterken stroom door de zenuw kan sluiten, zonder dat de sluiting opwekkend werkt, als men slechts zorg draagt dat zij door zekere kunstgrepen uiterst langzaam tot stand komt.

De bovengenoemde opwekking door constante stroomen openbaart zich bij bewegingszenuwen als tetanus, bij gevoelszenuwen als gewaarwording (pijn enz.), die tijdens den duur van den stroom aanhouden. De verschijnselen zijn bij opstijgende stroomen (zie beneden) sterker dan bij afdalende, verder des te sterker, naarmate de stroomen sterker zijn tot eene zekere grens, boven welke het resultaat weder vermindert door de elektrotonische wijzigingen van de opwekbaarheid (bladz. 137).

De stroomafwijkingen wekken het sterkst op, als de stroom in de lengte door de zenuw gaat, doch in het geheel niet, als hij dwars door de zenuw loopt. Maakt de stroom een hoek met de as van de zenuw, dan verkrijgt men eene gemiddelde waarde, waarvan de wet nog niet bekend is.

De positieve en negatieve stroomafwijkingen (derhalve in de eerste plaats sluitingen en openingen) hebben niet dezelfde opwekkende waarde; hare betrekkelijke waarde verschilt naar gelang van de rigting van den opwekkenden stroom. De wet voor deze afhankelijkheid is: eene zekere zenuwstreek wordt opgewekt, als daarin (door den opwekkenden stroom) katelectrotonus ontstaat (resp. toeneemt), of anelectrotonus verdwijnt (resp. afneemt) (PFLÜGER).

De waarnemingen, waaruit deze wet wordt afgeleid, zijn tamelijk ingewikkeld. (Men heeft ze aan bewegingszenuwen gedaan, en daarom noemt men de wet ook de „zamentrekkingswet"). Wanneer de opwekkende stroom eene willekeurige (middenste) zenuwstreek doorloopt, dan wordt de geheele zenuw, de streek waardoor de stroom regtstreeks gaat (intrapolaire streek) daargelaten, in twee deelen ontleed, waarin tegenovergestelde toestanden heerschen, in het eene: an—, in het andere katelectrotonus. De bovengenoemde wet leert nu, dat bij de sluiting van den opwekkenden stroom altijd alleen de gekatelektrotoniseerde streek, bij de opening alleen de geanelektoniseerde opgewekt wordt. Heeft de opwekkende stroom de opstijgende rigting (d. i. is de positieve elektrode naar de spier gekeerd), dan wordt klaarblijkelijk bij de sluiting de bovenste zenuwstreek, doch bij de opening de onderste opgewekt; — bij afdalende stroomen heeft het omgekeerde plaats. Het is nu de vraag, welke streek, bijaldien zij opgewekt wordt, de spier in den toestand van werkzaamheid overbrengt (eene zamentrekking bewerkt). Dit hangt echter op verschillende wijzen af van de sterkte van den stroom. Bij sterke stroomen verliest namelijk de intrapolaire streek haar geleidingsvermogen (zie beneden); er kan derhalve alleen sprake zijn van de opwekkingen der onderste streek, die het digtst bij de spier is gelegen; bij sterke stroomen moet dientengevolge de afdalende stroom bij de

sluiting, de opstijgende bij de opening eene zamentrekking tot stand brengen. Bij stroomen van eene middelmatige sterkte komen beide streken in aanmerking, omdat de geleiding tusschen de elektroden niet afgebroken wordt; klaarblijkelijk moet hier, onverschillig welke rigting de stroom ook heeft, zoowel door sluiting als door opening eene zamentrekking ontstaan. Bij de zwakste stroomen zal slechts die streek op de spier werken, waarvan de opwekking de grootste uitwerking heeft; doch dit is altijd de streek, die het verst van de spier is gelegen (zie beneden); bij gevolg zou bij eene zeer zwakke stroomsterkte de sluiting van den opstijgenden en de opening van den afdalenden stroom zamentrekking moeten tot stand brengen. Doch met den laatsten toestand heeft juist het omgekeerde plaats, en wel doordien het ontstaan van den katelectrotonus een sterker prikkel is dan het verdwijnen van den anelectrotonus, zoodat bij de zwakste afdalende stroomen niet eene sluitings-, maar eene openingszamentrekking tot stand komt. Op deze wijze kan men de wet der zamentrekking door de volgende tabel (waarin Z = zamentrekking, R = rust, S = sluiting, O = opening) voorstellen:

Stroomsterkte.	Opstijgende stroom.		Afdalende stroom.	
zwak.	S—Z	O—R	S—Z	O—R
middelmatig sterk.	S—Z	O—Z	S—Z	O—Z
sterk.	S—R	O—Z	S—Z	O—R

Bij centripetale zenuwen onderzoekt men de werking der prikkels bij dieren, door bij hen, door middel van vergiftiging met strychnine, reflexiekrampen te doen ontstaan.

Is de stroom, dien men voor de prikkeling heeft aangewend, zeer sterk of een langen tijd gesloten geweest, dan komt in plaats van de openingszamentrekking een openingstetanus (RITTER'sche tetanus) tot stand, die onmiddellijk weder verdwijnt, zoodra men den stroom in dezelfde rigting weder sluit, daarentegen versterkt wordt, als men hem in eene omgekeerde rigting sluit. Vermits deze tetanus zijn oorsprong heeft in de sterke opwekking door het verdwijnen van den anelectrotonus, zoo houdt hij dadelijk op, als men de geanelectrotoniseerde zenuwstreek van de spier scheidt. Dit kan natuurlijk alleen bij den afdalenden stroom plaats hebben en wèl door eene snede tusschen de electroden, aan de grens van de positieve en negatieve pool („indifferentiepunt van PFLÜGER). — Vroeger werd dit beschouwd als eene wijziging van de opwekbaarheid, analoog aan die, waarover bladz. 237 is gesproken, waarbij men zich aldus uitdrukte, dat de constante stroom de opwekbaarheid der zenuw voor de opening van den stroom, die eene gelijke rigting had, en voor de sluiting van dien, welke eene tegenovergestelde rigting volgde verhoogt, doch, wanneer het omgekeerde plaats heeft, vermindert (ROSENTHAL). — Wat wij zooeven hebben gezegd laat zich echter eenvoudig verklaren uit de opwekkingswetten van PFLÜGER, gelijk gemakkelijk is aan te toonen. Is de stroom zwakker of een korten tijd gesloten geweest, of de opwekbaarheid door afsterving der zenuw verminderd, dan komt in plaats van den openingstetanus eene eenigzins gerekte zamentrekking en eindelijk de gewone openingszamentrekking tot stand.

Tot deze kategorie van verschijnselen behoort ook het „weder te voorschijn roepen van de opwekbaarheid der spieren door constante stroomen (zie bladz. 189), waarbij wij ons moeten herinneren (bladz. 187), dat alle wetten van de elektrische opwekking der zenuw ook voor de spier gelden. Ook in dat geval namelijk wordt de spier alleen opwekbaar voor opening van den stroom van gelijke rigting en voor sluiting van dien, welke eene tegenovergestelde rigting heeft.

2. Scheikundige prikkels. In het algemeen werken alle invloeden opwekkend op de zenuwen, die hare scheikundige zamenstelling in zekere mate en met eene zekere snelheid veranderen. Bijna alle chemische zenuwprikkels dooden tevens de zenuw (vernietigen hare opwekbaarheid bladz. 236), en wel sommige, zooals ammoniak en oplossingen van metaalzouten, zoo spoedig, dat er in 't geheel geen opwekking voorafgaat. Daar de diffusie door de zenuwzelfstandigheid slechts langzaam tot stand komt, voornamelijk als zij van de scheede uitgaat, zoo moeten de scheikundige zenuwprikkels in het algemeen meer geconcentreerd zijn dan de spierprikkels (bladz. 188). Derhalve bestaan de voornaamste scheikundige zenuwprikkels in de volgende (ECKHARD, KÜHNE): geconcentreerde oplossingen van minerale zuren, alkaliën, alkalizouten, geconcentreerd melkzuur, geconcentreerde glycerine, enz. Ook het onttrekken van water (uitdroogen) heeft eene opwekkende werking.

3. Thermische prikkels. Een warmtegraad van 40—45° C. werkt opwekkend op (bewegings-) zenuwen (van kikvorschen), zonder ze te dooden. Hoogere warmtegraden (vergel. bladz. 236) dooden zonder vooraf op te wekken (ROSENTHAL).

4. Werktuigelijke prikkels. Elke werktuigelijke invloed, die den vorm der zenuw op de eene of andere plaats met eene zekere snelheid verandert (stoot, drukking, onderbinding, doorsnijding, enz.) werkt gedurende de vormverandering zelve opwekkend. Blijft de vorm op den duur veranderd, dan zijn gewoonlijk de opwekbaarheid en het geleidingsvermogen opgeheven.

5. De natuurlijke, van de eindorganen uitgaande prikkels, d. i. (zie de inleiding van deze afdeeling) in de centraalorganen de processen, die men automatie, wil en reflexie noemt (zie hoofdstuk XIII); in de zintuigsorganen de opwekkende indrukken der buitenwereld: licht, geluid, warmte, stoot, enz. (hoofdstuk XII).

Verschijnselen van den werkzamen toestand.

Onze kennis aangaande den werkzamen toestand der zenuw zelve is nog zeer gering. Wij kennen evenmin den aard der krachten, welke bij de werkzaamheid in de zenuw vrij worden, als de scheikundige processen, waarop zij berusten. Wij bezitten nog geen voldoend kenmerk (zooals b. v. de verkorting bij de spier) waardoor zich eene werkzame plaats der zenuw van eene rustende onderscheidt. Vooralsnog is slechts in zoo verre een scheikundig onderscheid bekend tusschen rustende zenuwen en die welke werkzaam geweest zijn, dat de laat-

sten eene zure reactie hebben (FUNKE). Het zuurstofverbruik is voor de werkzame zenuwen evenmin bepaald als voor de rustende. Ten opzigte van de krachtwisseling weten wij alleen, dat er geen warmte wordt voortgebragt (HELMHOLTZ) en dat de vorming der elektriciteit evenals in de spier bij de werkzaamheid afneemt; evenals de spierstroom toont namelijk ook de zenuwstroom gedurende de werkzaamdeid eene negatieve variatie (DU BOIS-REYMOND), die door dezelfde middelen als bij de spier (bladz. 191) kan aangetoond worden.

Ook de zenuw moet getetaniseerd worden, om de negatieve variatie van haar stroom aan den multiplicator aan te toonen. Daarentegen is ook hier voor het physiologisch rheoskoop één enkele prikkeling voldoende; alsdan trekt zich de dij van den kikvorsch (in het physiologisch rheoskoop), waarvan men de zenuw — n. ischiadicus — (zooals bladz. 191 over de spier) op de zenuw die men wil onderzoeken gelegd heeft, tetanisch zamen. Deze contractie noemt men de „van de zenuw uitgaande secundaire zamentrekking." — Men heeft (met name voor zekere combinaties, die geheel in strijd zijn met de daarvoor bekende wetten) daaraan ook den naam gegeven van paradoxe zamentrekking, omdat het bij eene oppervlakkige beschouwing den schijn heeft, alsof de opwekking van de eerste zenuw eenvoudig op de tweede voortgeplant is geworden (zie beneden), — iets dat onder geen omstandigheden mogelijk is.

Voortplanting van den werkzamen toestand door de zenuwbuis (geleiding).

De werkzaamheid der zenuw, die zich, zooals wij gezegd hebben, in de zenuw zelve niet uitwendig openbaart, heeft daarentegen in een van hare beide eindorganen, in het peripherische of in het centrale veranderingen ten gevolge. Onder normale omstandigheden werkt altijd de prikkel, die de zenuw in den werkzamen toestand overbrengt, op een van hare beide eindorganen, en telken male volgt daarop in het andere eindorgaan eene zekere verandering, die wij kortweg het „effekt" zullen noemen. Komt in eene zenuw na opwekking van het peripherische eindorgaan het effekt in het centrale tot stand, dan noemt men dit proces het centripetale, in het omgekeerde geval het centrifugale. In elke zenuwvezel komt altijd slechts een der beide rigtingen in aanmerking; men onderscheidt derhalve centripetale en centrifugale zenuwvezels en zenuwen. — Behalve deze natuurlijke prikkels, die op één der eindorganen werken, kan echter de zenuw ook aan elk punt van haar verloop door eene kunstmatige prikkeling (zie boven) opgewekt worden; ook in deze gevallen komt altijd hetzelfde effekt tot stand en wèl in het centrale eindorgaan bij centripetale, in het peripherische bij centrifugale zenuwen. Men kan dit het eenvoudigst in dier voege verklaren, dat bij de normale opwekking van het eindorgaan niet de geheele zenuw tegelijk in den werkzamen toestand wordt overgebragt, maar dat de

werkzaamheid van de eene dwarssnede der zenuw op de naastvolgende wordt overgebragt en aldus door de geheele lengte der zenuw voortgeplant; — dat wijders elke prikkel, welke op een willekeurig punt der zenuw werkt, vooreerst dit laatste in den werkzamen toestand overbrengt, en daardoor dezelfde keten van overplantingen doet ontstaan, als de natuurlijke opwekking van het eindorgaan. Deze eigenschap der zenuw, om den werkzamen toestand van elk punt op het naastvolgende en zoo tot aan het eindorgaan toe over te brengen, wordt *geleidingsvermogen* genoemd. Later zullen wij een strenger bewijs leveren voor de juistheid dezer voorstelling.

Als voorwaarde voor de geleiding geldt, dat de zenuw overal tusschen het opgewekte punt en het eindorgaan, waarin het effekt zal tot stand komen, volkomen gaaf zij. Door elke beleediging aan de eene of andere plaats van dit verloop door doorsnijding, kneuzing (onderbinding), branden, scheikundige vernietiging (caustica) wordt de geleiding afgebroken. Ook de overige invloeden, die de opwekbaarheid doen verminderen, verzwakken tevens het geleidingsvermogen, b. v. de anelectrotonus (bladz. 237).

Om het onderscheid tusschen centripetaal- en centrifugaalgeleidende zenuwen te verklaren, nam men vroeger aan, dat elke zenuw over het algemeen in staat is slechts in ééne rigting te geleiden, en wèl de eerstgenoemden slechts in de rigting naar het centrale uiteinde, de laatsten slechts tot het peripherische. Het is echter niet noodig dit aan te nemen, omdat elke zenuw slechts aan een van hare beide uiteinden met organen verbonden is, waarin een effekt van hare werkzaamheid kan te voorschijn komen. (Er bestaan b. v. geen zenuwen, die aan het eene uiteinde met gevoelsgangliën, aan het andere met eene spier in verbinding staan). Wij behoeven dus geen specifiek onderscheid tusschen centripetale en centrifugale zenuwen te stellen, maar kunnen aannemen, dat elke zenuw *in beide rigtingen* kan geleiden, doch dat slechts een van hare eindorganen de zenuwwerkzaamheid met een effekt beantwoordt. En dat er nu werkelijk een geleidingsvermogen in twee rigtingen bestaat, wordt door de volgende waarnemingen bewezen: 1. Wordt eene willekeurige plaats eener zenuw door prikkeling opgewekt, dan komen de veranderingen, die de zenuwwerkzaamheid vergezellen (inzonderheid de negatieve variatie van den stroom, bladz. 242), niet alleen aan ééne, maar aan beide zijden van de geprikkelde plaats tot stand (DU BOIS-REYMOND). 2. Prikkelt men den eenen eindtak van eene gespletene vezel eener bewegingszenuw, dan wordt, als de gemeenschappelijke stam niet beleedigd is, ook de andere eindtak in werkzaamheid gebragt; de eerste moet derhalve,

tegen zijn gewone centrifugale geleidingsrigting in, centripetaal geleid hebben (KÜHNE). 3. Vooralsnog is er evenmin uit een ontleedkundig, als uit een scheikundig en physiologisch oogpunt, een onderscheid tusschen beide soorten van zenuwen aangetoond. 4. Men zou het meest regtstreeksche bewijs voor het geleidingsvermogen der zenuw in twee rigtingen kunnen leveren door de proefneming, om kunstmatig eene zenuw te praepareren, die aan het centrale uiteinde met gevoelsorganen, aan het peripherische met spieren verbonden is, waaraan zich dus het geleidingsvermogen in beide rigtingen door effekten kan openbaren. De methode bestaat daarin, dat men het centrale uiteinde van eene doorgesneden gevoelszenuw en het peripherische van eene bewegingszenuw aan elkander laat groeijen (BIDDER). Deze proef, tot nu toe altijd mislukt, zou onlangs door PHILIPPEAUX en VULPIAN volgens hunne opgave beter gelukt zijn met het peripherische uiteinde van den hypoglossus en het centrale van den lingualis.

Als physiologisch onderscheid tusschen de beide soorten van zenuwen willen sommigen aannemen, dat eenige vergiffen slechts op één daarvan werken; zoo verlamt b. v. „het amerikaansche pijlgif" (Woorara, Curare) alleen de bewegingszenuwen. Intusschen heeft men aangetoond, dat de werking van de peripherische eindorganen uitgaat; zij bewijst dus niets voor eene eigenaardigheid der zenuwen zelve.

De werkzame toestand, welke door den prikkel het eerst aan de opgewekte plaats ontstaat, wordt derhalve door de geleiding naar beide zijden, of als de opwekking van een eindorgaan uitgaat, slechts naar ééne zijde voortgeplant. Daardoor worden alle deelen der zenuw achtereenvolgens in den toestand van werkzaamheid verplaatst. De graad van werkzaamheid is niet overal gelijk, maar neemt opmerkelijker wijze toe met den afstand van de plaats, die het eerst is opgewekt. Men heeft namelijk ontdekt (PFLÜGER), dat het effekt in het eindorgaan (b. v. in de spier, bij opwekking van eene bewegingszenuw) des te sterker is, naar mate de geprikkelde plaats der zenuw verder van het eindorgaan is gelegen. Men kan dit door niets anders verklaren dan dat de toestand van werkzaamheid bij de voortgeleiding niet dezelfde blijft, maar „evenals eene lawine" toeneemt.

Dit feit is tevens een bewijs, dat de voorstelling, die wij in de inleiding van het geleidingsproces hebben gegeven, juist is. Vooronderstelt dat de geleiding slechts eene eenvoudige voortplanting eener beweging is, b. v. evenals de voortplanting van een golf op een touw, dan zou klaarblijkelijk het voortgeleide proces met het toenemen van den afstand van het uitgangspunt in intensiteit moeten afnemen (uit hoofde van den weêrstand) of hoogstens in het gunstigste geval gelijk kunnen blijven. Daar het echter toeneemt, moet er aan de

zaak eene andere voorstelling gegeven worden. Men neemt daarom aan (PFLÜGER), dat elke zenuwmolecule eene zekere som van spankrachten bezit, waarvan een gedeelte bij de werkzaamheid vrij wordt; de vrij wordende krachten van eene molecule werken echter op hare beurt vrijmakend op de spankrachten van de naburige moleculen, zoodat de geleiding in eene keten van vrijmakingsprocessen bestaat; de bovengenoemde vermeerdering „even als eene lawine" wordt verder verklaard door aan te nemen, dat door het vrijmakingsproces telken male in de volgende molecule grootere hoeveelheden krachten worden vrij gemaakt, dan die welke vrijmakend op deze molecule werken (in de voorgaande molecule zijn vrijgemaakt).

Snelheid der geleiding.

De processen van overplanting, waarop de geleiding berust, vereischen een zekeren tijd, zoodat de geleiding met eene bepaalde, niet al te groote snelheid plaats heeft. Deze bedraagt (namelijk voor bewegingszenuwen van den kikvorsch) 26—27 meters in de seconde (HELMHOLTZ). Zij kan evenwel door verschillende invloeden gewijzigd worden; zoo wordt zij b. v. kleiner door koude (HELMHOLTZ), alsmede door den electrotonischen toestand, om het even van welke phase (v. BEZOLD). Voorts is het waarschijnlijk, dat de snelheid der geleiding niet gelijkmatig is, maar afneemt met het vermeerderen van den afstand van de plaats, die het eerst is opgewekt (H. MUNK).

Bij het bepalen van de snelheid der geleiding in de zenuw heeft men van dezelfde twee methoden gebruik gemaakt, als bij de bepaling van het tijdelijk verloop van de zamentrekking der spier (bladz. 193). Men heeft namelijk dezelfde zenuw tweemaal achtereenvolgens op verschillende punten van haar verloop geprikkeld. Bij de prikkeling van de plaats, die het digtst bij de spier was gelegen, was de tijd der latente prikkeling (dien men zoowel volgens de methode van POUILLET als naar die van het myographion kan bepalen) korter, de zamentrekking kwam derhalve eerder voor den dag dan wanneer men eene plaats prikkelde, die verder van de spier was gelegen. Uit het verschil in den duur der latente prikkeling in beide proefnemingen, overgebragt op den gemeten afstand der beide opgewekte punten, volgt klaarblijkelijk de gezochte snelheid der geleiding in de zenuw.

Verrigting en indeeling der zenuwvezels.

Ofschoon hoogst waarschijnlijk alle zenuwvezels volkomen van gelijken aard zijn (bladz. 243), kunnen wij toch eene indeeling daarvan niet ontberen. De gewone indeeling is ontleend aan de toevallige verrigting der vezels, zooals zij door de gesteldheid van hare beide eindorganen bepaald is; men noemt de aldus tot stand gekomen verrigting eener zenuw hare „specifieke energie." Daarnaar verdeelt men de zenuwvezels (of

naauwkeuriger gezegd: de „stelsels uit een zenuwvezel en hare beide eindorganen") in:

A. Centrifugaalgeleidende vezels (bladz. 242): 1. Motorische vezels; haar peripherisch eindorgaan (effektsorgaan) is eene spiervezel of een der contractiele elementen, waarvan wij in het vorige hoofdstuk gesproken hebben; 2. Secretorische vezels; haar peripherisch eindorgaan is een klierelement en hare specifieke energie bestaat daarin, dat zij na eene opwekking, die van het centrum uitgaat of gereflecteerd is (zie hoofdstuk XIII) het proces der afscheiding, misschien slechts het oxydatieproces (bladz. 84) in de klier regtstreeks (zonder tusschenkomst van de vasomotorische zenuwen) verhoogt; 3. Trophische vezels, d. i. zoodanige, welke de voedings- (oxydatie) processen in de parenchymateuse weefsels besturen, derhalve in dezelfde verhouding tot de parenchymsappen (bladz. 82) staan, als de secretorische zenuwen tot de vrije secreta. Haar bestaan is, ofschoon niet onwaarschijnlijk, vooralsnog evenwel nog niet aangetoond; bijna alle verschijnselen, die men tot nu toe daaraan heeft toegeschreven, kan men uit verrigtingen van motorische (voornamelijk vasomotorische), secretorische of zelfs gevoels-vezels (zie beneden bij den trigeminus) verklaren. Wij kennen slechts, en buiten twijfel, één enkel geval van den invloed der zenuwen op de voeding, namelijk dien op haar eigen voeding; wij hebben namelijk reeds vroeger opgegeven (bladz. 236) dat doorgesnedene zenuwen in hare peripherische deelen de vettige ontaarding ondergaan.

De secretorische en de trophische zenuwen in kwestie hebben tevens (bladz. 84, 170) invloed op de warmteproductie, en men zou ze daarom met hetzelfde regt waarmede men de spierzenuwen motorische zenuwen noemt, met den naam van thermische zenuwen kunnen bestempelen. Intusschen schijnt het dat de invloed der zenuwen op de plaatselijke temperatuur hoofdzakelijk betrekking heeft op de verdeeling des bloeds (vasomotorische zenuwen; vergel. bladz. 63, 173).

B. Centripetaalgeleidende vezels. 1. Sensible vezels; haar centraal eindorgaan (effektsorgaan) is een zielsorgaan, het effekt van hare opwekking eene werkzaamheid der ziel, namelijk gewaarwording; haar peripherisch eindorgaan is een zintuigsorgaan (hoofdstuk XII); 2. Reflectorische of excitomotorische vezels; de opwekking, die in haar centraal eindorgaan aankomt wordt aldaar op andere vezels, en ten slotte op centrifugale overgebragt. — De zielsorganen, die met de sensible vezels in verbinding staan, stellen verschillende soorten van gewaarwordingen voor, sommige gezigtsgewaarwordingen, andere gehoorgewaarwordingen enz. Elke

sensible vezel kan nooit anders dan hetzelfde zielsorgaan opwekken, derhalve nooit anders dan dezelfde soort van gewaarwording te voorschijn roepen, op welke wijze zij ook opgewekt moge zijn: zoo is de „specifieke energie" der vezels van den opticus eene gewaarwording van het gezigt, die van de vezels van den acusticus eene gewaarwording van het geluid enz. Behalve de algemeene zenuwprikkels bestaat er voor de peripherische eindorganen van elke sensible vezel (zintuigsorgaan) nog een bijzondere prikkel, waardoor zij gewoonlijk opgewekt worden. Zoo worden de eindorganen van den opticus in het netvlies door lichtgolven, die van den acusticus door geluidgolven, die van den olfactorius door den invloed van „reukstoffen" enz. opgewekt. Vermits nu de ziel geen middel bezit, om den oorsprong van de aankomende opwekking te onderkennen, neemt zij voor elke gewaarwording den gewonen oorsprong aan, of, om ons duidelijker uit te drukken: 1. de ziel verplaatst de oorzaak van elke gewaarwording naar het peripherische eindorgaan van de sensible vezel, zelfs als de opwekking buiten den gewonen regel niet dit, maar den stam der zenuw heeft getroffen; geamputeerde personen verplaatsen de gewaarwordingen, die door de eene of andere prikkeling van de zenuwstomp tot stand komen, in het geamputeerde lid (excentrische verplaatsing der gewaarwordingen); 2. zij neemt als oorzaak het specifieke proces aan, dat gewoonlijk het eindorgaan der vezel opwekt (licht, geluid, enz.), zelfs dan wanneer niet deze prikkel, maar de een of ander algemeene zenuwprikkel (een werktuigelijke, elektrische, thermische, scheikundige) de opwekker is geweest; zij beschouwt dus elke gewaarwording van het gezigt sals veroorzaakt door lichtgolven, welke het netvlies hebben getroffen, zelfs wanneer eene trekking van de retina, eene beleediging van den opticus enz. de oorzaak was; en zoo zouden wij nog meer voorbeelden kunnen noemen. — In veel gevallen gaan wij nog verder in onze gevolgtrekkingen over den oorsprong der opwekking; namelijk in die, waarin het specifieke opwekkende proces altijd een bepaalden weg moet afleggen, om het peripherische eindorgaan van de sensible vezel te bereiken. Zoo moet elke lichtgolf, die het netvlies raakt, — elke geluidgolf, die den acusticus opwekt, vooraf de doorzigtige middenstoffen van het oog, — de deelen van het oor, die het geluid geleiden, doorloopen hebben; dientengevolge wordt de oorzaak van de licht- en geluidgewaarwordingen naar buiten verplaatst. Bij de lichtgewaarwording vormt de ziel zich zelfs een oordeel over de plaats van het lichtende ligchaam, althans ten opzigte van zijne rigting; elk verlicht punt van het netvlies kan met het lichtende punt door den hoofdstraal (de „rigtingslijn," zie hoofdstuk XII) verbonden worden, en in deze

rigting wordt derhalve de oorzaak van de lichtgewaarwording naar buiten verplaatst.

Zonder dat daarvoor eene voldoende reden bestaat, worden de gewaarwordende vezels nog verder verdeeld in sensible (in engeren zin) en sensuële of zintuigszenuwen. Meer hierover in hoofdstuk XII. 5. — Men kan het principe van de specifieke energieën consequent nog verder voortzetten. In dezelfde sensible vezel kunnen namelijk, volgens de tot nu toe gebruikelijke voorstelling verschillende opwekkingstoestanden aanwezig zijn, veroorzaakt door verscheidenheid van den specifieken opwekker of zelfs door verscheidene van de algemeene zenuwprikkels. De gevolgen van deze verschillende opwekkingstoestanden zijn verschillende gewaarwordingen in het centraalorgaan, doch die alle zonder onderscheid tot dezelfde kategorie (gezigts-, smaakgewaarwordingen, enz.) behooren. Zoo kan eene vezel van de smaakzenuw in haar eindorgaan door suiker, door aloë, — in haren stam door opstijgende of afstijgende stroomen opgewekt worden; het effekt is en blijft altijd een smaakgewaarwording; doch in het eerste geval een zoete, in het tweede een bittere, in het derde een zure, in het vierde een brandende („alkalische") smaak. Wij kunnen ons nog geen denkbeeld vormen aangaande het wezen van deze verscheidenheid in de opwekkingstoestanden. Meer vruchten zou een strenger voortzetten van het beginsel der specifieke energieën opleveren, als men aanneemt, dat er voor elke wijziging van dezelfde kategorie van gewaarwording bijzondere vezels bestaan, die alleen door een bepaalden vorm van den opwekker aangezet worden en waarvan de centraalorganen de verschillende wijzigingen van de gewaarwording voorstellen. Dientengevolge zou men de bovengenoemde voorbeelden in diervoege verklaren, dat de zoetsmakende en de bittersmakende stof niet dezelfde, maar verschillende vezels van de smaakzenuw opwekken en dat de elektrische smaak welligt eene gemengde gewaarwording zou zijn, zamengesteld uit alle enkelvoudige smaaksoorten. En inderdaad heeft men zich reeds voor zulk eene opvatting bij eenige zintuigszenuwen, namelijk bij de gezigts- en gehoorzenuw, hypothetisch verklaard, — eene hypothese, die door zekere verschijnselen wordt begunstigd (YOUNG, HELMHOLTZ). In den opticus neemt men voor verschillende kleuren (b. v. drie grondkleuren), in den acusticus voor de verschillende toonhoogten bijzondere vezels aan. Meer hierover in het volgende hoofdstuk.

C. Intercentrale vezels, d. i. zulke, die twee centraalorganen (gangliëncellen) onderling verbinden. Haar aantal is buitengewoon groot; over hare beteekenis bestaan vooralsnog slechts hypothesen, waarover eerst in het 13de hoofdstuk zal gesproken worden. Tot deze soort van vezels behooren: het grootste gedeelte der vezels van de hersenen en het ruggemerg, het voornaamste gedeelte der sympathische zenuwen, de zoogenaamde belemmeringszenuwen en nog meer anderen.

B. Bijzondere zenuwphysiologie.

De verschillende (motorische, sensible, enz.) zenuwvezels zijn in den regel zoo gerangschikt, dat die, welke voor dezelfde ligchaamsstreek bestemd zijn, tot welke soort zij ook mogen behooren, een eind weegs in een gemeenschappelijken („gemengden") zenuwstam naast elkander verloopen, en eerst in de nabijheid van de plaats harer bestemming in takken gesplitst worden, die geen andere dan vezels van dezelfde soort bevatten

(„sensible, motorische zenuwen"). Alleen bij de zenuwen van het hoofd, die alle een korter verloop hebben, heeft meestal geen vereeniging plaats, zoodat deze zenuwen van haren oorsprong af bijna alle òf een zuiver motorisch òf een zuiver sensibel karakter hebben.

Het is de taak der bijzondere zenuwphysiologie, de specifieke energie (die men eenvoudig ook „functie" noemt) van elke afzonderlijke zenuwvezel te bepalen. Indien men volkomen bekend ware met de anatomie en de functiën van de beide eindorganen van elke vezel, dan zou daaruit van zelf de specifieke energie van deze vezel duidelijk worden. Beide wetenschappen vullen elkander hier wederkeerig aan.

Men kan zich op de volgende wijze van de bijzondere functie eener zenuw overtuigen: 1. Men snijdt haar op de eene of andere plaats door; nu blijven aan de zijde van het effektsorgaan alle effekten weg, die door opwekkingen aan gene zijde der doorsnijding moesten voor den dag komen. Bij doorsnijding eener spierzenuw blijft derhalve de spier verslapt, ofschoon de wil of eene reflectorische of automatische opwekking op het centrale uiteinde van de zenuw, of de een of andere prikkel op haar verloop boven de doorsnijding inwerkt: — de spier is „verlamd." Bij doorsnijding van eene centripetale zenuw komen zintuigsprikkels of opwekkingen van het perifherische gedeelte der zenuw niet meer in het bereik der gewaarwording, er ontstaat blindheid, doofheid, gevoelloosheid, enz. — 2. Men prikkelt de beide deelen der zenuw, die door de doorsnijding van elkander gescheiden zijn en neemt waar, op welke zijde, waar en welk effekt tot stand komt.

Naarmate van hunne centrale uiteinden (hun „oorsprong") worden de zenuwstammen verdeeld in hersen-, ruggemergs- en sympathische zenuwen.

I. Hersenzenuwen.

1. Olfactorius. De functie van de vezels der reukzenuw bestaat daarin, dat zij elke opwekking, die haar op de eene of ander plaats treft, naar de deelen der hersenen, waar de reukgewaarwording tot bewustzijn komt, overbrengen en op deze wijze reukgewaarwordingen doen ontstaan. De opwekking geschiedt in een physiologischen zin altijd in de perifherische eindorganen, op het reukvlies (hoofdstuk XII), en wèl door zekere specifieke prikkels, de „reukstoffen."

Wel is waar heeft men het ontstaan van reukgewaarwordingen bij opwekking van den n. olfactorius door gewone zenuwprikkels wel niet regtstreeks aangetoond (vergel. hoofdstuk XII), — naar hetgeen wij bladz. 247 gezegd hebben, valt daaraan echter niet te twijfelen.

2. Opticus. Elke opwekking van deze zenuw wekt die deelen der hersenen op, waar de lichtgewaarwordingen tot bewustzijn komen, brengt derhalve lichtindrukken te voorschijn.

Hare normale opwekking gaat van haar peripherische uiteinden in het netvlies van het oog uit, en brengt specifiek verschillende (gekleurde) lichtindrukken tot stand. Buitendien bevat de gezigtszenuw vezels, die door reflexie vezels van den oculomotorius, die naar den sphincter iridis gaan, opwekken. (Meer hierover in het 12de hoofdstuk).

3. Oculomotorius, bewegingszenuw voor de meeste spieren der oogholte: rectus superior, inferior, internus; obliquus inferior en levator palpebrae superioris; verder voor de kringspier der pupil (sphincter s. circularis iridis) en den tensor chorioïdeae. De opwekking van deze zenuw in de hersenen geschiedt deels door den wil, deels (de vezels voor de iris) door reflexie, die van den n. opticus uitgaat (hoofdstuk XII). Men heeft beweerd, dat de oculomotorius ook gevoelsvezels zou bezitten; evenwel is het onzeker, of hij deze reeds bij zijn oorsprong heeft, of eerst later gekregen heeft, nadat hij met den trigeminus in verbinding is getreden.

4. Trochlearis, bewegingszenuw voor den m. obliquus oculi superior (trochlearis). Men wil dat ook deze zenuw gevoelsvezels bezit.

5. Trigeminus, eene gemengde zenuw, die uit twee wortels, één voor het gevoel (portio major) en één voor de beweging (portio minor), op de wijze der ruggemergszenuwen (zie beneden) ontstaat, en kort daarop weder in bewegings- en gevoelstakken verdeeld wordt. De gevoelswortel bezit even als de ruggemergszenuwen een ganglion (g. Gasseri).

Door tusschenkomst van zijne gevoelsvezels komt het gevoel bijna aan het geheele hoofd tot stand. Een gedeelte van zijne vezels schijnt tot de zenuw van den smaak te behooren (zie hoofdstuk XII). — Zijne bewegingsvezels voorzien de kaauwspieren (m. temporalis, masseter, m. m. pterygoïdei), voorts den tensor palati mollis, digastricus anterior, mylohyoideus, tensor tympani, misschien ook den sphincter iridis; eindelijk de vaatspieren van de slagaderen in het binden regenboogsvlies („vasomotorische vezels;" waarschijnlijk echter zijn deze van een sympathischen oorsprong). — Verder bezit hij afscheidings- (secretorische) vezels voor de traan-, de oorspeeksel- en onderkaaksklier. Het nadere over den oorsprong en het verloop der laatsten zie bladz. 89 en volg.

Sommigen beweren dat de trigeminus ook „trophische vezels" bezit, met name voor den oogappel, die na doorsnijding van het vijfde paar in ontsteking geraakt en vernietigd wordt. Waarschijnlijk moet men deze veranderingen in den oogappel alleen aan het verlies van het gevoel toeschrijven, waardoor uitwendige nadeelige invloeden moeijelijk geweerd worden. Hiervoor pleit de omstandigheid, dat de oogappel zelfs na de doorsnijding van den trigeminus ongedeerd blijft, als men eene gevoelige,

beschermende vlakte daarvoor plaatst, bij konijnen b. v. het oor voor het oog vastnaait (SNELLEN).

6. Abducens, bewegingszenuw voor den m. rectus oculi externus (abducens).

7. Facialis, bezit geen andere dan centrifugaalgeleidende (motorische en secretorische) vezels. Daar waar deze zenuw gevoelstakken heeft, zijn deze afkomstig van bijgemengde vezels van den trigeminus; want na doorsnijding van dezen verdwijnt de gevoeligheid.

De bewegingsvezels van den n. facialis voorzien alle huidspieren van het hoofd (zoogen. „aangezigtsspieren;" door zijne bemiddeling komen derhalve de mimische bewegingen van het aangezigt tot stand), de spieren van het uitwendige oor, den stylohyoïdeus, levator palati mollis, achtersten buik van den digastricus, stapedius, eindelijk het platysma myoïdes. — Zijne secretorische vezels werken op de speekselklieren (het nadere hierover bladz. 88 en volg.).

8. Acusticus, is de eenige bemiddelaar van de waarnemingen van het gehoor. Elke prikkeling van deze zenuw brengt geluidsgewaarwordingen, hare doorsnijding doofheid voort. (Het nadere hierover in hoofdstuk XII).

9. Glossopharyngeus, eene gemengde zenuw, die echter slechts weinig bewegingsvezels bevat voor den m. levator palati mollis, azygos uvulae, constrictor faucium medius en stylopharyngeus. De overige vezels zijn centripetaal en bemiddelen deels de gewaarwordingen van den gevoelszin, doch grootendeels die van den smaak, van het weeke gehemelte en den tongwortel (hoofdstuk XII).

10 en 11. Vagus en accessorius. Uit beider vereeniging ontstaat eene gemengde zenuw. Het is zeer waarschijnlijk (LONGET), dat beide zenuwen als twee wortels moeten beschouwd worden, waarvan de een (vagus) de centripetale, de andere (accessorius) de centrifugale vezels bevat. De centrifugale vezels zijn, voor zoover bekend is, de volgende: a. bewegingsvezels 1) voor de spieren van het weeke gehemelte en den strot; 2) voor die van het strottenhoofd (voorkomende in den laryngeus inferior s. recurrens); 3) voor de spieren van de luchtpijp en de luchtpijpstakken (? zie beneden); 4) voor den slokdarm; 5) voor de maag (vergel. bladz. 117); 6) volgens sommigen ook voor de dunne en dikke darmen en voor de baarmoeder; 7) voor den sternocleidomastoïdeus en cucullaris (in den accessorius). — b. „Belemmerings zenuwvezels" voor de beweging van het hart (ED. WEBER, BUDGE) (zie bladz. 52). — c. secretorische vezels 1) voor de klieren van het slijmvlies der maag, enz., die echter nog niet

aangetoond zijn, onlangs weder geheel ontkend werden (zie bladz. 93); 2) voor de nieren (BERNARD): prikkeling van den vagus aan de cardia zou de pisafscheiding vermeerderen, waarbij het aderbloed rood wordt (?); — d. vasomotorische vezels voor de vaten der longen (?).

De centripetale vezels zijn: a. gevoelsvezels vermoedelijk 1) voor den geheelen ademhalingstoestel, 2) voor het spijsverteringskanaal, van het velum palati tot aan den pylorus, 3) voor het hart. — b. reflectorisch werkende vezels: 1) reflectorisch-motorische vezels voor de zenuwen van de inademingsspieren, d. i. vezels, waarvan de opwekking, centripetaal tot aan den oorsprong in het verlengde merg voortgeleid, aldaar door reflexie eene opwekking der inademingsspieren te voorschijn roept en daardoor inademingen veroorzaakt of versnelt (L. TRAUBE; vergel. bladz. 71—72). 2. reflectorisch-belemmerende vezels voor dezelfde zenuwen, waarvan de centripetaalgeleidende opwekking dus door reflexie de werkzaamheid van de inademingszenuwen vermindert (welke zenuwen in den laryngeus superior zijn gelegen, — ROSENTHAL, zie bladz. 72); 3. reflectorisch-trophische (of secretorische) vezels voor de suikervorming in de lever, d. i. zoodanige, waarvan de centripetaal geleide opwekking de zenuwen door reflexie aanzet, welke de suikervorming tot stand brengen (vergel. bladz. 138). De peripherische uiteinden van deze vezels zijn in de borstholte, misschien in de long (BERNARD) gelegen.

Om een beter overzigt te krijgen van hetgeen boven is medegedeeld, zullen wij hier de resultaten van de doorsnijdings- en prikkelingsproeven aan den vagus en accessorius kortelijk zamenvatten, welke aanleiding hebben gegeven om de genoemde soorten van vezels aan te nemen: 1. Doorsnijding van den accessorius boven de plaats van zijne verbinding met den vagus (in stede van de doorsnijding worden gewoonlijk de wortels van den accessorius uit het merg „uitgetrokken"): verlamt alle spieren, die van den vago-accessorius afhangen (zie boven). Wij bezitten geen afdoende waarnemingen over doorsnijding van den vagus op deze plaats en over prikkeling van eene der beide zenuwen voor dat zij zich vereenigen. 2. Doorsnijding van den stam van den vagus aan den hals: a. verlamt de spieren van het strottenhoofd (hetzelfde doet eenvoudig de doorsnijding van den laryngeus inferior); b. versnelt de beweging van het hart; c. vertraagt de inademingsbewegingen; d. doet de suikervorming in de lever ophouden. 3. Prikkeling van het peripherische uiteinde van den vagus aan den hals: a. wekt de spieren van het strottenhoofd tot zamentrekking op (hetzelfde doet de prikkeling van het peripherische uiteinde van den laryngeus inferior); b. vertraagt de bewegingen van het hart, totdat zij ten laatste in het tijdperk der diastole geheel ophouden; c. zou volgens sommigen de gladde spieren der luchtpijpstakken doen zamentrekken, zoodat haar lumen een weinig naauwer wordt (dit is door DONDERS, WINTRICH, ROSENTHAL, RÜGENBERG bestreden); d. veroorzaakt zamentrekkingen van de maag, de darmen (?), de baarmoeder enz.; e. vermeerdert de afscheiding der nieren (?). 4. Prikkeling van het centrale uiteinde van den vagus aan den hals: a. versnelt de inademingsbewegingen tot op den graad van tetanische inademing; b. vermeerdert de suikervorming in de lever. 5. Doorsnijding van den laryngeus superior heeft eene geringe vertraging der inademing ten gevolge (SKLA-

REK), omdat deze zenuw met motorische vezels voor de stemspleet, inzonderheid voor den m. cricothyreoideus vermengd is. 6. Prikkeling van het centrale uiteinde van den laryngeus superior vertraagt de ademingen, tot dat de ademhaling ten laatste geheel ophoudt (ROSENTHAL).

12. Hypoglossus, de bewegingszenuw voor alle tongspieren.

II. Ruggemergszenuwen.

De zenuwen, die in het ruggemerg ontspringen, behooren alle in een groot gedeelte van haar verloop tot de gemengde zenuwen; dit is echter niet het geval van haar oorsprong af, maar elke zenuw ontspringt met twee wortels, een voorsten, welke de centrifugale, en een achtersten, die de centripetale vezels bevat (CHARLES BELL); gene wordt daarom ook de wortel voor de beweging, deze die van het gevoel genoemd; de laatste bezit een ganglion.

Wanneer men derhalve alle voorste wortels van eene zijde doorsnijdt, dan zijn de spieren van de overeenkomstige ligchaamshelft geheel verlamd; snijdt men de achterste door, dan is die ligchaamshelft gevoelloos. Snijdt men bij een dier (kikvorsch) op de eene zijde (b. v. de regter) de achterste, op de andere (linker) de voorste wortels der dijzenuwen door, dan blijft het, als men het regter been beleedigt, onbewegelijk liggen, omdat het de pijn niet voelt; beleedigt men daarentegen het linker, dan maakt het met het regter afwerende bewegingen, terwijl het linker stil blijft liggen, want het dier voelt de pijn in het linker been, maar kan alleen het regter bewegen. Bij het springen sleept het ook het regter been na alsof het verlamd was, omdat het dat been niet voelt.

Ook de voorste wortels zouden volgens sommigen somwijlen gevoelsvezels bevatten (LONGET). Doch dit geldt alleen voor zoodanige, die in den achtersten wortel uit het ruggemerg naar buiten zijn getreden en op de plaats der vereeniging in den voorsten zijn omgebogen; daarom is, wanneer men den voorsten wortel heeft doorgesneden, alleen het peripherische uiteinde gevoelig, en de gevoeligheid verdwijnt geheel, zoodra men den achtersten wortel doorsnijdt (MAGENDIE).

De centrifugale vezels der ruggemergszenuwen (die in de voorste wortels bevat zijn) zijn: 1. motorische voor alle dwarsgestreepte spieren van den romp en de ledematen, en (waarschijnlijk door tusschenkomst van den sympathicus) voor zekere gladde spieren van de ingewanden, b. v. den detrusor urinae; — 2. Vasomotorische vezels voor het grootste gedeelte van de slagaderen des ligchaams; evenwel voegen deze zich eerst bij de zenuwstammen na de vereeniging met de r. r. communicantes van den sympathicus, ze zijn derhalve van dezen afkomstig (BERNARD); — 3. misschien ook secretorische en trophische vezels. — De centripetale zijn de gevoels-zenuwvezels voor het gevoel van de geheele ligchaamsoppervlakte met uitzondering van het aangezigt en het voorste gedeelte van het hoofd.

De verdeeling van de verschillende bewegings- en gevoelszenuwen (voor de afzonderlijke spieren en plaatsen van de huid) over de 31 paren van wortels moet in de leerboeken over ontleedkunde nagezien worden.

III. Sympathische zenuwen.

Men kan de beschouwing dezer zenuwen niet wel scheiden van die der sympathische centraalorganen, waarover in het 13de hoofdstuk zal gesproken worden. De reden daarvan zal daar ter plaatse opgegeven worden.

TWAALFDE HOOFDSTUK.

De peripherische eindorganen der zenuwen.

De peripherische eindorganen der centrifugale zenuwen zijn slechts voor een zeer klein gedeelte bekend. Eerst voor korten tijd zijn de bladz. 178 vermelde eindorganen der motorische zenuwen in de dwarsgestreepte spiervezels ontleedkundig aangetoond geworden; van hunne physiologie weten wij zoo goed als niets. Evenmin kennen wij de uiteinden van de later te vermelden gevoelsvezels in de spieren. Ten eenenmale onbekend zijn de eindorganen der zenuwen in de gladde spiervezels, de klieren, de eindorganen der trophische zenuwen enz.

Daarentegen zijn de peripherische eindorganen der centripetale zenuwen grootendeels tamelijk naauwkeurig onderzocht. Een groot gedeelte van deze eindorganen staan in verbinding met apparaten, waarvan de bestemming is, de indrukken der buitenwereld (licht, geluid, warmte, beweging enz.), die de zenuwen moeten opwekken, op eene geschikte wijze naar de eindorganen te geleiden. Daardoor ontstaan organen, die uit de geleidende apparaten en de eindorganen der zenuwen zijn zamengesteld, en die men „zintuigsorganen" noemt. Aangezien men de physiologie der geleidende apparaten niet van die der eindorganen kan scheiden, zoo zullen wij hier de physiologie der zintuigsorganen in haar geheel behandelen.

I. Het gezigtsorgaan.

In het gezigtsorgaan, het oog, zijn de eindorganen der zenuw op een sphaerisch gebogen vlies (netvlies) geplaatst; op deze vlakte vallen de lichtindrukken, die voor het zien bestemd zijn. De lichtstralen, die in het oog vallen worden door een stelsel van middenstoffen, die een verschillend lichtbrekend vermogen hebben, in dier voege op het netvlies geprojiciëerd,

dat daarop een verkleind, omgekeerd, objectief beeld van de beschouwde voorwerpen ontstaat, op dezelfde wijze als in de camera obscura.

Schema van het oog.

De lichtbrekende middenstoffen van het oog zijn, in dezelfde volgorde als de invallende lichtstraal ze doorloopt, de volgende: 1. het hoornvlies, 2. het waterachtig vocht, 3. de voorste wand van het lensbeursje, 4. de zelfstandigheid der lens, 5. de achterste wand van het lensbeursje, 6. het glasachtig ligchaam. Aan deze middenstoffen beantwoorden zes vlakten, waardoor zij van elkander gescheiden worden („lichtbrekende vlakten") 1. tusschen de lucht en de zelfstandigheid van het hoornvlies (voorste vlakte der cornea), 2. tusschen het hoornvlies en het waterachtig vocht (achterste vlakte der cornea) enz. — Om nu den loop van een invallenden lichtstraal door het oog tot aan het netvlies te volgen, moet men, zooals ligt te begrijpen is, bekend zijn: 1. met de brekingsindices van alle middenstoffen, 2. de vormen van alle lichtbrekende vlakten, 3. de afstanden der laatsten van elkander en van de projectievlakte (netvlies).

Wij moeten hier terstond opmerken, dat de lens geen enkelvoudige lichtbrekende middenstof is; hare consistentie en haar lichtbrekingsvermogen nemen van buiten naar binnen toe, de vaste „lenskern" breekt het licht het sterkst. Al kan men nu den brandpuntsafstand (zie beneden) gemakkelijk berekenen, zoo is toch het gemiddelde lichtbrekingsvermogen voor de berekening der gevolgen van vormveranderingen minder gemakkelijk; men heeft het berekend door middel van eenige gestelden, waarover beneden zal gesproken worden.

Het vraagstuk wordt aanmerkelijk eenvoudiger, als men verscheidene lichtbrekende middenstoffen (en vlakten) geheel buiten rekening laat. Vooreerst is de cornea een vlies met evenwijdige wanden, dat van voren en achter aan vloeistoffen grenst, die nagenoeg een gelijk lichtbrekingsvermogen hebben (van voren het bespoelende tranenvocht, van achter het waterachtig vocht). Maar zulk een ligchaam kan, gelijk men weet (zoo als b. v. een platte, door evenwijdige wanden begrensde en aan beide zijden voor licht toegankelijke glazen plaat, een vensterruit) aan den doorgaanden lichtstraal geen nieuwe rigting geven, maar hem niet meer dan evenwijdig met zich zelf een weinig verschuiven. Men kan dus het hoornvlies geheel buiten rekening laten en zich de zaak zoo voorstellen, als of het glasachtig vocht zich tot aan de voorvlakte van de cornea uitstrekt. — Voorts heeft het lensbeursje bijna een volkomen gelijk lichtbrekingsvermogen als de buitenste lagen der lens, men kan het dus als eene verdikking van de lens bij deze optellen. Derhalve

blijven er slechts drie lichtbrekende middenstoffen over, namelijk: het waterachtig vocht, de lens en het glasachtig ligchaam, en dus ook drie lichtbrekende vlakten: voorvlakte van de cornea, voor- en achtervlakte van de lens.

Men heeft voor het midden van het oog (zie beneden) de volgende getallen gevonden (LISTING): a. de lichtbrekende vlakten zijn oppervlakten van een bol met de volgende stralen:

1. voorvlakte van het hoornvlies omtrent 8^{mm}
2. „ „ de lens „ 10^{mm}
3. achtervlakte „ „ „ „ 6^{mm}

b. de afstanden bedragen:

1. tot 2.: omtrent 4^{mm}
2. tot 3.: („lensas"): omtrent 4^{mm}
3. tot het netvlies: „ 13^{mm}

c. de brekingsindices zijn (wanneer men den brekingsindex van de lucht = 1 stelt):

voor het glasachtig vocht $^{103}/_{77}$
„ de lens (in het midden, zie bladz. 256) = $^{16}/_{11}$
„ het glasachtig ligchaam = $^{103}/_{77}$.

Het waterachtig vocht en het glasachtig ligchaam hebben derhalve (bijna) hetzelfde lichtbrekingsvermogen.

Wij kunnen de resultaten van de naauwkeurigste metingen dezer grootheden (BREWSTER, de beide KRAUSE'S, HELMHOLTZ) niet mededeelen, en zullen alleen de methoden kortelijk opgeven. De brekingsindices worden volgens bekende methoden uit de optica aan de middenstoffen van uitgesneden oogen bepaald; op dezelfde wijze kunnen de afstanden van de lichtbrekende vlakten alleen aan het lijk gemeten worden. De krommingsstralen moeten echter zooveel mogelijk aan het levend oog bepaald worden, omdat de vormen velerlei veranderingen ondergaan (zie beneden). Deze bepaling geschiedt naar de volgende, zeer naauwkeurige methode (HELMHOLTZ): Volgens eenvoudige meetkunstige regels laat zich de straal van eene bolvormige oppervlakte berekenen, als men op een afstand, dien men gemeten heeft, een (lijnvormig) ligchaam plaatst, waarvan de lengte bekend is, en nu het in de bolvormige oppervlakte teruggekaatst beeld daarvan meet. Het meten van dit beeld geschiedt op de volgende wijze: men beschouwt het b. v. in de cornea teruggekaatst beeld (dat wij ons horizontaal zullen voorstellen) door eene dikke glasplaat; deze is door eene horizontale snede in twee helften verdeeld, die om eene gemeenschappelijke, loodregte as kunnen draaijen. Zoo lang de plaat loodregt door de stralen getroffen wordt, blijft het spiegelbeeld op dezelfde plaats; doch draait men nu de beide helften van de plaat om hare as, naar de tegenovergestelde zijden (zoodat zij, van boven gezien, elkander kruisen) dan wordt elk daarvan schuins door de stralen getroffen, en daardoor het beeld in eene horizontale rigting verschoven; de beide platen verschuiven het beeld naar eene tegenovergestelde rigting, er ontstaan bij gevolg twee beelden. Heeft men nu de platen zoolang gedraaid, totdat het beeld door elk van deze juist ten bedrage van de helft zijner lengte verschoven is, zoodat de tegenovergestelde uiteinden van beide beelden elkander aanraken (het eene beeld doet zich dan voor als eene verlenging van het andere), dan kan men de lengte van het beeld uit den hoek, dien beide platen met elkander maken, zoo naauwkeurig mogelijk berekenen, als de dikte en de brekingsindex van de platen bekend zijn; de toestel die de platen draagt en waaraan men tevens den hoek kan aflezen, wordt ophthalmometer genoemd.

Constructie van het beeld.

Men kan nu met behulp van het zoo even medegedeelde volgens bekende wetten uit de optica den loop, dien een invallende lichtstraal door het oog volgt, construéren, en dus ook voor elk punt van een voorwerp, dat zich voor het oog bevindt, het „beeldpunt" bepalen (namelijk het punt, waarin alle lichtstralen, die van een punt van een voorwerp zijn uitgegaan, elkander na de breking weder snijden. Dat deze stralen elkander werkelijk in één punt snijden, als zij vóór de breking van één punt uitgingen („homocentrische stralen"), en als de lichtbrekende vlakten eene gemeenschappelijke as hebben (of zooals men zegt: „gecentreerd zijn"), leert eene optische wet, die wij hier niet kunnen bewijzen).

Duidelijkheidshalve zullen wij hier kortelijk de regels herhalen, waarnaar men den loop van een gebroken lichtstraal en het beeldpunt van een objectpunt kan construéren.

De wet voor de breking van het licht luidt als volgt: Als een lichtstraal uit de eene middenstof in de andere overgaat, dan verandert hij in den regel op de plaats van overgang van rigting, en wel staan de sinussen van den hoek van inval *) en van den brekingshoek tot elkander in omgekeerde verhouding als twee standvastige getallen van de 1ste en 2de middenstof, welke men brekingsindices noemt. (De brekingsindex van de digtere middenstof is grooter dan die van de dunnere; daarom is, als de straal uit eene dunnere in eene digtere middenstof overgaat, de brekingshoek kleiner dan de hoek van inval, — de straal nadert dus de loodlijn op het scheidingsvlak).

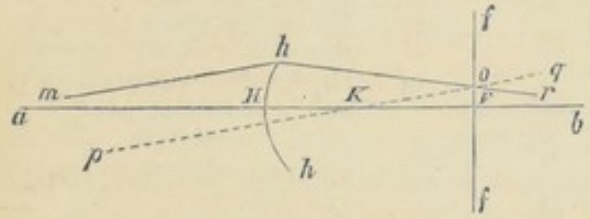
Uit de brekingswet volgen, gedeeltelijk onmiddellijk, gedeeltelijk door gevolgtrekkingen, waarover wij hier niet kunnen spreken, deze regels: 1. een straal, die loodregt op de lichtbrekende vlakte valt, wordt niet gebroken, gaat derhalve in eene regte lijn door; is de brekende vlakte sphaerisch, dan is de loodlijn voor elk invalspunt, gelijk men van zelf begrijpt, de straal (radius), die door dit punt gaat; derhalve wordt een lichtstraal waarvan de verlenging door het middenpunt van de sphaerische brekende vlakte zou gaan, niet gebroken, het middenpunt wordt knooppunt en elke lichtstraal, die daardoor gaat, derhalve niet gebroken wordt, een hoofdstraal genoemd — 2. (De beide volgende regels gelden naauwkeurig alleen voor brekende vlakten, die eene parabolische kromming hebben, doch in zeker opzigt ook voor sphaerische, voornamelijk als zij slechts kleine stukken van de sphaerische oppervlakte vormen, derhalve met betrekking tot hare kromming niet zeer van de parabolische afwijken): alle lichtstralen, die van één punt uitgaan („homocentrische stralen") vereenigen zich, nadat zij gebroken zijn wederom in een punt (dit is reeds boven medegedeeld); het laatste noemt men het „beeld" of het „beeldpunt" van het eerste. Liggen verscheidene punten van het voorwerp in één vlak, dat loodregt op de as†) staat, dan zijn ook de beeldpunten in één vlak gelegen, dat loodregt op de as staat. Ligt het objectpunt in de as, dan ligt ook zijn beeldpunt er in. — 3. Ligt het objectpunt in de as op een oneindig verren afstand, zijn derhalve

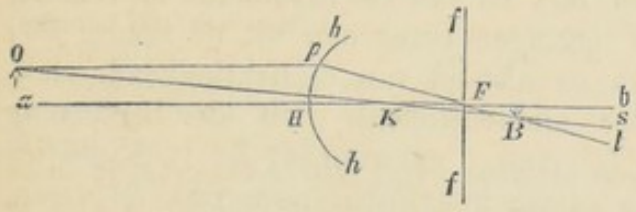
*) Men noemt hoek van inval en brekingshoek de beide hoeken, welke de invallende en de gebroken straal met de invalsloodlijn maken, d. i. met die lijn, welke in het punt van inval loodregt op de grensvlakte van beide middenstoffen („lichtbrekende vlakten") staat. De gebrokene straal ligt met den invallenden en de invalsloodlijn in één vlak.

†) Onder as verstaat men eene bepaalde lijn, die door het knooppunt en de brekende vlakte gaat. Onder de oneindig vele lijnen, die men als as kan aannemen, kiest men bij sphaerische vlakten die, welke door het midden van den bol gaat, bij andere b. v. parabolische vlakten, de geometrische as. Het punt, waar de as de brekende vlakte snijdt, wordt hoofdpunt genoemd.

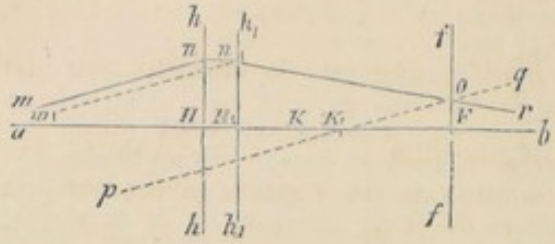
de invallende lichtstralen onderling en met de as evenwijdig, dan noemt men het punt van vereeniging (dat in de as is gelegen) het brandpunt. Het vereenigingspunt van evenwijdige stralen met eene andere rigting (wier uitgangspunt derhalve insgelijks op een oneindig grooten afstand, doch niet in de as is gelegen) moet bijgevolg in een vlak gelegen zijn, dat loodregt op de as staat, door het brandpunt gaat en brandpuntsvlak wordt genoemd. — 4. Invallende en gebroken lichtstraal, object- en beeldpunt zijn wederkeerige begrippen, dat wil zeggen: wanneer men zich voorstelt dat het licht van de tweede middenstof in de eerste overgaat en in de rigting van den vroeger gebroken straal invalt, dan heeft nu de gebroken straal de rigting van den vroeger invallenden straal; op dezelfde wijze is, als er van de plaats van het beeldpunt stralen uitgaan, het vroegere objectpunt hun vereenigingspunt.

Met behulp van deze regels kunnen wij nu gemakkelijk het vraagstuk, waarmede wij ons bezig houden, oplossen: 1. Constructie van den gebroken lichtstraal. Is hh de (sphaerische) brekende vlakte, ab de as, K het knooppunt, F het brandpunt, ff het brandpuntsvlak en mh de invallende lichtstraal, dan heeft men, om den gebroken straal te construéren, niets meer noodig dan alleen een punt daarvan te zoeken, dat men alsdan met h moet verbinden. Daartoe maakt men gebruik van een met mh evenwijdigen straal, die tevens een hoofdstraal is, d. i. men trekt door K eene lijn pq evenwijdig aan mh. Volgens den 1sten regel (zie boven) gaat pq als hoofdstraal zonder gebroken te worden door; verder leert de 3de regel, dat twee evenwijdige stralen elkander na gebroken te zijn in een punt van het brandpuntvlak moeten snijden; bijgevolg is het snijpunt o aan beide doorgegane stralen gemeen, dus o een punt van den gebroken straal, en hr de gezochte gebroken straal. — 2. Constructie van het beeldpunt van een objectpunt. Is O het objectpunt, dan heeft men slechts voor twee willekeurige, van O uitgaande stralen, zooals boven, de gebroken stralen te construéren: het punt, waar zij elkander doorsnijden, is alsdan naar den 2den regel het beeldpunt. Het gemakkelijkst geschiedt de constructie evenwel met de beide volgende stralen: a. hoofdstraal, Os, die zonder gebroken te worden, doorgaat, b. de met de as evenwijdige straal Op, die (regel 3) na gebroken te zijn door het brandpunt F moet gaan, derhalve de rigting pt volgt. Het punt B, waar Os en pt elkander snijden, is het gezochte beeldpunt.

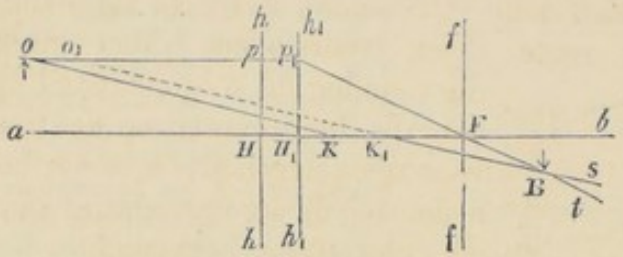




Heeft men nu, zooals in het oog, meer dan twee lichtbrekende middenstoffen achter elkander, derhalve verscheidene lichtbrekende vlakten, dan zou men een gegeven straal in dier voege door het geheele stelsel der middenstoffen heen kunnen volgen, dat men bij elke nieuwe lichtbrekende vlakte de boven opgegeven constructie herhaalt. Doch dit is eene hoogst ingewikkelde methode, die men door eene zeer eenvoudige kan vervangen, als de lichtbrekende vlakten, zooals in het oog, eene gemeenschappelijke as hebben („gecentreerd" zijn). Men kan zich namelijk de lichtbrekende eigenschappen van zulk een gecentreerd stelsel denken als voorgesteld door twee brekende vlakten van gelijke eigenschappen, die op zekeren afstand van elkander geplaatst zijn, maar toch in zulk eene verhouding tot elkander staan, dat de stralen, die op de eerste vallen niet door deze, maar eerst door de tweede gebroken worden; tusschen beide worden de stralen slechts evenwijdig met zich zelve verschoven, en wel zoo, alsof zij op het overeenkomstig punt van de tweede vlakte vielen. Hieruit volgt nu op de eenvoudigste wijze de constructie. Laat ab de as voorstellen, hh de eerste



vlakte *) en K haar knooppunt, h_1h_1 de tweede en K_1 haar knooppunt („het tweede knooppunt"), F het brandpunt voor de tweede vlakte, dus voor het geheele stelsel, ff het brandpuntsvlak; wil men nu voor den invallenden straal mn den gebrokenen construéren, dan wordt hij eerst evenwijdig met zich zelf naar m_1n_1 verschoven, en nu, zooals boven, geconstruéerd, alsof m_1n_1 de invallende straal en h_1h_1 de brekende vlakte ware; dus is n_1r de gebroken straal, die het stelsel verlaat. Is verder O een objectpunt, waarvoor het beeldpunt moet worden gevonden, dan worden beide constructiestralen, de met de as evenwijdige straal Op en de hoofdstraal OK, zoo evenwijdig met zich zelve verschoven, dat zij op overeenkomstige punten van het tweede stelsel vallen; Op valt dus in O_1p_1, en OK naar O_1K_1. Uit de verdere constructie blijkt nu, even als boven, dat het punt B het beeldpunt is †).



Voor elk stelsel van lichtbrekende middenstoffen, dus ook voor het oog, moet men volgens de bovengegeven beschrijving de ligging en optische constanten van de beide vlakten hh en h_1 h_1 kennen om den loop van elken invallenden straal daardoor heen te kunnen volgen en voor elk objectpunt het beeldpunt te kunnen vinden; met andere woorden: men moet bekend zijn met de ligging van de vijf „cardinale punten" op de as, namelijk van de beide hoofdpunten H en H_1, van de beide knooppunten K en K_1, en van het brandpunt F_1 voor H_1 en K_1. Men kan deze liggingen berekenen uit de bladz. 257 opgegeven getallen (vorm en afstand van de lichtbrekende vlakten; brekingsindices der middenstoffen). Uit de berekening volgt nu voor het oog (LISTING, HELMHOLTZ) de volgende gemiddelde ligging van de cardinale punten (natuurlijk de veranderingen door de accommodatie buitengesloten, zie beneden):

1ste Hoofdpunt: 2,1746^{mm} achter de voorvlakte van het hoornvlies;

2de Hoofdpunt: 2,5724^{mm} achter de voorvlakte van het hoornvlies;

1ste Knooppunt: 0,7850^{mm} voor de achtervlakte van de lens;

2de Knooppunt: 0,3602^{mm} voor de achtervlakte van de lens;

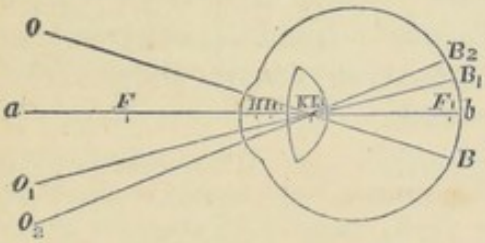
*) Alles wat hier opgegeven is geldt eigenlijk alleen voor stralen, die zeer digt bij de as de brekende vlakten raken, bij een gezigtsveld, waarin men deze als vlakken kan beschouwen. Men neemt derhalve de beide vooronderstelde brekende vlakten als vlakken aan, en noemt ze, omdat zij door de hoofdpunten H en H_1 gaan, hoofdvlakken.

†) Het bewijs voor de juistheid der opgegeven constructie en de wijze, waarop men haar heeft afgeleid kan hier ter plaatse niet opgegeven worden. Men vindt het bij LISTING in R. WAGNER's Handwörterb. d. Physiologie IV. 466—485.

2de Brandpunt *): 14,6470^{mm} achter de achtervlakte van de lens;

1ste Brandpunt *): 12,8326^{mm} voor de voorvlakte van het hoornvlies.

De beide hoofdpunten liggen dus 0,4^{mm} van elkander verwijderd, nagenoeg in het midden van de voorste oogkamer, de beide knooppunten insgelijks 0,4^{mm} van elkander, in het achterste gedeelte van de lens, het (2de) brandpunt zeer digt bij of in het netvlies (vergel. beneden). De afstand der beide knooppunten van elkander is zoo gering, dat men ze in schematische teekeningen zonder bezwaar kan vereenigen, derhalve de hoofdstralen eenvoudig door regte lijnen voorstellen. Men vindt dus, onder de vooronderstelling dat alle beeldpunten op het netvlies zijn gelegen (zie hierover beneden bij de accommodatie) voor elk objectpunt eenvoudig het beeldpunt, als men van het eerste eene regte lijn door het knooppunt op het netvlies trekt. Zulke lijnen noemt men rigtingslijnen of gezigtsstralen en de vereenigde knooppunten het kruispunt van de rigtingslijnen; de hoek, dien twee gezigtsstralen met elkander maken, wordt gezigtshoek genoemd. — Wil men weten, in welke rigting het objectpunt, dat tot een beeldpunt behoort, is gelegen, zoo behoeft men omgekeerd eenvoudig eene regte lijn (een gezigtsstraal) van het beeldpunt door de vereenigde knooppunten te trekken en naar buiten te verlengen.



Netvliesbeelden bij een onveranderlijk oog.

Wanneer nu van een voorwerp lichtstralen in het oog vallen, dan beantwoordt een bepaald beeldpunt aan elk afzonderlijk punt van het voorwerp. De beeldpunten leveren te zamen een natuurlijk omgekeerd beeld, dat aan het voorwerp beantwoordt. Dit beeld kan echter alleen in die gevallen tot bewustheid komen, als het juist in die vlakte van het netvlies valt. Maar nu is het duidelijk, dat er voor een bepaald, onveranderlijk oog slechts ééne enkele vlakte kan bestaan, waarvan het beeld naauwkeurig in het netvlies valt; vorm en afstand van deze vlakte kunnen uit de optische grootheden van het oog

*) Wij hebben met opzet tot nu toe de vermelding van het zoogen. „eerste" brandpunt vermeden, omdat het voor de boven beschreven constructie best gemist kan worden. Men verstaat er onder het punt vóór de brekende vlakte (hh), waarvan de stralen door de breking onder elkander en met de as evenwijdig worden. Dit punt ligt even ver vóór H, als het andere (tweede) brandpunt achter K, resp. K_1. — Men begrijpt gemakkelijk, dat men voor de boven aangegeven constructies evengoed van dit eerste brandpunt gebruik kan maken, als boven van het tweede.

berekend worden. Elk punt van het voorwerp, dat niet in deze vlakte is gelegen, heeft zijn beeldpunt niet in het netvlies, maar òf er voor òf er achter. In beide gevallen doorsnijdt het netvlies den kegel van gebroken lichtstralen, die van het objectpunt zijn uitgegaan, in het eerste geval *na*, in het tweede *voor* dat zij zich tot een beeldpunt hebben vereenigd. In beide gevallen ontstaat derhalve op het netvlies in plaats van het beeldpunt een zoogen. „*verstrooijingscirkel*," d. i. eene kleine verlichte oppervlakte van een cirkel, eene doorsnede van den stralenkegel. — Hieruit volgt, dat, streng genomen, een onveranderlijk oog alleen binnen een vlakte gelegen voorwerpen van een bepaalden afstand duidelijk kan zien; alle voorwerpen of deelen daarvan, die buiten deze vlakte liggen, hebben een onduidelijk, „vormloos" beeld („verstrooijingsbeeld"), waarin aan elk objectpunt een verstrooijingscirkel in plaats van een beeldpunt beantwoordt.

De grootte van den verstrooijingscirkel hangt, al het overige gelijkstaande, van den omvang van den stralenkegel af die in het oog komt, doch deze wederom van de wijdte der pupil, waarvan de rand den stralenkegel begrenst. Wordt derhalve de pupil vernaauwd (zie beneden), of neemt men in plaats daarvan eene kleine, voor het oog geplaatste opening, b. v. door een gat in een kaartenblad, dan wordt, al het overige gelijk staande, de verstrooijingscirkel kleiner, dus het verstrooijingsbeeld scherper. Vervangt men de pupil door twee kleine openingen, plaatst men b. v. voor het oog een kaartenblad met twee speldeprikken doorboord, waarvan de afstand kleiner is dan de middellijn der pupil, dan worden uit den grooten stralenkegel als het ware twee kleinere uitgesneden, en op het netvlies ontstaan in plaats van één verstrooijingscirkel, twee kleinere. Een voorwerp, dat zoo voor het oog geplaatst is, dat het een verstrooijingsbeeld op het netvlies werpt, moet derhalve in dit geval twee verstrooijingsbeelden geven, d. i. dubbel gezien worden (proef van pater SCHEINER, vergel. beneden).

Accommodatie.

De dagelijksche ervaring leert echter, dat een normaal oog voorwerpen bijna op elken afstand duidelijk kan zien; er moet dus noodzakelijk eene inrigting bestaan, die in staat is het oog te veranderen, en van den *wil* afhankelijk is. De veranderingen van het oog, die daardoor tot stand komen, noemt men „*accommodatie*." — Men weet nog niet zeker voor welken afstand het oog is ingerigt, als de actieve accommodatiewerkzaamheid ontbreekt. Vroeger meende men, dat het rustende oog voor den versten afstand geaccommodeerd is, (met andere woorden, dat het brandpunt in het netvlies valt, vergel. bladz. 261), omdat, als men de lang gesloten oogleden plotseling opent, deze toestand aanwezig is (VOLKMANN). Tegenwoordig denkt men er echter anders over: men neemt aan, dat het rustende oog voor een zekeren gemiddelden afstand geaccommodeerd is, daar men bij het zien op den versten afstand hetzelfde gevoel van inspanning waarneemt, als bij het zien in

de digtst mogelijke nabijheid. Ten gevolge van deze theorie moet men twee rigtingen van accommodatieveranderingen aannemen, ééne voor nabij zijnde voorwerpen (positieve accommodatie) en ééne voor de ver afgelegen voorwerpen (negatieve accommodatie).

De volgende veranderingen aan het oog kunnen voor de accommodatie dienen: 1) veranderingen der brekingsexponenten van de middenstoffen van het oog, 2) verschuiving van de projectievlakte (netvlies), analoog aan de kunstmatige accommodatie in de camera obscura, 3) veranderingen in den vorm van de lichtbrekende vlakten. — De eerstgenoemde veranderingen komen, gelijk van zelf spreekt, niet voor. Eene verschuiving van het netvlies in de rigting van de as van het oog zou mogelijk zijn door eene zijdelingsche zamendrukking van den oogappel door middel van de regte oogspieren. Evenwel kan deze invloed, dien men vroeger voor de verklaring der accommodatie aannam, niet veel beteekenen, omdat ook in het uitgesneden oog nog accommodatieveranderingen kunnen plaats hebben. Derhalve moeten er veranderingen in den vorm der lichtbrekende vlakten mogelijk zijn; deze zijn inderdaad aangetoond en wel in de lens. Bij de positieve accommodatie worden namelijk hare vlakten, met name de voorste, sterker gewelfd, inzonderheid het gedeelte dat door de iris niet bedekt is en door de pupil heen naar voren uitsteekt (CRAMER).

Deze veranderingen worden voornamelijk door de volgende proef bewezen: Plaatst men ter zijde van het oog de vlam van eene kaars en ziet men van de andere zijde in het oog, dan ziet men drie duidelijke beeldjes van de vlam, die door terugkaatsing van de brekende vlakten van het oog ontstaan: het eerste regtop (virtuëel), gevormd door de voorvlakte van het hoornvlies, het tweede insgelijks regtop, maar veel zwakker, gevormd door de voorvlakte der lens, het derde helder en omgekeerd, gevormd door de achtervlakte der lens. Wanneer nu het oog een nabij zijnd voorwerp fixeert, dan wordt het tweede beeldje veel kleiner en komt het een weinig digter bij het eerste, een bewijs, dat de voorvlakte der lens boller wordt en naar voren gaat. De omgekeerde veranderingen komen tot stand, als het oog een verafgelegen voorwerp fixeert. (Proef van PURKINJE-SANSON, CRAMER).

De positieve accommodatie heeft hoofdzakelijk plaats door den m. tensor chorioïdeae (m. ciliaris, m. Bruckianus). Deze spier bestaat uit straals- en kringsgewijs verloopende vezels. De eerstgenoemde, die het talrijkst zijn, ontspringen van voren aan de plaats waar de membrana Descemetii van de cornea op de iris overgaat (lig. iridis pectinatum) en hechten zich vast aan de processus ciliares van de chorioïdea. De kringvezels, die aan de binnenzijde van de eerste in het voorste gedeelte der spier zijn gelegen, omgeven den rand der lens. De radiaire vezels trekken, als zij alleen werken, den voorsten rand

van de chorioïdea naar voren, daardoor trekken zij deze als een zak over het glasachtig ligchaam zamen, zoodat dit de lens naar voren verdringt. Deze kan echter niet vrij ontwijken, want haar rand wordt door de voorste oorsprongplaats van de radiaire vezels vastgehouden, of zelfs naar achter getrokken (de buitenste rand der iris is namelijk met de oorsprongplaats zamengegroeid en ligt onmiddellijk voor den rand der lens). Daardoor moet de voorvlakte van de lens noodzakelijk boller, doch de achterste platter worden. Deze werking wordt nog verhoogd door de zamentrekking van de kringvezels, die de lens van den rand af zamendrukken, derhalve de convexiteit van hare beide vlakten vermeerderen, zoodat zij dikker wordt. Aangezien door de werking van de radiaire vezels tevens de zonula Zinnii verslapt moet worden, waarvan de spanning tijdens de rust den rand der lens naar achter en buiten trekt, derhalve de lens platter maakt (HELMHOLTZ), zoo moet de lens ook door deze omstandigheid dikker worden.

Ook de iris heeft bij de positieve accommodatie een werkzaam aandeel, — passief doordien zij door de grootere welving van de voorvlakte der lens insgelijks sterker gewelfd wordt, want de pupillaire rand der iris ligt onmiddellijk op het lensbeursje (zooals bewezen wordt door het ontbreken van de slagschaduw op de lens); — actief doordien zich de pupil vernaauwt (over de bewegingen van de iris, zie beneden). De laatste beweging schijnt voor de accommodatie niet noodzakelijk te zijn; want deze is ook mogelijk als de iris ontbreekt of gespleten is. Haar invloed schijnt misschien daarin gelegen te zijn, dat bij eene sterker gewelfde lens de sphaerische aberratie grooter wordt en daarom eene grooter onderschepping van de randstralen noodig wordt.

De inrigting van de negatieve accommodatie, ingeval deze werkelijk bestaat (bladz. 262), is nog ten eenenmale onbekend. Misschien is daarbij eene verkorting van de as van het oog door de oogspieren behulpzaam. Kortzigtige individus (zie beneden) brengen haar gaarne tot stand door met de vingers van voren op het oog te drukken.

Wij bezitten geen overeenstemmende opgaven aangaande de niet groote snelheid der accommodatie.

De zenuwen voor den accommodatietoestel zijn nog niet bekend: de oculomotorius kan verlamd zijn, zonder dat het accommodatievermogen wordt opgeheven (v. GRÄFE). Er schijnt een, ofschoon nog niet voldoend onderzocht, centraal verband te bestaan tusschen de zenuwen voor de accommodatie, de iris en de buitenste oogspieren. Hiervoor pleit: 1. de wijze, waarop zich de pupil bij de accommodatie verhoudt (zie boven); 2. met de draaijing van de oogappels naar binnen is vernaauwing van de pupillen (zie beneden) en eene onwillekeurige positieve accommodatie verbonden (CZERMAK); 3. de atropine, welke de pupil verwijdt (zie beneden), verlamt tegelijk de positieve accommodatie; omgekeerd zou de calabarboon

de pupil vernaauwen en eene krampachtige accommodatie voor nabij zijnde voorwerpen tot stand brengen (ROBERTSON) *).

In vele, overigens volkomen normale oogen ligt het brandpunt niet op de normale plaats (d. i. in het netvlies, volgens de meening van sommigen), maar òf te ver naar voren (myopie) òf te ver naar achter (hypermetropie). Daardoor, en buitendien dikwijls door eene onvolkomene ontwikkeling van den spiertoestel, is het accommodatievermogen tot een geringen omvang beperkt. Oogen van de eerste soort, die niet anders dan voor geringe afstanden accommoderen kunnen, noemt men bijziende; die van de laatste, die voor nabij zijnde voorwerpen niet kunnen accommoderen, verziende. Zulke oogen moeten voor de afstanden, voor welke zij niet kunnen accommoderen, eene kunstmatige accommodatie te baat nemen, het best daardoor, dat zij de te groote of te geringe kromming van hunne lens door een glas dat voor het oog geplaatst wordt („bril") corrigeren. Dit glas moet natuurlijk in het eerste geval (bij de bijzienden) concaaf, in het tweede (bij verzienden) bol zijn. — Om den graad der bij- en verziendheid aan te duiden, bepaalt men den naasten en versten afstand, voor welken geaccommodeerd kan worden (naaste en verste punt); de afstand tusschen beide punten wordt de uitgestrektheid van het duidelijk zien genoemd. De eenvoudigste wijze om haar te meten bestaat daarin, dat men onderzoekt, op welke afstanden het oog een voorwerp, dat men beurtelings digt bij of ver van het oog houdt, duidelijk kan onderscheiden, b. v. een schrift kan lezen. Deze methode is echter daarom onnaauwkeurig, omdat in de verte door het klei-

*) [De ontdekte werking van de calabarboonen (Semina Physostigmatis venenosi) heeft een ruim veld van onderzoek uitgelokt, zoowel van den kant der physiologen als van dien der botanisten; de volledigste en naauwkeurigste onderzoekingen over de physiologische werking van dit nieuwe geneesmiddel hebben wij aan v. GRÄFE te danken. Hij deed zijne waarnemingen met de oplossingen van de twee ongelijk sterke extrakten, zooals die door de engelsche drogisten worden geleverd. Bij de sterke oplossing komt de myose in 7—13 minuten, bij de zwakke in 8—16 minuten tot stand. De pupil blijft gedurende haar vernaauwing gevoelig voor den prikkel van het licht. In tegenstelling van de myose welke door opwekking van de peripherische gevoelszenuwen ontstaat, duurt de myose door de calabarboonen veroorzaakt zeer lang, bij het sterke extrakt gemiddeld 3 dagen, bij zeer verdunde oplossingen 14 uren. Een tweede belangrijke en even constante werking heeft dit middel op het accommodatievermogen, bij sterke oplossingen hierin bestaande dat het verste en het naaste punt tot het oog naderen. Het naderen van het naaste punt heeft iets later plaats en bereikt ook later zijn maximum dan bij het eerste. Wanneer men zich van zwakkere oplossingen bedient en de verandering der refractie niet tot stand komt, alsdan ondergaat het accommodatievermogen eene andere wijziging; er ontstaan in dit geval pijn en belemmering bij het binoculair zien, vooral bij het lezen van klein schrift, en correctie van deze verschijnselen door een concaafglas. De werking op het accommodatievermogen houdt veel korter aan dan de myose. Het maximum van het naderen van het verre punt tot het oog duurt 10—20 minuten; hierop volgt een aanhoudend of stootsgewijs terugwijken in den normalen stand, die na verloop van $1\frac{1}{2}$—2 uren bijna weder bereikt is. Dat de wijziging in het accommodatieverschijnsel bestaat in een werking van het middel op den tensor chorioïdeae onafhankelijk van de processen in de iris, heeft v. Gr. onbetwistbaar aangetoond bij een patiënt zonder iris, bij wien na calabarindruppelingen het genoemde verschijnsel ten duidelijkste werd waargenomen. De wijze van werking moet als eene plaatselijke beschouwd worden, afhankelijk van eene regtstreeksche inwerking van het door de cornea doorgedrongen middel op de iris en den tensor. De myose verklaart v. Gr. op grond van physiologische en klinische feiten door eene regtstreeksche krampachtige opwekking van den sphincter, — terwijl de wijziging in de accommodatie ook niets anders is dan een kramp van den tensor. — De talrijke proefnemingen over het antagonisme tusschen calabarboonen en atropine hebben v. Gr. het volgende geleerd: de hoogste graad van mydriasis en accomodatiebreking door eene sterke oplossing van atropine wordt niet onmiddellijk door een sterk calabarextrakt opgeheven; dit geschiedt eerst een dag na de aanwending van het laatste, evenwel nog onvolkomen. Wanneer men zich echter van eene zwakke oplossing van atropine bedient, dan werkt de calabar reeds bij een kort daarop volgende indruppeling; de zwakste werking is, dat 20—25 minuten na de indruppeling van de calabar een geringe verkleining van de pupil plaats heeft en de brekingstoestand klimt; deze verschijnselen verdwijnen evenwel weder na verloop van $\frac{1}{2}$—1 uur, om op nieuw voor die der atropine plaats te maken. Bij eene sterkere werking van de calabar trekt zich de pupil slechts weinig minuten later zamen dan onder normale omstandigheden, bereikt een hoogen graad, de verandering in den brekingstoestand wordt zeer duidelijk. De myose houdt eenige uren aan, doch wordt vervolgens door de weder te voorschijn komende mydriasis vervangen. Bij eene zeer zwakke of bijna opgehouden werking van de atropine brengt calabar in den gewonen tijd de volkomen myose te weeg, het naaste punt nadert het oog en de accommodatiebreedte wordt grooter; de pupil keert uit den myotischen toestand niet weder in den mydriatischen terug, terwijl het accommodatieverschijnsel nog gedeeltelijk voor den vroegeren toestand plaats maakt. De slotsom van v. Gr's onderzoek nu is dat men de calabar als een middel moet beschouwen, dat niet alleen tijdelijk de werking van de atropine maskeert, maar hare werking op den m. ciliaris wezenlijk opheft, en het is dus aan geen twijfel onderhevig, dat na de instillatie van atropine de aanwending van de calabar het terugkeeren van de pupil en van de accommodatie tot den normalen toestand bespoedigt.]

ner worden van den gezigtshoek (zie beneden) de voorwerpen moeijelijker te onderscheiden zijn. Veel beter is het dat men regtstreeks bepale, op welke afstanden een voorwerp een duidelijk en op welke het een verstrooijingsbeeld op het netvlies werpt. Daartoe bezitten wij in eene proef van SCHEINER (bladz. 262) het eenvoudigste middel. Beschouwt men een voorwerp (b. v. een speldeknop) door twee digt bij elkander staande gaten in een kaartenblad, dan vertoont het zich, volgens hetgeen daar ter plaatse is meêgedeeld, enkelvoudig, zoodra het oog naauwkeurig voor het voorwerp geaccommodeerd is, anders daarentegen dubbel. Brengt men dus het voorwerp digter bij of verder van het oog, dan is de streek, waarin het enkelvoudig wordt gezien, de uitgestrektheid van het duidelijk zien. Op deze wet berusten verschillende toestellen, die vooral bij de keuze van brillen te pas komen, de zoogen. „optometers." Bij den meest in gebruik zijnden optometer (die van STAMPFER) is eene verlichte spleet het voorwerp, waarvan de afstand van het oog veranderd en tevens gemeten kan worden. — Met het klimmen der jaren, reeds van het 15de jaar af (MACGILLAVRY) neemt het accommodatievermogen voor nabijzijnde voorwerpen af, misschien wel door het harder worden van de lens (DONDERS).

Iris en pupil.

De iris met hare centrale opening, de pupil, dient om de randstralen te onderscheppen (analoog aan de diaphragmata van optische lensinstrumenten), alsmede om de hoeveelheid licht, die in het oog dringt te regelen, en ten laatste om bij de accommodatie behulpzaam te zijn. De wijdte der pupil wordt bepaald door den zamentrekkingstoestand der beide antagonistische spieren der iris, door dien van den sphincter en dilatator pupillae. De eerste vormt eene kringvezellaag om de pupil, de laatste heeft straalsgewijs verloopende vezels; gene staat onder den invloed van den oculomotorius, de laatste onder dien van den sympathicus. Worden beide of hare zenuwen even sterk geprikkeld, dan heeft de sphincter de overhand, zoodat de pupil vernaauwd wordt. In den regel verkeeren beide zenuwen in een zekeren toestand van opwekking (tonus), want als een van beide doorgesneden wordt, dan krijgt de spier, die door de andere bestuurd wordt, het overwigt. Doorsnijdt men den sympathicus (aan den hals), dan wordt de pupil vernaauwd; bij doorsnijding van den oculomotorius wordt zij verwijd.

Hoofdzakelijk onder de volgende omstandigheden komen bewegingen van de iris tot stand; 1. Vernaauwing van de pupil door prikkeling van den oculomotorius: a. door reflexie bij elke opwekking van den opticus; de pupil is daarom des te naauwer, naarmate het licht sterker is dat in het oog valt, — daardoor wordt de verlichting van het netvlies eenigermate geregeld. Ook werktuigelijke, elektrische en dergelijke prikkeling van den opticus heeft hetzelfde uitwerksel. Prikkeling van ééne gezigtszenuw is voldoende om beide oculomotorii door reflexie op te wekken; wordt dus één oog sterk verlicht, dan vernaauwt zich ook de pupil van het andere; b. door reflexie bij prikkeling van den eersten en tweeden tak

van den trigeminus (BUDGE); c. als „medebeweging" bij draaijing van de oogbollen naar binnen of naar binnen en boven; daar de oogen gewoonlijk in den slaap dezen stand hebben, zoo is de pupil ook in den slaap vernaauwd; doch de vernaauwing zou alsdan ook zonder eene binnenwaartsche draaijing van de oogen tot stand komen; d. als „medebeweging" bij prikkeling der zenuwen voor de positieve accommodatie (zie bladz. 263 en volg.). — 2. Vernaauwing der pupil door verlamming van den sympathicus; deze heeft plaats bij vergiftiging met nicotine. De vernaauwing wordt door eene verwijding voorafgegaan, omdat de vezels van den sympathicus vóór de verlamming geprikkeld worden. — 3. Vernaauwing door verlichting van de iris (zie hierover bladz. 188). — 4. Verwijding der pupil door verlamming van den sphincter (oculomotorius) of prikkeling van den dilatator (sympathicus) komt voor bij de plaatselijke of algemeene inwerking van zekere narcotica, met name van de atropine. Aangezien de werking ook aan het uitgesneden oog tot stand komt, moet men aannemen, dat het gif op de spieren regtstreeks of op de intramusculaire zenuwuiteinden inwerkt. Onder de beide opgegeven mogelijke gevallen (verlamming van den sphincter of prikkeling van den dilatator), — die volgens sommigen gelijktijdig zouden werken, — moet volgens andere onderzoekers de eerste alleen aangenomen worden; want atropine werkt zelfs dan nog, wanneer, ingeval de sympathicus reeds lang van te voren was doorgesneden, daardoor zijne peripherische uiteinden ontaard zijn (BRAUN). Daar intusschen in die gevallen waarin de oculomotorius eenvoudig (ziekelijk) verlamd is, de verwijding nooit zulk een hoogen graad bereikt als bij vergiftiging met atropine (zelfs als men den sympathicus vooraf heeft doorgesneden), zoo is het waarschijnlijk, dat nog andere zenuwen (misschien de trigeminus) eene verwijdende of vernaauwende werking op de pupil uitoefenen. — De verwijding houdt dagen of weken lang aan; gedurende dien tijd is de pupil van het andere oog vernaauwd, omdat er in het genarcotiseerde oog door de wijde pupil meer licht valt dan in den normalen toestand (vergel. boven sub 1. a.).

Aberraties en andere eigenaardigheden van het oog.

Uit hetgeen wij tot nu toe gezegd hebben blijkt, dat van elk voorwerp dat voor het oog binnen de uitgestrektheid van het duidelijk zien geplaatst is, een scherp, verkleind, omgekeerd beeld op het netvlies kan ontstaan. Zekere eigenschappen van het oog zijn evenwel oorzaak dat dit niet volkomen zuiver plaats heeft, — eigenschappen, die het oog met de meeste optische werktuigen gemeen heeft. Zij zijn:

1. De chromatische aberratie. Wit licht wordt, gelijk men weet, door de breking in zijne zamenstellende kleuren ontleed, omdat deze een verschillende breekbaarheid bezitten. Wanneer derhalve van eenig punt van een voorwerp wit licht uitgaat, zoo moet dit punt in het oog in plaats van een enkel beeldpunt eene reeks van achter elkander gelegene beeldpunten hebben, het voorste voor de breekbaarste (violette), het achterste voor de minst breekbare (roode) stralen. Het oog kan derhalve voor een wit punt nooit volkomen accommoderen; accommodeert het b. v. zoo, dat het beeldpunt van de violette stralen in het netvlies valt, dan vertoonen zich de overige kleuren in concentrische verstrooijingscirkels, die des te grooter zijn, naarmate de kleur meer van violet verschilt; aangezien nu in het midden alle verstrooijingscirkels en het violette punt elkander bedekken, zoo ontstaat een witte vlek met gekleurde randen. Op dezelfde wijze moet elk wit voorwerp zich wit vertoonen met gekleurde randen, omdat de gekleurde verstrooijingscirkels elkander alle tot op de randen bedekken. Accommodeert men voor eene middenkleur, b. v. groen, dan ontstaan klaarblijkelijk twee reeksen van gekleurde verstrooijingscirkels; ook deze bedekken elkander aan de randen gedeeltelijk op die wijze, dat complementaire kleuren (zie beneden) op elkander vallen, zoodat zich ook de randen grootendeels wit vertoonen. De laatste omstandigheid is mede eene oorzaak, dat wij de gekleurde randen bij het gewone zien niet waarnemen: zij zijn over het algemeen wegens het geringe kleurschiftend (dispersief) vermogen der middenstoffen van het oog (hetwelk nagenoeg overeenkomt met dat van gedestilleerd water, HELMHOLTZ) slechts onbeduidend, en verdwijnen geheel voor den sterkeren witten lichtindruk van het midden; het is mogelijk dat ook de zamenstelling van de verschillende middenstoffen van het oog eenigzins eene achromatiserende werking heeft (analoog aan de lensen van flint- en crownglas van de optische werktuigen). — Om de gekleurde randen duidelijk waar te nemen, moet men, zooals uit het bovenstaande volgt, niet voor eene midden-, maar voor eene buitenste kleur (rood of violet) accommoderen; dit bereikt men, zooals van zelf spreekt, het zekerst, als men in het geheel niet voor het voorwerp zelf accommodeert. Er bestaan verscheidene methoden (die wij hier niet nader kunnen beschrijven) om een helder voorwerp waar te nemen, zonder voor hetzelve te accommoderen. — Uit het bovenstaande volgt ook, dat de uitgestrektheid van het duidelijk zien voor verschillende kleuren ongelijk is. Klaarblijkelijk moet het naaste en verste punt (zie boven) voor violet licht veel digter bij liggen, dan voor rood.

2. Sphaerische (monochromatische) aberratie. De stralen die van een punt van eenig voorwerp uitgaan kunnen zich alleen dan weder tot een beeldpunt vereenigen, als zij op zulk een geringen afstand van de as op de brekende vlakten vallen, dat men de laatste als vlakken kan beschouwen (bladz. 260. 1e noot). Aan deze voorwaarde wordt gedeeltelijk daardoor voldaan, dat de iris de randstralen in eene aanmerkelijke mate onderschept. Eene andere correctie komt nog daardoor tot stand, dat eenige brekende vlakten ellipsoïden zijn, en wel in dier voege, dat de kromming naar de randen toe aanmerkelijk afneemt; voorts nog doordien in de lens de randstralen alleen door de buitenste lagen heengaan, die (bladz. 256) een kleiner lichtbrekend vermogen hebben dan de binnenste. Deze correctie is echter nooit naauwkeurig, maar nu eens niet voldoende, dan eens te groot, zoodat bijna altijd, met name als de pupil verwijd is eene zekere afwijking overblijft, die zich door verstrooijingscirkels, derhalve onduidelijke beelden, moet openbaren. Zij is echter zelden van beteekenis. Enkele bijzondere vormen van monochromatische aberratie treft men aan bij:

Het zoogen. astigmatismus (HELMHOLTZ, KNAPP, DONDERS). a. Het zoogen. „onregelmatige" astigmatisme bestaat in velerlei afwijkingen in de kromming der brekende vlakten, waardoor de vereeniging van een homocentrischen stralenbundel in één punt (bladz. 258) verhinderd wordt; elke kleine afdeeling der vlakte heeft haar afzonderlijk beeldpunt, zoodat een puntvormig voorwerp een stervormig beeld geeft (vaste sterren). Het hoornvlies vertoont buitendien tijdelijke oneffenheden (tranen, enz.). — b. Het „regelmatige" astigmatisme bestaat in een verschil van de kromming der brekende vlakten in verschillende meridianen. De twee die het meest van elkander afwijken worden hoofdmeridianen genoemd. Meestentijds

is bij het oog de eene, die het sterkst gekromd is, de verticale, — de andere, met de zwakste kromming, de horizontale meridiaan. Beide meridianen hebben derhalve verschillende brandpuntsafstanden, het oog kan zelfs in den vertikalen meridiaan bijziende, in den horizontalen verziende zijn. Meestentijds is evenwel het onderscheid zoo gering dat het zich alleen dan openbaart, als men fijne evenwijdige strepen in de verte waarneemt; men kan ze, als zij loodregt staan, op een grooteren afstand onderscheiden dan wanneer zij horizontaal staan. — Bij een hoogen graad van astigmatisme moet men eene correctie aanbrengen door een glas, dat in de eene rigting sterker dan in de andere (of eenvoudiger gezegd: over 't algemeen slechts in ééne rigting) gekromd is, d. i. glazen met eene cilindrische oppervlakte.

3. Fluorescentie. Alle middenstoffen van het oog fluoresceren, het glasachtig ligchaam het minst, de lens het meest (HELMHOLTZ, SETSCHENOW, REGNAULD). Ingeval dus de opwekbaarheid van het netvlies tot aethergolven van bepaalde lengten beperkt is (zie beneden), wordt ons waarnemingsvermogen door de fluorescentie naar de zijde van de kleinste golven heen (ultraviolette stralen) vergroot. Over de faktische grenzen zie beneden.

4. Polarisatie. Wanneer gepolariseerd blaauw of blaauw bevattend licht in het oog valt (als men b. v. door een NICOL's prisma naar den hemel ziet, of ook met het ongewapende oog, omdat de blaauwe stralen van den hemel gepolariseerd zijn), dan neemt men eene bosjesvormige figuur waar (HAIDINGER), die zich met het oog beweegt. De dubbelbrekende eigenschappen van de middenstoffen van het oog, die men aangetoond heeft (JAMIN, VALENTIN), zijn niet voldoende om dit verschijnsel te verklaren. De oorzaak is gelegen in de (vermoedelijk insgelijks dubbelbrekende) vezels van de „gele vlek" (zie beneden), die, door het gepolariseerde licht in verschillende hoeken getroffen, hier meer, ginds minder daarvan opslorpen en zoodoende het genoemde verschijnsel tot stand brengen (HELMHOLTZ). Wij kunnen evenwel over dit onderwerp niet nader uitweiden.

Loop van het in het oog gekomen licht.

De in het oog gekomen lichtstralen worden hier gedeeltelijk opgeslorpt, doch ook gedeeltelijk teruggekaatst, en wel zóó, dat zij langs denzelfden weg weder uit het oog terugkeeren, waarlangs zij daarin zijn binnengedrongen. Elke homocentrische stralenbundel, die in het oog valt, vereenigt zich bij eene volkomene accommodatie tot een beeldpunt in een punt van het doorschijnende netvlies, en wel vermoedelijk in de buitenste (staafjes-) laag. Men moet echter elk staafje beschouwen als een straalsgewijs geplaatst prisma van een zeer sterk brekingsvermogen, dat met de grondvlakte aan de chorioïdea grenst en langs zijne zijden met eene zwak lichtbrekende tusschenzelfstandigheid in aanraking is (BRÜCKE). De stralen die, nadat zij zich in het beeldpunt vereenigd hebben, weder divergeren, treffen nu gedeeltelijk regtstreeks de chorioïdea (asstralen), deels het eerst den zijwand van het staafje, doch den laatsten onder zulke stompe hoeken, dat niet eene breking in de tusschenzelfstandigheid, maar eene algeheele terugkaatsing plaats heeft; daardoor moeten ook deze stralen ten laatste op de chorioïdea worden teruggeworpen. De stralen worden hier bijna geheel opgeslorpt door het zwarte pigment der chorioïdea; het overschot van het licht echter wordt teruggekaatst en moet na,

natuurlijk, op nieuw deels regtstreeks (de asstralen), deels na aan de wanden van de staafjes teruggekaatst te zijn, zich wederom in het beeldpunt vereenigen. Van hier echter moet het licht, naar bekende optische wetten, weder tot zijn objectpunt uit het oog naar buiten terugkeeren (bladz. 258—259). Door deze inrigting wordt de overgang van stralen van het eene gedeelte van het netvlies op het andere, — worden interferenties daarvan enz. voorkomen, en een duidelijk zien mogelijk gemaakt. Tevens is daarin de oorzaak gelegen, waarom de grond van het oog, als men in een oog ziet, zich altijd donker voordoet.

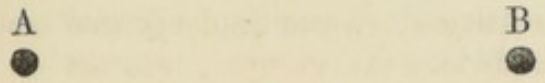
Om den grond van het oog verlicht te kunnen zien, zou de waarnemer zijn eigen netvlies tot het uitgangspunt van stralen behooren te maken, die alsdan op den terugweg, na in het waargenomen oog teruggekaatst te zijn, tot bewustzijn zouden komen. Men kan dit kunstmatig door den „oogspiegel" tot stand brengen. Het wezen daarvan bestaat daarin, dat het licht eener vlam zóó in het waargenomen oog wordt geworpen, alsof het van het waarnemende zelf kwam. Een van de eenvoudigste oogspiegels (HELMHOLTZ) bestaat uit een stelsel van glasplaten, welke tegelijker tijd tot spiegel en tot doorschijnende middenstof dient. Daardoor werpt men het licht van eene ter zijde van het waargenomen oog geplaatste lichtbron in dit oog. De terugkeerende stralen worden door de platen slechts gedeeltelijk naar de lichtbron teruggeworpen; gedeeltelijk gaan zij door de platen heen en komen in het waarnemende oog, dat zich achter de platen bevindt. Tusschen beide is eene concave lens geplaatst, die aan het oog een duidelijk (zoogen. virtuëel) beeld van het verlichte netvlies levert. Men kan het stelsel glasplaten natuurlijk door een hollen of vlakken spiegel vervangen, die door eene centrale opening een gedeelte van de terugkeerende stralen laat heengaan. Op deze wijze ontstaan andere vormen van den oogspiegel (van RUETE en COCCIUS). Tusschen de lichtbron en den spiegel plaatst men eene convexe lens, om het licht te concentreren. — Is men er juist niet op gesteld om een scherp beeld van het netvlies van een oog te verkrijgen, maar het slechts hier en daar verlicht te zien, dan is de volgende methode voldoende (BRÜCKE): Het waar te nemen oog ziet op een nabijgelegen lichtend punt, doch accommodeert voor verafgelegen voorwerpen. In plaats van een vereenigingspunt ontstaat nu een verstrooijingscirkel op het netvlies. De teruggekaatste stralen zullen zich nu niet in hun uitgangspunt, maar òf ver daarachter òf in het geheel niet (evenwijdig of divergerend) vereenigen. Is nu het waarnemende oog geplaatst binnen den kegel der terugkeerende stralen (dat noodzakelijk voor den indruk van de vlam door een scherm moeten beschut worden), dan ziet men den grond van het oog verlicht, en wèl in het roode licht. — Het lichten van het oog is bijzonder sterk en geschiedt van nature bij de dieren, bij welke in een gedeelte van de chorioïdea het zwarte pigment door een helder, glinsterend en sterk terugkaatsend vlies vervangen is, het zoogen. tapetum (bij veel zoogdieren, met name roofdieren en cetaceën, bij visschen enz.).

Zien.

Plaats der opwekking van de gezigtszenuw.

De lichtstralen, die op het netvlies vallen, komen tot bewustzijn, doordien de zenuwuiteinden van den opticus, die zich op de retina verspreiden, door de aethertrillingen op eene ons onbekende wijze worden opgewekt. Alleen de staafjes en kegels van de retina moeten als zenuwuiteinden beschouwd

worden die den lichtindruk ontvangen. Dit wordt door het volgende bewezen.: 1. De plaats, waar de gezigtzenuw in het netvlies treedt, en alwaar dit alleen uit vezels van den opticus zonder staafjes en kegels bestaat, is ongeschikt om licht waar te nemen; daarom wordt zij „de blinde vlek" (ook wel vlek van MARIOTTE) genoemd. Fixeert men het punt A met het



regteroog (terwijl men het linker sluit) uit een afstand, die nagenoeg 4 maal grooter is dan de afstand AB, dan wordt het punt B geheel en al onzigtbaar. Als men A fixeert, valt namelijk zijn beeld op het eindpunt van de oogas en het beeld van B op de plaats waar de opticus in het netvlies komt, welke ongeveer $3\frac{1}{2}^{mm}$ van het eerste punt naar binnen verwijderd is. Op dezelfde wijze wordt A onzigtbaar, als men B met het linker oog fixeert. — 2. De fovea centralis retinae en de haar omgevende macula lutea, die alleen kegels en staafjes, maar geen zenuwvezels bevatten, zijn voor het scherpste zien geschikt (de fovea centralis ligt bijna juist op het eindpunt van de oogas — zie beneden, — zoodat het beeld van een gefixeerd voorwerp op deze plaats valt). Daar de fovea centralis alleen kegels, de macula lutea een groot aantal kegels (een kegel door een cirkel van staafjes omgeven), het overige gedeelte van het netvlies echter slechts weinig kegels (een kegel door verscheidene cirkels van staafjes omgeven) bevat, — is men geregtigd aan te nemen, dat de kegels nog meer dan de staafjes geschikt zijn om den lichtindruk te ontvangen. — 3. De vaten van het netvlies, die achter de vezellaag, maar vóór de staafjes- en kegellaag zijn gelegen, werpen, als het oog van buiten door schel licht verlicht wordt, op de laatste eene schaduw; daar deze onder zekere, beneden op te geven, voorwaarden entoptisch kan waargenomen worden, zoo is dit een stellig bewijs, dat de staafjes en kegels de elementen zijn, die den lichtindruk ontvangen. Dat de waargenomen schaduw werkelijk afkomstig is van de netvliesvaten, en b. v. niet van die, welke vóór de retina zijn gelegen, is door naauwkeurige metingen bewezen. Door de lichtbron te verplaatsen verandert namelijk de schaduw van plaats; en daar men deze plaatsverandering entoptisch kan meten, kan men daaruit den afstand der schaduwgevende ligchamen van de waarnemende vlakte gemakkelijk berekenen. Deze afstand komt echter volkomen overeen met den regtstreeks gemeten afstand der netvliesvaten van de staafjes (H. MÜLLER).

Bijgevolg kunnen alleen de eindorganen (staafjes en kegels),

door aethertrillingen regtstreeks opgewekt worden, en niet de vezels van de gezigtszenuw zelve, evenmin in hare verspreiding in het netvlies als in den stam van den n. opticus. Daarentegen doet elke opwekking van den n. opticus aan de eene of andere plaats van zijn verloop of van zijne uiteinden, door een van de gewone zenuwprikkels (werktuigelijke, elektrische enz.) de gewaarwording van het licht ontstaan. Lichtperceptie is derhalve de „specifieke energie" van de gezigtszenuw (zie bladz. 247).

Werktuigelijke prikkelingen in het gebied van den n. opticus zijn: Kneuzing of doorsnijding van den stam (effekt: een als het ware door den bliksem veroorzaakte verlichting van het geheele gezigtsveld), drukking op het oog, derhalve op een gedeelte van het netvlies (effekt: eene cirkelvormige lichtende „drukfiguur" op de overeenkomstige — tegenovergelegen — zijde van het gezigtsveld); bij ziekelijk opwekbare oogen is zelfs het contakt van het bloed, dat door het netvlies stroomt voldoende om verschijnselen van licht (vonken, vaatbeelden) te voorschijn te roepen; eindelijk veroorzaakt eene plotselinge verandering der accommodatie in de duisternis door de daarmede gepaard gaande trekking van den voorrand van het netvlies het verschijnsel van een lichtenden zoom aan den rand van het gezigtsveld (PURKINJE, CZERMAK). — Op elektrische prikkeling (als men b. v. een constanten stroom door het oog laat gaan, of bij afwijkingen in den stroom) volgen insgelijks eigenaardige verschijnselen van licht, waarbij de verschillende deelen van het netvlies waargenomen worden (RITTER, PURKINJE).

Verschillende soorten van lichtgewaarwording.

Niet alle aethertrillingen zijn in staat om de eindorganen van den n. opticus op te wekken. Die, waarvan de golflengte grooter is dan die welke aan de FRAUENHOFER'sche streep A beantwoordt („ultraroode, thermische stralen") zijn voor opwekking ongeschikt, en dus onzigtbaar; die trillingen, waarvan de golflengte kleiner is, dan die welke aan de streep H beantwoordt („ultraviolette, chemische stralen") wekken zoo zwak op, dat men bijzondere toestellen moet hebben, om ze zigtbaar te maken.

In de onzigtbaarheid van de ultraroode stralen heeft men aanleiding gevonden om de diathermansie *) der middenstoffen van het oog te onderzoeken; daaruit is gebleken dat zij meer dan 90% van de warmtestralen opslorpen (BRÜCKE, JANSSEN). Met betrekking tot de afzonderlijke deelen van het spectrum verhoudt zich de diathermansie van de middenstoffen van het oog nagenoeg als die van het water (FRANZ); van de ultraroode stralen wordt dus nog zooveel doorgelaten, dat men hunne onzigtbaarheid kan verklaren uit hun onvermogen om het netvlies op te wekken. — De moeijelijk zigtbare ultraviolette stralen komen, als zij (natuurlijk zonder behulp van fluorescerende ligchamen, behalve de eigene oogmedia, zie bladz. 269) kunstmatig door versterking zigtbaar worden gemaakt, met eene blaauwachtig witte kleur voor den dag (HELMHOLTZ).

*) [Wij herinneren hier dat men bij de leer van de warmte onder diathermane ligchamen zulke verstaat, die zich tegenover de warmtestralen op dezelfde wijze verhouden als de doorschijnende ligchamen tegenover de lichtstralen. De eigenschap zelve wordt diathermansie genoemd (MELLONI)].

De aethertrillingen, die opwekkingsvermogen bezitten, veroorzaken door de voortplanting van de opwekking der eindorganen in het netvlies naar de centraalorganen van den n. opticus in het bewustzijn den indruk der lichtperceptie. De sterkte (intensiteit, elongatie, golfhoogte) der trillingen bepaalt de sterkte van den lichtindruk, de lengte der golven daarentegen veroorzaakt specifieke verscheidenheden van den lichtindruk, die men kleuren noemt. Het zonnespectrum, dat stralen van alle golflengten, die een opwekkingsvermogen bezitten, naast elkander in het oog laat komen, toont dus naast elkander alle kleuren. Behalve deze kleuren, die men „enkelvoudige" noemt, bestaan er nog zoogen. „gemengde kleuren." Het bewustzijn ontvangt den indruk van eene gemengde kleur òf daardoor, dat eene verschillende golflengte (verscheidene enkelvoudige kleuren) zich tot een resulterend golfstelsel vereenigen, dat het netvlies treft, òf daardoor dat dezelfde of bij elkaâr behoorende (identieke, zie beneden) vezels van den n. opticus gelijktijdig door verscheidene stralen, die ongelijk gekleurd zijn, opgewekt worden. In beide gevallen geven dezelfde enkelvoudige kleuren dezelfde gemengde kleur. — De meest zamengestelde gemengde kleur is het wit, de kleur van het niet-ontlede zonnelicht. Het ontstaat òf door vermenging van alle enkelvoudige kleuren van het zonnespectrum (die immers uit de ontleding van het zonnelicht zijn ontstaan), òf door vermenging van enkele daarvan. Geven twee enkelvoudige kleuren als gemengde kleur wit, dan noemt men de eene de „complementaire" kleur van de andere. Ook gemengde kleuren geven met zekere andere enkelvoudige of gemengde kleuren wit.

De twee bovengenoemde soorten van kleurmenging komen op de volgende wijzen tot stand: 1. Vorming van resulterende stelsels van aethergolven: a. de lichtbron zelve geeft zulk een stelsel af, dat alsdan door een prisma in de enkelvoudige kleuren kan ontleed worden; b. men leidt verscheidene, van verschillende bronnen uitgaande kleurstralen zoo in het oog, dat zij op dezelfde plaats van het netvlies vallen. Daartoe dienen de volgende eenvoudige middelen: Men beschouwt eene kleur door eene schuin geplaatste glasplaat, die tegelijkertijd door terugkaatsing eene andere kleur in het oog werpt (HELMHOLTZ), — of men doet de proef van SCHEINER (bladz. 262) in dier voege, dat men in de beide kleine openingen twee verschillend gekleurde glazen brengt; de beide stralenkegels zijn in dit geval verschillend gekleurd. Accommodeert men nu zoo, dat de beide verstrooijingscirkels elkander gedeeltelijk bedekken, dan wordt de gemeenschappelijke plaats van het netvlies door gemengd licht beschenen (CZERMAK). 2. Opwekking van dezelfde of van corresponderende netvlieselementen door verschillende kleuren: a. Men maakt gebruik van het vermogen van het netvlies om den indruk van het beeld nog eenigen tijd te doen voortduren (zie beneden) en laat snel achtereen (door middel van de in de leer der optica bekende kleurenschijf van NEWTON) verschillende kleuren in het oog vallen, zoodat de door de eerste veroorzaakte opwekking nog bestaat, als de tweede inwerkt; b. men laat op twee „identieke punten" van beide oogen (zie beneden) verschillende kleuren inwerken. — Uit het opmerkelijke feit, dat het effekt hetzelfde is, om het even of de vereeniging reeds in de aethergolven of eerst in de zenuw-

organen plaats heeft, zou men tot eene zekere overeenkomst in den bewegingsvorm van beide kunnen besluiten.

Minder verrassend echter zijn de laatstgenoemde feiten, als men eene andere reeds vroeger (YOUNG) en onlangs weder (HELMHOLTZ) geopperde hypothese over het wezen van de waarneming der kleuren aanneemt. De voorstelling namelijk, dat de waarneming van elke enkelvoudige of gemengde kleur op een bijzonderen opwekkingsvorm van dezelfde vezel van den n. opticus, door den bijzonderen vorm van de aethertrillingen, berust, is lijnregt in strijd met het bladz. 247 en volg. besproken beginsel der specifieke energieën. Volgens de tegenovergestelde hypothese neemt men nu aan, dat op elke plaats van het netvlies, waarvan de opwekking in de ruimte afzonderlijk waargenomen wordt, niet een enkele, maar verscheidene vezels van de gezigtszenuw, die eene verschillende specifieke energie bezitten, eindigen; elk daarvan zou, als zij opgewekt is, de voorstelling van eene afzonderlijke kleur geven en zoodoende door eene bepaalde soort van aethertrillingen uitsluitend of bij voorkeur opgewekt worden. Men weet nog niet hoeveel van zulke verschillend percipiérende vezels men aannemen kan, vooral omdat er voor de hypothese nog geen enkel ontleedkundig bewijs gegeven is. Naar het schijnt zouden reeds drie van zulke vezels voldoende zijn (YOUNG), eene rood-, eene blaauw- en eene geelpercipiérende. Alsdan zou eene bepaalde kleur of kleurmenging, b. v. een met een weinig blaauw en geel vermengd rood, bij voorkeur de rood percipiérende vezel, doch zwakker de andere opwekken, — de zamengestelde aethertrilling zou dus als het ware in hare composanten ontleed worden, b. v. evenals een klank door resonatoren (bladz. 218). Voor deze voorstelling pleit: 1. dat het effekt van eene kleurmenging hetzelfde is, om het even, of de composanten reeds vóór het oog gemengd zijn, of nog gescheiden zijnde verschillende corresponderende elementen van een of beide oogen gelijktijdig opwekken (zie boven); 2. de verschijnselen van de kleurblindheid, eene abnormaliteit, waarbij het oog eene bepaalde kleur niet percipieert, en alle gemengde kleuren, waarin deze bevat is, zonder haar, derhalve in eene andere kleur waarneemt; 3. de analogie met het gehoororgaan (zie beneden).

Het volgende lijstje bevat de gemengde kleuren, die elk uit twee enkelvoudige kleuren ontstaan (HELMHOLTZ):

rood	en	violet	geeft	purper
rood	„	blaauw	„	rose
rood	„	groen	„	vuilgeel
rood	„	geel	„	oranje
groen	„	blaauw	„	blaauwgroen
geel	„	violet	„	rose
geel	„	groen	„	geelgroen
groen	„	violet	„	lichtblaauw
blaauw	„	violet	„	indigoblaauw.

De complementaire kleuren van de enkelvoudige kleuren zijn (HELMHOLTZ):

kleur			complementaire kleuren.		
rood	— 0,0002425 ///	golflengte	groenblaauw	0,0001818 ///	golflengte
oranje	— 0,0002244	„	blaauw	0,0001809	„
goudgeel	— 0,0002162	„	blaauw	0,0001793	„
geel	— 0,0002095	„	indigoblaauw	0,0001716	„
groengeel	— 0,0002082	„	violet	0,0001600	„

De gewaarwording van het ontbreken van elken lichtindruk noemen wij „zwart."

Beelden.

Wij hebben reeds boven (bladz. 261—262) gezegd, dat men de rigting van een objektpunt naar het beeldpunt, dat zich op het netvlies bevindt, bepaalt door den overeenkomstigen gezigtsstraal of de rigtingslijn te trekken. In deze rig-

ting verplaatst nu ook het bewustzijn de oorzaak van elken lichtindruk naar buiten (bladz. 247), welke door opwekking van een element der retina ontstaan is. Eerst later zullen wij opgeven, op welken afstand op deze lijn het beeldpunt verplaatst wordt; voorloopig nemen wij aan, dat de verplaatsing op die wijze geschiedt, dat alle objektpunten in eene vlakte schijnen te liggen, die voor het oog zweeft. Deze vlakte wordt „gezigtsveld" genoemd. Het bewustzijn heeft nu voortdurend eene voorstelling van den opwekkingstoestand van alle netvlieselementen zooals zij naast elkander gelegen zijn; voortdurend wordt derhalve een gezigtsveld gezien; dit doet zich „zwart" voor (zie boven) als elke opwekking ontbreekt. Aan elk opgewekt element van het netvlies beantwoordt een lichtend, aan elk onopgewekt element een zwart punt aan de diametraal tegenovergelegene plaatsen van het gezigtsveld. Het laatste is derhalve met volkomen dezelfde, doch omgekeerde beelden gevuld, die objectief op het netvlies aanwezig zijn. Aangezien nu deze in betrekking tot de geziene voorwerpen verkeerd zijn, zoo vertoonen zich de laatste in het gezigtsveld als regtopstaande beelden.

Daar elke plaats van het netvlies slechts een bepaald aantal eindorganen van den n. opticus (staafjes of kegels) bevat, zoo kan elk beeld slechts bestaan uit een beperkt aantal van in de ruimte gescheiden lichtindrukken, die als mozaïek of als een borduurpatroon zijn zamengesteld. Intusschen is het mozaïek zoo fijn, dat de indruk van eene doorloopende teekening ontstaat. Hetzelfde voorwerp zal zich des te scherper moeten vertoonen, naar mate zijn beeld over des te meer percipiérende elementen van het netvlies verdeeld wordt. Daarom hangt de scherpte, waarmede een bepaald voorwerp wordt waargenomen, af: 1. van de grootte van zijn netvliesbeeld; hetzelfde voorwerp vertoont zich dus in de nabijheid scherper dan op een afstand; 2) van de ligging der plaats van het netvlies, welke door zijn beeld getroffen wordt; de percipiérende elementen komen namelijk het meest en het digtst op elkander gedrongen in de fovea centralis en de macula lutea voor, en staan het minst talrijk aan den rand van het netvlies; een voorwerp vertoont zich dus bij gelijken afstand het scherpst, als zijn beeld op het midden van het netvlies valt; daarom wordt het oog, als men strak op een voorwerp ziet (het „fixeert") zoo gedraaid, dat het zijn beeld op de gele vlek werpt. — Voorts zal men een voorwerp over het algemeen slechts dan kunnen onderscheiden, als zijn netvliesbeeld een voldoend aantal van percipiérende elementen inneemt, zoodat het bewustzijn een voldoend aantal van in de ruimte gescheiden indrukken verkrijgt om den vorm van het voorwerp te kenmerken. Men heeft berekend, dat

twee beeldpunten op de fovea centralis retinae minstens 0,004—0,002^{mm} van elkander moeten afstaan, om nog gescheiden waargenomen te worden, — doch op de overige deelen van het netvlies moet die afstand nog veel grooter zijn. Daarom kunnen zeer kleine of zeer verwijderde voorwerpen niet onderscheiden worden.

De grootte (middellijn) van het netvliesbeeld wordt klaarblijkelijk altijd door de grootte van den gezigtshoek bepaald, dien de beide buitenste rigtingslijnen van een voorwerp met elkander maken (bladz. 261); daarom drukt men dit gewoonlijk uit door te zeggen, dat voorwerpen onder een zeer kleinen gezigtshoek niet meer kunnen onderscheiden worden. Om ook nog zulke voorwerpen te onderscheiden, moet de gezigtshoek kunstmatig vergroot worden; en daartoe dienen, gelijk men weet, de verrekijkers en mikroskopen, — de eerste voor verwijderde, de laatste voor zeer kleine voorwerpen.

Subjectieve beelden.

Aangezien bij de lichtperceptie, evenals bij alle overige gewaarwordingen, zenuwtoestellen in het spel zijn, moeten zich daarbij alle eigenaardigheden van de zenuwopwekbaarheid doen gelden, en gedeeltelijk tot stoornissen of gezigtsbedrog aanleiding geven. Zoo zal b. v. dezelfde aethertrilling een sterkeren of zwakkeren indruk tot bewustzijn brengen, naar gelang van den graad van opwekbaarheid der eindorganen van den n. opticus, of van zijne vezels of eindelijk van de centraalorganen. Andere omstandigheden veroorzaken wezenlijke fouten, lichtpercepties zonder opwekkende lichtstralen, of waarnemingen van andere stralen dan er in werkelijkheid bestaan (hallucinaties). Men noemt nu zulke waarnemingen „subjectieve." De meest gewone daaronder zijn:

1. Nabeelden. Eene opgewekte gezigtszenuwvezel blijft nog een tijd lang in den opgewekten toestand, nadat de opwekkende lichtstraal heeft opgehouden, en wel des te langer en sterker, naar mate de „primaire" opwekking langduriger en sterker was. Na elken gezigtsindruk blijft derhalve het geziene voorwerp nog een korten tijd zigtbaar, en vertoont zich een nabeeld. Hierop berust b. v. het verschijnsel van een vurigen cirkel, als men eene gloeijende kool voor het oog in het rond draait. Toestellen, welke op dit verschijnsel der nabeelden berusten, zijn: het thaumatroop, een voor het oog ronddraaijende schijf, op den omtrek waarvan een ligchaam, dat zich aanhoudend beweegt, in verschillende op elkander volgende phasen afgeteekend is, zoodat elk beeld voor een oogenblik zigtbaar is; elke indruk blijft dan zoolang bestaan, totdat het volgende beeld te voorschijn komt, en zoo heeft het den schijn, alsof de beweging onafgebroken plaats heeft. Voorts de kleurenschijf van NEWTON, een ronddraaijende schijf, die in sectoren van verschillende kleur verdeeld is; de kleur van elken afzonderlijken sector blijft gedurende een geheele omdraaijing zigtbaar, zoodat een mengsel van alle kleuren tot bewustzijn komt (vergel. bladz. 274). — Was de lichtindruk sterk, dan is het nabeeld soms donker, d. i. de opwekbaarheid der getroffen vezels is voor een oogenblik opgeheven, zoodat zich eene donkere plaats, die dezelfde gedaante heeft als het lichte primair geziene voorwerp, als nabeeld vertoont, — negatief nabeeld. Soms ziet men een tijdlang beurtelings nu eens positieve, dan eens negatieve nabeelden, d. i. de voor een oogenblik opgeheven opwekbaarheid keert voor een oogenblik weder terug, zoodat het (positieve) nabeeld weder verschijnt, daarna weder verdwijnt, enz. — Een eigenaardig voorkomen hebben de nabeelden, als de primaire indruk door sterk of lang inwerkend gekleurd licht werd veroorzaakt. Het nabeeld heeft in dit geval niet altijd eene gelijke kleur („positief"), maar vertoont zich dikwijls in eene andere, zoogen. „contrastkleur," somwijlen bij afwisseling in de positieve en in de contrastkleur. De contrast-

kleur is: groen, als de primaire rood was, — geel, als zij violet, — oranje, als zij blaauw was, — en omgekeerd. — Ook wit licht vertoont zich na een gekleurden indruk in de contrastkleur; legt men b. v. op eene witte vlakte een gekleurd stuk papier, fixeert dit eenigen tijd, en ziet dan op de witte vlakte, dan vertoont zich hier een nabeeld van dezelfde gedaante als het gekleurde stuk, in de contrastkleur. Vooralsnog bezitten wij geene verklaring van de contrastverschijnselen *). Gekleurde nabeelden vertoonen zich ook na witte lichtindrukken, als deze zeer sterk zijn (b. v. als men in de zon heeft gezien); gewoonlijk ziet men achter elkander verschillende kleuren, die regelmatig op elkander volgen, soms bij afwisseling positief en negatief. Ook van dit verschijnsel zijn wij niet bij magte een voldoende verklaring te geven.

2. Irradiatie en inductie. Wanneer een gedeelte van het netvlies door licht beschenen wordt, dan worden onder zekere omstandigheden ook andere plaatsen van het netvlies, die niet regtstreeks verlicht zijn, mede opgewekt, of ondergaan, zoo ze reeds opgewekt zijn, daarin eene wijziging, en wèl worden òf alleen die plaatsen mede opgewekt die aan de regtstreeks opgewekte grenzen („irradiatie") òf alle overige deelen van het netvlies („inductie"). Beide verschijnselen behooren tot het gebied van de medegewaarwordingen (zie het 13de hoofdstuk); noch van het eene, noch van het andere kunnen wij eene bevredigende verklaring geven. — De irradiatie komt vooral tot stand, als een licht voorwerp op een donkeren grond wordt beschouwd; dit zien wij dan grooter dan het werkelijk is, — daarentegen een donker voorwerp op een lichten grond kleiner. Dit verschijnsel kan echter ook objectief, namelijk door eene gebrekkige accommodatie, te voorschijn geroepen worden; de lichte voorwerpen vertoonen zich dan in verstrooijingscirkels, derhalve een weinig vergroot. — De inductie doet zich voor, als een gedeelte van het netvlies door enkelvoudig gekleurd licht opgewekt wordt, doch het overige gedeelte in het geheel niet, òf door wit licht, òf door dezelfde maar minder sterke kleur. In het eerste geval vertoont zich ook het donkere gedeelte van het gezigtsveld gekleurd, en wel groen, als de inducerende kleur groen of rood, — blaauw-violet, als zij violet, — lichtblaauw, geelgroen of groen, als zij blaauw of geel is (BRÜCKE). In het tweede geval neemt men in plaats van het witte licht de contrastkleur van de inducerende kleur waar (zie boven); in het derde geval vertoont zich de zwakkere nuance insgelijks in de contrastkleur.

3. Opwekkingen der lichtpercipiérende elementen door zuiver inwendige oorzaken, zonder uitwendige aanleiding daartoe. Daartoe behooren: werktuigelijke opwekking door den bloedsomloop, welke alleen bij eene ziekelijk verhoogde opwekbaarheid voorkomt; men ziet dan vonken en bliksemstralen enz.; somwijlen vertoont zich, met name voordat men inslaapt, een volmaakt beeld van de netvliesvaten met bloedligchaampjes, enz., b. centrale opwekkingen van een onbekenden oorsprong onder de meest verschillende vormen („zinsbegoochelingen, hallucinaties, phantasmata"): zij vertoonen zich voornamelijk in den droom, in den halfwakenden toestand, vóór het inslapen, bij ziekelijke toestanden zelfs als men niet slaapt.

Entoptische beelden.

Van de subjectieve lichtverschijnselen moet men vooral onderscheiden de „entoptische beelden," d. i. objectieve gezigtswaarnemingen van voorwerpen die in het oog zelf aanwezig zijn: 1. waarneming van troebelheden en verduisteringen van de lichtbrekende middenstoffen van het oog. Zij komen tot bewustzijn, als door verlichting van het oog hare schaduwen op

*) Vroeger toen men de contrastkleuren voor identiek met de complementaire hield, verklaarde men het zooeven genoemde verschijnsel aldus, dat de vezels, die door gekleurd licht getroffen waren, door stralen van deze kleur niet meer opgewekt kunnen worden, en dus van het witte licht alleen de kleurmenging, d. i. de complementaire kleur waarnemen, welke na aftrek van de primaire kleur overblijft. Deze verklaring is evenwel niet meer voldoende, sinds men met de echte complementaire kleuren bekend is (bladz. 274).

het netvlies vallen, het best, als evenwijdige lichtstralen in het oog vallen. Zij doen zich voor onder den vorm van donkere vlekken, bollen, strepen, parels enz.; gedeeltelijk zijn zij onbewegelijk, gedeeltelijk (die van het glasachtig ligchaam) veranderen zij, met name bij plotselinge bewegingen van het oog of van het hoofd, van plaats (mouches volantes). — 2. waarneming van de netvliesvaten (zie bladz. 271), insgelijks veroorzaakt door de schaduwen, die daarvan op de staafjeslaag vallen. Tot dat einde werpt men hunne schaduw òf op zijdelingsche, zeldzamer verlichte deelen van het netvlies (door namelijk een sterk licht zijdelings op de doorschijnende sclerotica te laten vallen), òf men beweegt en verbreedt de schaduw (door nabeelden) door een lichtend punt voor het oog heen- en weêr te bewegen. Alsdan vertoont zich een donkere teekening der vaten in het verlichte gezigtsveld; ook de rand van de fovea centralis kan gewoonlijk door zijn schaduw onderscheiden worden (PURKINJE's aderfiguur). 3. Waarneming van de bloedligchaampjes in de haarvaten van het netvlies bij eene zeer schelle verlichting van het oog (door eene sneeuwvlakte, den ballon eener lamp, enz.); dit verschijnsel kan nog niet goed verklaard worden.

Bewegingen van het oog.

Het oog bezit eene zeer groote bewegelijkheid in de oogkas, terwijl de absolute bewegelijkheid van het gezigtsorgaan bovendien door die van het geheele hoofd aanmerkelijk vermeerderd wordt. Daardoor wordt het mogelijk, bij één en denzelfden stand van het ligchaam bijna in alle rigtingen van de ruimte voorwerpen te fixeren, d. i. het oog zoo voor deze te accommoderen, dat hun netvliesbeeld in de fovea centralis retinae valt (bladz. 275). De groote bewegelijkheid van den oogbol berust op de wijze, waarop hij in de oogkas bevestigd is. Hij rust namelijk in het vetkussen daarvan evenals het gewrichtshoofd van een kogelgewricht in de gewrichtskom, en kan dien ten gevolge om ontelbare assen draaijen. Deze draaijingen, welke door de oogspieren tot stand komen, worden verhinderd: 1. door de aanhechting van de antagonisten, 2. door den weêrstand van den stam der gezigtszenuw. Behalve de draaibewegingen kunnen nog plaatsveranderingen van den oogbol in zijn geheel plaats hebben, omdat de omtrek meêgeeft, derbalve „de gewrichtskom verschuifbaar is" (LUDWIG).

Om de liggingsveranderingen van den oogbol, de rangschikking en werking van de oogspieren goed te verstaan, moet men zekere vaste punten en lijnen in den oogbol aannemen, waarvan de verandering in ligging een maatstaf voor de bewegingen van het oog aan de hand geven. Er bestaat één lijn in het oog, die van zelf uit zijn ontleedkundigen bouw voortvloeit, namelijk de gezigtsas, eene lijn, die, uitgaande van de fovea centralis, door het kruispunt getrokken is, — de hoofdstraal van een gefixeerd punt (bladz. 276). Deze lijn valt niet naauwkeurig zamen met de hoornvliesas, d. i. met de gemeenschappelijke optische as van de gecentreerde middenstoffen van het oog; de laatste snijdt namelijk het netvlies een weinig naar boven en binnen van de fovea centralis, zoodat beide assen een kleinen hoek (3,5—7°) met elkander vormen. Uitgaande van de fovea centralis, die men de pool van den oogbol zou kunnen noemen, trekt men nu twee loodregt op elkander geplaatste meridianen over het netvlies. Hunne ligging wordt door zekere physiologische eigenschappen van het oog bepaald; zij verdeelen namelijk het netvlies in vier kwadranten, die

in beide oogen zekere wederkeerige betrekkingen hebben (zie beneden). Men noemt ze daarom scheidingslijnen (een verticale en een horizontale). — Wanneer men zich verder in het middenpunt der gezigtsas een door het oog gelegd vlak denkt, dat loodregt op de gezigtsas staat, dan snijden deze de oppervlakte van den bol in een grooten cirkel, die loodregt op de meridianen staat, en dien wij aequator van het oog zullen noemen (het vlak dus „aequatoriaal vlak"). Men heeft alzoo drie loodregt op elkander staande groote cirkels (de aequator en twee meridianen); de daaraan beantwoordende vlakken snijden elkander wederkeerig in drie loodregt op elkander geplaatste middellijnen, assen, namelijk eene sagittale (gezigtsas), eene verkale („hoogte-as") en eene horizontale („dwarse as"). Deze kunnen als een ligchamelijk coördinatenstelsel gebruikt worden, dat, met het oog beweegbaar, deszelfs rotaties aanwijst. Te dien einde moet men nog een tweede coördinatenstelsel aannemen, dat in de ruimte absoluut onbewegelijk is, en dat in den toestand, dien het oog bij rust heeft, met het beweegbare zamenvalt. Bij elken anderen stand van het oog zullen alsdan een of twee of alle overeenkomstige assen van beide stelsels hoeken met elkander vormen.

De bewegingen van het oog zijn met name voor de wederkeerige standen van beide oogen van belang, en door deze beperkt (zie beneden): Men neemt dus voor de rust een stand aan, waaruit men zich kan voorstellen dat alle bewegingen uitgaan („primaire stand"), waarin alle drie assen van het eene oog evenwijdig met die van het andere en de dwarse assen in ééne regte lijn zijn gelegen, de gezigtsassen derhalve juist naar voren zijn gerigt. Klaarblijkelijk kan deze stand verbonden zijn met eene willekeurige helling van de gezigtsassen naar den horizont. Onder alle standen, die daarbij mogelijk zijn, moet echter wederom één als eigenlijke primaire stand beschouwd worden, namelijk de helling, waarvan convergentiebewegingen van de gezigtstralen kunnen uitgaan, zonder dat de oogen zich om hunne gezigtsassen moeten draaijen, hetgeen bij alle andere hellingen het geval is (zie beneden). Deze helling bedraagt 45^0, doch schijnt naar gelang van de individualiteit te verschillen. Men heeft nu gevonden (MEISSNER), dat alle rotaties van het oog uit dezen primairen stand om zulke assen plaats hebben, welke in het aequatoriale vlak zijn gelegen (zoodat bij gevolg de gezigtsas loodregt op de draaijingsas staat); zelden heeft deze draaijing om andere assen plaats, die met dit vlak kleine hoeken maken, doch nooit om zulke assen, die zeer groote hoeken daarmede maken, b. v. om de gezigtsas. Onder het ontelbare aantal assen, die men zich kan voorstellen als te zijn gelegen in het aequatoriale vlak moeten wij er in de eerste plaats twee noemen, namelijk die, welke tegelijk coördinatenassen zijn, derhalve de dwarse as en de hoogte-as. Uit draaijingen om deze beide assen ontstaan de zoogen. „secundaire standen" van het oog. De draaijing om de eerste veroorzaakt alleen veranderingen in de helling naar den horizont (waarbij de gezigtsassen evenwijdig blijven loopen), die om de hoogte-as leidt tot eene draaijing naar binnen of buiten, derhalve tot eene convergentie of divergentie van de gezigtsassen (waarbij de helling naar den horizont blijft bestaan). Bij gene derhalve valt wel is waar nog het vertikale scheidingsvlak, doch niet meer het horizontale, met de overeenkomstige vlakken van het onbewegelijke coördinatenstelsel zamen, bij deze heeft het omgekeerde plaats. Uit draaijingen om andere assen die in het aequatoriale vlak of in de nabijheid daarvan zijn gelegen, ontstaan de „tertiaire standen" van het oog. Daar men elke zoodanige draaijing volgens eenvoudige regels ontleden kan in eene draaijing om de hoogte- en eene draaijing om de dwarse as, zoo gaat ten eerste met de tertiaire standen zoowel een convergentie der gezigtsassen als een veranderde helling daarvan naar den horizont gepaard, doch ten tweede valt nu evenmin het vertikale als het horizontale scheidingsvlak met de overeenkomstige vlakken van het onbeweegbare coördinatenstelsel zamen; beide hellen naar elkander over; de oogen hebben derhalve bij de tertiaire standen eene schijnbare draaijing om de gezigtsassen ondergaan.

Het draaipunt van den oogbol (in de beteekenis van hetgeen bladz. 208 is gezegd) ligt niet, gelijk men a priori vermoedde en ook op grond van proefnemingen beweerde (VOLKMANN), in het midden van de gezigtsas, maar (DONDERS en DOIJER) bij het normale oog nagenoeg 1,77mm daarachter.

Oogspieren.

Men kan de wijze, waarop elke afzonderlijke oogspier, d. i. de ligging van de as berekenen, om welke eene spier als zoodanig het oog kan draaijen, als men vooraf met de plaats aan haren oorsprong in den oogkuil *) en hare aanhechting aan den oogbol bekend is (de ligging van deze punten wordt uitgedrukt door de lengte der abscissen, welke de loodlijn, die uit deze op de drie onbeweegbare coördinatenassen valt, op deze afsnijden). De ligging der as wordt bepaald door de drie hoeken, welke zij met de drie coördinatenassen van het oog in den primairen stand vormt. Op deze wijze zijn de volgende standen der assen voor de zes oogspieren bepaald (FICK); hier is als primaire stand niet de boven opgegevene (met de helling der gezigtsassen ten bedrage van 45°), maar een andere tot basis aangenomen, waarbij de gezigtsassen evenwijdig en horizontaal naar voren gerigt zijn.

Spieren	Hoek, dien de draaijingsas maakt met de		
	gezigtsas	hoogte-as	dwarsas
Rectus superior	111°21′.	108°22′.	151°10′.
„ inferior	63°37′.	114°28′.	37°49′.
„ externus	96°15′.	9°15′.	95°27′.
„ internus	85° 1′.	173°13′.	94°28′.
Obliquus sup.	150°16′.	90° 0′.	60°16′.
„ inf.	29°44′.	90° 0′.	119°44′.

Als men nu deze opgaven van de assen voor den boven beschreven primairen stand (van MEISSNER) naar eenvoudige regels reduceert, dan vindt men, dat de meening: de rectus superior draait het oog regt naar boven (om de dwarse as), de inferior regt naar beneden (om dezelfde as), de internus regt naar binnen, de externus regt naar buiten (om de hoogte-as), niet doorgaat. Doch ook voor den bovengenoemden stand is geen draaijingsas in het aequatoriale vlak van het oog gelegen. Zeer digt daarbij, slechts op een geringen afstand van de hoogte-as liggen de rotatie-assen van den rectus internus en externus, die derhalve inderdaad de pupil bijna alleen naar binnen en buiten

*) Natuurlijk moet voor den m. obliquus superior in stede van de plaats van oorsprong die van de trochlea in aanmerking komen.

draaijen. Daarentegen zijn de rotatie-assen van de beide obliqui juist in het horizontale vlak gelegen, aan weêrszijden van de gezigtsas, elk ongeveer 30° daarvan verwijderd, zoodat de superior de pupil naar buiten en beneden, de inferior daarentegen naar binnen en boven draait. De rotatie-assen van den rectus superior en inferior wijken tamelijk sterk van de dwarse as af, zoodat de eerste de pupil naar boven en een weinig naar buiten, de laatste naar beneden en insgelijks een weinig naar buiten draait.

Hieruit laat zich gemakkelijk afleiden, dat bijna voor elke beweging verscheidene spieren moeten zamenwerken. Dit heeft men inderdaad bewezen, met name door waarnemingen aan oogen, waarvan de spieren gedeeltelijk verlamd waren. Evenwel is de berekening van de spierwerking, die voor eene bepaalde beweging noodig is, zoo hoogst ingewikkeld, — vooral doordien bij de geringste verandering van ligging ook de rotatie-as van eene spier verandert, — dat wij ons hier niet verder daarmede kunnen bezig houden.

De zenuwen, die de bewegingen van den oogappel besturen, zijn: oculomotorius, abducens en trochlearis, de twee laatste voor de gelijknamige spieren, de eerste voor de vier overige. Deze aan vezels zeer rijke zenuwen, waarvan de werkingen met eene zeer groote snelheid afwisselen, staan aan beide zijden in de hersenen in een onderling verband, zoodat hare bewegingen elkander wederkeerig beperken. Deze onderlinge verbinding veroorzaakt ten eerste, dat altijd slechts zulke bewegingen plaats hebben, waardoor beide gezigtsassen in hetzelfde vlak („viseervlak") zijn gelegen, derhalve, als ze verlengd zijn, elkander in een punt snijden (als zij niet evenwijdig loopen); zij hebben derhalve, zoolang zij evenwijdig zijn, dezelfde helling naar den horizont (omdat men zich kan voorstellen dat de beide draaipunten onbeweegbaar zijn). Voorts is hare wederkeerige helling in zooverre beperkt, als zij slechts in eene geringe mate naar voren kunnen divergeren, daarentegen convergeren in elke door de ligging bepaalde verhouding. Het mechanisme van dezen zamenhang, dat tot de categorie van de medebewegingen behoort, is nog ten eenenmale raadselachtig. Stoornissen daarin noemt men „scheelzien (strabismus)."

Het zien met beide oogen.

Bij het gewone zien werken beide oogen; de voordeelen die daaruit ontstaan zijn: 1. correcties van fouten enz. van het eene oog door het andere; 2. eene meer volkomen beschouwing van de ruimte rondom ons, omdat het beschouwen van een voorwerp uit twee verschillende standpunten in plaats van eenvoudig eene vlakteprojectie ook de uitgebreidheid in de derde

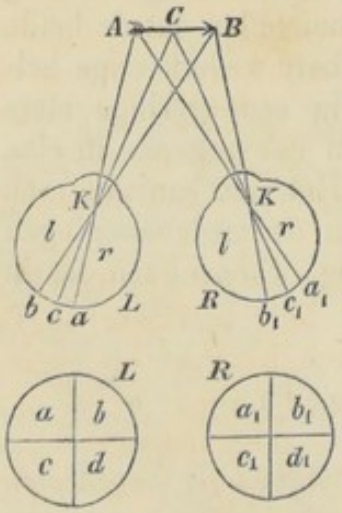
afmeting doet waarnemen; 3. eene naauwkeurige bepaling van de grootte en den afstand der voorwerpen.

Het enkelvoudig zien.

Ofschoon wij met twee oogen zien, vertoonen zich de voorwerpen in het algemeen slechts enkelvoudig. Dit kan alleen daardoor plaats hebben, dat de opwekking van zekere bij elkander behoorende punten van beide netvliezen in het bewustzijn op dezelfde plaats van de ruimte verplaatst wordt, — met andere woorden: dat beide oogen slechts één gemeenschappelijk gezigtsveld hebben (bladz. 274 en volg.), en dat de lichtindrukken, ontstaan door opwekking van twee bij elkander behoorende punten, zich op ééne plaats van dat gezigtsveld vertoonen. Zulke bij elkander behoorende punten van het netvlies noemt men „harmonische" of „identieke." Een voorwerp, dat met beide oogen bij den een of anderen stand daarvan enkelvoudig wordt gezien, moet derhalve zijne beelden in diervoege op de beide netvliezen werpen, dat de beide beeldpunten van elk punt van het voorwerp op twee identieke punten van het netvlies vallen. Wordt één of worden beide oogen een weinig gedraaid, dan moet onmiddellijk een dubbelbeeld voor den dag komen.

Ligging van de identieke punten. Horopter.

In de eerste plaats zullen wij de volgende wetten voor de ligging der identieke punten opgeven: 1. Aangezien een punt C, dat men met beide oogen fixeert, waarvan de beelden derhalve op de eindpunten van de gezigtsassen c en c_1 vallen, zich enkelvoudig voordoet, zoo moeten de beide eindpunten der gezigtsassen c en c_1 identieke punten zijn. 2. Fixeert men nu het midden C van een voorwerp, dat zich enkelvoudig vertoont, zoo moeten, gelijk uit de eenvoudige constructie der figuur volgt, voor alle punten van de regter helft van een netvlies de identieke punten in de regter helft van de andere zijn gelegen, en omgekeerd; — voorts voor die van de bovenste helft van het netvlies van een oog in de bovenste van het andere, voor die van de onderste in de onderste van het andere. Wanneer de onderste cirkels L en R projecties van de beide netvliezen zijn, dan zijn de kwadranten, die met dezelfde letters

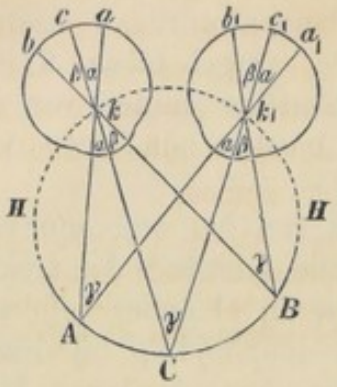


zijn aangegeven (a, a_1 enz.) identiek. De beide meridianen, waardoor deze identieke kwadranten gescheiden worden, heeten „scheidingslijnen" (vertikale en horizontale, vergel. bladz. 278). 3. Hieruit volgt wijders, dat overeenkomstige punten van de beide vertikale scheidingslijnen identiek moeten zijn, zoo ook die van de horizontale.

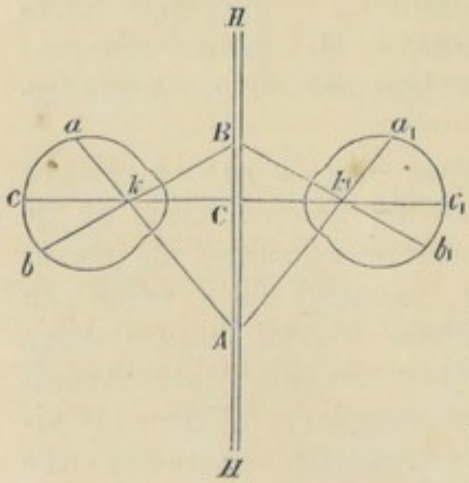
Wanneer men bij een zekeren stand van het oog voor elk paar identieke punten de daartoe behoorende gezigtsstralen trekt, en ze over het oog heen verlengt tot dat zij elkander snijden, dan zullen klaarblijkelijk de punten van doorsnijding bij dezen stand van het oog enkelvoudig waargenomen worden. Alle punten, die zich bij een bepaalden stand van het oog enkelvoudig voordoen, zijn in eene vlakte gelegen, die men „horopter" (gezigtskring) noemt. Wanneer men voor een bepaalden stand van het oog den horopter op de eene of andere wijze naauwkeurig heeft gevonden, dan zou daardoor klaarblijkelijk de ligging der identieke punten bepaald zijn, en zou men voor elken anderen stand van het oog den horopter kunnen construéren. Omgekeerd kan men, als men met de ligging van gene bekend is, voor elken stand van het oog den horopter afleiden. Met betrekking tot deze liggingsverhouding kan men niets eenvoudigers aannemen, dan dat, wanneer men zich voorstelt dat beide netvliezen met de overeenkomstige scheidingslijnen op elkander zijn gelegd, alle netvliespunten, die elkander bedekken, identiek zijn. Door dit aan te nemen kan men de volgende wetten stellen:

1. In den primairen stand en bij die secundaire standen, waarbij alleen de helling der gezigtsassen naar den horizont van den primairen stand afwijkt, derhalve bij een evenwijdig verloop der drie assen (bladz. 278—279), kan er klaarblijkelijk geen horopter bestaan, want wij kunnen ons geen punt voorstellen, waarvan beide beelden op gelijknamige (identieke) kwadranten zouden kunnen vallen. Met andere woorden: voor de genoemde standen ligt de horopter op een oneindig-verren afstand.

2. Bij secundaire standen met convergentie der gezigtsassen verhoudt zich de horoptervlakte op de volgende wijze: Vooreerst moet men twee loodregt op elkander staande lijnen daarvan bepalen, namelijk die, welke aan de identieke punten van de horizontale —, en diegene welke aan die van de vertikale scheidingslijnen (zie boven) beantwoordt (eene transversale doorsnede van den horopter, die door het viseervlak is gevormd, en eene mediane). a. De transversale doorsnede van den horopter moet, vooronderstelt dat de netvliezen bolvormig gekromd zijn, klaarblijkelijk een cirkel voorstellen (J. MÜLLER): In nevenstaande figuur zijn de beide door-



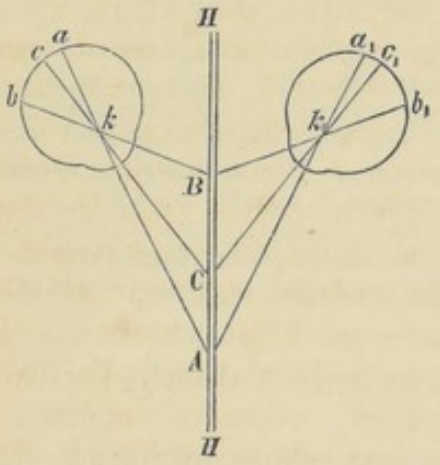
sneden van het oog door de horizontale scheidingslijnen gelegd, de transversale doorsnede van den horopter moet derhalve in het vlak van het papier (viseervlak) liggen, c en c_1 zijn de eindpunten van de gezigtsassen, C het gefixeerde punt. Zoekt men nu voor twee punten van de horizontale scheidingslijn, bijv. a en b, de identieke punten op de andere zijde, dan moeten deze klaarblijkelijk 1. in het gelijknamige kwadrant liggen, derhalve aan dezelfde zijde van het eindpunt der gezigtsassen, 2. evenver daarvan verwijderd zijn (zie boven); zij zijn derhalve in a_1 en b_1 gelegen. De daartoe behoorende gezigtsstralen snijden elkander in de punten A en B, die dus punten der gezochte doorsnede van den horopter zijn. Men ziet nu terstond, reeds uit de hoeken aan de knooppunten k en k_1, dat de hoeken bij A, B, C (γ) alle aan elkander gelijk zijn. Zij moeten derhalve, daar zij de gemeenschappelijke knooppunten k en k_1 hebben, alle hoeken vormen aan den omtrek van een gelijktijdig door k en k_1 gaanden cirkel H H. Dit is de gezochte transversale doornede van den horopter, want ook de gezigtsstralen van alle overige identieke punten der horizontale scheidingslijnen moeten elkander daarin snijden. — b. Daarentegen is de mediane doorsnede van den horopter eene regte lijn, die loodregt staat op het viseervlak, derhalve naar den horizont eene helling heeft van 45°; het is namelijk die lijn, waarin de beide vlakken, die door de vertikale scheidingslijnen zijn gelegd, elkander snijden. Dit ziet men het gemakkelijkst, als men de nevensstaande figuur op een stuk papier teekent en dit langs de lijn H H zoo omvouwt, dat de beide zijden naar voren convergeren. Wanneer namelijk de beide doorsneden van het oog door de vertikale scheidingslijnen gelegd zijn, zoodat de beide convergerende vlakken, welke elkander in H H snijden, die van de vertikale meridianen zijn; dan ziet men reeds terstond dat de gezigtsstralen van alle punten der scheidingslijnen die evenver van het eindpunt c, c_1 der gezigtsas verwijderd zijn, derhalve b. v. a en a_1, b en b_1 elkander in punten van de doorsnijdingslijn H H ontmoeten, dat deze derhalve de mediane doorsnede



van den horopter voorstelt *). c. Behalve de genoemde twee horopterlijnen, den cirkel in het viseervlak en de daarop loodregte meridiane regte lijn, bestaat er geen ander punt in de ruimte, waarvan de beide beelden op identieke punten van het netvlies vallen; die beide lijnen stellen derhalve alleen den horopter voor convergente secundaire standen zamen.

Volgens eene andere voorstelling (MEISSNER), die op proefnemingen berust, zou de horopter-doorsnede van het viseervlak geen cirkel, maar eene regte lijn, de horoptervlakte bijgevolg een vlak zijn, dat loodregt op het viseervlak staat. Hieruit zou omgekeerd volgen, dat de netvliezen niet bolvormig gekromd zijn.

3. Bij tertiaire standen vormen, zooals bladz. 279 is gezegd, zoowel de vertikale, als de horizontale scheidingslijnen van beide oogen met elkander hoeken. Legt men nu vooreerst a) door elke vertikale scheidingslijn een vlak, dan snijden deze beide elkander in eene regte lijn, die naar het viseervlak eene helling heeft (digter bij de oogen van boven bij een tertiairen stand met eene helling naar boven — van den primairen stand uit gerekend —, daarentegen beneden bij tertiaire standen naar onder). Deze hellende lijn, alsmede de hellende stand der horizontale scheidingslijnen worden door nevensstaande figuur verduidelijkt, welke op dezelfde wijze als die op bladz. 284 moet afgeteekend en in H H omgevouwen worden. In het uitgeknipte model is cCc_1 het viseervlak en H H de daarnaar overhellende doorsnijdingslijn van de beide scheidingsvlakken, gelijk op bladz. 284. Men ziet nu, dat ook de gezigtsstralen van alle, in de vertikale scheidingslijnen gelegen, identieke punten, bijv a en a_1, b en b_1, elkander in H H snijden, dat bij gevolg deze lijn den horopter van de vertikale scheidingslijnen vormt. — b) Legt men ook door de horizontale scheidingslijnen vlakken, dan snijden ook deze elkander in eene lijn. De gezigtsstralen van identieke punten der horizontale scheidingslijnen kunnen elkander dus, in geval dit kan plaats hebben, slechts in deze lijn snijden. Trekt men echter van het een of ander punt van de



*) Men verkrijgt een zeer leerrijk model, als men de beide laatste teekeningen in gelijke afmetingen (straal van het oog en afstand van het fixatie-punt in beide gelijk) op kaartpapier ontwerpt en de met de schaar uitgeknipte tweede teekening in de eerste brengt. Men heeft alsdan de beide scheidingslijnen en de daarmede overeenkomstige deelen van de horoptervlakte.

laatste twee gezigtsstralen, dan vallen zij, gelijk men gemakkelijk inziet, op symmetrische, derhalve niet op identische kwadranten van den vertikalen scheidingscirkel. Hieruit volgt omgekeerd, dat de gezigtsstralen van de identieke punten der horizontale scheidingslijnen elkander bij tertiaire standen over het algemeen niet snijden, dat er bij gevolg voor deze geen horopter bestaat. Bij tertiaire standen bestaat er derhalve geen horoptervlakte, maar alleen de bovengenoemde hellende mediane horopterlijn.

Wij hebben tot nu toe alleen van symmetrische standen van het oog gesproken; wij kunnen hier niet spreken over de asymmetrische, waarbij het gefixeerde punt zeer ver van de beide knooppunten is verwijderd. Wij willen alleen opmerken, dat er in die gevallen standen voorkomen, waarbij de horopter alleen uit het gefixeerde punt bestaat.

Om de verhouding der identieke punten te verklaren moet men aannemen, dat de daartoe behoorende vezels van den n. opticus in het centraalorgaan op eene bijzondere wijze onderling verbonden zijn, zoodat hare opwekking slechts een enkelen indruk tot bewustzijn brengt of ten minste beide indrukken op eene en dezelfde plaats van de ruimte, namelijk in het snijpunt van hunne beide gezigtsstralen, verplaatst worden. In dezen zin verklaart men de verhouding van de gezigtszenuwvezels in het chiasma nervorum opticorum. Zeer waarschijnlijk gaat hier de helft der vezels van eene zijde op de andere over, zoodat elke stam van den opticus voor de helft uit vezels van den tractus opticus van dezelfde zijde, voor de andere helft uit die van de andere zijde bestaat, en wèl zou elke tractus opticus twee gelijknamige, derhalve identieke helften van het netvlies, begrensd door de vertikale scheidingslijn, met vezels voorzien. Hiervoor pleit inzonderheid het voorkomen van „gelijknamige hemiopie," waarbij op beide oogen de gelijknamige helften van het netvlies voor lichtindrukken ongevoelig zijn: men neemt bij dezen toestand aan, dat de vezels of de centraalorganen van den eenen tractus opticus ongeschikt zijn om te functioneren (v. GRÄFE).

Waarom wij de voorwerpen niet dubbel zien.

Uit hetgeen wij zoo even gezegd hebben volgt, dat wegens de beperktheid van den horopter bij alle standen van het oog de meeste voorwerpen, die zich vóór het oog bevinden, zich dubbel voordoen, en dat buitendien, omdat van twee verschillende objectpunten stralen op identieke punten vallen, verschuivingen en benevelingen der gezigtsvelden van beide oogen moeten ontstaan. Dat desniettemin in het algemeen niet dan enkelvoudige beelden tot bewustzijn komen en van benevelingen niets in het gezigtsveld wordt opgemerkt, is waarschijnlijk op de volgende omstandigheden gegrond: 1. Vertoonen zich de voorwerpen, waarvan het beeld op het midden van het netvlies (fovea centralis en macula lutea) valt onder alle omstandigheden enkelvoudig, omdat de eindpunten der gezigtsassen identieke punten zijn (bladz. 282) en de gezigtsassen elkander altijd verlengd in een punt snijden (bladz. 282). Daar dit echter juist de plaatsen zijn, waar wij het scherpste zien en de aandacht bijna uitsluitend op haar gerigt is, zoo beschijnt de indruk van

het hier invallende licht het geheele overige gezigtsveld. 2. De zich enkelvoudig voordoende (in den horopter gelegen) voorwerpen moeten daarom het sterkst tot bewustzijn komen, omdat zij hetzelfde gedeelte van het zielorgaan met eene dubbele energie opwekken. 3. De oogen accommoderen altijd tegelijk voor die voorwerpen, waarvoor hunne assen de rigting hebben („op welke geviseerd is"), zoodat deze zich scherper vertoonen, dan die welke voor of achter het snijpunt der assen, dus niet in den horopter, gelegen zijn. Die overeenstemming tusschen de beweging en de accommodatie der oogen komt niet alleen door den wil, maar ook door een mechanisme van het zenuwstelsel (CZERMAK) tot stand; want bij eene eenvoudige draaijing van één oog komen terstond veranderingen in de accommodatie tot stand, b. v. accommodatie voor nabij zijnde voorwerpen, als het oog eene binnenwaartsche draaijing ondergaat (bladz. 264). 4. (v. RECKLINGHAUSEN). Eene regte lijn, die men met beide oogen beschouwt en waarin men een punt fixeert, wordt niet alleen dan enkelvoudig gezien, als elk afzonderlijk punt daarvan zijne beelden op identieke punten werpt, maar ook dan, wanneer elk paar van twee verschillende punten zijne beelden op identieke punten werpt. De lijn wordt namelijk alsdan in dubbelbeelden waargenomen, maar deze zijn (zooals AB en ab in nevenstaande figuur) A——————————b
a B
in hun eigen rigting tegen elkander verschoven, zoodat zij (slechts) enkelvoudig worden gezien. Daar nu elke lijn, waarvan een punt gefixeerd wordt, haar beeld in een meridiaan van het netvlies werpt (d. i. in een grooten cirkel die door de fovea centralis gaat), zoo moet eene lijn, die men met twee oogen beschouwt reeds dan in de boven opgegeven beteekenis enkelvoudig zich voordoen, als haar beide beelden in twee „identieke" meridianen vallen, d. i. in twee meridianen, die van vertikale of horizontale scheidingscirkels onder gelijke hoeken of in dezelfde rigting afwijken (vergel. bladz. 283). Elke zoodanige lijn is echter de doorsnijdingslijn van de vlakken van beide identieke meridianen (men noemt de meridiane vlakken, welke natuurlijk alle door het knooppunt moeten gaan, „rigtingsvlakken"). Omgekeerd derhalve vertoonen zich bij een bepaalden stand van het oog alle regte lijnen enkelvoudig, die met de doorsnijdingslijnen van identieke rigtingsvlakken zamenvallen. Deze doorsnijdingslijnen (welke alle door het gefixeerde punt moeten gaan) vormen bij elken stand van het oog eene vlakte („normaalvlakte"), en wel bij convergente secundaire standen een vlak, dat op het viseervlak in het fixatiepunt loodregt staat (en derhalve zamenvalt met het door MEISSNER aangenomen horoptervlak, bladz. 285); bij symmetrische tertiaire standen

vormen zij een schuinschen dubbelen kegel, waarvan de top in het gefixeerde punt is gelegen. — Uit het eerste kunnen wij de belangrijke gevolgtrekking afleiden, dat in een vlak, dat zich voor het oog bevindt, vooronderstelt dat het, zooals meesttijds het geval is, in den secundairen stand beschouwd wordt, elke regte lijn zich enkelvoudig moet voordoen, zoodra een punt daarvan het oog getroffen heeft. — Proefnemingen hebben buitendien geleerd, dat alle in de normaalvlakte gelegen regte lijnen, en alleen deze, loodregt op het mediane vlak worden gezien, ook bij tertiaire standen, waar hare wezenlijke rigting eene andere is. Beschouwt men namelijk eene ster van draden, waarvan de stralen in een vlak liggen, met fixatie van haar middenpunt, dan vertoont zij zich alleen in secundaire standen vlak, daarentegen gekromd in tertiaire standen, en wèl wijken de stralen schijnbaar in eene tegenovergestelde rigting als de normaalvlakte van het vlak af; eerst dan vertoont zich de ster in den tertiairen stand vlak, als men haar kunstmatig de aan de normaalvlakte beantwoordende kromming geeft. — Andere proefnemingen toonen, dat elk lichtend punt, waarvoor de andere middelen (zie beneden) ontbreken om den afstand te bepalen, op de rigtingslijn in de normaalvlakte geprojiciëerd wordt. Naar het schijnt is derhalve deze vlakte aan onze oogen zeer eigen, en hoogst waarschijnlijk speelt zij ook bij het steoreoskopisch zien eene groote rol, omdat zij de maatstaf is waardoor de ligging van elk punt, dat niet in haar gelegen is, bepaald wordt.

Onderlinge ondersteuning der beide oogen.

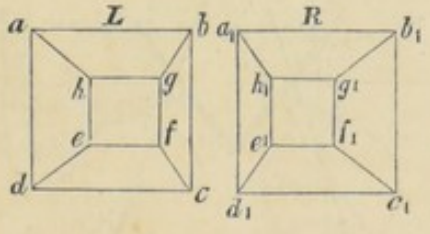
Het 't naast voor de hand liggende nut van het zien met twee oogen bestaat in de compensatie van plaatsen van het eene netvlies die niet vermogen te functioneren (b. v. pathologische gebreken, v. GRÄFE) of van zulke plaatsen, die door onveranderlijke troebelheden der lichtbrekende middenstoffen nooit beelden kunnen ontvangen, door de identieke plaatsen van het andere netvlies, gelijk dit dikwijls wordt waargenomen. Daartoe behoort ook de onderlinge compensatie van de openingen in het gezigtsveld, die door de beide blinde vlekken veroorzaakt worden; want de identieke punten van de blinde vlek zijn voor gewaarwording vatbare plaatsen van het netvlies (de blinde vlekken liggen in ongelijknamige, symmetrische kwadranten).

Wij moeten hier opmerken, dat ook bij het zien met één oog de blinde vlek geen te onderscheiden opening in het gezigtsveld te voorschijn kan brengen. Het ontbreken van de optische opwekking, die wij „zwart" noemen (bladz. 274), kan namelijk slechts daar waargenomen worden, waar lichtpercipi-

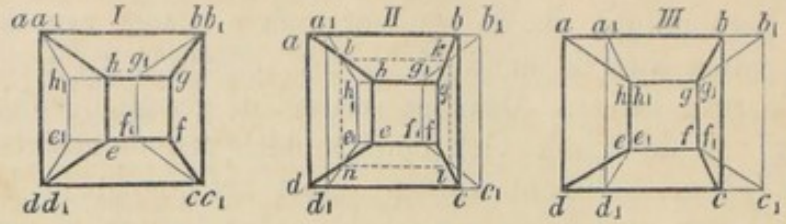
ërende zintuigsorganen aanwezig zijn: doch deze komen in de blinde vlek niet voor. De laatste staat derhalve tot het licht in dezelfde verhouding, als de eene of andere plaats van de huid; wij percipiéren met de hand niet zwart, ofschoon wij geen lichtindruk daarvan krijgen. Daar nu evenwel de gezigtsindrukken der omgeving van de blinde vlek door middel van de gezigtsstralen (bladz. 275) gelokaliseerd worden, moet het bewustzijn de noodwendigheid van tusschengelegen lichtpunten logisch waarnemen, en schijnt het zich deze naar aanleiding der waarschijnlijkheid voor te stellen (E. H. WEBER). Daarom vertoont zich bij de bladz. 271 vermelde proef op de plaats van het verdwijnend voorwerp geen zwarte vlek, maar de kleur van den grond; het wit van het papier gaat voort met zich op de plaats af te teekenen als meest waarschijnlijke aanvulling.

Het stereoskopisch zien. Stereoskoop.

Het stereoskopisch zien, de waarneming van de derde afmeting, berust op de pas genoemde omstandigheid, dat de beide beelden van een ligchamelijk voorwerp of van eene vlakte, welke niet met den horopter zamenvalt, zich nooit volkomen tot één gezigtsindruk kunnen vereenigen. Vermits de beide oogen het ligchaam uit verschillende standpunten beschouwen, zoo vallen op de beide netvliezen twee verschillende perspectivische beelden daarvan. Doch niet anders dan gelijke netvliesbeelden kunnen in den regel op identieke punten vallen; bij een onveranderlijken stand van het oog kan daarom slechts een gedeelte van het ligchaam zich enkelvoudig voordoen, doch het overige wordt dubbel waargenomen. Wanneer bijv. A en B de beide perspectivische netvliesbeelden van eene afgeknotte piramide voorstellen, die zich voor het oog bevindt, en met haar top naar het oog gerigt is, dan kunnen slechts òf alleen de beelden van de grondvlakte a b c d, a_1 b_1 c_1 d_1, òf alleen die van de afknottingsvlakte e f g h, e_1 f_1 g_1 h_1, op identieke punten vallen; in het eerste geval ziet men de kleine vlakte, in het tweede de groote, dubbel. En toch worden beide beelden tot één, en wel een ligchamelijken totaalindruk vereenigd. De waarschijnlijkste verklaring daarvan is de volgende (BRÜCKE): De beide oogen zijn in eene gestadige beweging, hunne convergentie wisselt zoo af, dat achtereenvolgens de beelden van alle dwarssneden der piramide op identieke punten van de netvliezen vallen. In de



volgende figuur zijn uit de hierbij ontstaande reeks van ver-



eenigingsindrukken drie uitgekozen. Bij den eersten vallen de beelden van de grondvlakte, bij den derden die van de afknottingsvlakte op identieke punten, bij den middensten wordt eene tusschen beide gelegen dwarssnede der piramide (i k l n) enkelvoudig gezien. Aangezien nu tot het tot stand komen van den indruk III de oogen sterker moeten convergeren dan voor I, en wij in de convergentie een middel bezitten om den afstand te bepalen (zie beneden), zoo komt het bewustzijn tot de gevolgtrekking, dat de vlakten e f g h, i k l m en a b c d achter elkander liggen, en verkrijgt aldus de voorstelling van het ligchamelijke, doordien alle spoedig op elkander volgende indrukken zich tot een enkelen vereenigen.

Men kan kunstmatig het stereoskopisch zien nabootsen, als men voor elk oog eene afbeelding plaatst van een ligchaam, dat van zijn standpunt uit is ontworpen, evenals bij de voorlaatste figuur. De oogen maken dat ook hier de verschillende deelen van de afbeelding elkander achtereenvolgens bedekken, en zoo ontstaat de indruk van het ligchaam. Hierop berust het gebruik der s t e r e o s k o p e n. Zonder verderen toestel kan men maken dat de naast elkander gelegen beelden R en L elkander bedekken, als men elk van de beide oogassen op het overeenkomstige beeld rigt (fig. 1). Daar intus-

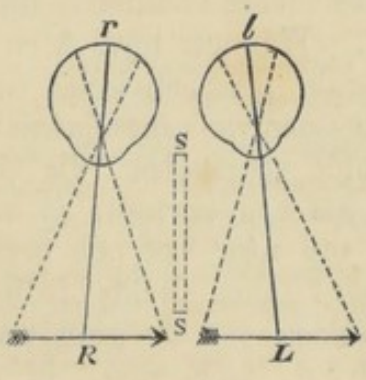


Fig. 1.

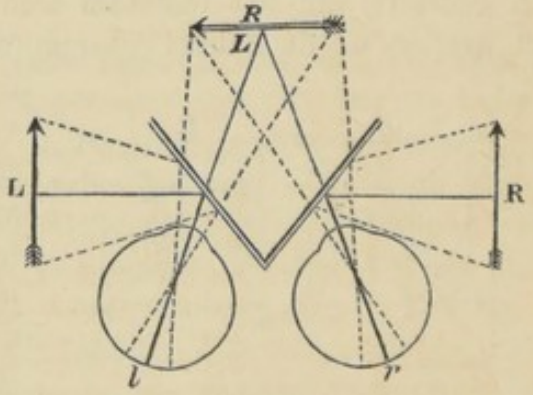
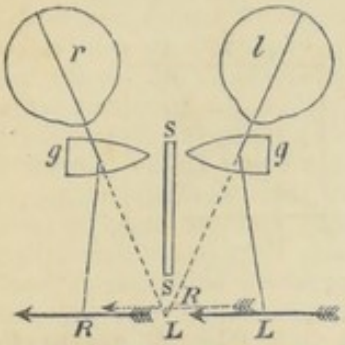


Fig. 2.

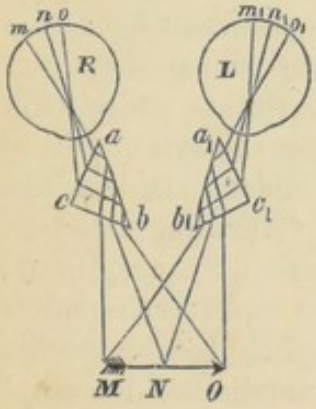
schen slechts weinig menschen het genoegzaam in hunne magt hebben, om hunne oogen op twee verschillende punten van eene vlakte te rigten, in plaats van, zooals gewoonlijk, de assen elkander in de beschouwde vlakte te laten snijden, heeft men toestellen uitgedacht, waardoor deze inspanning bespaard wordt*) en ook bij convergente standen van het oog de beelden op

*) Voor ongeoefenden wordt de inrigting duidelijker door een tusschenschot s s (zie boven) dat loodregt op het vlak der beelden staat.



identieke punten worden geworpen. De twee meest bekende stereoskopen zijn die van WHEATSTONE (zie fig. 2) en die van BREWSTER (zie nevensstaande figuur) waarvan de inrigting genoegzaam door de figuren opgehelderd wordt. Bij het eerste worden door twee convergente spiegels, bij het laatste door twee prismatische glazen (helften van een lens) g, g, beide beelden op één punt $\frac{R}{L}$ verplaatst, waarop de oogassen gerigt zijn.

Brengt men twee volkomen gelijke beelden in het stereoskoop, dan ziet men ze natuurlijk enkelvoudig. Verschillen zij echter nog zoo weinig, b. v. in den stand van zekere deelen, dan moeten de oogen bewegingen maken, om ook deze deelen te vereenigen, en men ziet ze daarom, naar het hier boven medegedeelde, buiten de vlakte, daarvoor of daarachter. Men kan daarom van het stereoskoop gebruik maken om twee gelijke, doch in zeer kleine punten verschillende beelden van elkander te onderscheiden, b. v. een echt en een nagemaakt bankbiljet, twee (een weinig van elkander verschillende) afgietsels van denzelfden vorm, enz. (DOVE). — Verwisselt men de beide stereoskopische beelden van een ligchaam, b. v. de beide beelden van de figuur op bladz. 289 in dier voege, dat het voor het regter oog bestemde vóór het linker wordt gebragt en omgekeerd, dan ziet men het ligchaam hol en van binnen, de kleine vlakte e f g h derhalve a c h t e r de groote. Inderdaad verschillen bij een hol en van binnen beschouwd ligchaam de perspectivische beelden, die beide oogen verkrijgen, slechts in zooverre van die, welke van een massief en van buiten beschouwd ligchaam afkomstig zijn, dat in het eerste geval het regter oog hetzelfde beeld verkrijgt, als in het tweede het linker. Wanneer men een voorwerp van buiten beschouwt, ziet het regter oog meer van de regter zijde dan van de linker (de vlakte b_1 c_1 f_1 g_1 op bladz. 289 is dus grooter dan a_1 d_1 e_1 h_1); het omgekeerde heeft plaats als men in een hol ligchaam ziet (het regter oog krijgt dan het beeld L, waarin b c f g kleiner is dan a d e h). Zulk een optisch bedrog, dat door het verwisselen van twee stereoskopische beelden ontstaan is, wordt „p s e u d o s k o p i s c h" genoemd. Het p s e u d o s k o o p (zie nevensst. fig.) is een toestel, waardoor de beide oogen die een ligchaam beschouwen, een pseudoskopischen indruk ontvangen; elk oog ontvangt namelijk door de totale weêrkaatsing van de hypothenusevlakte van een regthoekig prisma den aan hetzelve toebehoorenden indruk in eene omgekeerde orde, zoodat het dezelfde gedaante aanneemt, als overigens aan het andere toebehoort. Daardoor wordt het ligchaam hol van binnen waargenomen, terwijl het zijne buitenvlakte naar de oogen rigt, en omgekeerd; zooals natuurlijk is, kan de toestel alleen bij symmetrisch gevormde ligchamen aangewend worden. —



Zeer verafgelegen voorwerpen, b. v. de aan den horizont gelegen deelen van een landschap, vertoonen zich gewoonlijk als over eene vlakte uitgebreid, even als op eene schilderij, omdat de beide oogen te digt bij elkander staan, om werkelijk verschillende beelden van de verafgelegen voorwerpen te ontvangen. Tot de kunstmatige vergrooting van den afstand van beide oogen dient het t e l e s t e r e o s k o o p (HELMHOLTZ), dat niets anders is dan een stereoskoop van WHEATSTONE, waarvan de beide beelden L en R vervangen zijn door twee spiegels, die aan de binnenste spiegels evenwijdig, en naar den horizont gekeerd zijn; de beide oogen ontvangen in dit geval beelden, als of zij op de plaats van de buitenste spiegels waren gelegen, en de horizont vertoont zich daarom als een ligchamelijk voorwerp; gewoonlijk ziet men in de beide binnenste spiegels door twee verrekijkers.

Zijn de beide stereoskopische beelden van een ligchaam ongelijk licht (is b. v. het eene zwart, het andere wit of gekleurd) of ongelijk gekleurd, — of plaatst men voor beide oogen ongelijk licht of ongelijk gekleurde vlakten, dan vertoont zich het ligchaam resp. vlakte glinsterend. — De meest waarschijnlijke verklaring is de volgende: eene vlakte, die men met één oog beschouwt, vertoont zich glinsterend, als zij het licht regelmatig terugkaatst; elke volkomen vlakke of volkomen regelmatig gekromde vlakte (zonder oneffenheden) vertoont daarom glans. Beschouwt men dezelfde vlakte met beide oogen, dan vertoont zij zich voor beiden met een ongelijk sterken glans en ongelijk licht, omdat het teruggekaatste licht onder verschillende hoeken in beide oogen valt. Ontvangen nu omgekeerd beide oogen twee op zich zelf matte, doch ongelijk lichte indrukken, dan komt een regelmatig terugkaatsende (derhalve beide oogen ongelijk verlichtende), bij gevolg glinsterende vlakte tot bewustzijn (HELMHOLTZ). De beide stereoskopische beelden van een gladden bol, die de terugkaatsing van het licht op verschillende plaatsen vertoonen, geven om dezelfde reden den indruk van een glinsterenden bol. Niet zoo gemakkelijk is het om den kleurenglans te verklaren; wij kunnen dit misschien het eenvoudigst op de volgende wijze doen; zekere soorten van glans kunnen behalve door eenvoudige regelmatige terugkaatsing nog ontstaan door reflexie van verscheidene digt achter elkander geplaatste vlakten, zelfs ingeval deze op zich zelf mat zijn. Zoo berust b. v. de metaalglans hierop, dat het een weinig doorschijnend metaal niet alleen van zijne oppervlakte, maar ook uit diepere lagen licht terugkaatst (BRÜCKE). Aangezien nu het oog zich voor twee ongelijke kleuren van een gelijken afstand noodwendig eenigzins verschillend moet accommoderen (bladz. 268), zoo vertoont zich (zie beneden) de eene kleur een weinig achter de andere, en op deze wijze ontstaat de glans (DOVE). Overigens ontglipt het genoemde verschijnsel aan vele waarnemers, doordien beide kleuren zich niet tot een beeld vereenigen, maar bij afwisseling nu eens de eene kleur dan eens de andere voor den dag komt, of beide in het gezigtsveld naast elkander zich vertoonen (zoogen. „wedstrijd der gezigtsvelden").

Men heeft tegen de boven beschreven theorie (van BRÜCKE) over het stereoskopisch zien in het midden gebragt (DOVE), dat de oneindig kleine tijd van de verlichting door de elektrische vonk voldoende zou zijn om een stereoskopischen indruk tot stand te brengen, — een tijd, binnen welken het oog zich niet zou kunnen bewegen. Intusschen zou men hieruit hoogstens tot de gevolgtrekking kunnen komen, dat misschien reeds een enkele indruk, waarbij de beelden elkander slechts gedeeltelijk bedekken, in de ziel de gewaarwording doet ontstaan, als of de deelen, die elkander niet bedekken, in andere vlakken zijn gelegen; juist bij de zoo snelle elektrische verlichting ontstaan nabeelden van zulk een langen duur, dat de ziel tijd genoeg heeft, om den ontvangen indruk door conclusie te completéren; anders zouden wij waarlijk niet voor het pseudoskopisch bedrog gevrijwaard zijn. Overigens verschillen de beide netvliesbeelden altijd zoo uiterst weinig van elkander, dat oneindig kleine bewegingen van het oog voldoende zijn opdat de beelden elkander achtereenvolgens bedekken, en zelfs het begin van zulk eene beweging zou reeds voor een pseudoskopisch bedrog vrijwaren. Hoe zeer de ziel wijders geneigd is, om uit perspectivische afbeeldingen, met name van bekende ligchamen, den ligchamelijken vorm te onderkennen, blijkt uit de sterk stereoskopische werking van eenvoudige perspectivische afbeeldingen.

Bepaling van de grootte en den afstand.

Een derde opmerkelijk nut van het zien met beide oogen bestaat hierin, dat men met behulp daarvan de grootte en den afstand van geziene voorwerpen kan bepalen. De grootte van het netvliesbeeld is het uitgangspunt bij de bepaling van de grootte van het voorwerp. Hoe grooter het eerste is, des te grooter vertoont zich, al het overige gelijkstaande, het voorwerp. Daar echter de grootte van het netvliesbeeld, of wat op hetzelfde neêrkomt, de grootte van den gezigtshoek (zie bladz. 276), niet alleen van de grootte, maar ook van den afstand van het voorwerp afhangt (want de gezigtshoek staat in eene omgekeerde verhouding tot den afstand), zoo bezitten wij in de bepaling van de grootte tegelijk eene bepaling van den afstand. Voor het laatste bezit reeds elk oog afzonderlijk een middel in de inspanning tot accommodatie, waarvan de grootte en rigting door het spiergevoel van de daarbij in het spel zijnde spieren tot bewustzijn komt. Bij het zien met twee oogen komt hier nog bij het spiergevoel van de draaispieren van het oog, met behulp waarvan wij den convergentiegraad van de oogassen kunnen bepalen. Wij nemen derhalve een voorwerp, bij eene gelijke schijnbare grootte, des te meer van nabij waar: 1. naarmate zijn netvliesbeeld grooter, 2. de positieve accommodatie sterker, en 3. de convergentie van de oogassen sterker is. — Verdere hulpmiddelen voor de bepaling van den afstand zijn: de sterkte van het licht, die in het algemeen met den afstand afneemt; — voorts de verschuiving van het voorwerp naar andere, die tegelijker tijd worden gezien; dit geschiedt als òf het voorwerp zelf, òf die andere voorwerpen, òf het gezigtsorgaan (bij bewegingen van het hoofd of van het geheele ligchaam) van plaats verandert.

De meest regtstreeksche bewijzen voor die drie hoofdmiddelen om den afstand of de grootte te bepalen zijn: 1. De invloed van het netvliesbeeld behoeft naauwelijks bewezen te worden; voor zulk een bewijs kan het feit dienen, dat een voorwerp, hetwelk bij eene gebrekkige accommodatie (in verstrooijingscirkels) is gezien, zich grooter voordoet dan een voorwerp dat men scherper heeft gezien (bladz. 276—277); 2. De invloed van de gewaarwording der accommodatie komt het duidelijkst daardoor voor den dag, dat een op de een of andere wijze verkregen nabeeld bij eene afwisselende accommodatie schijnbaar van grootte verandert; 3. Als een in het oog loopend bewijs voor den invloed der convergentie van de assen kan het volgende dienen: viseert men, terwijl men een patroon, dat uit kleine gelijke velden bestaat (een tapijt, mat van een stoel) beschouwt, op een daarvoor of achtergelegen punt, dan beweegt zich zeer spoedig het patroon schijnbaar naar het vlak van het convergentiepunt van de gezigtsassen, vertoont zich derhalve digter bij of verder af, en, zooals uit het zoo even gezegde volgt, in dezelfde mate kleiner, resp. grooter. De verklaring daarvoor is eenvoudig: een onregelmatig patroon zou klaarblijkelijk onder deze omstandigheden dubbel gezien worden; ook het regelmatige wordt dubbel waargenomen; daar echter in de over elkander geschoven dubbelbeelden gelijke velden elkander volkomen of bijna geheel bedekken, zoo ontstaat het bedrog, dat beide beelden

met overeenkomstige deelen op identieke punten vallen, dat derhalve het voorwerp in den afstand van het snijpunt der gezigtsassen is gelegen (H. MEYER).

Werktuigen die tot bescherming van het oog dienen.

1. Het oog, dat in de beenige oogkas bijna van alle kanten beschut is, kan ook naar voren door het sluiten van de kraakbeenige oogleden volkomen afgesloten worden. Het sluiten geschiedt door de zamentrekking van den m. orbicularis palpebrarum (afhankelijk van den n. facialis), bij het bovenste ooglid tevens door de zwaartekracht. Het openen geschiedt bij het onderste door de zwaartekracht, bij het bovenste door den m. levator palpebrae superioris (afhankelijk van den n. oculomotorius), bovendien bij beide oogleden door gladde retractores, die van den sympathicus zenuwvezels ontvangen (H. MÜLLER). Het sluiten en het openen der oogleden wisselen dikwijls onderling af (het knipoogen). Het sluiten geschiedt: 1) willekeurig; 2) onwillekeurig en automatisch, in den slaap; 3) door reflexie na aanraking van den oogbol of van de oogharen die als tastharen dienen, of na prikkeling van de gezigtszenuw door sterk licht. De vernaauwing van de ooglidspleet en hare beschaduwing door de wenkbraauwen ondersteunen bij sterk licht de beschuttende werking van de vernaauwing der pupil.

2. De voorvlakte van de oogen wordt gestadig door het tranenvocht (bladz. 110) bespoeld, daardoor zuiver gehouden en voor indrooging gevrijwaard. De tranen komen door de fijne uitvoeringsbuizen der klier in het bovenste buiten gedeelte van den conjunctivalen zak. (Deze zak is, gelijk bekend is, een slijmvlieszak, die met zijn vrijen rand langs den rand van de ooglidspleet vastgehecht en waarin van achter de oogbol gedeeltelijk naar binnen gestulpt is. Hij overtrekt dus de achtervlakte van de oogleden, slaat zich vervolgens op den oogappel om en bedekt daarvan het voorste derde gedeelte. Daar de leden digt op den oogbol zijn gelegen, zoo heeft de conjunctivale zak slechts een zeer naauw (capillair) lumen. Doch digt bij de aanrakingslijn van de gesloten oogleden verwijdt hij zich tot een vlak driezijdig kanaal, omdat de geringe kromming van de leden hier niet sluit op die van den bulbus). In de capillaire conjunctivale ruimte worden nu de tranen door capillariteit ingezogen en naar den binnenooghoek voortbewogen. Deze beweging wordt door het knipoogen ondersteund, omdat bij het sluiten der leden de tranen tegelijkertijd tegen den binnenhoek, het aanhechtingspunt van den orbicularis palpebrarum gedrongen worden. Het overloopen van de tranen over den vrijen rand van de leden wordt, in geval de afscheiding niet bovenmatig

sterk is (zoo als bij het huilen), door het vettig produkt der MEIBOM'sche klieren (bladz. 107—108) verhinderd. In den binnen ooghoek verzamelen zich de tranen in het zoogen. lacus lacrimalis, waarin de beide capillaire, stijve traanbuisjes met hunne uitmondingen, de traanpunten, uitloopen. Het traankanaal, waarheen de traanbuisjes leiden, en dat naar beneden naar de neusholte door een klep die zich naar onder opent gesloten is, wordt van boven wijder (zak) als de oogleden zich sluiten (omdat de achterwand van dit kanaal met het been, doch zijn voorste met het ligamentum palpebrale internum, dat bij de sluiting der oogleden gespannen wordt, vergroeid is); daardoor zuigt het de tranen uit het lacus lacrimalis in, en deze komen in de neusholte.

3. De wenkbraauwen zouden dienen om het oog tegen het zweet, dat van het voorhoofd afloopt, te beschutten.

II. Het Gehoororgaan.

Schema daarvan.

De eindorganen van de gehoorzenuw zijn, evenals die van de gezigtszenuw, op vliesachtige vlakten uitgespreid, die evenwel eene onregelmatige gedaante hebben, (ampulla, zakjes van den voorhof, vliezige plaat van het slakkenhuis). De geluidtrillingen, die bestemd zijn om de gehoorzenuw op te wekken, worden aan deze eindorganen door een stelsel van elkander aanrakende, voor trillingen vatbare ligchamen medegedeeld, waarvan het eerste, naar buiten gelegene, door de trillingen van het geluidgevende ligchaam aan het medetrillen gebragt wordt, en wèl regtstreeks, òf nadat de geluidtrillingen door een intermediair ligchaam (lucht, water) tot naar hetzelve worden voortgeplant.

Er bestaan twee dergelijke stelsels, die een deel, namelijk dat, hetwelk onmiddellijk aan de eindorganen grenst, gemeen hebben; dit deel is het doolhofwater [perilymphe] dat de eindorganen omspoelt. De perilymphe kan langs twee wegen aan het trillen gebragt worden: 1. door de beenderen, die haar omgeven, in de eerste plaats het rotsbeen, en vervolgens alle schedelbeenderen. Van deze geleiding wordt voornamelijk gebruik gemaakt, wanneer het 't geluid voortbrengende (vaste) ligchaam onmiddellijk onder water is gedompeld of alleen door tusschenkomst van vaste of vloeibare ligchamen met den schedel in verbinding staat, of wanneer althans de middenstof, die onmiddellijk aan het hoofd grenst, niet gasvorming is, b. v. als het geluidvoortbrengende ligchaam tegen de tanden is gehouden, of het hoofd onder water is

gestoken; 2. door het vlies van het eironde venster, dat de perilymphe van de luchthoudende trommelholte afsluit. Dit vlies wordt door de volgende keten van ligchamen aan het trillen gebragt, die elkander, wanneer men bij het vlies begint, aldus opvolgen: de stijgbeugel, het aanbeeld, de hamer, het trommelvlies, de lucht en de wanden van den uitwendigen gehoorgang en van de oorschelp. De laatste geleiding is voor het hooren van de geluidtrillingen bestemd, die door de lucht naar het oor geleid worden, is derhalve voor den mensch de gewone geleiding, en ontbreekt bij de dieren, die uitsluitend in water leven.

Van deze twee wegen van geleiding vereischt alleen de laatstgenoemde eene bijzondere beschouwing; de eerste, welke bij den mensch in den regel van een ondergeschikt belang is, behoeft niet nader verklaard te worden.

Geleiding tot aan de trommelholte.

De overgang van de geleiding door de lucht in die door vaste ligchamen heeft hoofdzakelijk aan de oppervlakte van het trommelvlies plaats, maar buitendien ook aan de wanden van de oorschelp en den uitwendigen gehoorgang. De trillingen die de laatsten treffen worden grootendeels insgelijks naar het trommelvlies, van zijn aanhechtingsring uit, overgebragt; evenwel bereikt een gedeelte door eene geleiding door de beenderen het doolhof, even als alle trillingen, die aan de geheele oppervlakte van het hoofd door de lucht worden meêgedeeld. Doch behalve het opnemen van luchttrillingen en geleiding daarvan naar het trommelvlies hebben de wanden van den gehoorgang en misschien ook van de oorschelp nog eene veel belangrijker verrigting, bestaande in de terugkaatsing van de luchtgolven, ten gevolge waarvan deze van de oorschelp in den gehoorgang, van den gehoorgang echter naar het trommelvlies geworpen worden. Deze functie is voor de oorschelp niet alleen niet bewezen, maar ook volgens proefnemingen zelfs zeer onwaarschijnlijk.

Geen vorm van een vast ligchaam is voor het opnemen en de verdere voortplanting van loodregt of schuins invallende luchtgolven meer geschikt dan die van gespannen vliezen of van stijve, veêrkrachtige, dunne platen. Den laatsten vorm vindt men bij de kraakbeenige oorschelp, den eersten bij het trommelvlies. In beide gevallen is het ligchaam zoo dun, dat de verdigte en verdunde luchtkringen, waardoor het getroffen wordt, zijne geheele massa in de rigting van den diktedoormeter in trillingen („transversale trillingen") kan overbrengen, terwijl overigens de afzonderlijke lagen van moleculen achtereenvolgens beginnen te trillen en op deze wijze verdigtings- en verdunningsgolven in het ligchaam („longitudinale trillingen") ontstaan; bij de eersten, waarbij alleen de elasticiteit moet overwonnen worden, is de weêrstand bij gevolg veel minder, de trillingswijdte derhalve veel grooter dan bij de laatsten, waarbij de groote weêrstand

van de onderlinge verschuiving der moleculen in den weg staat. Natuurlijk kunnen ook zulke ligchamen longitudinaal trillen, namelijk als daaraan van den rand uit trillingen worden meêgedeeld, b. v. aan het trommelvlies van den wand van den uitwendigen gehoorgang.

De terugkaatsing door de wanden van den uitwendigen gehoorgang behoeft wel niet nader verklaard te worden; want alle trillingen, welke den wand van eene cilindrische buis treffen, moeten, na een en andermaal teruggekaatst te zijn, tot de sluitvlakte daarvan (hier het trommelvlies) komen; zij heeft hier eene schuinsche rigting naar de as der buis (van onder en binnen naar boven en buiten). — Men zou zich zeer goed eene reflexie van de vlakten en uitsteeksels der oorschelp naar de uitmonding van den gehoorgang kunnen voorstellen, en wel omdat zij zoowel in haar geheel als in hare afzonderlijke deelen door spieren (die wel is waar meestijds niet geoefend worden, en dikwijls in een staat van atrophie verkeeren) in verschillende rigtingen kan bewogen worden. Doch door proefnemingen, waarbij de geheele oorschelp tot op den gehoorgang, die door eene buis verlengd werd, met eene weeke massa was opgevuld, is het gebleken dat het gehoor daarbij niet belangrijk verzwakt wordt, en derhalve ook de reflectorische verrigting van de oorschelp onwaarschijnlijk gemaakt (HARLESS). Andere waarnemers verkregen evenwel tegenovergestelde uitkomsten (SCHNEIDER). Bij het ontbreken van de oorschelp wordt het gehoor niet verzwakt. — Tot de kunstmatige reflectoren, waarvan de werking zeer aanzienlijk is (voor hardhoorige menschen) behooren de hoorbuizen, buisvormige verlengsels van den gehoorgang, die in een trechter uitloopen. De stethoskopen zijn insgelijks buisvormige verlengsels van den gehoorgang, welke met het andere uiteinde met het geluidgevende ligchaam in aanraking zijn; bij dezen moet intusschen een groot, misschien het grootste gedeelte van de werking aan de geleiding door de wanden toegeschreven worden.

Ofschoon gespannen vliezen, even als gespannen snaren, door luchttrillingen in het algemeen slechts dan een toon geven, wanneer hun trillingsgetal met dat van den opwekkenden toon overeenkomt, of een veelvoud daarvan is (dus b. v. in de verhouding van een octaaf tot hetzelve staat), en dan nog altijd alleen in hun eigen toon medetrillen, wordt het trommelvlies door elken toon onverschillig van welke hoogte (binnen zekere grenzen) aan het trillen gebragt, en trilt altijd juist in het trillingsgetal van den toon en in eene intensiteit, welke aan die van den toon evenredig is. Zelfs meer zamengestelde geluidgolven, klanken (bladz. 217 en volg.) doen het trommelvlies in volkomen overeenstemmende vibraties trillen. Het bewijs daarvoor is hierin gelegen, dat wij (binnen de genoemde grenzen) elken willekeurigen hoogen toon in het specifieke timbre kunnen hooren en zijne intensiteit beoordeelen. Het laatste oordeel is wel is waar in zoo verre eenigermate gebrekkig, daar wij bij eene gelijke objectieve intensiteit zeer lage toonen veel zwakker hooren, dan zeer hooge, een bewijs, dat het trommelvlies werkelijk door lage toonen sterker aangedaan wordt dan door hooge. Deze eigenaardigheid van het trommelvlies kan op de volgende wijze verklaard worden: 1. hoofdzakelijk doordien zijne trillingen een zeer grooten weêrstand ontmoeten in zijne verbinding met de gehoorbeentjes en het vlies van het eironde venster (SEEBECK). Daardoor wordt nu wel de sterkte van de trillingen van het trommelvlies zeer aanmerkelijk ver-

minderd (de uiteinden van de gehoorzenuw moeten daarom zeer gevoelig zijn, LUDWIG); maar het getal der eigen trillingen van het trommelvlies verliest daardoor, omdat tevens de massa (derhalve het traagheidsmoment) van het trommelvlies zeer klein is, bijna geheel zijn bepalenden invloed *). Door dezelfde omstandigheid wordt ook het zelfstandig natrillen (naklinken) van het trommelvlies verhinderd, zoodat wij den toon niet langer hooren dan hij aanhoudt; 2. gedeeltelijk doordien de spanning van het trommelvlies door den m. tensor tympani veranderd kan worden; deze invloed kan natuurlijk alleen dienen om het trommelvlies voor zekere toonladders, b. v. zeer hooge of zeer lage, in het algemeen eenigzins meer voor trillingen vatbaar te maken. Het wordt, als het sterker gespannen is, eenigzins voor hooge, als het verslapt is voor lage geaccommodeerd. Eene sterkere spanning van het trommelvlies verzwakt buitendien een weinig de intensiteit der trillingen, veroorzaakt derhalve hardhoorigheid (J. MÜLLER), omdat de weêrstanden daardoor vermeerderd worden.

De spanning van het trommelvlies door den tensor tympani komt op de volgende wijze tot stand: Het lange handvatsel van den hamer is tusschen de lamellen van het trommelvlies van boven af in eene radiale rigting tot een weinig onder het middenpunt ingeschoven. De hamer nu kan (met het aanbeeld) om een as draaijen, die van voren naar achter door zijn hals gaat (zie beneden). Door zijn verbinding met de overige gehoorbeentjes, alsmede door de veêrkracht van de bandmassa, die aan een eindpunt van de as voorkomt is de hamer in den toestand van evenwigt zoo gelegen, dat zijn handvatsel schuins met het onderste uiteinde naar binnen steekt. Daardoor wordt het trommelvlies in den vorm van een vlakken kegel of trechter naar binnen een weinig in de trommelholte getrokken. De pees van den tensor tympani, welke, nadat zij over hare katrol is gegaan, een regten hoek met het handvatsel vormt en zich digt onder het draaipunt van den hamer vastzet, moet bij de zamentrekking der spier het handvatsel nog verder naar binnen trekken, het trommelvlies bij gevolg sterker spannen. Vele individu's zijn in staat de zamentrekking (onder den invloed van den n. trigeminus) willekeurig te voorschijn te roepen (J. MÜLLER); bij allen komt zij als „medebeweging" tot stand bij eene sterke zamentrekking van de kaauwspieren (FICK). Zij is met een eigenaardig knakkend geruisch verbonden, dat sommigen voor een „spiergeruisch" houden, anderen aan de plotselinge spanning van het trommelvlies toeschrijven. Wij weten

*) Dit geschiedt volgens hetzelfde principe, waarnaar men de eigentrillingen van een op- en neêrgaand hefboomstelsel hierdoor elimineert, dat men daaraan eene geringe massa geeft, maar een belangrijken weêrstand in den weg legt, — zooals bij het sphygmographion, bladz. 58.

nog niet of de zamentrekking in den regel willekeurig dan wel door reflexie (om sterke geluidsindrukken te temperen), van den n. acusticus of de gevoelszenuwen van den uitwendigen gehoorgang (HARLESS) uit, tot stand komt. Als de zamentrekking ophoudt, nemen het handvatsel van den hamer en het trommelvlies weder hun gewonen (evenwigts-) stand in en wel door de veêrkracht van het laatste, van de bovengenoemde massa en van de gewrichten tusschen de gehoorbeentjes. De tensor tympani heeft dus geen antagonisten; de spier, die men vroeger als zoodanig beschouwde (laxator tympani), is eenvoudig een band.

Maar ook nog langs een anderen weg kan het trommelvlies sterker gespannen worden, als zich namelijk bij de gegeven omstandigheden nog een verschil in de luchtdrukking op beide zijden van het trommelvlies (in de trommelholte en in den uitwendigen gehoorgang) voegt. Gewoonlijk is de drukking der lucht aan weêrszijden gelijk, omdat ook in de trommelholte, die door de tuba Eustachii met de keelholte in gemeenschap staat, de drukking van de atmosfeer zich doet gelden. Doch door eene krachtige uitademing, waarbij mond- en neusholte gesloten moeten zijn (uitsnuiten), kan er lucht in de trommelholte gedreven, door eene sterke inademing onder gelijke omstandigheden uitgezogen worden. In het eerste geval wordt het trommelvlies naar buiten, in het laatste naar binnen gedreven, in beide derhalve sterker gespannen. Behalve dat hier eene accommodatie voor hoogere toonen ontstaat, is eene oogenblikkelijke hardhoorigheid daarvan het gevolg. Aanhoudende hardhoorigheid ontstaat, als door eene verstopping van de tuba de luchtdrukking in de trommelholte van hare norma afwijkt; de kwaal kan opgeheven worden als men de tuba weder open maakt (door er van den ondersten neusgang uit een katheter in te brengen).

De laagste toonen die men nog kan waarnemen worden op 40, de hoogste nagenoeg op 16000 trillingen in de seconde geschat; het is evenwel twijfelachtig, of deze grenzen door het trommelvlies dan wel door het perceptievermogen van de gehoorzenuw bepaald worden. De grenzen zijn bij de verschillende menschen ongelijk; zoo kunnen velen zeer hooge, doch anderen nog hoorbare toonen, b. v. het sjirpen van het krekeltje, niet meer waarnemen. Over de trillingsvormen van het trommelvlies vergel. tevens beneden.

Geleiding door de trommelholte.

De trillingen van het trommelvlies worden verder voortgeleid door de keten der gehoorbeentjes, welke alleen schijnen bestemd te zijn om de trillingen van het trommelvlies naar het vlies van het eironde venster over te brengen. Daarom zijn zij bij de vogels en geschubde amphibiën door een enkel staafvormig gehoorbeentje (columella) vervangen. Bij den mensch

zijn nu de beide tegenovergestelde vliezen niet door eene eenvoudige staaf, maar door een gebroken hefboom, die uit drie beenderen bestaat, verbonden, waarvan de draaijingsas de as die door hamer en aanbeeld gaat (a in de figuur) is. De pijltjes in de figuur geven eene duidelijke voorstelling van de wijze waarop het vlies van het eironde venster met het trommelvlies in denzelfden zin moet medetrillen. De verbinding van den gebroken hefboom met het vlies van het eironde venster heeft niet, zooals met het trommelvlies, door een straalsgewijs ingeschoven arm plaats, maar door eene centraal daarin geplaatste plaat, de trede van den stijgbeugel; zij is zoo groot, dat er aan den rand slechts een ringvormig stuk van het vlies vrij blijft; of om ons naauwkeurig uit te drukken, de wand van de perilymphe, die aan het trillen moet komen, bestaat bij gevolg uit eene beenen plaat, die door middel van een ringvormig vlies beweegbaar en stevig in het eironde venster gevat is. De gewrichten tusschen de afzonderlijke beentjes, met name het zeer bewegelijke tusschen aanbeeld en stijgbeugel, dienen waarschijnlijk, om de onderlinge verschuiving van deze bij de trillingen en veranderingen in den stand van het trommelvlies mogelijk te maken; deze verschuiving komt vooral daardoor tot stand, dat de stijgbeugel krachtens de aanhechting van zijne trede alleen in de rigting van zijne weinig bewegelijke lengteas kan trillen.



Tot een beter begrip van hetgeen hier boven is gezegd, dienen de volgende opgaven over vorm en stand der gehoorbeentjes, die men zich schematisch moet voorstellen. Men kan zich hamer en aanbeeld denken als twee gebroken hefboomen, die nagenoeg regthoekig op elkander staan en onderling door twee dikke uitsteeksels aan den top van de hoeken (hals en hoofd van den hamer, ligchaam van het aanbeeld) met elkander in eene een weinig bewegelijke verbinding staan. (Het gewricht is zadelvormig; het ligchaam van het aanbeeld omvat de convex-concave gewrichtsvlakte aan den hals van den hamer). Alle vier beenen liggen bijna in één vlak; twee daarvan loopen evenwijdig digt naast elkander, namelijk het handvatsel van den hamer dat in het trommelvlies steekt, en het lange uitsteeksel van het aanbeeld, welk laatste een weinig uit het vlak van de drie andere verschoven is; de beide overige beenen, die derhalve in ééne regte lijn moeten vallen, verloopen naar tegenovergestelde zijden en vormen de as, om welke beide beenderen gemeenschappelijk kunnen draaijen. Dit is het lange uitsteeksel (processus Folii) van den hamer en het korte uitsteeksel van het aanbeeld; het eerste is in de fissura Glaseri door eene elastieke bandmassa, het laatste aan den tegenovergelegen (achtersten) wand van de trommelholte insgelijks door een bandje, voor draaibewegingen vatbaar, bevestigd. De as gaat dus nagenoeg horizontaal van voren naar achter en ligt natuurlijk bijna op dezelfde hoogte als de bovenste rand van het trommelvlies, vermits immers het handvatsel van den hamer van boven uit in het trommelvlies is geschoven. Elke draaijing om deze as moet het trommelvlies naar binnen of buiten bewegen; omgekeerd moet elke beweging van het trommelvlies naar binnen of buiten, dus elke transversale trilling daarvan, beide beenderen om hunne as bewegen en dus ook het lange uitsteeksel van het aanbeeld altijd evenwijdig aan den straal van het trommelvlies verplaatsen. Het

lange uitsteeksel van het aanbeeld draagt nu aan zijn uiteinde, d. i. een weinig naar binnen van het midden van het trommelvlies, door middel van zijne apophyse (ossiculum lenticulare Sylvii) den stijgbeugel, welke naar boven en binnen tegen het eironde venster gekeerd is. Uit deze ontleedkundige verhoudingen volgen eenvoudig de boven beschreven totaalbewegingen. — De kleine spier (m. stapedius) die zich van achter af aan het hoofdje van den stijgbeugel, regthoekig tegen het vlak daarvan aanhecht, dient waarschijnlijk om den stand van de trede van den stijgbeugel in het eironde venster te veranderen, en haar òf met den achtersten rand meer naar binnen te drukken óf met den voorsten meer naar buiten te verplaatsen; waarschijnlijk wordt door beide soorten van beweging het excursievermogen van den stijgbeugel beperkt, zoodat de spier eene verzwakkende werking schijnt te hebben. Over hare innervatie (door den n. facialis) is niets met naauwkeurigheid bekend.

Geleiding door den doolhof.

In de perilymphe brengen de stooten van de trede van den stijgbeugel buigingsgolven voort, d. i. de perilymphe wijkt bij elken stoot in hare geheele massa uit, doordien het de meêgevende plaats van den doolhofwand, het vlies van de fenestra rotunda, naar buiten in het trommelvlies naar voren welft. (Ware de perilymphe overal door stijve wanden omgeven, dan zou elke stoot der trede van den stijgbeugel grootendeels teruggekaatst worden; slechts een onberekenbaar klein gedeelte van de levende kracht zou zich in den vorm van verdigtings- en verdunningsgolven door de, bijna niet voor zamendrukking vatbare, perilymphe voortplanten). Welke weg intusschen door de buigingsgolf of door den kleinen stroom, welke door elken stoot van den stijgbeugel in de perilymphe ontstaat, gevolgd wordt, of hij al zijn deelen gelijkmatig in beweging brengt, enz., — daarover kunnen wij bij den zamengestelden vorm van het labyrinth slechts vermoedens opperen. Het naauwkeurigst is het laatste gedeelte van den weg, namelijk dat hetwelk door het slakkenhuis wordt afgelegd, bekend. De golf treedt daarin van den voorhof door de apertura scalae vestibuli binnen, doorloopt den bovensten gang van het slakkenhuis (scala vestibuli) tot aan het dak, gaat van daar in den ondersten spiraalgang (scala tympani) en loopt door dezen heen tot aan zijn einde, namelijk tot aan de fenestra rotunda; reeds op den weg door de scala vestibuli heeft er intusschen hoogstwaarschijnlijk een gedeeltelijke overgang plaats in de scala tympani door het vliezige gedeelte van het tusschenschot (lamina spiralis membranacea) heen. — Veel moeijelijker te begrijpen is de weg in den voorhof en in de halfcirkelvormige kanalen. Het natuurlijkst schijnt het aan te nemen, dat de golf zich in den voorhof verdeelt, en door elk halfcirkelvormig kanaal een tak afgeeft, alle deelen van de golf vereenigen zich alsdan weder in den voorhof, om naar het slakkenhuis verder te gaan.

Op den weg door den voorhof zou de golf de zakjes, op dien door de kanalen de cristae van de ampullae doen bewegen. Men zou in die gevallen de beteekenis van de kanalen daarin moeten zoeken, dat zij over 't algemeen de beweging van de cristae der ampullae mogelijk maken; want in eene holte, die blind eindigt, zou de golf in het geheel niet binnendringen, maar teruggekaatst worden. Deze verklaring is evenwel volstrekt niet bevredigend.

Naar hetgeen wij tot nu toe gezegd hebben, is de beteekenis van de luchthoudende trommelholte duidelijk: zij geeft namelijk eene vrije speelruimte aan de trillingen van het trommelvlies en van de gehoorbeentjes, en zorgt tevens dat het vlies van de fenestra rotunda voldoende kan uitwijken; — even duidelijk wordt nu tevens de beteekenis van de tuba Eustachii, om de drukking der lucht in de trommelholte met die van den atmosfeer in evenwigt te stellen (zie bladz. 298 en volg.). De bewering, dat de tuba hoofdzakelijk zou dienen om de eigen stem te hooren, houdt geen steek.

Hooren.

Opwekking van de eindorganen der gehoorzenuw.

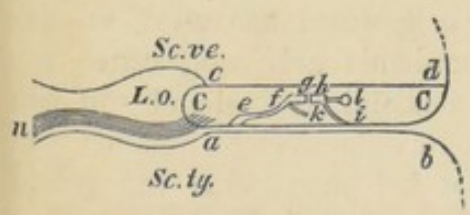
De bewegingen van de perilymphe, die op den vliezigen doolhof en de lamina spiralis membranacea zijn overgebragt, wekken de hier aanwezige uiteinden van de gehoorzenuw op, en brengen daardoor gehoorgewaarwordingen voort. Terwijl bij de meeste andere zintuigsorganen, b. v. bij dat van het gezigt, de opwekking van de zenuweindorganen, geheel onbegrijpelijk is, meent men dat zij bij de uiteinden van de gehoorzenuw, evenals bij de tastorganen, aan eene werktuigelijke opwekking moet toegeschreven worden. Deze voorstelling wordt voornamelijk begunstigd door de aanwezigheid van de otolithen, zeer kleine kristallen van koolzuren kalk (in den vorm van arragoniet) aan de uiteinden van de gehoorzenuw in de voorhofzakjes, die men „werktuigelijke tetanisatietoestellen" heeft genoemd. Dat de otolithen een wezenlijk aandeel hebben aan de opwekking van de gehoorzenuw, maakt men hieruit op dat zij zeer standvastig in de gehoororganen van het geheele dierenrijk, zelfs bij de lagere klassen voorkomen, nu eens in den vorm van fijne kristallen, zooals bij den mensch, dan eens als een enkel groot ligchaam.

Over de eindorganen der gehoorzenuw zijn de volgende daadzaken bekend.

1. Zenuwuiteinden in de ampullae en voorhofzakjes. In de ampullae komen de zenuwuiteinden in een geelachtige, halfcirkelvormige aequatoriale crista [de crista acustica van SCHULTZE], een verdikking van het vliezige labyrinth (SCARPA, STEIFENSAND, M. SCHULTZE). Naar onderzoekingen bij den rog (M. SCHULTZE) komt de structuur van deze crista op het volgende neêr: Het enkelvoudige epithelium der ampulla verheft zich

op het kamvormig verdikte harde bindweefsel tot eene dikke, wrongvormige uit veel lagen bestaande massa, waarop in den vorm van pallissaden fijne stijve haartjes staan, die bijna den tegenovergestelden wand der ampulla bereiken. Nadat de zenuwvezels aan de grens van het bindweefsel plotseling hare scheede hebben verloren, vertakken zij zich in de epitheliale massa als naakte ascilinders in zeer fijne takjes. Men onderscheidt in de cellen van de epitheliale laag: a. cilindrische, kernhoudende epitheliumcellen in verscheidene lagen, die in de onderste („basaalcellen") een meer piramidalen en spitsen vorm hebben; b. spoelvormige cellen [Fadenzelle van SCHULTZE] met twee fijne uitloopers, waarvan de een [staafjesvormige] naar de oppervlakte gaat en daar schijnt te eindigen, en de andere [uit fijne fibrillen bestaande] die dikwijls varikeus is (deze varicositeiten zijn kunstprodukten, SCHULTZE) naar de basis gerigt is, zonder dat men hem tot zijn uiteinde kan volgen; deze vezels en cellen zouden, volgens sommigen, zenuwelementen en de uiteinden van de vertakte ascilinders zijn; c. rondachtige blaasvormige ligchaampjes in de bovenste laag, of ook met een steel uitstekende, op elk waarvan een haartje zit, waarvan wij reeds gesproken hebben en dat boven het epithelium uitsteekt. — Volgens onderzoekingen bij visschen zijn de zenuwuiteinden in de voorhofzakjes insgelijks bevat in eene halfcirkelvormige, maar minder verhevene crista; in deze komen dezelfde elementen voor als in de cristae van de ampullae, de haartjes en blaasvormige ligchaampjes, waarop deze zitten uitgezonderd. In plaats daarvan komt hier de otolieth voor, welke juist gelegen is tegen den binnenwand van den zak aan de vlakte, waarop de crista zit; de otolieth bezit een sleuf voor de crista. Hij bestaat uit een hard of breiachtig conglomeraat van prismatische staafjes (KRIEGER) en drijft zonder aanhechtingspunten in de taaije, het zakje opvullende vloeistof (endolymphe), die veel gelijkenis oplevert met het corpus vitreum (M. SCHULTZE). Hier en daar komen somwijlen korte haartjes voor, en wel dáár, waar de otolieth niet volkomen juist tegen genoemden wand is gelegen.

2. Zenuwuiteinden in de lamina spiralis membranacea cochleae (orgaan van CORTI). De vezels van den n. cochleae treden het slakkenhuis in de beenige as [modiolus] binnen, komen uit deze in de radiaal geplaatste kanaaltjes, die de lamina spiralis ossea doorboren, zoodat zij zich in den vorm van een spiraalsgewijze opgewonden waaijer van den stam in de as loswikkelen. Uit de kanaaltjes komen zij in het spiraalvormig kanaal, dat van onder door de lamina membranacea of beter gezegd door de membrana basilaris laminae membranaceae a b (vervolg van het beenvlies der lamina ossea tot aan den tegenovergelegen wand van het slakkenhuis) en van boven door de membrana tectoria c d, die aan de eerste evenwijdig is, begrensd wordt; dit kanaal is met een weeke massa gevuld. Daarin komen zoowel de zenuwuiteinden voor, als ook zekere apparaten, die daarmede in verbinding staan. De laatsten, de „tanden der tweede rij *) van CORTI hebben volgens de tegenwoordige, veel eenvoudiger voorstelling den volgenden bouw (M. SCHULTZE); Van de plaats, waar de onderste beenige kam in de membrana basilaris a b overgaat ontspringen digt naast elkander smalle plaatjes e f (twee aan twee in een tusschenruimte tusschen twee uitmondingen der kanaaltjes), die S vormig gekromd zich boven het vlak van de m. basilaris verheffen, en van boven in een kort horizontaal stuk f g overgaan; daaraan hechten zich overeenkomstige horizontale stukjes g h vast, die op hunne beurt in plaatjes h i overgaan, welke even als e f gekromd, doch anders gerigt zijn; de laatsten zijn op de membrana basilaris bevestigd; voor twee van de laatsten ontmoet men drie van de eersten. De eersten geven van hunne gewrichts-



*) „Tanden der eerste rij" worden door CORTI de digt op elkander staande langwerpige uitsteeksels genoemd van de bovenste beenige kam c der lamina ossea, waarvan het dekblad van de lamina spiralis ontspringt.
[Men onderscheidt ook nog „schijnbare tanden (CORTI)," die aan de bovenste vlakte van de habenula denticulata voorkomen].

stukken [coni articulares] buitendien naar beneden in de rigting van de membrana basilaris korte plaatjes k af, de laatsten insgelijks van hunne gewrichtsstukken horizontaal naar buiten kleine lepelvormige uitsteeksels l. — De zenuwvezels n verliezen, als zij uit de kanaaltjes komen, even als die der ampullae (zie boven) hare scheeden, verloopen als naakte (dikwijls varikeuse) ascilinders loodregt naar de rigting van de plaatjes, evenwijdig aan den rand van de lamina ossea, en eindigen in cellen, waarvan altijd eene in den hoek f e b tusschen een plaatje en de membrana basilaris, en een andere in den hoek h f k tusschen de gewrichtsstukken en de naar onder gaande plaatjes vastgeklemd is †).

In alle organen van het inwendig oor bezitten de zenuwuiteinden dus apparaten, die hunne werktuigelijke opwekking schijnen te begunstigen: in de ampullae hebben wij de haartjes welke, als zij door de doorgaande watergolf in beweging zijn gebragt, met hunne basaalblazen de zenuwuiteinden kunnen doen schudden; in de voorhofzakjes bevinden zich de otolithen, welke, zeer naauw op de zenuwuiteinden gelegen, bij de geringste schudding tegen gene moeten aanstooten; eindelijk vindt men in het slakkenhuis de rijen van tanden, waarvan de veêrvormige op- en neêrgaande beweging telkenmale op de ingeklemde zenuwcellen eene drukking moet uitoefenen. Evenwel zijn alle onderzoekingen nog te gebrekkig en te onzeker *), om in dergelijke voorstellingen veel vertrouwen te kunnen stellen.

Nog gebrekkiger is onze kennis aangaande de bijzondere verrigting van de verschillende eindorganen, dus van de verschillende deelen van den doolhof. Vroeger meende men (E. H. WEBER) dat het slakkenhuis hoofdzakelijk diende om de gehoorsindrukken, die door geleiding door de beenderen tot stand komen, te doen waarnemen; deze meening was op de valsche veronderstelling gegrond, dat de zenuwuiteinden van het slakkenhuis op de lamina ossea zouden voorkomen. Zij wordt tegenwoordig voldoende weêrlegd door de ontdekking van het orgaan van CORTI en door het ontbreken van het slakkenhuis bij dieren, die alleen door eene geleiding door de beenderen kunnen hooren, zooals bij de visschen. Door de regelmatige rangschikking van de tanden van CORTI, waardoor de watergolf als over de toetsen van een klavier heenloopt, heeft de hypothese iets aannemelijks, dat elke toets, elke tand in zekere mate voor een toon van eene bepaalde hoogte gestemd zou zijn, en dus alleen door de aan haar beantwoordende golf aangeslagen zou worden (HELMHOLTZ), zoodat het slakkenhuis bestemd zou zijn tot het waarnemen van de toonhoogte, de overige organen van het labyrinth daarentegen alleen tot het waarnemen van geluid

†) [Om een duidelijk begrip te krijgen van den ingewikkelden bouw van het slakkenhuis in het algemeen en het CORTI'sche orgaan in het bijzonder, dienen de werken over histologie nageslagen te worden; zie o. a. KÖLLIKER, Handb. der Gewebelehre des Menschen. 3e Auflage, 663 sqq].

*) Zoo werden onlangs weder (HARTMANN) de vertakte uiteinden van den ascilinder in de ampullae en zakjes ontkend, en in de plaats daarvan, gelijk vroeger, de lisvormige ombuigingen van de vezels weder aangenomen.

over het algemeen, met name van geruischen. De waarschijnlijkheid van deze hypothese, welke volkomen analoog is aan die welke wij bij het gezigtsorgaan hebben besproken (bladz. 273—274) zal beneden aangetoond worden.

Verschillende soorten van geluidsgewaarwordingen.

De opwekking van de eindorganen der gehoorzenuw door de golfbewegingen van de perilymphe, zoowel als elke andere willekeurige opwekking van vezels van den n. acusticus, brengt een geluidsgewaarwording tot stand. De hoogte (elongatie) der golven bepaalt de sterkte van het hooren, terwijl de lengte der golven, of het getal der trillingen in een gegeven tijd de hoogte van den gehoorden toon bepaalt. De omvang van het gehoorvermogen met betrekking tot de hoogte is zeer aanmerkelijk, en de grenzen, die wij bladz. 299 hebben opgegeven, berusten waarschijnlijk geenszins op de opwekking van de gehoorzenuw, maar op het trillingsvermogen van de organen die het geluid aanvoeren, b. v. het trommelvlies. Doch zelfs het interval tusschen de daar ter plaatse opgegeven laagste (40 trillingen) en hoogste (16000 trillingen) toonen bedraagt ongeveer 7 octaven, terwijl het interval tusschen de buitenste zigtbare roode en violette stralen, als men dit op eene analoge wijze berekent, nog niet één octaaf bedraagt.

In den regel evenwel zijn enkelvoudige toonen geen voorwerp der geluidsgewaarwordingen, even als men gewoonlijk geen enkelvoudige kleuren van het spectrum, maar gemengde kleuren ziet. De gewone geluiden zijn klanken of geruischen.

Wij hebben reeds vroeger gesproken (bladz. 217 en volg.) over het wezen der klanken en de wijze om ze in enkelvoudige toonen te ontleden. Enkelvoudige toonen kunnen slechts kunstmatig voortgebragt worden, en wel, als men een resonator, die op een partiaaltoon van een klank gestemd is, door den klank gelijktijdig doet geluid geven, b. v. een der resonatoren, die op bladz. 218 vermeld zijn, of de resoneerbuizen bladz. 227, of een snaar van het monochordium, waarop men een klinkende stemvork zoo lang verschuift, tot dat eene snaarlengte getroffen is, waarvan de eigentoon (het trillen der snaar in knoopen voorondersteld zijnde) met een partiaaltoon van den klank der stemvork overeenkomt (HELMHOLTZ).

Worden nu twee verschillende enkelvoudige toonen gelijktijdig aangegeven, dan openbaren zich, bij eene zekere sterkte daarvan, wederkeerige stoornissen in hunne golfstelsels, waardoor in de middenstoffen die het geluid geleiden, b. v. in de

lucht, nieuwe trillingen ontstaan, en wel zoodanige, waarvan het aantal trillingen aan het verschil, en andere, waarvan het aantal trillingen aan de som van beide primaire trillingsaantallen gelijk is. Ofschoon nu in dit geval slechts één resulterend golfstelsel het oor treft, en onveranderd door de het geluid geleidende middenstoffen naar de eindtoestellen der zenuw gebragt wordt, worden evenwel bij eene voldoende sterkte vier afzonderlijke toonen gelijktijdig gehoord, de beide primaire en twee combinatietoonen: een lagere en een hoogere combinatietoon *).

Wordt verder een klank aangegeven, dan wordt deze in zijne specifieke zamenstelling onderscheiden (hetgeen men te kennen geeft dat men den hoofdtoon in een specifiek timbre hoort, zie bladz. 217—218). Buitendien echter kan men zelfs elken afzonderlijken partiaaltoon van den klank onderscheiden, zelfs zonder bijzondere oefening, als men hem slechts onmiddellijk voor dat de klank geluid geeft afzonderlijk heeft aangegeven (HELMHOLTZ).

Eindelijk hoort men, als vele klanken gelijktijdig geluid geven, geen geruisch, gelijk men uit het zamengestelde resulterende golfstelsel, dat het oor doorloopt, zou verwachten, maar men onderscheidt duidelijk elken klank afzonderlijk; ja, men kan zelfs een enkel instrument boven al de overige van een orchest uit hooren en afzonderlijk volgen.

Al deze waarnemingen nu maken het waarschijnlijk, dat er in het gehoororgaan een inrigting bestaat, welke elk, zelfs nog zoo zamengesteld golfstelsel in enkelvoudige slingeringen ontleedt, die nu afzonderlijk als toonen worden waargenomen, even als b. v. de klank door resonatoren (bladz. 218) in zijn bestanddeelen kan ontbonden worden. De volgende waarneming brengt deze waarschijnlijkheid tot zekerheid (HELMHOLTZ): vereenigt men verscheidene enkelvoudige toonen tot een klank, en laat men ze afzonderlijk op willekeurige tijden beginnen, zoodat zij met verschillende phasen van hunne trillingen in elkander grijpen, dan ontstaan de veelvoudigste verscheidenheden van het gecombineerde golfstelsel. Wekt nu het golfstelsel als zoodanig de gehoorzenuw tot verschillende vormen der werkzaamheid op (bladz. 248), dan moeten klaarblijkelijk bij deze proefnemingen altijd verschillende klankindrukken worden waargenomen. De proef met den vokaaltoestel (bladz. 227) leert echter, dat in alle gevallen dezelfde klank wordt gehoord; elk

*) [De lagere combinatietoon, die door TARTINI beschreven is, wordt „Differenzton," de hoogere (die door HELMHOLTZ is ontdekt), „Summationston" genoemd, omdat bij den eersten het aantal trillingen gelijk is aan het verschil, bij den laatsten aan de som van het aantal trillingen der primaire toonen].

onderscheid hoe gering ook zou zich als een verschil in den vokaalklank doen hooren.

Gelijk reeds bladz. 304 gezegd is, vermoedt men dat eene dergelijke inrigting in het slakkenhuis bestaat: neemt men aan, dat elke boog [van CORTI] daarvan een afzonderlijk aantal trillingen heeft, en dat de intervallen tusschen elk afzonderlijk zeer gering zijn, dan zal een enkelvoudig slingerend golfstelsel (van een enkelvoudigen toon), dat het slakkenhuis doorloopt, hoofdzakelijk één boog, en slechts zwak de naburige bogen doen medetrillen; doch een gecombineerd stelsel (van een klank) zal op dezelfde wijze de bogen, die aan de partiaaltoonen beantwoorden, bewegen, gelijk een vokaal, die men tegen de toonen van een klavier heeft in gezongen, de overeenkomstige snaren (bladz. 226). Nu behoeven wij, in overeenstemming met het beginsel der specifieke energieën (bladz. 248) nog slechts aan te nemen, dat elke boog (resp. de gangliëncel, die daar is gelegen, bladz. 304), door eene bijzondere zenuwvezel met een bijzonder centraalorgaan in verbinding staat, waarvan de opwekking met de voorstelling van een enkelvoudigen toon verbonden is, en dat de aandacht, geheel anders dan bij het gezigztsorgaan, op elke afzonderlijke zenuwvezel kan geconcentreerd worden (vergel. de analoge hypothese bij het gezigtsorgaan, bladz. 274).

Ook de volgende beschouwing (HELMHOLTZ) pleit voor deze hypothese: een triller, waarbij men in de seconde 10 maal van toon verwisselt, kan in alle toonladders tot aan A toe (110 trillingen) volkomen scherp gehoord worden, zonder dat de indruk van het afwisselen van twee toonen door naklinken der trillende deelen in het oor onduidelijk wordt; het laatste geschiedt eerst beneden A. Neemt men nu aan, dat de trilling tot op $^1/_{10}$ van hare sterkte moet verminderd zijn, om bij het terugkeeren van denzelfden toon, derhalve na $^1/_5$ seconde, niet meer gehoord te worden, zoo volgt daaruit dat de door A aan het trillen gebragte deelen in het gehoororgaan na $^1/_5$ seconde, dus na 22 trillingen, nog slechts met $^1/_{10}$ van hunne oorspronkelijke sterkte natrillen. Hieruit kan men echter volgens theoretische wetten berekenen, dat toonen, die een halven toon van A verschillen (dus Ais en As) de door A aan het trillen gebragte deelen hoogstens met $^1/_{10}$ der intensiteit kunnen doen trillen als A zelf, zoodat dus naar de boven gestelde hypothese de door A aan het trillen gebragte deelen niet gelijktijdig kunnen gebruikt worden om Ais en As te hooren; voor deze toonen moeten dus andere trillende deelen in het oor aanwezig zijn.

Volgens opgaven (KÖLLIKER) zou het slakkenhuis nagenoeg 3000 bogen van CORTI bezitten. Trekt men hiervan 200 toonen, die muzikaal niet bruikbaar zijn, af, dan blijven er 2800 voor de hoorbare nagenoeg 7 octaven (van C_{II} tot h^{VI}); er komen dus 400 op elke octaaf en 12 : 400 = $33^1/_3$ op elken halven tooninterval. Vermits nu geoefende musici nog een toon van 64 enkelvoudige trillingen onderscheiden kunnen (E. H. WEBER), zoo kan men aannemen, dat een toon, die tusschen twee vezels van CORTI valt, beide met eene ongelijke sterkte opwekt, en dat naar dit verschil de toonhoogte beoordeeld wordt (HELMHOLTZ).

Om de gewaarwording van een toon te voorschijn te roepen worden minstens twee trillingen, die met eene genoegzame snelheid op elkander volgen vereischt; een enkele kan alleen als stoot waargenomen worden. Houdt men b. v. tegen de

tanden van een ronddraaijend getand rand van SAVART een kaarteblad, zoodat een toon ontstaat, dan blijft dezelfde toon hoorbaar, wanneer de tanden, terwijl de omdraaijing even snel blijft plaats hebben, langzamerhand tot op twee na verwijderd worden; alleen wordt de toon gedurig doffer, even als eene kleur matter wordt, als zij met veel „zwart" vermengd is. Wordt ook de voorlaatste tand weggenomen, dan verdwijnt de toon en er blijft niets dan een „stoot" (vermoedelijk een zeer snel afnemend golfstelsel) over.

Wanneer zich zeer veel verschillende enkelvoudige toonen vereenigen, zoodat het gehoororgaan ze niet kan ontleden, of volgen zij zoo spoedig op elkander, dat de natoonen (zie beneden) van de voorgaande zich met de volgende verbinden, zoodat er een niet ontleedbaar mengelmoes van gewaarwordingen ontstaat, waarin niet de minste periodiciteit meer kan onderscheiden worden, dan is men gewoon de resulterende gewaarwording een „geruisch" te noemen. Vele geruischen zijn dus niets anders dan zeer zamengestelde klanken, die duidelijk een hoofdtoon, dikwijls met het timbre van een vokaal, doen onderscheiden; naar gelang van deze vokaal worden zij klanknabootsend genoemd („klateren, donderen, knetteren, ratelen" enz.). — Behalve deze schijnbaar niet-periodieke trillingen, die echter toch altijd periodiek moeten zijn, omdat zij uit toonen zijn zamengesteld, bestaan er evenwel ook wezenlijk niet-periodieke geluidtrillingen, waarvan de indrukken op het oor uitsluitend geruischen moesten genoemd worden (HELMHOLTZ). Door welke deelen van den gehoorgang de waarneming van de stooten en geruischen tot stand komt, — daaromtrent bestaan slechts onbewezen hypothesen (ampullae en zakjes der otolithen?).

Harmonie der klanken.

Wanneer verscheidene toonen of klanken gelijktijdig het oor treffen, dan ontstaat, gelijk bekend is, een meer aangenaam of meer onaangenaam gevoel onder voorwaarden, die in het naauwste verband staan met het aantal trillingen van gene. Men onderscheidt dus hiernaar consonérende (aangename) en dissonérende combinaties van toonen. Het octaaf (1 : 2) en het duodecimo (1 : 3) vormen de meest volkomen consonantie; daarop volgen in de rigting naar de dissonantie: de kwint (2 : 3), de kwart (3 : 4), de groote sext (3 : 5), de groote terts (4 : 4), de kleine sext (5 : 8), de kleine terts (5 : 6) enz. — Men kan dit verschijnsel zeer goed verklaren door de hypothese (HELMHOLTZ), dat het onaangename van de dissonantie op de daaruit volgende zwevingen berust, d. i. op eene ongelijkheid in de intensiteit

door interferentie van twee golfstelsels, waarvan de golflengte een weinig verschilt. Twee gelijktijdige, ongelijk hooge toonen moeten elkander namelijk versterken, zoo vaak twee golfbergen of twee dalen elkander ontmoeten, elkander daarentegen verzwakken of zelfs vernietigen, zoodra een berg op een dal valt. De periode der zweving moet klaarblijkelijk gelijk zijn aan het verschil in het aantal trillingen van beide toonen. De zwevingen zijn daarom des te zeldzamer, naar mate het interval van beide toonen kleiner is en naar mate zij lager liggen. Komen zij te veelvuldig voor om afzonderlijk (als „stooten") waargenomen te worden, dan geven zij aan den indruk eene pijnlijke discontinuïteit (te vergelijken met het flikkeren van een licht). Het maximum der verwarde onduidelijkheid en ruwheid ligt bij 33 zwevingen in de seconde. Twee gelijktijdige klanken werken nu des te meer dissonerend, naar mate er meer gelegenheid bestaat tot zwevingen van eene middelmatige veelvuldigheid, door de ontmoeting van partiaaltoonen onderling of met combinatietoonen (bladz. 305).

Wanneer b. v. a het trillingsaantal voorstelt van den grondtoon (C) in een klank, waarvan de reeks der volgtoonen voltallig is, dan kan men voor afgeleide klanken, waarvan de grondtoonen hooger dan C zijn, op de volgende wijze de partiaaltoonen zamenstellen:

Klanken.		Aantal trillingen der partiaaltoonen.									
grondklank	(C)	a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
octaaf	(c)		2a		4a		6a		8a		10a
duodecimo	(g)			3a			6a			9a	
kwint	(G)		$^3/_2$a	3a		$^9/_2$a	6a		$^{15}/_2$a	9a	
kwart	(F)		$^4/_3$a $^8/_3$a		4a	$^{16}/_3$a	$^{20}/_3$a		8a		$^{28}/_3$a
groote sext	(A)		$^5/_3$a	$^{10}/_3$a		5a	$^{20}/_3$a			$^{25}/_3$a	10a
„ terts	(E)		$^5/_4$a $^5/_2$a	$^{15}/_4$a		5a	$^{25}/_4$a		$^{15}/_2$a	$^{35}/_4$a	10a
kleine sext	(Gis)		$^8/_5$a	$^{16}/_5$a	$^{24}/_5$a		$^{32}/_5$a		8a		$^{48}/_5$a
„ terts	(Dis)		$^6/_5$a $^{12}/_5$a	$^{18}/_5$a	$^{24}/_5$a		6a		$^{36}/_5$a	$^{42}/_5$a	$^{48}/_5$a

Uit deze tabel ziet men, dat in den klank van de octaven en duodecimo's geen partiaaltoonen voorkomen, die niet reeds in den grondklank aanwezig zijn; hier is dus nergens zweving mogelijk: het octaaf en het duodecimo zijn „absolute" consonanten. In de klanken van de kwint en kwart komen daarentegen partiaaltoonen voor, die niet in den grondklank bevat zijn, maar deze stooten niet zoo digt met de naastbijgelegene van den grondklank zamen, dat er zwevingen kunnen ontstaan: de kwint en kwart zijn „volkomene" consonanten. Bij de groote sext en groote terts („de middenste" consonanten), doch nog veel meer bij de kleine sext en kleine terts (onvolkomene" consonanten), en vervolgens bij de septimo's, secondo's enz. (dissonanten) bestaat er daarentegen op vele wijzen gelegenheid tot zwevingen van de partiaaltoonen; want men ziet dat de breuken gedurig digter tot een geheel getal naderen. Natuurlijk zal hetzelfde interval des te gemakkelijker tot dissoneren aanleiding geven, hoe lager het aangegeven wordt (vergel. boven). Op deze beginselen berusten de leer van de harmonie, van de verschillende accoorden, enz., waarover wij hier niet nader kunnen spreken. Ook voor de opeenvolging der klanken (melodie) is de verhouding van hunne partiaaltoonen (hunne „verwantschap") van belang; volgt

op een klank zijn octaaf, dan worden geen nieuwe toonen gehoord, wordt de aandacht dus niet door een nieuwen indruk geboeid, — daarentegen wél als de kwint of kwart enz. volgt.

Het verplaatsen van de gehoorsindrukken naar buiten.

De ziel verplaatst de oorzaak van elke toongewaarwording, die door bemiddeling van het trommelvlies tot stand komt, naar buiten, terwijl die welke door geleiding door de beenderen ontstaan in het hoofd zelf schijnen ontstaan te zijn. Steekt men b. v. het hoofd onder water, dan worden de gehoorsindrukken alleen dan naar buiten verplaatst, als de uitwendige gehoorgang met lucht gevuld is (WEBER). Daar echter ook in dit geval de geleiding hoofdzakelijk door de beenderen van het hoofd plaats heeft, schijnt de gevoeligheid van het trommelvlies, doch niet de een of andere bijzondere vorm der labyrinthgolven, die van den stijgbeugel uitgaan, de gewaarwording van den uitwendigen oorsprong tot stand te brengen. Is dit nu werkelijk het geval, dan kan men zich ook voorstellen, dat de gewaarwording van het trommelvlies uitsluitsel geeft aangaande de rigting der aankomende geluidgolven; misschien geschiedt hetzelfde ook met de oorschelp, die door hare talrijke uitsteeksels inzonderheid geschikt is om over den hoek, waaronder de geluidstralen invallen, te oordeelen (WEBER), voornamelijk wanneer men daarbij eenige bewegingen te hulp roept (vergel. ook beneden).

Subjectieve geluidsgewaarwordingen.

Even als bij het gezigtsorgaan, bestaan er ook zekere „subjectieve gehoorgewaarwordingen" die op de eigenaardigheden van de zenuwopwekking of op eene zwakte der zenuwen berusten. Zij schijnen evenwel slechts zeer beperkt voor te komen, en zijn eerst voor een zeer klein gedeelte nader onderzocht. Natoonen, analoog aan de nabeelden, kunnen daarom niet zoo gemakkelijk als deze worden waargenomen, omdat daartoe eene regtstreeksche bepaling van den duur des toons en den duur der gewaarwording noodig zou zijn, en toch alleen de gewaarwording ons ook over den eersten uitsluitsel kan geven (terwijl bij het oog de bepaling van den tijd niet door het percipiérend orgaan zelf plaats heeft). Niettemin kan men de aanwezigheid van natoonen met waarschijnlijkheid aannemen en wel daarom, omdat bij een reeks van spoedig op elkander volgende toonen (zoo als deze ontstaat, als men den afstand der tanden aan het getande rad van SAVART van plaats tot plaats verandert) een mengsel daarvan in den vorm van een geruisch ontstaat, analoog aan de kleurmenging op de kleurenschijf van NEWTON (bladz. 276). Zeer lang aanhoudende natoonen, b. v. het „nahooren" van een toon of zelfs van een muzijkstuk, lang nadat men opgehouden heeft met spelen, behooren tot de psychische verschijnselen, zoo ook andere gehoorhallucinaties. — Tot de subjectieve gehoorgewaarwordingen behooren verder het klinken en suizen der ooren, toonen en geruischen, die op opwekkingen van de gehoorzenuw door onbekende invloeden, met name bij eene ziekelijk verhoogde opwekbaarheid, zouden berusten. — Of er even als bij het gezigtsorgaan, ook in dat van het gehoor verschijnselen van irradia-

tie en inductie voorkomen, weet men nog niet. In analogie met de overeenkomstige optische verschijnselen (bladz. 277), zou men, als men blijft vasthouden aan de boven opgegeven meening over de naast elkander ligging in de ruimte van de toonpercipiérende elementen, in die gevallen van irradiatie kunnen spreken, als met een sterk waargenomen toon ook naburige tonen, misschien zulke, waarvan het aantal trillingen van dat van den eersten niet veel verschilt, medeklinken; van inductie daarentegen, als bij de waarneming van een toon òf alle overige zwak mede gehoord worden, òf andere tonen, die gelijktijdig gehoord zijn, een weinig in hun hoogte of timbre gewijzigd zijn.

Entotische waarnemingen.

Men moet eveneens de entotische gehoorgewaarwordingen van de subjectieve onderscheiden, zijnde de eerstgenoemde objectieve waarnemingen, waarvan de oorzaak evenwel in het gehoororgaan zelf is gelegen. Daartoe behooren: 1. Bruisende geruischen, ontstaan door trillingen van de lucht in den uitwendigen gehoorgang of in de trommelholte, als deze deelen van de dampkringslucht zijn afgesloten (de eerste door ligchamen, die men er voor gehouden of ingestoken heeft, door oorsmeer, enz., de laatste als de tuba Eustachii gesloten is). Die geruischen zijn inzonderheid sterk, als de lucht medeklinkt in een hol ligchaam, b. v. eene buis, die men tegen den gehoorgang als zijn verlengstuk heeft geplaatst. 2. Het bladz. 298 aangehaalde knakkend geruisch bij zamentrekking van den m. tensor tympani; over de verklaring daarvan zie ter aangehaalde plaatse. 3. Kloppende geruischen, ontstaan door het kloppen van de slagaderen in het gehoororgaan, of het voortgeplante geruisch van verder af gelegen slagaderen, inzonderheid als men met het oor op een hard ligchaam ligt, — en nog veel andere geruischen.

Het hooren met beide ooren.

Het nut van het hooren met beide ooren bestaat, analoog aan het zien met beide oogen: 1. in eene wederkeerige ondersteuning en compensatie van eenzijdige fouten; 2. in de hulp die het ons aanbiedt om de plaats van het geluidvoortbrengende ligchaam te bepalen. Of er even als bij de oogen „identieke punten" van de uiteinden der beide gehoorzenuwen bestaan, of b. v. de opwekking van twee corresponderende vezels van beide slakkenhuizen als eene enkele gewaarwording wordt waargenomen — is nog niet uitgemaakt; wij hooren wel is waar een enkelen toon, waarvan men dus mag aannemen, dat hij corresponderende elementen van de slakkenhuizen opwekt, met beide ooren slechts enkelvoudig; doch wij onderscheiden twee toonen, als wij elk oor afzonderlijk door even hooge toonen gelijktijdig doen opwekken, vooronderstelt, dat zij in intensiteit verschillen, of dat de opwekbaarheid van beide corresponderende elementen niet gelijk is. Het laatste wordt door de volgende proefneming bewezen: Houdt men voor beide ooren twee gelijke, klinkende stemvorken, en draait men de eene zoo om hare as, dat de toon bij afwisseling (viermaal gedurende eene omdraaijing) verdwijnt en terug komt, dan hoort men b. v. de andere niet aanhoudend, maar beide stemvorken klinken bij

afwisseling, de niet gedraaide alleen, als de andere niet gehoord kan worden (DOVE). De opwekbaarheid neemt namelijk onder het klinken af, aan den kant van de gedraaide stemvork natuurlijk minder dan op de andere, terwijl bij eene even sterke opwekking alleen aan de zijde, waar de opwekbaarheid het grootst is, een toon wordt waargenomen. (Men verkrijgt dit resultaat natuurlijk niet, als beide toonen verschillen). Uit deze proefneming mag men afleiden: òf dat de opwekking van twee corresponderende elementen van beide ooren afzonderlijk onderscheiden wordt, òf dat zij als één enkele wordt waargenomen, en slechts naar dien kant, waar de opwekking het sterkst is, verplaatst wordt; beide gevolgtrekkingen weêrspreken de analogie met het gezigtsorgaan. Evenwel heeft de proefneming daarom weinig bewijskracht, omdat hoogst waarschijnlijk de klanken van beide stemvorken niet absoluut gelijk zijn. Eene andere omstandigheid, die *tegen* het bestaan van eene gemeenschappelijke gewaarwording schijnt te pleiten, is hierin gelegen, dat bij de meeste personen (FESSEL, FECHNER), doch inzonderheid bij ziekelijke toestanden (v. WITTICH) het eene oor denzelfden toon hooger waarneemt dan het andere. Evenwel kan men zich dit op die wijze verklaren, dat het aantal trillingen der bogen van CORTI, die aan dezelfde perceptiehoogte beantwoorden ongelijk is, zoodat dezelfde toon in beide ooren verschillende, niet bij elkander behoorende, vezels opwekt.

Beoordeeling van de rigting des geluids.

Over de *rigting* van het geluid moeten natuurlijk twee tegenover elkander gelegen trommelvliezen en oorschelpen (bladz. 310) een zekerder uitsluitsel geven, dan een enkel, vooral wanneer draaijingen van het hoofd hunne standpunten tegenover de geluidgevende ligchamen veranderen; men zoù zelfs kunnen denken, dat het verschillende standpunt van beide ooren ons ook over den *afstand* des geluids zou kunnen doen oordeelen. Ten opzigte van de rigting zal de stand van beide ooren het meest geschikt zijn om over toonen te oordeelen, die *ter zijde* zijn voortgebragt. Over die welke van voren en achter ontstaan kan echter een oordeel geveld worden, hetzij door draaijingen van het hoofd, hetzij door den stand der oorschelpen, die voor de van voren komende golven zeker gunstiger is; deze zullen daarom sterker waargenomen worden dan die van achter komen. Wanneer men de laatste kunstmatig versterkt door de oorschelpen tegen het hoofd aan te drukken, en in hare plaats de handen *voor* den gehoorgang houdt even als oorschelpen, dan ontstaat er eene soort van bedrog in de waarneming.

Werktuigen die tot bescherming van het oor dienen.

In zeker opzigt kan de oorschelp, voornamelijk bij dieren, bij welke zij buitenmate bewegelijk is, als beschermend orgaan voor het oor beschouwd worden, omdat zij door hare uitsteeksels (b. v. de tragus bij den mensch) het binnendringen van stof en koude lucht in het oor bemoeijelijkt. Andere beschermende organen van het oor zijn de stijve borstelige haaren (vibrissae) van den uitwendigen gehoorgang en de oorsmeerklieren, waarvan het afscheidingsprodukt den wand van den gehoorgang voortdurend glibberig houdt. Wij verkeeren nog in onzekerheid aangaande de beteekenis van het oorsmeer; als het ontbreekt, ontstaan hardhoorigheid en een gebruis in de ooren, zonder bekende oorzaak. — Het inwendige oor is door zijne ligging binnen het rotsbeen volkomen beveiligd tegen elken invloed van buiten.

III. Het reukorgaan.

De peripherische eindorganen der reukzenuwen, die als talrijke takken van de bulbi olfactorii door de gaten van de plaat van het zeefbeen in het zoogen. labyrinth daarvan binnendringen, zijn over een vlies verspreid, dat als een slijmvlies het bovenste gedeelte der neusholte bekleedt en zich door eene lichtere kleur en het ontbreken van trilharig epithelium van het overige gedeelte van het neusslijmvlies (membrana Schneideriana) onderscheidt. Op eene volkomen onbekende wijze worden deze uiteinden door zekere gasvormige ligchamen opgewekt; de eigenschappen, waaraan zij hun opwekkingsvermogen te danken hebben, zijn ons insgelijks onbekend. Zij worden naar het reukvlies gebragt door middel van de inademing door den neus. De naar binnen gebragte stroom wordt aan het voorste uitsteeksel van de onderste schelp in dier voege gebroken, dat een gedeelte daarvan niet viâ rectâ door den ondersten neusgang naar de choanae, maar langs een omweg door de bovenste deelen der neusholte gaat (BIDDER). Naar het schijnt heeft de opwekking alleen plaats in het eerste oogenblik van het contact; want opdat eene duurzame gewaarwording tot stand kome is het noodig, dat voortdurend nieuwe deeltjes van het opwekkende ligchaam met de eindorganen in aanraking komen, dat dus het eerste in een stroom door het reukorgaan geleid wordt; het effekt is des te grooter, naarmate de wisseling der deeltjes spoediger plaats heeft, met andere woorden: naarmate de stroom sneller is.

De bulbi olfactorii, die men vroeger als de stammen van de reukzenuw beschreef, zijn volgens de laatste onderzoekingen deelen van de hersenen zelve. De wezenlijke olfactorii onderscheiden zich daardoor van andere zenuwen, dat talrijke, uiterst fijne primitiefbuizen in een gemeenschappelijk omhulsel van bindweefsel tot een bundeltje, en deze bundeltjes eerst tot stammen vereenigd zijn. Het reukvlies, dat de beide bovenste schelpen en het bovenste gedeelte van het septum narium („regio olfactoria") bekleedt, heeft den volgenden bouw (M. SCHULTZ): Tusschen de cilindrische epitheliumcellen, die naar de grondvlakte puntig toeloopen, liggen bipolaire spoelvormige cellen, welke een uitlooper naar de oppervlakte, en een naar beneden afgeven; de laatste zou identiek zijn met de fijne primitiefvezels van den olfactorius; de eerste is met een bundel van uiterst fijne, lange haartjes bezaaid, die boven de oppervlakte uitsteken; op grond daarvan houdt men de spoelvormige cellen voor zenuwcellen.

Dat alleen gasvormige ligchamen opwekkend kunnen werken, kan men aantoonen, wanneer men de neusholte met eene sterk riekende (vlugtige) vloeistof, b. v. eau de Cologne vult; er ontstaat geen reukgewaarwording (WEBER). Dat wijders de riekende stof in een stroom over de regio olfactoria moet geleid worden, is bekend; want door het inhouden van de ademhaling of door uitsluitend door den mond te ademen kan men oogenblikkelijk elke reukgewaarwording opheffen, zelfs als de dampkringslucht, derhalve ook de lucht die in de neusholte bevat is, met riekende stoffen gevuld is. Omgekeerd tracht men door snelle en veelvuldige inademingen door den neus („snuiven") den indruk van den reuk te versterken. — Dat de luchtstroom noodwendig door het voorste uitsteeksel van de onderste schelpen naar de regio olfactoria geleid moet worden, blijkt daaruit, dat de riekende stof niet geroken wordt, als zij eerst in den mond en daarna door de choanae van achter in den neus gebragt wordt (BIDDER). — De meeste riekende stoffen werken reeds in een buitengewoon hoogen graad van verdunning, zoodat slechts eene onnoembaar kleine hoeveelheid met de lucht van eene geheele kamer behoeft vermengd te zijn, om reeds reukgewaarwordingen voort te brengen.

Reukgewaarwordingen.

De opwekking van de uiteinden der reukzenuw, en waarschijnlijk ook elke willekeurige opwekking van de stammen, brengt zekere gewaarwordingen tot stand, die wij reuk noemen. Zij verschillen van elkander in intensiteit en karakter. De intensiteit schijnt af te hangen: 1. van het gehalte van het gasmengsel in de riekende stof, 2. van de snelheid van den stroom, 3. van het aantal der getroffen reukelementen; althans de dieren, wier reukorgaan eene zeer groote oppervlakte heeft, hebben het fijnste reukvermogen. — De oorzaak van het bijzonder karakter van een reuk is even onbekend als die van de riekbaarheid over het algemeen; wij zelfs bezitten geen indeeling of schaal, ja niet eens namen voor de verschillende reuken, maar wij betitelen ze eenvoudig naar het een of ander ligchaam, waaraan zij eigen zijn, en dat wij ons bij de gewaarwording van hetzelfde of van een overeenkomstig reukkarakter herinneren.

Dat ook eene werktuigelijke, elektrische enz. prikkeling van de olfactorii reukgewaarwordingen tot stand brengt, is naar analogie van alle overige zintuigsorganen bijna boven allen twijfel verheven, doch nog niet zeker door de proefneming bewezen; de bijna eenige zekere weg om naar de olfactorii

elektrische stroomtakken te leiden, bestaat hierin, dat men de neusholte met water vult, en in dit laatste de eene elektrode dompelt; doch bij deze proefneming veroorzaakt de gelijktijdige opwekking der gevoelstakken van den trigeminus zulke hevige pijnen, dat men van reukgewaarwordingen niets onderscheiden kan (ROSENTHAL). — Bij de opwekking der uiteinden van den olfactorius door riekende stoffen schijnen de boven genoemde haartjes ter deeg in het spel te zijn; men meent dit daaruit te kunnen afleiden, dat het vullen van de neusholte met water *) het reukvermogen voor eenigen tijd opheft (E. H. WEBER), en dat naar andere waarnemingen de haartjes bij aanraking met water sterk opzwellen en daardoor voor eenigen tijd onzigtbaar worden (SCHULTZE). — Het principe der specifieke energie (bladz. 247) regtigt ons misschien om ook hier, even als bij het gezigt- en gehoororgaan (bladz. 274 en 307), verschillende soorten van reuk vezels aan te nemen, waarvan elke door eene bijzondere soort van reuk gevende invloeden wordt opgewekt en eene bijzondere gewaarwording veroorzaakt; hoe veel dergelijke soorten wij mogen aannemen, daaromtrent verkeeren wij nog ten eenemale in het onzekere.

Men moet vooral een onderscheid maken tusschen de reukindrukken en die, welke door opwekking van de gevoelstakken van den trigeminus in het slijmvlies van den neus voortgebragt worden; dampen van ammoniak b. v. werken bij voorkeur op deze laatsten, en worden daarom ook na vernietiging van de olfactorii door gewaarwording waargenomen, of wekken reflexiebewegingen (niezen) op.

Van subjectieve reukgewaarwordingen weten wij zeer weinig; zekere ziekelijke toestanden van den neus (verkoudheid, coryza) heffen het reukvermogen tijdelijk op, en brengen zelfs abnormale reukindrukken [parosmie] te voorschijn. Over „nareuken" weten wij zoo goed als niets. Schrijver dezes wil na zekere sterke reuken, b. v. zooals men die bij een lijk aantreft, opgemerkt hebben, dat elke onaangename reukgewaarwording, die daarna binnen eenige uren tot stand komt zeer duidelijk het karakter van de eerste heeft †). Aangaande de onderlinge betrekking van beide neusholten weet men alleen, dat de opwekking van beide door verschillende reuken gewoonlijk niet tot een enkelen indruk zamensmelt, maar een zekeren wedstrijd van de beide waarnemingen veroorzaakt (VALENTIN).

Men kan als beschermend orgaan voor het eigenlijke reukvlies het slijmvlies van den neus beschouwen, dat de binnendringende lucht van grovere schadelijke bijgemengde stoffen bevrijdt (bladz. 73). Van den anderen kant wordt het reukorgaan gewoonlijk als wachter voor de ademhaling [atrium respirationis] beschouwd, omdat de meeste schadelijke onzuiverheden van de dampkringslucht geroken, en dus door het reukorgaan aangewezen worden.

IV. Het smaakorgaan.

Van geen zintuig is onze kennis gebrekkiger dan van dat van den smaak. Niet eens is de plaats van het smaakorgaan naauwkeurig bekend, 1. omdat de smaakgewaarwordingen niet dan hoogst moeijelijk van andere gewaarwordingen genoegzaam kunnen gescheiden worden, welke zich meestal bij de aanwending van smaakopwekkende ligchamen vertoonen, namelijk reuk-

*) Het vullen van de neusholte met vloeistoffen, waarover hier ter plaatse meermalen is gesproken, moet van de neusgaten uit geschieden, terwijl men op den rug ligt. Het velum palati, dat zich tegen den wand van den pharynx legt, verhindert dat het vocht door de choanae in den pharynx loopt (WEBER).

†) [Dit zullen zeker veel anatomen met hem gemeen hebben].

en tastindrukken, — 2. omdat de vloeistoffen, die smaakindrukken te weeg brengen, zich zeer gemakkelijk van elke, onverschillig welke, plaats van aanwending, dus ook van eene waarop geen smaak wordt waargenomen, in de mondholte naar de eigenlijke smaakorganen verspreiden. Daarom wordt de plaats van het smaakorgaan door de schrijvers zeer verschillend opgegeven. Zonder twijfel wordt de smaak op den tongwortel waargenomen; doch men is het nog niet eens over de vraag, of deze alleen (BIDDER, WAGNER), òf ook de punt van de tong en hare randen (SCHIRMER, KLAATSCH en STICH), het zachte gehemelte (J. MÜLLER, DRIELSMA) of althans een gedeelte daarvan (SCHIRMER, KLAATSCH en STICH), zelfs het harde gehemelte (DRIELSMA *) een smaakorgaan is. Dientengevolge bestaat er ook nog verschil van meening over de smaakzenuw: sommigen beschouwen als zoodanig alleen den glossopharyngeus, anderen ook den trigeminus (r. lingualis en r. r. palatini). Ook over de wijze hoe de smaakzenuw eindigt is niets met zekerheid bekend.

Voor de eindorganen der smaakzenuwen worden in het algemeen de papillen van den rug der tong, en wel voornamelijk de papillae circumvallatae van den tongwortel beschouwd. Zij zijn zeer rijk aan zenuwvezels en eenvoudig met een dun epithelium bedekt. Haar fijnere bouw is nog een onderwerp van strijd onder de histologen: ten opzigte van de trilharige kikvorschtong heeft men beweerd (BILLROTH), dat de zenuwvezels met de in de diepte dringende uitloopers van zekere niet trilharige epitheliumcellen in verbinding staan, terwijl de trilharige cellen door hare uitloopers met de anastomoserende bindweefselcellen en buitendien regtstreeks of door tusschenkomst van de laatsten met de vertakte spiervezels van de kikvorschtong in gemeenschap staan. Anderen beweren vrije zenuwuiteinden in de papillen gezien te hebben (FIXSEN).

De opwekking van de smaakzenuwen geschiedt door zekere vloeibare of althans in het mondvocht oplosbare stoffen: tot deze behooren waarschijnlijk ook de grootendeels (STICH) smaakindrukken veroorzakende gassen. Hoe de opwekking eigenlijk geschiedt, weten wij niet. Het effekt van de opwekking der eindorganen, evenals van elke willekeurige (elektrische, enz.) opwekking der smaakzenuw, zijn de „smaakgewaarwordingen," die in intensiteit en karakter verschillen. De intensiteit hangt af van de sterkte, den duur der opwekking en van het aantal der opgewekte vezels. Heeft de opwekking plaats door eene stof, die smaak te weeg brengt, dan moet de smaak des te sterker zijn, 1. naar mate de stof een grooter vermogen bezit om op te wekken, 2. naar mate zij meer geconcentreerd inwerkt, 3. naar mate zij langer inwerkt, 4. naar mate de oppervlakten van het smaakorgaan grooter zijn, waarmede zij in

*) [„Van de door ons onderzochte plaatsen hebben wortel, zacht gehemelte, uvula het meest constante en sterkste smaakvermogen; hierop volgen de rand en spits van de ondervlakte der tong, dan dezelfde plaatsen van de bovenvlakte, en eindelijk het harde gehemelte. Daarentegen kunnen het midden van de bovenvlakte der tong, het tandvleesch en de binnenvlakte der lippen gerekend worden geene smaakbemiddelaars te zijn:" Onderzoek over den zetel van het smaakzintuig. Groningen 1859 bladz. 114].

aanraking is, 5. naar mate de zenuwuiteinden meer opwekbaar zijn; hunne opwekbaarheid schijnt door wrijving verhoogd te worden. Op welke eigenschappen der smaak te weegbrengende ligchamen de verschillende, door de ervaring bekende, niet nader te bepalen eigenschappen van den smaak, de zoete, bittere, zure, ziltige, alkalische enz. berusten, is nog geheel onbekend; de verschillende zoet smakende stoffen b. v. (suikersoorten, glycerine, glycine, lood- en berylliumzouten enz.) behooren tot de meest verschillende groepen van ligchamen, en vertoonen in geen andere eigenschap overeenstemming.

Bij den mensch kan men de stammen van de smaakzenuwen alleen langs den elektrischen weg opwekken. Wanneer men een opstijgenden stroom door de smaakzenuwen laat gaan (b. v. door de positieve elektrode van een keten tegen de punt der tong, doch de negatieve aan een of ander ligchaamsdeel, b. v. tegen de hand te leggen), dan neemt men een duidelijk zuren smaak waar; heeft de stroom eene afdalende rigting, dan is de smaak brandend en wordt als loogachtig („alkalisch") aangeduid. De tegenwerping, dat het verschil van smaak zou berusten op eene elektrische ontleding van de tongvloeistoffen, wordt door het feit weêrlegd, dat de smaak even goed voor den dag komt, als men de metalenelektrode niet regtstreeks, maar door tusschenkomst van een vochtigen geleider met de punt van de tong in verbinding brengt (J. ROSENTHAL *). Hoe deze daadzaak te rijmen is met de leer van de specifieke energie der zintuigszenuwen, zie boven bladz. 247 bij de zenuwphysiologie.

De opwekking van de smaakzenuwen veroorzaakt behalve smaakgewaarwording ook door reflexie de afscheiding der speekselklieren (meer hierover zie bladz. 89).

Over subjectieve smaakgewaarwordingen is niets met zekerheid bekend; zij komen echter ongetwijfeld voor (nasmaak enz). Tevens moeten de smaakopwekkingen die door zekere toestanden van het mondslijmvlies tot stand komen („verkeerde, perverse" smaakgewaarwordingen bij katarrhen, enz.) van de subjectieve gewaarwordingen onderscheiden worden.

V. De overige zintuigsorganen.

De waarnemingen, die door de overige centripetale zenuwen (behalve de gezigts-, gehoor-, reuk- en smaakzenuwen) tot stand komen, worden met den naam van „gevoel" bestempeld. Gevoelszenuwen (bladz. 246) zijn bijna in elk ligchaamsgedeelte, doch in eene zeer ongelijke mate verspreid; het minst waarschijnlijk in de ingewanden, even weinig in de spieren, beenderen, pezen enz., daarentegen zeer talrijk in de huid en de in hare buurt gelegen slijmvliezen (mucosa van de mond-, neusholte, het bindvlies enz.).

*) [MONRO ondervond den elektrischen smaak, als hij tusschen de metalenelektrode en de tong een stuk vleesch legde. VOLTA stelde uit eenige personen een keten zamen en wel in dier voege, dat de een altijd met zijn vinger de tong van den anderen aanraakte; alle percipiéerden den zuren smaak, als een stroom in de rigting van den vinger naar de tong ging. En zoo bestaan er nog meer bewijzen dat het ontstaan van den elektrischen smaak niet aan eene ontleding van de vloeistoffen van den mond (zuur en basis) moet toegeschreven worden].

De eindorganen der gevoelszenuwen zijn nog slechts op weinige plaatsen bekend, terwijl over hun fijneren bouw nog voortdurend van vele kanten gestreden wordt. Vooralsnog kent men de volgende vormen: 1. „tastligchaampjes" (WAGNER en MEISSNER), welke in een gedeelte van de papillae cutis voorkomen (de overige papillen hebben capillaire lissen), het talrijkst in de handpalm en de voetzool. Het zijn langwerpig ovale, grof en onregelmatig dwarsgestreepte blaasjes, die bijna de geheele ruimte van de papilla beslaan, en waarin een of meer zenuwvezels of takken daarvan binnentreden. Men is nog niet bekend met de wijze, waarop de laatste eindigen; men beweert, dat zij zich binnen het blaasje vertakken en dat elke tak in een aantal korte, dwarsloopende takjes overgaat, waardoor de dwarse strepen tot stand komen. — 2. VATER'sche (PACINI'sche) ligchaampjes, veel grooter dan de eerste (1—4^{mm}), gelegen in het onderhuidsche celweefsel en ook weder voornamelijk in de handpalm en de voetzool, doch bovendien in de vlechten van den sympathicus der buikholte (b. v. in het darmscheil van de kat). Zij hebben insgelijks een eironden vorm en bestaan uit velerlei concentrische lagen bindweefsel, die om eene cilindrische centrale holte kringsgewijze zijn gelegen; in de laatste verloopt de naar binnen tredende zenuwvezel, zonder mergscheede, en eindigt spits toeloopend of in verscheidene korte eindtakken verdeeld. Ook voordat de zenuw in de genoemde holte binnentreedt is zij door een gestratificeerd neurilemma omgeven. — 3. „zenuweindkolven [Endkolben, kolbenförmige Endkörperchen der Nerven, corpuscula nervorum terminalia bulboidea] (W. KRAUSE), zijnde insgelijks ovale of meer bolvormige blaasjes, die slechts 0,03—0,06^{mm} groot zijn, en die bestaan uit een omhulsel van bindweefsel met kernen en een weeken homogenen inhoud, waarin de zenuwvezel intreedt, om spitsvormig te eindigen; zij komen in vele organen voor, met name in de slijmvliezen, en zijn hier in de bindweefsellaag gelegen. Vermoedelijk zijn al deze organen wijzigingen van denzelfden grondvorm, als hoedanig misschien de laatstgenoemde moeten beschouwd worden. — Op zeer vele plaatsen, b. v. in de ingewanden, de spieren, zijn de eindorganen der gevoels- (of reflectorische) zenuwen ten eenenmale nog onbekend.

Verschillende soorten van gewaarwordingen die tot deze categorie behooren.

Elke sterke opwekking van de hiertoe behoorende zenuwen, die men van de voorgaande („sensuële") als „gevoelszenuwen in engeren zin" onderscheidt, om het even of zij de eindorganen of de stammen treft, openbaart zich als eene onaangename

gewaarwording, als pijn. Een groot gedeelte van deze zenuwen, namelijk die welke de ingewanden, de beenderen, de vaten enz. verzorgen, schijnt over 't algemeen alleen door sterke (ziekelijke) invloeden opgewekt te worden, en alsdan altijd pijn te veroorzaken, tenzij de opwekking van reflexieverschijnselen als hare functie moet beschouwd worden. Doch de overige veroorzaken bij de normale, middelmatig sterke opwekking van hare eindorganen andere gewaarwordingen van een zeer verschillenden aard. De eindorganen kunnen door zeer verschillende momenten opgewekt worden, door werktuigelijke, scheikundige, thermische invloeden, doch niet door licht- en geluidtrillingen. Deze overeenstemming van de specifieke opwekkers (bladz. 247) met de algemeene zenuwprikkeling begunstigt de voorstelling, dat de eindorganen van de gevoelszenuwen zeer eenvoudig en niet belangrijk verschillende van de stammen zijn ingerigt, en misschien alleen door eene gunstige ligging meer toegankelijk zijn voor de opwekkingvatbare invloeden van de buitenwereld. — Men noemt de gewaarwordingen, die uit eene werktuigelijk opwekking van de eindorganen ontstaan, tastgewaarwordingen, die door thermische invloeden tot stand komen temperatuursgewaarwordingen.

Men heeft in den laatsten tijd getracht door proefnemingen aanschouwelijk voor te stellen, hoe eene rekkende kracht, die in de lengterigting op een VATER'sch ligchaampje werkt, bijzonder sterk op de daarin gelegen vezels zamendrukkend moet werken (KRAUSE). Wanneer men namelijk een met water gevuld darmstuk sterk rekt, dan wordt zijn lumen kleiner (omdat de veêrkracht in de rigting van de straal grooter is dan in de lengterigting); er wordt derhalve eene drukking op den inhoud uitgeoefend. Heeft men nu verscheidene met vloeistof gevulde darmen in elkander geschoven analoog aan de lagen van neurileem der VATER'sche ligchaampjes, en rekt men ze alle, dan voegt zich bij de binnenste de geheele drukking van de buitensten. Dientengevolge moeten deze organen ons ook hoofdzakelijk over rekkingen in hunne lengterigting uitsluitsel geven.

Dat temperatuursgewaarwordingen alleen door thermische opwekking van de eindorganen kunnen ontstaan, wordt door de volgende proefnemingen bewezen (E. H. WEBER): steekt men den elleboog in eene zeer koude vloeistof, dan voelt men koude hoogstens alleen aan de ondergedompelde plaats (door de vezels, die hier eindigen), pijn daarentegen in de eindorganen van den n. ulnaris, met name in de toppen der vingers; door deze pijn wordt gelijktijdig de plaatselijke gewaarwording van koude overschaduwd. Door deze proef levert men tevens een treffend bewijs voor de verplaatsing van de oorzaak der gewaarwording in het eindorgaan (bladz. 247).

Tastgewaarwordingen.

Tastgewaarwordingen worden voortgebragt door werktuigelijke invloeden van een verschillenden graad, door aanraking of drukking. De grenzen, waarbij de sterkte van de inwerking pijnlijk wordt, verschilt naar de verschillende plaatsen van het ligchaam. Door de tastgewaarwordingen komen wij tot

zekere gevolgtrekkingen: 1. Wij nemen de tegenwoordigheid aan van een voorwerp, dat het ligchaam aanraakt. 2. Uit de sterkte der gewaarwording besluiten wij tot de intensiteit van de uitgeoefende drukking en hierdoor, onder omstandigheden, tot gewigt, spanning enz. van het aanrakende voorwerp. Voor deze schattingen is in den regel het spiergevoel een zeer belangrijk middel, d. i. het gevoel van den graad, waarmede de spieren bij het dragen, opbeuren, trekken, drukken enz. worden ingespannen (vergel. beneden). 3. Wij hebben voortdurend eene voorstelling van den opwekkingstoestand van al onze gevoelsvezels en percipiéren daarom onze ligchaamsoppervlakte als „tastveld," analoog aan het gezigtsveld (vergel. bladz. 275). Hierdoor zijn wij in staat de plaats van elk aangeraakt gedeelte des ligchaams en daardoor die van elk aanrakend ligchaam onmiddellijk te bepalen. 4. Wanneer een ligchaam eene huidvlakte of verscheidene punten der huid gelijktijdig aanraakt, dan vermogen wij uit de ligging van de verschillende aanrakingspunten, uit de verschillende drukking en uit de niet aangeraakte plaatsen een oordeel te vormen over de gedaante van het aanrakend voorwerp. Dit oordeel wint nog in zekerheid, als wij met de huid over het voorwerp heen strijken, en ons op deze wijze als het ware eene reeks van tastbeelden verschaffen. Tot deze proef zijn huidvlakten, die zeer talrijke sensible eindorganen hebben en tegelijkertijd zeer bewegelijk zijn, b. v. de toppen der vingers, de punt der tong (zie beneden) het meest geschikt. Wanneer veel verschillende plekken der huid hetzelfde voorwerp aanraken, dan moeten wij, om over zijn gedaante te kunnen oordeelen, ook bekend zijn met de betrekkelijke plaats van de verschillende huidplekken. Deze kennis wordt ons door het spiergevoel (zie beneden) gegeven, omdat schier elke verandering van de betrekkelijke plaats door spierbewegingen tot stand is gekomen. Blijft ons echter deze kennis verborgen, dan verkrijgen wij bedriegelijke voorstellingen over de gedaante van het voorwerp. Daartoe behoort de zoogen. „proef van ARISTOTELES:" Wanneer men den middelsten vinger zoo over den wijsvinger slaat, dat men een klein rond voorwerp (erwt, pennehouder) tusschen de duimzijde van den eersten en de pinkzijde van den laatsten kan brengen en heen- en weêr rollen, dan voelt men altijd twee ronde ligchamen, omdat eene aanraking van deze beide vlakten door één rond ligchaam zonder verschuiving niet kan voorkomen. — Uit de zeer gelijkmatige aanraking van eene huidvlakte besluiten wij verder over de tegenwoordigheid van eene vloeistof, uit de weinig of sterk toenemende drukking bij het voortschuiven van de tastvlakte over een voorwerp van eene weekere of hardere consistentie, enz. — Deze verschillende oordeelvellingen worden dikwijls met afzonderlijke namen be-

stempeld, zooals drukkingszin [d. i. waarneming der drukking door de huid], tastzin enz.

De fijnheid van het onderscheidingsvermogen door de gevoelszenuwen hangt voor elke plaats des ligchaams af: 1. van het meer of minder groote aantal van hare eindorganen, 2. van de absolute gevoeligheid van de huidplek.

Het aantal der eindorganen, die op verschillende plekken van de huid voorkomen, kan eigenlijk alleen langs den ontleedkundigen weg bepaald worden. Doch ook door de proefneming wordt men in staat gesteld, althans vergelijkende opgaven over hunne verspreiding te verkrijgen en wel naar de volgende methoden (E. H. WEBER, CZERMAK): 1. Men bepaalt den kleinsten afstand, dien twee gelijktijdig of spoedig na elkander de huid aanrakende ligchamen mogen hebben, om nog afzonderlijk waargenomen te worden; daartoe dient een passer met stompe punten, die op verschillende regtstreeks te bepalen afstanden op de huid geplaatst worden (de oogen moeten gesloten zijn). De afstand is het kleinst op de punt der tong (1,1^{mm}), op de volaire zijde van den derden phalanx (2,2^{mm}) en op het roode gedeelte der lippen (4,4^{mm}); — het grootst op den rug, de borst, aan den hals en de stammen der extremiteiten (35—66^{mm}). De kleinste afstand die vereischt wordt is op vele plaatsen, b. v. aan de stammen der extremiteiten, in de dwarse rigting kleiner dan in de lengte-rigting; hij is voorts kleiner, als men de punten van den passer na elkander op de huid zet; ook is hij kleiner, als men van een grooten afstand uitgaat en den afstand opzoekt, waarbij de vroeger afzonderlijke gewaarwordingen zamensmelten, zooals wanneer men omgekeerd van een kleinen afstand uitgaande den afstand opzoekt, waarbij het eerst twee afzonderlijke indrukken voor den dag komen; eindelijk is hij kleiner bij grootere opmerkzaamheid en grootere oefening (dus in het algemeen bij blinden, GOLTZ); ook zou hij nog kleiner zijn, als men de huid met indifferente vloeistoffen (olie, water) van gelijke temperatuur als het ligchaam omgeeft (SUSLOWA). — Twee indrukken, die naauwelijks nog afzonderlijk worden waargenomen, vereenigen zich tot één, als men de huid, die tusschen de beide opgewekte punten is gelegen, door kittelen of inductiestroomen mede opwekt (SUSLOWA); over de verklaring daarvan zie beneden. — 2. Men beweegt de beide afzonderlijk waarneembare punten van den passer, terwijl de afstand gelijk blijft, in twee evenwijdige lijnen over de huid heen, en laat de veranderingen in den schijnbaren afstand, alsmede het punt waarin beide gewaarwordingslijnen zamensmelten, opgeven. — 3. Men raakt bij gesloten oogen een punt der huid aan en laat de schijnbare plaats der aanraking naauwkeurig opgeven.

De absolute gevoeligheid van eene huidplek wordt

op de volgende wijzen bepaald: 1. Men belast eene huidplek spoedig achter elkander met twee verschillende gewigten en zoekt het kleinste verschil in gewigt op, dat nog waargenomen kan worden. Het belasten heeft plaats òf door de gewigten vrij op de huid te leggen (WEBER) òf door plaatjes met gewigten (AUBERT en KAMMLER), òf door een stompe punt die aan een balans hangt, waarvan het gewigt door belading van het andere in een verschillenden graad in evenwigt wordt gehouden (DOHRN). Ook hier openbaart zich het gevoel fijner als het verschil in gewigt toeneemt dan wanneer het kleiner wordt, en ook als de absolute drukking kleiner is dan wanneer zij grooter is. 2. Men bepaalt de kleinste *verandering* [variatie] in *drukking*, welke een huidplek kan waarnemen (GOLTZ); daartoe dient een met water gevulde caoutchoucbuis, welke aan eene plaats, die om eene constante aanrakingsvlakte tot stand te brengen, over eene kurk gebogen is, met de te onderzoeken huidplek in aanraking wordt gebragt, en waarin door eene rhythmische persing golven, analoog aan den slagaderpols, worden voortgebragt. Naar deze methode verkrijgen wij dezelfde schaal voor de gevoeligheid als bij de passerproef van WEBER; alleen ten opzigte van de punt der tong bestaat er eene opmerkelijke uitzondering, daar hare drukkingsgevoeligheid op een veel lageren trap staat, als haar plaatszin [zin van het waarnemen van plaats] in die schaal. — 3. Men zoekt den ligtsten prikkel, die over het algemeen nog waargenomen wordt (hetgeen evenwel nooit naauwkeurig kan geschieden); in dit opzigt heeft men gevonden, dat eene aanraking, die naauwelijks nog bemerkt wordt, niet meer wordt waargenomen, als zwakke niet-voelbare inductiestroomen de huidplek doorloopen (SUSLOWA).

Onder de genoemde drie methoden kan de tweede alleen tot maatstaf dienen, en wel daarom, omdat wij over 't algemeen bijna alleen *veranderingen in drukking* gewaar worden en deze hier op eene veel sneller en juister wijze tot stand komen, dan bij de eerste. Wij moeten overigens niet vergeten, dat bij deze methode de gewaarwording van de ruimte niet volkomen is uitgesloten, omdat met de positieve verandering [variatie] in drukking waarschijnlijk ook eene kleine vergrooting van de aanrakingsvlakte gepaard gaat, omdat de buis en de huidplek elkander wederkeerig een weinig afplatten. De methode is ontleend aan de waarneming, dat men met den vinger op vele plaatsen des ligchaams den slagaderpols voelt, zonder dat hij door de aangeraakte huidplek, waarop toch dezelfde verandering in drukking werkt, wordt waargenomen. Van vergelijkingen van dien aard kan reeds bij het opmaken van een schaal partij worden getrokken (GOLTZ).

Eindelijk zijn er nog methoden, om de gevoeligheid van de huidplekken in beide rigtingen gelijktijdig te onderzoeken, indien men nagaat in hoe verre ons oordeel over de gedaante of den weg van aanrakende ligchamen volkomen goed is: 1. Men raakt de huid aan met ligchamen van eene bepaalde

gedaante, 2. men teekent met eene punt verscheidene figuren (letters) op de huid, en laat in het eerste geval de schijnbare gedaante van het ligchaam, in het tweede die van de teekening opgeven.

Om de boven meêgedeelde waarnemingen over de scheiding van tastindrukken in de ruimte te verklaren moet men de volgende hypothesen stellen (LOTZE, E. H. WEBER, MEISSNER, CZERMAK): Het bewustzijn heeft voortdurend eene voorstelling van den opwekkingstoestand van alle huidpunten in hunne gegeven rangschikking in de ruimte (het voelt een „tastveld," gelijk reeds boven is uitgedrukt). Elke opwekking van een eindorgaan eener gevoelszenuw wordt naar eene bepaalde plaats van het tastveld, d. i. de oppervlakte des ligchaams verplaatst. Deze plaats is echter niet het opgewekte *punt*, maar eene cirkelvormige of (aan de ledematen, bladz. 321) langwerpige *vlakte*, waarvan het middenpunt het opgewekte punt is, de zoogen. *gewaarwordingscirkel* (over de verklaring daarvan zie beneden). Twee gewaarwordingscirkels die elkander aanraken of gedeeltelijk bedekken kunnen echter in de voorstelling niet ten opzigte van de ruimte gescheiden worden; dit geschiedt eerst, als zich tusschen beide een *onopgewekt gevoelselement* bevindt, terwijl de schijnbare afstand van de beide opwekkingen des te grooter is, naar mate er *meer* onopgewekte elementen tusschen beide gewaarwordingscirkels overblijven. Hieruit volgt, dat twee naburige indrukken op de huid eerst dan afzonderlijk kunnen worden waargenomen, als hun afstand grooter is dan twee halve, derhalve dan eene geheele middellijn van een gewaarwordingscirkel der overeenkomstige huidplekken. Verder volgt er nog uit, dat twee afzonderlijke indrukken zich vermengen, als de tusschengelegen percipiérende elementen opgewekt worden (vergel. de waarneming op bladz. 321).

Er blijft ons nu nog over te verklaren, waarom de gewaarwordingscirkels op verschillende plaatsen van het ligchaam eene ongelijke grootte hebben. Klaarblijkelijk is een gewaarwordingscirkel geen ontleedkundige grootheid, b. v. het gebied waarover zich een zenuwvezel verspreidt; want ten eerste variëert hij naar gelang van de aandacht, oefening en andere invloeden (bladz. 321), en ten tweede zou een passerafstand, die kleiner is dan de middellijn van een gewaarwordingscirkel, nu eens met beide beenen in ééne, dan eens in twee naburige gewaarwordingscirkels (die men zich onbewegelijk denkt) kunnen vallen; — men doet veel beter een gewaarwordingscirkel om elk afzonderlijk huidpunt aan te nemen. Voor de duidelijkheid der verklaring moeten wij hier nog bijvoegen, dat de gewaarwordingscirkels des te kleiner zijn naar mate de gevoels-

organen digt bij elkander staan (vergel. bladz. 318 en 321). Hieruit volgt, dat het niet voldoende is, wanneer wij aannemen, dat de gewaarwordingscirkel ontstaat door een werktuigelijke inwerking van een prikkel op eene huidvlakte in plaats van eenvoudig op een punt („verstrooijingscirkel"); want dan moest klaarblijkelijk de grootte van de cirkels onafhankelijk van het betrekkelijk aantal eindorganen, en in het algemeen overal gelijk zijn. Het komt waarschijnlijk meer met de waarheid overeen als wij aannemen, dat de overplanting van de opwekking van ééne gevoelsvezel op naburige eene centrale werking is (medegewaarwording, irradiatie), dat zij zich altijd, en van elk punt naar alle rigtingen, over een gelijk aantal gevoelszenuwen uitstrekt (de afstand van de punten der passers loopt gemiddeld nagenoeg over 12 tastligchaampjes, KRAUSE), ofschoon zij door oefening, aandacht, intensiteit van de opwekking, enz. gedurig kleiner kan worden, tot dat zij ten laatste afzonderlijk wordt waargenomen. Deze voorstelling schijnt het meest met de verschijnselen te rijmen.

Temperatuursgewaarwordingen.

Deze ontstaan na eene opwekking der eindorganen van gevoelszenuwen (vergel. bladz. 319) door afwijkingen van de temperatuur binnen de grenzen van ongeveer + 10 tot + 47° C., met name bij verwarming of afkoeling der huid door voorwerpen, waarmede zij in aanraking komt. De gewaarwording door eene positieve afwijking [variatie] der temperatuur noemt men gevoel van warmte, die door eene negatieve gevoel van koude. Strekt zich de afwijking in temperatuur over eene groote vlakte of over de geheele ligchaamsoppervlakte uit, dan gaat het gevoel van koude in een „gevoel van huivering," dat van warmte in een „gevoel van hitte" over. Beide zijn met de bladz. 174—175 genoemde verschijnselen verbonden. (De „koortshuivering" ontstaat door eene plotselinge afkoeling van de huid ten gevolge van den — door kramp der huidslagaderen — verminderden toevoer van bloed, de „koortshitte" door de omgekeerde omstandigheid; overigens is in beide gevallen de gemiddelde temperatuur des ligchaams boven het normale cijfer verhoogd). Ten opzigte van de gevoeligheid voor afwijkingen van temperatuur (tot het bepalen waarvan men de kleinste nog waarneembare veranderingen tot maatstaf neemt) kan men de ligchaamsstreken (de extremiteiten, waarvoor met betrekking tot dit punt zich geen regel laat stellen, uitgezonderd) in de volgende groepen verdeelen (E. H. WEBER): punt der tong, oogleden, wangen, lippen, hals, romp. De deelen die het digtst bij de middellijn zijn gelegen, hebben het

fijnste gevoel voor afwijking van temperatuur. Hoe sneller deze plaats heeft, hoe grooter wijders de bedoelde huidvlakten zijn, hoe digter zij bij elkander zijn gelegen, des te sterker wordt de afwijking ondervonden. De absolute hoogte der temperatuur (die niet waargenomen wordt) doet niets af voor de gewaarwording van afwijkingen der temperatuur. Warmtegraden, die hooger en lager zijn dan de bovengenoemde grenzen, werken als pijnopwekkende prikkels (bladz. 318); afwijkingen van temperatuur worden hier niet meer specifiek waargenomen.

Wanneer men blijft vasthouden aan het principe van de specifieke energieën (vergel. bladz. 247—248, 274 en 307) zou men ook hier het bestaan van verschillende vezels, eind- en centraalorganen voor de tast- en voor de temperatuursgewaarwording moeten vooronderstellen; een in dezen zin geopperde hypothese, analoog aan het gezigts- en het gehoororgaan bestaat evenwel nog niet. Wij moeten hier nog doen opmerken, dat de afstanden bij de bladz. 321 aangehaalde passerproef kleiner uitvallen, als de temperatuur van beide punten ongelijk is (CZERMAK), en dat bij de bladz. 322 aangehaalde proeven een kouder gewigt zwaarder geschat wordt, zoodat het schijnbare onderscheid in drukking grooter is, als het zwaardere gewigt tevens kouder is, kleiner als het ligtere kouder is, en een verschil in drukking bij gelijke gewigten wordt opgegeven, als ze eene ongelijke temperatuur hebben (WEBER).

Andere specifieke gewaarwordingen.

De gevoelszenuwen van zekere huid- en slijmvliesplekken der geslachtswerktuigen brengen bij zekere opwekkingen (4de afdeeling) eigenaardige gewaarwordingen voort, welke van de tast- en temperatuursgewaarwordingen verschillen; men noemt ze „wellust."

Vooralsnog weten wij zeer weinig van de specifieke gewaarwordingen door zenuwvezels, die niet in de huid eindigen. Eenige van deze gewaarwordingen, honger en dorst, zijn reeds vroeger genoemd (bladz. 143 en volg.) Wij moeten nog eenige woorden wijden aan het spiergevoel (WEBER). Het bestaan van gevoelsvezels in de spieren is, zooal niet zeker ontleedkundig, dan toch physiologisch bewezen, door de onder zekere omstandigheden voor den dag komende spierpijnen, en door het zonder twijfel bestaande gevoel van vermoeijenis. Het is echter de vraag, of wij ons uit deze of andere zenuwvezels een oordeel kunnen vormen over den toestand van werkzaamheid der spieren. Dat veel verschijnselen, b. v. de coördinatie van zamengestelde spierbewegingen op eene tusschenkomst van centripetaal geleidende vezels berusten, blijkt daaruit, dat zulke bewegingen hoogst gebrekkig worden, als de achterste wortels van de ruggemergszenuwen (bladz. 253) zijn doorgesneden (BERNARD), of als de centripetaal geleidende deelen van het ruggemerg (Zie Hoofdstuk XIII) beleedigd of ziekelijk ontaard zijn (b. v. bij de grijze ontaarding der achterste stren-

gen — tabes dorsualis, ataxie locomotrice). Dat deze gebrekkigheid alleen aan ongevoeligheid van de huid moet toegeschreven worden, is niet waarschijnlijk, omdat wanneer men eenvoudig de huid wegneemt, de bewegingen niet of weinig gestoord worden (BERNARD). Het schijnt dus dat het bewustzijn zelf bekend is met den toestand der spieren. Men kan zich dit op de volgende wijze voorstellen: 1) gevoelszenuwen van de spieren doen ons oordeelen over de veranderingen in de spanning, in de drukking, en misschien ook in den toestand der zamentrekking; 2) het bewustzijn beoordeelt de willekeurige impulsie, die aan de bewegingszenuwen is meêgedeeld, en het daartoe noodzakelijk behoorend effekt; 3) door de gevoelszenuwen van de omgevende deelen (beenderen, huid, bindweefsel enz.) vormt zich het bewustzijn een oordeel over de effekten van den spierarbeid. Of nu al deze mogelijkheden of slechts eenige daarvan verwezenlijkt zijn, weten wij niet. — De velerlei wijzen waarop men van zulk een spiergevoel gebruik maakt vloeijen reeds voort uit hetgeen hier gezegd is (gecoördineerde bewegingen, het houden van het evenwigt bij het staan enz.), deels zijn zij reeds vroeger besproken (schatting van opgetilde gewigten, beoordeeling van de gedaante van de oppervlakte des ligchaams en daaruitvolgende beoordeeling van de gedaante der voorwerpen, waarmeê het in aanraking is, zie bladz. 320).

DERTIENDE HOOFDSTUK.

De centrale eindorganen der zenuwen. (Organen van het centrale zenuwstelsel).

A. Algemeene beschouwingen.

De centrale eindtoestellen der zenuwvezels komen in zekere organen voor, die men „organen van het centrale zenuwstelsel" noemt. Deze bevatten behalve de centrale eindtoestellen der zenuwvezels ook zelve talrijke vezels. Hunne verrigting is dus reeds daarom zeer ingewikkeld, omdat zij tegelijk als geleidingsorganen kunnen werken. Op het tegenwoordige standpunt der wetenschap kunnen wij nog geen physiologie van de centrale eindtoestellen der zenuwen leveren, en wel voornamelijk omdat zij nergens afgescheiden van zenuwvezels waarmede zij vermengd zijn kunnen onderzocht worden. Vooralsnog kunnen wij derhalve slechts het weinige dat aangaande de verrigting van die gemengde organen — hersenen, ruggemerg, gangliën — bekend is als bouwstoffen opgeven voor eene toekomstige physiologie van de eindorganen der zenuwen, die niet geïsoleerd kunnen worden.

Om aan een orgaan den naam van orgaan van het centrale zenuwstelsel te mogen geven, moet het (zie Inleiding) de volgende eigenschappen bezitten: 1. De vrijmaking van den werkzamen toestand van eene („centrifugale") zenuwvezel zonder dat een uitwendige invloed daarbij in het spel is — automatie. 2. De vrijmaking van den werkzamen toestand van eene („centrifugale") zenuwvezel, die door eene andere („centripetale") is aangezet — reflexie. 3. De verschijnselen, welke met de opwekking van zekere centraalorganen verbonden zijn en die wij voorstellingen of werkzaamheden van de ziel noemen (bladz. 7).

Alle organen des ligchaams waaraan men zulke eigenschappen kan aantoonen, bevatten als integrérende bestanddeelen gangliëncellen, die in eene onmiddellijke verbinding staan

met zenuwvezels; daar men behalve de vroeger aangehaalde peripherische eindorganen geen andere vormelementen vindt die onafgebroken met zenuwvezels zamenhangen, zoo worden algemeen de gangliëncellen als de centrale eindorganen van de zenuwvezels beschouwd. Evenwel is het nog onzeker: 1. of alle gangliëncellen als centraalorganen moeten beschouwd worden, 2. of er niet behalve de gangliëncellen nog andere centrale eindorganen bestaan.

Tegen de eerste meening pleit oogenschijnlijk reeds de algemeen gebruikelijke uitdrukking van „peripherische gangliëncellen." Men vindt namelijk in vele organen, waarvan de verrigtingen volstrekt niet van de organen van het centrale zenuwstelsel afhangen, de zenuwvezels met gangliëncellen of daarmêde veel overeenkomst opleverende cellige toestellen voorzien (zooals in de hoogere zintuigsorganen). Maar wanneer men de functie, om de opwekking van een zenuwvezel op eene andere over te brengen, algemeen voor eene centrale laat doorgaan, dan verhindert niets ons, om ook de „peripherische gangliëncellen," waarvan de wezenlijke beteekenis ons nog ten eenenmale onbekend is, als centraalorganen te beschouwen. In dit geval moet men elke vezel, die door eene gangliëncel afgebroken wordt, voor een stelsel van twee vezels houden; de eene heeft een peripherisch eindorgaan, de andere verbindt twee centraalorganen, zooals de talrijke intercentrale vezels (bladz. 248) van de hersenen, van het ruggemerg en den sympathicus. — Ten opzigte van de tweede vraag, of de gangliëncellen uitsluitend centraalorganen zijn, heeft men vooralsnog aan de volgende bestanddeelen der centraalorganen, die onafgebroken zouden zamenhangen met zenuwvezelen en gangliëncellen, centrale eigenschappen toegeschreven: 1. In zekere deelen der hersenen zouden (volgens HENLE, R. WAGNER) de gangliëncellen onafgebroken in eene homogene grijze massa overgaan, welke men voor de zamengevloeide gangliënzelfstandigheid zou moeten houden; anderen beschouwen evenwel deze massa als bindzelfstandigheid (neuroglia) met een net van fijne zenuwvezels. 2. In zekere deelen van de hersenen komen uitloopers van gangliëncellen voor, die in ronde korrels, gelijkende op die van het netvlies, overgaan (GERLACH, BERLIN); sommigen houden ze voor kleine (bipolaire) cellen, geheel opgevuld met eene groote kern.

Eigenschapppen van de gangliëncellen.

Deze zijn ons nog ten eenenmale onbekend. De scheikundige zamenstelling der gangliëncellen levert waarschijnlijk geen wezenlijk onderscheid op met die der zenuwvezels, want men vindt in de organen (hersenen, enz.) die gangliëncellen bezitten, nagenoeg dezelfde bestanddeelen als in de zenuwen, voor zoover wij namelijk kunnen beoordeelen uit onze hoogst onvolledige kennis aangaande deze bestanddeelen (bladz. 234). Dat ook in deze even als in alle overige organen oxydatieprocessen plaats hebben, is wel is waar hoogst waarschijnlijk, maar vooralsnog door niets bewezen; het eenige feit dat daarop wijst is dat het aderbloed van de hersenen, het ruggemerg, enz. evenzeer arm aan zuurstof en rijk aan koolzuur (donker gekleurd) is, als dat van andere ligchaamsdeelen; evenmin kunnen wij tot nu toe zelfs in de verte nagaan, of en in hoeverre de oxydatieprocessen met de werkzaamheid der gangliëncellen zamenhangen en welke oxydatieprodukten zij opleveren.

Nog minder weten wij van de krachtwisseling der gangliëncellen. De krachten, die in de gangliëncel vrij worden, behooren, voor zoover men daarover kan oordeelen, niet tot die welke door uitwendige middelen kunnen onderkend worden. Noch vorming van warmte, noch opwekking van elektriciteit is tot nu toe daarin aangetoond *). Men moet hier in het algemeen gelijke moleculaire bewegingen vermoeden, als men in de zenuwvezels hypothetisch heeft aangenomen (bladz. 245) en onafgebroken met de laatsten zamenhangen. Wanneer men zich den werkzamen toestand van een zenuwvezel als eene keten van vrijmakingen voorstelt, dan zou men het vrij worden der krachten in de gangliëncel als uitgangspunt of als eindpunt van die vrijmakingen moeten beschouwen. Nu doet zich de vraag voor: welke is in het eerste geval de vrijmakende kracht voor de spankrachten van de gangliëncel, en wat gebeurt er in het tweede met de krachten, die in de gangliëncel zijn vrij geworden?

Het eenvoudigst zal men op deze vragen kunnen antwoorden in het geval, dat de cel slechts de rol van bemiddelaar speelt tusschen twee zenuwvezels, d. i. bij de reflexie (in den ruimsten zin des woords). Hier worden de spankrachten der gangliëncel vrijgemaakt door de vrij geworden krachten van de eene opgewekte vezel, en maken zelfs wederom de spankrachten van de andere vrij. In dit geval moet men dus slechts eene enkele vrijmakingsketen aannemen; haar uitgangspunt (de eerste vrijmakende kracht) is een invloed van de buitenwereld, die op een peripherisch eindorgaan eener zenuw (zintuigsorgaan) inwerkt, haar eindprodukt de vrijmaking der spankrachten van een arbeidend orgaan (spier, klier, parenchym). De gangliëncel zou daarbij eigenlijk geen andere rol spelen dan het een of ander stuk van de eenvoudig geleidende zenuwvezel.

Het vraagstuk is reeds veel moeijelijker te begrijpen bij de opwekkingen, die automatische worden genoemd. Onder dezen naam vat men alle opwekkingen zamen, die van een gangliëncel uitgaan, en waarbij de vrijmakende kracht in de gangliëncel onbekend is. Twee zaken zijn hier mogelijk: 1. Het vrij worden der spankrachten heeft in de cel plaats zonder vrijmakende kracht; in dit geval moet men aannemen, dat er krachten aanhoudend vrij worden †). Het is daarom niet noo-

*) Wel is waar is ook in het ruggemerg het bestaan van elektrische stroomen aangewezen (DU BOIS-REYMOND); doch deze hebben dezelfde eigenschappen alsof het merg een zenuwstreng ware, zoodat de hypothese veel aanlokkelijks heeft, dat die stroomen aan de overlangsche zenuwvezels van het merg moeten worden toegeschreven.

†) Men kan zich deze mogelijkheid òf aldus voorstellen, dat de stoffen, die de spankrachten bezitten door uitwendige momenten (b. v. door den toevoer van bloed) voortdurend juist in die mate met elkander in aanraking worden gebragt, waarin zij zich verbinden, — òf aldus, dat de elk oogenblik vrij wordende krachten zelfs gedeeltelijk op de spankrachten die in voorraad bewaard zijn voor het volgende oogenblik vrijmakend werken, even als b. v. bij den glimmenden tonder de ontstane warmte er tevens toe dient, om de verbranding te onderhouden.

dig dat de hierdoor ontstane opwekking der zenuwvezels aanhoudend is. Wanneer men zich namelijk voorstelt, dat de vrij geworden krachten een zekeren weêrstand moeten overwinnen, voordat zij vrijmakend op de zenuwvezels kunnen werken, dan volgt daaruit, dat zij zich telkenmale vooraf tot op eene zekere spanning moeten ophoopen, op dezelfde wijze als een gas, dat aanhoudend door een buis onder water wordt geleid, daarin niet aanhoudend, maar bij tusschenpoozen in blazen van eene zekere grootte opstijgt, doordien het zich in de buis telkenmale tot aan eene zekere drukking ophoopt, die voldoende is om den weêrstand van de cohaesie des waters te overwinnen. Daardoor zal dus eene rhythmische opwekking tot stand komen. Inderdaad zijn alle tot nu toe bekende automatische opwekkingen òf aanhoudend („tonisch") of rhythmisch, waarbij men zich echter herinneren moet, dat vermoedelijk ook alle tonische opwekkingen werkelijk als rhythmische (tetanische bladz. 194—195) moeten beschouwd worden. Elke kracht, die den hypothetischen weêrstand vergrooten of verkleinen kan, zou op de veelvuldigheid van den rhythmus en de sterkte der opwekking in elk geval op dezelfde wijze invloed uitoefenen, als in het bovengenoemd voorbeeld vermeerdering van de cohaesie van het water (door gom enz.) de blazen zeldzamer doch grooter, vermindering van de cohaesie (aether in plaats van water) de blazen veelvuldiger en kleiner maakt. Wordt de weêrstand zoo groot gemaakt dat hij niet te overwinnen is, dan zal elke opwekking een tijd lang uitblijven; wordt hij zeer klein gemaakt, dan zal eene tonische (tetanische) opwekking ontstaan. Zulk een invloed schijnt wezenlijk bij sommige rhythmisch-automatisch werkende gangliëncellen te bestaan, uitgeoefend door de zoogen. „regulatorische" zenuwen, waarvan de „belemmeringszenuwen" een onderafdeeling zijn. Zekere verschijnselen, met name de werkingen van den vagus op het hart en van andere vezels daarvan op het verlengde merg (bladz. 52 en 71) kunnen hoogst moeijelijk door eene andere hypothese verklaard worden. Wanneer het bevestigd wordt, dat de invloeden van die vezels op de centraalorganen slechts in eene wijziging van de tijdelijke verdeeling van hare verrigting bestaat, dat dus telkenmale de ontlading beschouwd moet worden in de omgekeerde reden te staan tot de veelvuldigheid (vergel. bladz. 72), dan blijft er niets anders over dan de verklaring, dat die hypothetische weêrstand door de werkzaamheid van zekere vezels verhoogd (belemmeringszenuwen), door andere verminderd wordt (verschillende vezels). — 2. De tweede mogelijkheid, waardoor men de hypothese van onbekende vrijmakende krachten bij de automatische opwekkingen kan missen, zou zijn, dat de automatie alleen in schijn bestaat, en dat in werkelijkheid een reflexie-

proces ten grondslag ligt; misschien kan men vele, met name tonische, automatische opwekkingen op deze wijze verklaren, gelijk men dit reeds bij een daarvan (zie beneden de leer van den spiertonus) beproefd heeft.

Volkomen onbegrijpelijk echter is het vraagstuk bij de opwekkingsprocessen van de gangliëncellen, waarbij oogenschijnlijk het uitgangs- of het eindpunt van eene vrijmakingsketen eene voorstelling is (wil, gewaarwording), en zoo ook bij de voorstellingen, die schijnbaar in geen regtstreekschen zamenhang staan met opwekkingen van de geleidingsorganen (denkprocessen). Over het algemeen is het twijfelachtig of er voorstellingen bestaan, die in volstrekt geen verband staan met zenuwopwekkingen, derhalve met gewaarwordingen of den wil. Niet onwaarschijnlijk is de hypothese (die wel is waar niet bewezen kan worden, maar reeds van eene andere zijde gewijzigd is geopperd) dat alle voorstellingen onafgebroken rijen („gedachteketens") vormen, waarvan het uitgangspunt altijd met eene aankomende zenuwopwekking verbonden is (gewaarwording) en waarvan het eindpunt altijd wederom eene voorstelling is, die met eene zenuwopwekking gepaard gaat (wil). Zeer aannemelijk schijnt nu de hypothese, dat er op dezelfde wijze tusschen de beide vrijmakingsprocessen van de aankomende en de ten laatste verdwijnende opwekking eene onafgebroken keten van vrijmakingsprocessen in het centraalorgaan bestaat, welke aan de keten der voorstellingen parallel en op eene onbekende wijze met deze verbonden is. Met deze hypothese nu zouden alle moeijelijkheden uit den weg zijn geruimd, om het begin en het einde van een niet rhythmisch en niet aanhoudend vrijmakingsproces in het centraalorgaan te zoeken; want in dit geval zouden de stoffelijke processen in het centraalorgaan onder medewerking van de ziel zich van de eenvoudige reflexieprocessen alleen door eene grootere uitbreiding in tijd en ruimte (over talrijke centraalorganen, waarvan de opwekking met voorstellingen gepaard gaat, zielsorganen) onderscheiden, en bij gevolg moest dus de oorsprong van elke niet automatische zenuwopwekking onmiddellijk of middellijk in de opwekking van een peripherisch eindorgaan der zenuw gezocht worden.

Het is hier de plaats niet om over de velerlei wijsgeerige voorstellingen aangaande het verband tusschen de verrigtingen der ziel en de stoffelijke processen, of, in denzelfden geest als wij boven gesproken hebben, tusschen de functiën der ziel en de vrijwordende krachten van het centraalorgaan te spreken. Wij moeten echter doen uitkomen, dat de boven geopperde hypothese voor deze vragen niets afdoet, maar dat zij alleen is voortgesproten uit de behoefte, om tusschen het onbekende uiteinde van eene vrijmakingsketen en het onbekende begin van een andere het hoogst mogelijk eenvoudige hypothetische verband te zoeken, dat buitendien (in de reflexieprocessen) eene zekere analogie heeft.

De eigenschappen, die men volgens het hier boven mede-

gedeelde, deels aan sommige, deels aan alle gangliëncellen hypothetisch kan toekennen, zijn derhalve: 1. een aanhoudend vrij worden van krachten, die vrijmakend op de spankrachten werken van de uit de gangliëncellen gaande zenuwvezels, òf alleen op deze wijze (ware tonische automatie, die echter niet aangetoond is), òf na het overwinnen van een zekeren hypothetischen weêrstand (rhythmische en tetanische — schijnbaar tonische — automatie), waarvan de grootte wederom van den opwekkingstoestand van zekere in de gangliëncellen binnentredende zenuwvezels („regulatorische") afhangt; 2. geleidingsvermogen van een in de gangliëncel tredende zenuwvezel op eene andere; de geleiding geschiedt van eene centripetale vezel door eene of door een aantal gangliëncellen ten laatste tot eene centrifugale. Is de verandering van de gangliëncellen gedurende de geleiding niet met voorstellingen verbonden, dan noemt men het proces reflexie; gaat zij daarentegen met voorstellingen gepaard, dan verdeelt men deze in gewaarwording (voorstelling bij opwekking van het centraalorgaan door de centripetale vezels), vorming van gedachten (voorstellingen gedurende de geleiding), wil (voorstelling bij opwekking der centrifugale vezels).

Aangezien uit de opwekking van een afzonderlijke centripetale vezel ten slotte eene opwekking van zeer verschillende, misschien van alle centrifugale vezels kan volgen, zoo is het ontleedkundig bewezen, bestaan van multipolaire gangliëncellen tevens een physiologisch postulaat. Nu is het de vraag, door welke omstandigheden de weg der geleiding uit de gangliëncel bepaald wordt. Wij kunnen ons daarvan volstrekt geen begrip vormen in die gevallen, waarin de opwekking der gangliëncellen met voorstellingen gepaard is; want oogenschijnlijk kan dezelfde gewaarwording ten slotte oneindig verschillende willekeurige bewegingen na zich slepen („vrije wil"). Evenwel is het aantal der zamenwerkende gewaarwordingen altijd zoo oneindig groot, dat men nog niet bepalen kan, of niet volkomen dezelfde combinatie in hetzelfde organisme telkenmale denzelfden uitgang zou kunnen hebben. — Voor het overige zijn de volgende invloeden, die algemeen de geleiding bepalen, bekend: Zekere stoffen, die door het bloed op het zenuwstelsel werken, begunstigen eene snelle geleiding van de cel, die 't eerst door de centripetale vezel is opgewekt op zulke, die met centrifugale vezels verbonden zijn, en storen, naar het schijnt, de geleiding door zulke cellen, waarvan de opwekking met voorstellingen gepaard gaat. Zulke stoffen zijn: strychnine, bij lagere dieren ook opium. Denzelfden invloed hebben zekere ziekelijke veranderingen van het zenuwstelsel (tetanus rheumaticus, traumaticus). Op dezelfde wijze zou het wegnemen van de zielsorganen werken (b. v. als

men de hersenen van het ruggemerg scheidt). Al deze invloeden bevorderen dus de reflexie. Nadere bijzonderheden over de wetten der reflexiebewegingen, zie beneden.

De vraag of de gangliëncellen door de algemeene zenuwprikkels (bladz. 238 en volg.) opgewekt kunnen worden, is nog niet beantwoord. Tegen deze meening schijnt te pleiten, dat de gangliënachtige zelfstandigheid van het ruggemerg door die prikkels niet zou kunnen worden opgewekt (SCHIFF, VAN DEEN). Bij deze proeven kan men zich echter nog geen juist begrip vormen van de verhouding der verbindende zenuwvezels, die mede door den prikkel worden getroffen.

Aangaande den tijd, dien de geleiding door de gangliëncellen vereischt, is niets bekend. Den tijd, dien de opwekking noodig heeft, om bij reflexieprocessen van het binnentreden der centripetale vezels tot het uittreden van de centrifugale in het centraalorgaan aan te komen, kan men wel bepalen (men berekent den tusschentijd der prikkeling van het peripherisch eindorgaan tot de zamentrekking der spier, en trekt daarvan de — volgens bladz. 245 bekende — tijden af, die de geleiding door de beide zenuwen noodig heeft, HELMHOLTZ); doch uit deze bepaling kan men niets meer afleiden, omdat men de lengte van den weg in het centraalorgaan niet kent en bovendien niet weet, hoe veel daarvan op rekening van cellen, hoeveel op die van vezels komt.

B. Bijzondere beschouwingen.

Wij laten hier thans volgen wat er aangaande de centrale en geleidingsverrigtingen van de afzonderlijke centraalorganen (hersenen, ruggemerg, sympathische gangliën) tot nu toe ontdekt is, waarbij wij echter uitdrukkelijk moeten doen opmerken, dat wij ons hier alleen zullen beperken tot die resultaten, welke het onderzoek op dit zeer duister gebied van de physiologie met vrij voldoende zekerheid heeft opgeleverd.

I. Automatie.

Van automatisch werkende centraalorganen (in de beteekenis van hetgeen op bladz. 329 en volg. is gezegd) zijn tot nu toe de volgende onderzocht:

A. Gangliëncellen en knoopen van den sympathicus.

Om een absoluut bewijs te leveren, dat sommige of alle sympathische gangliëncellen automatisch werken, kunnen wij partij trekken van de waarneming, dat na vernietiging van de hersenen en het ruggemerg (bij kikvorschen) het grootste gedeelte van de onwillekeurige bewegingen en afscheidingen, en ten gevolge daarvan bloedsomloop, spijsvertering enz. nog een tijd lang blijven aanhouden (BIDDER). De automatische verrigting van een afzonderlijk sympathisch ganglion kan evenwel alleen daardoor bepaald worden, dat men het met inbegrip

van de spierachtige deelen, die daardoor bestuurd worden, van alle overige centraalorganen isoleert, en het resultaat daarvan waarneemt. De wetenschap bezit echter nog slechts zeer weinig degerlijke waarnemingen. De doorsnijding tusschen ganglion en spier, of de prikkeling van het ganglion kunnen ons alleen leeren, of het ganglion bij de heengeleiding der opwekking in het spel is, niet of deze van hetzelve uitgaat. Met zekerheid heeft men de volgende automatische centra in den sympathicus aangewezen:

1. Een gedeelte der gangliëncellen van den hartwand veroorzaakt automatisch rhythmische zamentrekkingen van het hart (bladz. 51 en volg.).

2. Een ander gedeelte van deze gangliëncellen werkt belemmerend (bladz. 330 en volg.) op de sub 1. genoemde (bladz. 51). — Men heeft deze waarnemingen aan uitgesneden harten en stukken van het hart gedaan, ze moeten dus als afdoende beschouwd worden.

Alle andere opgaven, die deels na doorsnijdings- en prikkelingsproeven (zie boven), deels eenvoudig naar analogie met de hartgangliën gedaan zijn, zijn voorloopig onzeker, ofschoon op grond van de bovengenoemde proefneming van BIDDER waarschijnlijk. Automatische werkingen op de ingewanden van de borst- en buikholte worden niet alleen toegeschreven aan de cellen die in den wand van gene verspreid liggen (maag, darm bladz. 117), maar ook aan de ganglieuse vlechten, die in de holten zijn gelegen, namelijk motorische, vasomotorische en secretorische (vergel. het aanhangsel tot dit hoofdstuk). Als bewijs voor de automatie van de gangliëncellen, die de beweging van den darm besturen, zou men nog de regelende werking van den splanchnicus (bladz. 117) kunnen aanhalen.

B. Ruggemerg.

In het ruggemerg, dat talrijke reflectorische en zelfs misschien psychische centraalorganen bezit (zie beneden), heeft men nog geen enkel automatisch centraalorgaan met volkomen zekerheid, doch wel velen met waarschijnlijkheid aangetoond.

Gedurende een geruimen tijd schreef men aan het ruggemerg de tonisch-automatische opwekking van eene, naar men meende, altijd aanwezige onwillekeurige zwakke zamentrekking van alle willekeurige (animale) spieren des ligchaams toe, den zoogen. spiertonus. Deze hypothese was gegrond op de volgende waarnemingen: a. spieren, die tusschen hare natuurlijke aanhechtingspunten doorgesneden worden, springen terug, zoodat de snede gaapt; — doch dit verschijnsel laat zich gemakkelijk verklaren uit de bladz. 179 vermelde spanning van

de rustende spieren boven hare natuurlijke lengte. b. bij eenzijdige verlammingen van den facialis (ook de hersenen zouden aan de opwekking van den spiertonus deel hebben) ontstaat eene vertrekking van het gezigt naar de gezonde zijde, naar men vermeent, door verslapping van de spieren, die tot nu toe verkort waren, na de verlamming; men kan dit verschijnsel aldus verklaren, dat alleen de elasticiteit der spieren van eene zijde niet voldoende is, om de spieren van de andere, als zij (b. v. door lagchen) waren zamengetrokken, weder tot hare oorspronkelijke lengte te rekken (vergel. bladz. 192), zoodat eene evenwijdige werkzaamheid van beide zijden eene voorwaarde is voor het behoud van den normalen stand. Dat nu inderdaad geen spiertonus in de opgegevene beteekenis bestaat volgt daaruit, dat willekeurige spieren, die met gewigten beladen zijn, doch met het ruggemerg nog zamenhangen, zich na doorsnijding van hare zenuwen niet het minst verlengen (AUERBACH, HEIDENHAIN).

Voor eenige jaren heeft men wederom beweerd dat er een tonische zamentrekking van alle willekeurige ligchaamsspieren bestaat, daarbij evenwel in zoo verre van de vroegere meening afwijkende, dat deze tonus niet automatisch, maar door reflexie zou tot stand komen (BRONDGEEST). Hangt men namelijk een kikvorsch (die men van zijn hersens heeft ontroofd) aan den kop op, dan zijn beide beenen in alle gewrichten zwak gebogen; snijdt men nu den plexus ischiadicus van eene zijde door, dan zakt het been van deze zijde slap naar beneden; doch hetzelfde gebeurt ook, als men in plaats van den geheelen plexus of alleen van de voorste wortels, slechts de achterste wortels doorsnijdt. Hieruit zou men allezins kunnen besluiten (BRONDGEEST), dat de gevoelswortels naar het ruggemerg eene onafgebroken opwekking, die van de eene of andere plaats, b. v. de huid (COHNSTEIN) komt, heen brengen, welke ginds door reflexie de motorische vezels van de voorste wortels opwekt. Daar echter alleen de buigspieren aan deze zamentrekking deel nemen (L. HERMANN), zoo is dit verschijnsel eenvoudig hetzelfde hetwelk reeds sinds lang bekend is (en waarover beneden bij de sensorische verrigtingen sprake zal zijn), namelijk dat onthersende kikvorschen de dijen adduceren, doch even als ongedeerde, slechts zoolang de achterste wortels ongedeerd zijn. Daar nu het eenmaal geadduceerde been hoogst waarschijnlijk verslapt (als het dier hangt verhoudt zich de zaak anders), dan is de zamentrekking in elk geval noch aanhoudend, noch aan alle spieren gemeen, en evenmin automatisch.

Met veel meer waarschijnlijkheid mogen wij een automatischen tonus van de onwillekeurige spieren aannemen. Men heeft aangetoond: a. eene tonische zamentrekking van de gladde spieren der slagaderen (bladz. 63); als bewijs hiervoor geldt: uitzetting van de slagaderen na doorsnijding der vasomotorische zenuwen; b. eene tonische zamentrekking van den sphincter en van den dilatator pupillae (bladz. 266); bewijs: verwijding van de pupil bij doorsnijding van den oculomotorius, vernaauwing bij die van den sympathicus; c. tonus van de gladde retractiespieren der oogleden (bladz. 294); bewijs: vernaauwing van de ooglidspleet bij doorsnijding van den sympathicus; d. eene tonische zamentrekking van den sphincter ani; bewijs:

vermindering van de drukking, die eene vloeistof in den endeldarm kan bereiken zonder den sphincter te openen, na doorsnijding van de zenuwen (GIANUZZI en NAWROCKI); e. voorts beweren sommigen dat er een tonus van den sphincter vesicae bestaat, op grond van dezelfde bewijzen; door anderen wordt zoowel deze tonus, als de tegenwoordigheid van den sphincter in twijfel getrokken (zie hierover bladz. 105). — De centraalorganen van al deze tonische automatieën, met uitzondering van die van den oculomotorius (zie boven), moeten met groote waarschijnlijkheid, doch zonder voldoende bewijzen, in het ruggemerg gezocht worden. Men heeft algemeen aangenomen, dat de centraalorganen voor de vezels van den sympathicus, die den dilatator pupillae en de retractiespieren van de oogleden verzorgen, in het ruggemerg zijn gelegen, en wel in de streek van den 6den hals- tot den 3den borstwervel, het zoogen. centrum ciliospinale (BUDGE; — oculospinale, BERNARD). Ook de opwekking van den tonus der sluitspieren wordt met groote waarschijnlijkheid aan het ruggemerg toegeschreven, vooral op grond daarvan dat bij ruggemergsziekten stoornissen in het sluiten der sphincteren waargenomen zijn. — Het automatische centraalorgaan der vasomotorische zenuwen is echter niet bekend. Vroeger beweerde men dat het in het ruggemerg was gelegen, voornamelijk op grond dat na doorsnijding der ruggemergszenuwen hier en daar de vaattonus was opgeheven. De vezels vermengen zich echter (BERNARD) bij de spinale wortels eerst door de r. r. communicantes sympathici; doch wij hebben ook nog geen regt om haren oorsprong in de sympathische gangliën aan te nemen, omdat wij nog altijd op proefnemingen wachten, die dit moeten bewijzen. Op grond van andere proeven zou men ook kunnen aannemen dat althans een gedeelte van de vaatzenuwen in het cerebrospinale orgaan ontspringt, omdat na halfzijdige doorsnijdingen van het ruggemerg vaatverwijdingen worden waargenomen, deels aan dezelfde, deels aan de andere zijde.

Eindelijk moeten wij nog mededeelen, dat men tot in den laatsten tijd aan het ruggemerg de automatisch-rhythmische innervatie van de lymphharten (bij den kikvorsch, vergel. bladz. 128) heeft toegeschreven, — eene hypothese, waaraan men onlangs weder is gaan twijfelen.

C. Het verlengde merg.

Men heeft in het verlengde merg de volgende automatische centra aangenomen, die in zijne grijze kernen hunne zitplaats hebben.

1. Het centrum der rhythmische ademhalings-

bewegingen (noeud vital, point vital, FLOURENS), eene beperkte plaats aan de punt van den calamus scriptorius, waarvan de vernietiging onmiddellijk de ademhalingsbewegingen doet stilstaan en dus bij warmbloedige dieren bijna oogenblikkelijk den dood ten gevolge heeft. De studie van dit centraalorgaan belooft belangrijke ophelderingen aangaande het wezen van de rhythmische automatie. Want ten eerste is hier eene voorwaarde bekend, waarvan het ontstaan der rhythmische automatie afhangt, namelijk de toetreding van bloed dat niet met zuurstof verzadigd is (vergel. bladz. 72); men kan die automatie door een toevoer van overvloedige zuurstof opheffen. Aangezien nu de werkzaamheid van het centraalorgaan wederom altijd een zeker zuurstofgehalte van het bloed vooronderstelt, zoo schijnt het als of men de eene of andere stof die in bloed, dat arm aan zuurstof is, voorkomt als een onafgebroken werkenden opwekker moet beschouwen, doch de zuurstof als voorwaarde voor de opwekbaarheid van het centraalorgaan. Voorts is het centrum der ademhaling daardoor gekenmerkt, dat het twee verschillende spiergroepen onafhankelijk van elkander in eene rhythmische afwisseling innerveert, de in- en exspiratoren, en dat het aantal der vezels, die tot werkzaamheid zijn gebragt, van de sterkte des prikkels afhangt (vergel. bladz. 68). Eindelijk staat het centraalorgaan niet weinig onder den invloed der vezels van den vagus en den laryngeus superior (zie bladz. 71 en volg). Men kan dezen invloed op de volgende wijze door eene hypothese verklaren (ROSENTHAL): Men moet zoo wel voor de innervatie der inademings- als voor die der uitademingsspieren een weêrstand, zooals die welke op bladz. 330 is genoemd, vooronderstellen, die den rhythmus tot stand brengt. Neemt men nu nog aan, dat de vergrooting van den eenen weêrstand den aandrang der prikkeling naar den anderen versterkt, dat verder eene prikkeling der vezels van den vagus den inspiratorischen weêrstand verzwakt, prikkeling der vezels van den laryngeus dien versterkt, dan kan men uit deze gegevens alle verschijnselen afleiden, die in het derde hoofdstuk zijn opgenoemd. Voor den gewonen toestand moet de inspiratorische weêrstand zoo klein worden aangenomen, dat in het geheel geen aandrang van den prikkel naar den exspiratorischen tot stand komt, dus geen actieve uitademing plaats heeft. Wordt de inspiratorische weêrstand versterkt, door doorsnijding van de (voortdurend opgewekte) vagi of prikkeling van de laryngei, dan worden eerstens de inademingen zeldzamer en dieper, doch ten anderen worden door den aandrang van den prikkel naar den exspiratorischen weêrstand en de overwinning daarvan uitademingsspieren werkzaam, en in des te grooter aantal en met des te meer intensiteit,

naar mate de aandrang sterker is. Wordt omgekeerd gene verzwakt (door prikkeling van den vagus), dan worden eerstens de inademingen gestadig sneller en kleiner, ten laatste tetanisch, ten tweede verdwijnen alle actieve uitademingen, in geval deze werkelijk bestonden. Wordt eindelijk de prikkel versterkt, d. i. wordt het bloed armer aan zuurstof, dan moeten klaarblijkelijk inademing zoowel als uitademing in veelvuldigheid, intensiteit en aantal van de daarbij werkende spieren toenemen (resp. actieve uitademingen tot stand komen, die vroeger niet aanwezig waren), — dyspnoe (bladz. 72).

Deze feiten, die, ofschoon nog op hypothetische grondslagen berustende, hoogst belangrijk zijn voor onze, wel is waar pas ontluikende kennis aangaande de centrale processen, kunnen het best met behulp van de reeds bladz. 330 opgegeven voorbeelden opgehelderd worden; alleen in dier voege gewijzigd dat men den gasstroom door eene verdeelde buis in twee vloeistoffen laat stroomen; de eene, die men zich voor den normalen toestand zeer dun moet voorstellen in vergelijking met de tweede, stelt den inspiratorischen, de tweede den exspiratorischen weêrstand voor. Aan de prikkeling van den vagus beantwoordt verdunning, aan die van den laryngens verdikking van de eerste vloeistof. Aan de dyspnoe beantwoordt vermeerdering der drukking van het instroomende gas. De blazen, die in de eerste vloeistof opstijgen, beantwoorden aan de innervaties der inspiratie, die in de tweede aan de innervaties der exspiratie. Tevens leert ons het voorbeeld, dat om een eenvoudige reden voor de gevallen, dat in beide vaten blazen opstijgen (actieve in- en uitademing) deze nu eens in het eene, dan eens in het andere vat moeten opstijgen.

2. Het centrum der vezels van den vagus die de beweging van het hart regelen. De plaats daarvan is nog niet met zekerheid bekend. Dit centrum is bij warmbloedige dieren automatisch-tonisch (tetanisch) werkzaam (bladz. 52). Zooals evenwel (ter zelfder plaatse) gezegd is, kan men zich ook de werkzaamheid daarvan, in plaats van tetanisch, in een matig snellen rhythmus voorstellen (v. BEZOLD). Doch wij bezitten geen middel om te beslissen hoe het in de werkelijkheid met de zaak gesteld is.

3. Centrum voor bilaterale epileptische krampen. Wanneer men den slagaderlijken bloedtoevoer van de hersenen afsluit (door onderbinding van de vier hoofdslagaderen: carotiden en vertebrales, of vernaauwing daarvan door prikkeling van de vasomotorische zenuwen), volgen oogenblikkelijk stuipen, die veel op vallende ziekte gelijken, en, zoodra men het bloed weder vrijen toegang geeft, ophouden (KUSSMAUL en TENNER). Dáár deze ook na verwijdering van alle voorste hersendeelen voor den dag komen, en alleen door verwijdering van de pedunculi cerebri en van de c. c. quadrigemina een weinig zwakker worden, zoo moet men haar hoofdcentrum in het verlengde merg aannemen. Volgens een andere meening zou dit centrum ook door congestie werkzaam worden, en alsdan de oorzaak zijn van ware epilepsie (SCHROEDER V. D. KOLK).

De overige bekende centra van het verlengde merg kunnen niet als automatisch beschouwd worden, omdat hunne werking alleen door reflexie of door den wil tot stand komt. — Zij worden daarom later besproken.

Ook op de beide eerstgenoemde centra kunnen zoowel reflexie- (zooals bij het centrum van de ademhaling is medegedeeld) als zielsverrigtingen invloed hebben. Bekend is het, dat de ademhalingsbewegingen willekeurig in rhythmus, in diepte en in uitbreiding gewijzigd en tot op een zekeren graad willekeurig afgebroken kunnen worden. Op dezelfde wijze oefenen de gemoedsbewegingen een grooten invloed uit op den rhythmus der hartbewegingen, waarvan men, ofschoon zonder afdoende bewijzen, vermoedt dat hij niet regtstreeks op de gangliën van het hart, maar door tusschenkomst van het verlengde merg en den vagus wordt uitgeoefend. Daarom moet men eene verbinding van deze centra met de zielsorganen der groote hersenen aannemen (zie beneden bij de geleiding).

Vooralsnog heeft men in de hersenen zelve geen eigenlijk automatisch centraalorgaan ontdekt.

2. Reflexieprocessen.

Gelijk wij reeds meermalen gezegd hebben, worden alleen die centrale processen reflectorisch genoemd, waarbij op eene bepaalde centripetale opwekking, een bepaalde of althans volgens wetten verschillende centrifugale opwekking volgt, zoowel motorisch, als secretorisch, enz. Reeds deze begripsbepaling toont aan, dat de reflectorisch tot stand komende bewegingen (reflexiebewegingen) onwillekeurig plaats hebben. Doch de ervaring leert, dat van den eenen kant de prikkels, welke reflexiebewegingen opwekken, meestal tegelijker tijd waargenomen worden, en dat van den anderen kant de reflectorische bewegingen grootendeels ook willekeurig kunnen ontstaan. Het is in het algemeen een eigenschap der gecoördineerde reflexiebewegingen dat zij den toestand opheffen, waarvan de aanwezigheid zich door den gevoelsprikkel openbaart (zie beneden).

Aangezien het reflexieproces eigenlijk slechts als eene geleiding van de opwekking van eene centripetale op eene centrifugale vezel moet beschouwd worden (bladz. 329), zou men zich kunnen voorstellen, dat de eerste in het centraalorgaan, b. v. in het ruggemerg, eenvoudig regtstreeks in eene centrifugale vezel ombuigt, of zelfs, dat er een overgang zou kunnen plaats hebben van de opwekking eener centripetale vezel op eene daarnaast gelegen, niet met haar zamenhangende centrifugale vezel (dwarse geleiding). Sinds lang heeft men de

laatste hypothese laten varen, omdat zij in strijd is met hetgeen nieuwere onderzoekingen hebben geleerd. De eerste is om vele redenen hoogst onwaarschijnlijk: 1. de tijd, dien het reflexieproces in het centraalorgaan noodig heeft (en die op de bladz. 333 aangegeven wijze wordt gemeten), is veel te groot voor eene eenvoudige geleiding door vezels ($^1/_{30}$—$^1/_{10}$ seconde, HELMHOLTZ). — Bij de eerste hypothese zou men voor elke plaats van welke uit eene reflexiebeweging kan opgewekt worden, behalve de gewone sensible nog bijzondere centripetale vezels moeten vooronderstelden, die in bijzondere centrifugale overgaan, derhalve nog een bijzonder zenuwstelsel aannemen; en men heeft een zoodanig stelsel inderdaad gedurende een geruimen tijd, doch zonder daartoe door de ontleedkunde geregtigd te zijn, aangenomen en als „excitomotorisch" betiteld; — 3. Klaarblijkelijk moest bij elke prikkeling van eene plaats, van welke uit over het algemeen reflexies vrijgemaakt kunnen worden, ook altijd eene reflexiebeweging, en wel altijd dezelfde, tot stand komen, — twee postulaten, die beide met de waarneming in strijd zijn. — Men moet daarom aannemen, dat de bemiddeling tusschen beide, bij de reflexie werkzame, vezels door een of meer gangliëncellen plaats heeft, die van haren kant wederom in verbinding staan met andere gangliëncellen, onder andere ook met zielsorganen (de — sensible — gangliëncellen, die het eerst door de centripetale vezel worden opgewekt, verbinden zich met percipiérende zielsorganen, welke de centrifugale vezel het eerst opwekken — motorische — met organen van den wil). In de laatste hypothese ligt tevens eene verklaring opgesloten niet alleen van de reflectorische opwekking van verschillende centrifugale vezels door dezelfde centripetale en omgekeerd, — maar ook het feit (zie boven), dat vele indrukken die reflexie opwekken tegelijkertijd waargenomen kunnen worden en vele reflectorische bewegingen ook willekeurig kunnen ontstaan. Tevens komt deze hypothese het meest overeen met hetgeen de ontleedkunde geleerd heeft (zie beneden bij de geleiding).

Bij deze hypothese doet zich nu in de eerste plaats de vraag voor, door welke invloeden de weg bepaald wordt dien eene centripetaal aangekomen opwekking verder moet volgen: 1. of zij den reflectorischen weg van de sensible gangliëncel tot een of meer motorische, of dien, welke tot percipiérende zielsorganen leidt, inslaat, en 2. in geval van reflexie, van welke der vermoedelijk talrijke voor de hand liggende geleidingen zij gebruik maakt, of hoeveel daarvan gelijktijdig, d. i. welke of hoe ver verspreide reflexiebewegingen tot stand komen.

De eerste vraag is reeds bladz. 332 in het algemeen beantwoord, toen wij de reflexie-bevorderende invloeden

hebben opgegeven (zekere narcotica, pathologische tetanus, het wegnemen van de zielsorganen, b. v. onthersenen of decapiteren van een dier; over de reflexiebewegingen, die hierbij tot stand komen, zie beneden bij de verrigtingen van de ziel). Als invloeden die de reflexie belemmeren worden nog de volgende opgegeven: a). Gelijk reeds opgesloten ligt in hetgeen wij zoo even hebben gezegd, bezitten de psychische werkzaamheden van de ziel, en in de eerste plaats de wil, het vermogen om talrijke reflexies te onderdrukken. Bij aanraking van den oogappel sluiten zich in den regel de oogleden door reflexie (onwillekeurig); het is echter bekend, dat men dit door den wil kan beletten. Daarom hebben de reflexies in den slaap zeer regelmatig plaats. Er bestaan evenwel talrijke reflexieverschijnselen, die aan dezen invloed niet zijn onderworpen, b. v. de vernaauwing van de pupil bij verlichting van het netvlies, de ejaculatio seminis bij prikkeling van den penis, enz. — b.) In de hersenen zou een automatisch orgaan voorkomen, dat een vertragenden of belemmerenden invloed op de reflexieprocessen uitoefent; bij den kikvorsch zou het bij voorkeur in de lobi optici zijn gelegen; ook de eigen werkzaamheid daarvan zou reflectorisch opgewekt of versterkt kunnen worden door alle gevoelsindrukken (SETSCHENOW). De tijd namelijk, die tusschen de prikkeling van een huidplek en de afwering door reflexie verloopt, wordt kleiner, als men de betreffende deelen der hersenen afsnijdt, — grooter, als men ze door keukenzout (dat men op een van voren gemaakte dwarssnede legt), — en nog meer vergroot (ook bij den mensch) als gelijktijdig andere gevoelsindrukken inwerken.

De tweede vraag wordt, ofschoon nog niet geheel voldoende, door zekere reflexie-wetten (PFLÜGER) beantwoordt, die grootendeels uit pathologische waarnemingen zijn afgeleid. Volgens deze komen reflexiebewegingen te voorschijn: 1. als de opwekking aan eene zijde voorkomt: slechts in die helft des ligchaams, waarin de opgewekte centripetale vezel gelegen is („gelijkzijdig"); 2. als zij aan beide zijden voorkomt: op de andere, altijd symmetrisch aan de eerste; — 3. als de opwekking op beide zijden niet even sterk is: altijd sterker aan de opgewekte zijde; 4. gewoonlijk (vergel. sub. 5) komt zij in spieren voor, waarvan de zenuwen in een (bijna) gelijk niveau ontspringen als die welke centraal zijn opgewekt; strekt zich de reflectorische opwekking van hier op vezels van naburige niveau's uit, dan heeft dit altijd plaats in de rigting naar het verlengde merg; 5. zij vertoonen zich òf algemeen (in de geheele musculatuur des ligchaams, stijfkramp) òf tot ééne plaats beperkt; in het laatste geval òf in het niveau der centripetale vezels (resp. die, welke zich van hier verspreiden, zie sub 4), òf in zenuwen van het

verlengde merg (kramp van de kaauwspieren — trismus —, krampen bij het slikken — hydrophobie —, ademhalingskrampen, enz.). — In het algemeen strekt zich de uitgebreidheid van de reflexieprocessen over des te meer centrifugale vezels uit, naar mate de prikkel en de reflexie-opwekbaarheid sterker zijn (zie boven). Voorts is het hoogst waarschijnlijk, dat bijna altijd bij de vrijmaking van een reflex veel gevoelsvezels in het spel zijn, dat de combinatie van deze den weg bepaalt, waarlangs de reflexie geleid wordt.

Van de hier genoemde invloeden en wetten bezitten wij natuurlijk nog geen verklaring. Voorloopig kunnen wij ons de meeste der onderwerpelijke punten onder het reeds dikwijls genoemde beeld voorstellen, dat de opwekking in elke motorische gangliëncel, die zij moet doorloopen, een zekeren weêrstand ontmoet, en dat deze weêrstand vermindert door strychnine, door ziekelijke invloeden, enz., doch vermeerdert door den invloed van vezels, die van de organen van den wil of van de bladz. 341 genoemde belemmeringscentra der reflexieprocessen naar de gangliëncellen gaan. Wanneer men zich verder voorstelt, dat de opwekking, om uit eene sensible cel tot eene motorische te komen, het kleinste aantal cellen moet doorloopen, als de motorische in een gelijk niveau en op dezelfde zijde als de sensible is gelegen, doch meer cellen als zij op de andere zijde voorkomt, en des te meer cellen naar mate het niveau van beide meer verschilt, dan volgen daaruit eenvoudig de vier eerste wetten van PFLÜGER. Om de vijfde te verklaren zou men nog moeten aannemen, dat in de motorische gangliën van het verlengde merg de weêrstand zeer gering is, of dat zij door eene bijzondere regtstreeksche geleiding door vezels met cellen van alle niveau's zijn verbonden.

A. Sympathische gangliën.

Hoogst waarschijnlijk hebben er in sympathische gangliën talrijke reflexieprocessen plaats; doch eerst in den laatsten tijd zijn zij met onbetwistbare zekerheid aangetoond. Vroeger haalde men wel als bewijs voor eene sympathische reflexie het feit aan, dat uitgesneden darmstukken door prikkels zich peristaltisch beginnen te bewegen, zonder dat het echter uitgemaakt is, of dit resultaat niet van eene regtstreeksche opwekking van den motorischen toestel afkomstig is. Het eenige afdoende bewijs voor eene sympathische reflexie is de bladz. 90 genoemde inwerking van de gevoelszenuwen van den mond op de afscheiding van de onderkaaksklier, die ook nog plaats heeft, als elke zamenhang met het cerebrospinale orgaan (ten gevolge van doorsnijding van den truncus tympanico-lingualis) is opgeheven (BERNARD), zoo dat men eene reflexie in het ganglion submaxillare moet aannemen. Voorts beweert men nog, ofschoon zonder eenig bewijs, dat de zeer regelmatige vaatvernaauwing bij prikkeling van gevoelszenuwen een reflexieproces zou zijn, waarvan het centrum in sympathische gangliën is gelegen (BERNARD).

B. Ruggemerg.

Het ruggemerg bevat uiterst talrijke reflectorische centraal-

organen, en het is zeer waarschijnlijk, dat alle gangliëncellen die in de grijze zelfstandigheid zijn gelegen, bij de reflexie werkzaam kunnen zijn, en wel in dier voege, dat de cellen van de achterste horens, in de bladz. 340 genoemde beteekenis, als „sensible," die van de voorste horens als „motorische" functioneren. Het naast voor de hand liggend bewijs daarvoor is, dat van uit elke huidplek reflexies vrijgemaakt kunnen worden, dat dus in elk niveau van het ruggemerg reflexies kunnen te weeg gebragt worden (vergel. bladz. 341—342), en dat van elke willekeurige gevoelszenuw uit op elke willekeurige bewegingsvezel eene reflexie kan tot stand komen, als eenvoudig beide door een stukje ruggemerg hoe klein ook, dat voor geleiding vatbaar is, in verbinding staan. Daarom kunnen ook reflexies van eene ligchaamshelft op de andere zijde plaats hebben, als beide door eene mediane snede gescheiden helften van het ruggemerg alleen nog door eene kleine brug, die men gespaard heeft, aan de eene of andere plaats zamenhangen. Men moet dus aannemen, dat in het algemeen elke gangliëncel van de achterste horens, die met eene centripetale vezel zamenhangt, met elke (motorische) gangliëncel van den voorsten horen van denzelfden kant door tusschenkomst van een kleiner of grooter aantal cellen (welk getal afhangt van den afstand, zie bladz. 341) in verbinding staat, en dat in elk niveau ook verbindingen met de voorste horens van de andere zijde bestaan; voorts dat elke gevoels- en elke bewegingsvezel regtstreeks of insgelijks door tusschenkomst van cellen met de organen der ziel en belemmeringsorganen der reflexie (bladz. 341) in gemeenschap staat. Al deze punten worden niet alleen door de reflexieverschijnselen, maar ook door de ontleedkundige onderzoekingen en de waarneming over de geleiding in het ruggemerg bevestigd (zie beneden).

In den normalen toestand zijn bij de reflexiebewegingen altijd slechts weinig spieren, dikwijls in eene geregelde opeenvolging werkzaam, zoodat gecoördineerde bewegingen ontstaan. Zooals reeds opgegeven is, hebben zij het karakter van afwering van eene hinderlijke inwerking of van een gevaar of iets dergelijks of van het verhelpen van het een of ander gebrek, dat door centripetale zenuwen zich openbaart. De eerste soort van bewegingen kan men het best bij slapende personen of bij onthoofde dieren (zie bladz. 341) waarnemen; ingrijpingen, die in den toestand van bewustheid als pijnlijk zouden worden waargenomen, worden in zulke toestanden door doelmatige bewegingen (het wegvegen van eene bijtende vloeistof, wegduwen van een knijpend ligchaam, zelfs locomoties van het geheele ligchaam om te vlugten) afgeweerd. Evenwel is het in veel gevallen moeijelijk of onmogelijk, deze doelmatige bewegingen voor het resultaat van een eenvoudig reflexie-mechanisme

te houden, en daarom heeft men gemeend aan het ruggemerg psychische verrigtingen te moeten toeschrijven; zie hierover beneden bij de werkzaamheden van de ziel. Voorbeelden van reflexiebewegingen der tweede soort zijn de onwillekeurige ontlastingen als de blaas of endeldarm is gevuld, de zaadvloeijingen bij overvulling van de zaadblaasjes, de „reflexietonus" (BRONDGEEST) der buigspieren, wanneer men een zoodanigen mag aannemen enz. Voor al deze gepraeformeerde reflexies, moet men aannemen, dat op den weg, dien de opwekking inslaat, de veronderstelde weêrstanden van de gangliëncellen verreweg het kleinst zijn. — Indien echter b. v. door vergiftiging met strychnine de weêrstanden algemeen verminderd worden, dan komen op elken, zelfs den geringsten gevoelsprikkel (tetanische) zamentrekkingen van alle spieren des ligchaams te voorschijn; deze blijven dikwijls veel langer bestaan dan de prikkel zelf (reflexiekrampen), zoodat men moet aannemen, dat zekere organen, die door reflexie tot werkzaamheid zijn gebragt, automatisch een tijd lang blijven voortwerken.

C. Het verlengde merg.

Niet alleen de reeds genoemde automatische centra van het verlengde merg kunnen reflectorisch in eene verhoogde of gewijzigde werkzaamheid gebragt worden, maar er bestaan ook bijzondere centraalorganen, die eenvoudig reflectorisch schijnen te werken. Dat de centra van het verlengde merg inzonderheid gemakkelijk van elk ligchaamsgedeelte uit reflectorisch kunnen worden opgewekt, toonen reeds de bladz. 341 aangehaalde reflexiewetten.

1. Het ademhalingscentrum kan, de reeds genoemde werking van den vagus en laryngeus sup. daargelaten, van het slijmvlies van het geheele ademhalingskanaal (neus, strottenhoofd enz.) reflectorisch tot eene gewijzigde werkzaamheid gebragt worden, zooals het hoesten, niezen enz. aantoont (zie bladz. 73). Meer is over deze processen niet bekend. Volgens andere opgaven (SCHIFF) zou de prikkeling van elke gevoelszenuw wijzigingen van de ademhalingsbewegingen te voorschijn roepen, die niet verschillen van die, welke bij prikkeling van den laryngeus sup. ontstaan; evenwel is bij de proefnemingen in kwestie de invloed van den wil niet genoegzaam buitengesloten.

2. Het centrum der regulatorische vezels van den vagus voor het hart kan (bij den kikvorsch) door matig sterke rhythmische schudding van den buikwand, of door eene sterke schudding van het geheele dier reflectorisch opgewekt worden, zoodat het hart zelfs stil staat (GOLTZ).

3. In het verlengde merg is het centrum voor de sui-

kervorming in de lever, over de reflectorische verrigting waarvan bladz. 137—138 gesproken is. Afgescheiden daarvan, doch in de onmiddellijke nabijheid schijnt een ander centrum gelegen te zijn, waarvan de prikkeling (analoog aan de diabetessteek, waarmede zij ook gewoonlijk verbonden is) eene vermeerdering van de pisafscheiding (bladz. 104) ten gevolge heeft.

4. Het in 't verlengde merg gelegen centrum der slikbewegingen (zie beneden bij de geleiding) wordt door de bladz. 117 genoemde zenuwen reflectorisch in werkzaamheid gebragt.

D. Hersenen.

Op het gebied van de hersenzenuwen komen even verspreide en volkomen dezelfde reflexiebewegingen voor als bij het ruggemerg. Als voorbeelden (waarvan de meesten reeds genoemd zijn), mogen dienen: het sluiten der oogleden bij aanraking van het bindvlies (bladz. 294), de vernaauwing der pupil bij prikkeling van den n. opticus en trigeminus (bladz. 266), de vermoede reflexieverschijnselen in het oor (bladz. 298), de vermeerderde traanafscheiding bij prikkeling van het neusslijmvlies.

3. Zielsverrigtingen.

Psychische verrigtingen heeft men tot nu toe alleen aan de centra van het cerebrospinale orgaan toegeschreven. Doch bewezen zijn zij alleen in de halfronden van de groote hersenen, terwijl zij voor de overige deelen der hersenen en het ruggemerg nog betwist worden.

Halfronden van de groote hersenen.

Dat aan de halfronden van de groote hersenen zielsverrigtingen moeten worden toegeschreven, wordt door het volgende bewezen: 1. In het dierenrijk zijn de groote hersenen des te meer ontwikkeld in vergelijking met de ligchaamsmassa en de geheele hersenen, naarmate de verstandelijke vermogens met die van den mensch meer overeenkomst hebben. De graad der ontwikkeling wordt door het gewigt bepaald, gelijk ook het aantal der kronkelingen, omdat eene vermeerdering van de laatsten de betrekkelijke grootte der oppervlakte en dus de hoeveelheid van de grijze zelfstandigheid, die alleen in aanmerking komt, vermeerdert. Aangezien de beteekenis van de verschillende hersendeelen bij veel dieren nog niet bekend is, zijn de vergelijkend ontleedkundige resultaten onzeker. 2. Bij aangeboren kleinheid

der halfronden van de groote hersenen (mikrocephalie, cretinismus), bij ontaardingen daarvan (hydrocephalus enz.) zijn de hoogere zielsverrigtingen overeenkomstig verminderd (onnoozelheid). 3. Beleedigingen, zamendrukking, ziekten van de groote hersenen zijn bijna altijd met bewusteloosheid, bevangenheid van het hoofd, slaapzucht of psychische opwekking verbonden. 4. Het wegnemen van de halfronden der groote hersenen (bij vogels en zoogdieren) veroorzaakt een op slaap gelijkenden toestand, waarin alle willekeurige bewegingen alsmede alle teekens van waarnemingen der vier „hoogere" zintuigen ontbreken. Evenwel bestaan er nog reacties tegen meer grove indrukken (zie beneden). Wanneer men genoemde deelen laag voor laag wegneemt, zouden alle zielsverrigtingen langzamerhand afnemen (FLOURENS), eene aanwijzing, dat zij niet aan eene bijzondere plaats van de hersenen gebonden, maar gelijkmatig verdeeld zijn. De opgaven omtrent het gebonden zijn van bepaalde (overigens willekeurig vertakte) zielsstreken aan bijzondere afdeelingen der hersenen, inzonderheid de phrenologische, berusten alle op eene dwaling.

Men beweert buitendien, dat de verschillende graden van verstandelijke vermogens bij den mensch op eene verschillende grootte, ontwikkeling en gewigt van de groote hersenen berusten; de uitkomsten der wegingen rijmen evenwel niet met deze bewering. De hoogte, breedte en welving van het voorhoofd is afhankelijk van de ontwikkeling der groote hersenen. Een maat voor de welving wordt ons geleverd door den aangezigtshoek, welke gevormd wordt door eene lijn welke door het meest uitpuilende punt van het voorhoofd en de bovenkaak en eene andere die door de grondvlakte van den schedel is getrokken. Hoe scherper deze hoek is, des te meer gelijkenis heeft het menschelijke aangezigt met het dier.

Ook aan de overige deelen van het cerebrospinale orgaan (middenste, kleine hersenen, ruggemerg) worden psychische („sensorische") verrigtingen toegeschreven, ofschoon van een anderen aard als die van de groote hersenen. Het organisme, dat van de groote hersenen is beroofd, zou zich in denzelfden toestand bevinden als in den slaap (zie beneden), met andere woorden: er zouden alleen na aanwijsbare gevoelsopwekkingen willekeurige bewegingen plaats hebben, die dan nooit een ander doel hebben dan een dreigend gevaar of eene onaangename gewaarwording af te weren. Natuurlijk is men geneigd aan te nemen dat bij zulke processen de ziel niet werkzaam is, dat die verschijnselen dus blootelijk reflexiebewegingen zijn. Doch hiermede staan de volgende feiten in strijd (PFLÜGER): 1. er komen ook bewegingen voor, waarbij een gevoelsindruk niet of slechts zeer gedwongen kan aangetoond worden; 2. de reflexiemechanismen, die men moet aannemen om deze bewegingen (alsmede die van slapende individus, bladz. 343) te verklaren, moeten hoogst ingewikkeld zijn; 3. dezelfde gevoelsopwekking heeft naar gelang der omstandigheden verschillende

bewegingen ten gevolge, die voor elken toestand van het organisme zoo doelmatig zijn ingerigt, dat men willens of niet willens geneigd is een, ofschoon duister, bewustzijn (sensorium) aan te nemen (zie beneden). Op grond daarvan nemen vele psychologen ook in de overige deelen van het cerebrospinale orgaan geringe sporen van zielsverrigtingen aan; doch zij moeten alsdan ook elk stuk daarvan hoe klein ook als daarmede bedeeld beschouwen, omdat ook stukken van dieren, die slechts eene kleine afdeeling van het ruggemerg bevatten, gelijke verschijnselen opleveren (PFLÜGER).

De voornaamste waarnemingen, waarop de bovenstaande gevolgtrekkingen berusten zijn bij onthoofde (PFLÜGER) of alleen onthersende dieren gedaan, of ook bij zulke bij welke men tusschen ruggemerg en hersenen (galvanokaustisch, GOLTZ) eene insnijding heeft verrigt (inzonderheid bij kikvorschen). De voornaamste onder deze verschijnselen zijn: 1. de dieren nemen eenigen tijd na de operatie hun gewone (kikvorschen b. v. de zittende) positie in, en trachten, onder abnormale omstandigheden, b. v. als zij vertikaal zijn opgehangen, nog als eene zwakke buiging (bladz. 335) ze terug te krijgen. Wanneer men dit verschijnsel voor een automatische spiercontractie („tonus" zie bladz. 334—335) wilde houden, dan moest eerst aangetoond worden, dat de zamentrekking ook nog bestaat, nadat het dier de positie heeft aangenomen, dat hoogst onwaarschijnlijk is. Over de verklaring als reflectorische zamentrekking („reflexietonus") zie bladz. 335. 2. Het dier reageert op uitwendige onaangename indrukken, inzonderheid op dreigende beleedigingen, door doelmatige bewegingen van afwering: het stoot een pincet, waarmede men het knijpt, terug; aan den vinger, waarmede men het vasthoudt, tracht het te ontsnappen; azijnzuur, dat men op de huid laat druppelen, veegt het af enz. Wanneer men dit nu als gepraeformeerde reflexieprocessen wil verklaren, stuit men op de volgende zwarigheden: a. men zou te dien einde oneindig vele en hoogst ingewikkelde reflexie-mechanismen moeten aannemen (niet alleen voor elk ligchaamsgedeelte, hoe klein ook, maar ook eene bijzondere wijze van afwering voor de meest verschillende soorten van prikkels); — b. de bewegingen gehoorzamen niet aan de wetten (zie bladz. 341), die voor de ontwijfelachtige reflexiebewegingen gelden; men ziet dit het duidelijkst bij eene vergelijking met dieren, die door strychnine enz. vergiftigd zijn: de afgesneden staart van een vergiftigden aal trekt bij prikkeling altijd de spieren van de geprikkelde zijde zamen en slaat daarom, als de prikkel uit eene vlam bestaat die men van ter zijde doet naderen, juist daarin; de niet vergiftigde aal daarentegen verwijdert zich van de vlam, terwijl hij de andere zijde zamentrekt; — c. de bewegingen kunnen naar de behoeften van het oogenblik gewijzigd worden, het dier heeft dus eene keus onder verschillende middelen van afwering. Heeft men b. v. het been, dat het dier gewoonlijk gebruikt om het azijnzuur af te vegen, geamputeerd, dan bedient het zich na eenige thans vruchtelooze bewegingen van den stomp, van een ander. De staart van een aal, die vertikaal is opgehangen, trekt, als men eene vlam van ter zijde doet naderen, niet de spieren van de andere zijde zamen (zooals bij een staart die horizontaal is bevestigd) maar die van dezelfde zijde, omdat bij de eerste beweging de verplaatsing van het zwaartepunt hem juist in de vlam zou doen slingeren. — Zij, die sensorische verrigtingen in het ruggemerg ontkennen, beroepen zich daarbij op proeven, welke van het gezigtspunt uitgingen, alle bewegingen van onthersende dieren met die van niet beleedigden (zij werden slechts blind gemaakt om de willekeurige bewegingen te beperken) onder moeijelijker omstandigheden te vergelijken en voornamelijk te onderzoeken, hoe ver de keus in de bewegingen tot afwering gaat en gebruikt wordt (GOLTZ). Ten opzigte van het eerste punt werden in plaats van plotseling inwerkende prikkels zulke aangewend, die meer trapsgewijze werkten, en tegen welke alleen het niet onthersende dier zou reageren; voor het tweede werden kunstmatige verplaatsingen van spieren of huid in het werk gesteld, zoodat de gewone bewe-

gingen van afwering niet tot het doel konden leiden; in weêrwil daarvan zouden in deze gevallen de vruchtelooze of zelfs ondoelmatige bewegingen voortgezet worden. Doch de eerste proefneming bewijst niets meer dan dat onthersende dieren over 't algemeen eerst op sterkere prikkels reageren dan niet beleedigde dieren (want prikkels, die men trapsgewijze laat inwerken, werken overal zwakker dan die plotseling hun invloed uitoefenen; vergel. bladz. 187 en volg., 238); het tweede experiment is wegens het ingewikkelde der voorwaarden voor geen verklaring geschikt, en hierbij vooral toonden de niet onthersende dieren dezelfde doelmatige bewegingen.

Wanneer men zich nu houdt aan hetgeen bladz. 331—332 is opgegeven, dan ziet men reeds duidelijk in, dat deze vraag nooit opgelost kan worden. Want daarnaar zou er met betrekking tot het verschijnsel geen scherp onderscheid bestaan tusschen reflectorische en bewuste bewegingen; beide zouden geregeld en naar bepaalde wetten plaats hebben; of echter de centrale processen al dan niet met voorstellingen verbonden zijn, waarop toch alles aankomt, — begrijpt men van zelf dat dit door experimenten bij een vreemd organisme niet beslist kan worden.

Beschouwen wij de plaats der zielsverrigtingen verder in meer bijzonderheden, dan ontmoeten wij alleen nog de reeds dikwijls genoemde waarschijnlijkheid, dat er voor elke vezel van een gevoelszenuw bijzondere percipiérende zielsorganen bestaan, dat men dus b. v. zielsorganen moet aannemen, waarvan de opwekking niet alleen de voorstelling van het licht, maar die van eene bepaalde kleur en van eene bepaalde plaats te voorschijn roept. Met veel minder zekerheid weten wij, of ook de organen van den wil zoo gerangschikt zijn, dat elk daarvan met eene enkele bewegingsvezel zamenhangt, zijne opwekking dus b. v. de voorstelling veroorzaakt, dat deze vezel zou kunken verkort worden. Wij hebben veel meer grond om te vermoeden (zie beneden bij de geleiding) dat er hier meer ingewikkelde tusschenapparaten bestaan. Wij weten zelfs niet het geringste aangaande de zielsorganen, die wij ons moeten denken te bestaan tusschen de organen van de gewaarwording en van den wil, en nergens is het veld der hypothesen meer uitgebreid dan bij de vraag of de opwekking van elk afzonderlijk zielsorgaan (gangliëncel) met eene bepaalde voorstelling of slechts met voorstellingen van eene categorie verbonden zijn, en welke categorieën in het laatste geval bestaan.

Psychophysische betrekkingen.

Daar men van het wezen der voorstelling geen begripsbepaling kan geven, bestaat er, gelijk men ligt begrijpt, ook geen regtstreeksche maatstaf daarvoor. In weêrwil daarvan heeft men in den laatsten tijd in dat gedeelte der voorstellingen, hetwelk het meest voor eene naauwlettende beschouwing vatbaar is, namelijk de gewaarwordingen, door eene kunstgreep eene soort van meting uitgedacht, waardoor schijnt bewezen te zijn dat er eene bepaalde betrekking bestaat tusschen den aanwas van den opwekkingstoestand in het zintuigsorgaan en

den aanwas van de daaruit voortvloeijende vermeerdering der voorstelling (der gewaarwording). Wij moeten echter niet over het hoofd zien, dat er tusschen het stoffelijk proces in het zintuigsorgaan en dat in het zielsorgaan eene groote reeks van vrijmakingen bestaat, van welker onderlinge betrekking nog niets bekend is, zoodat men volstrekt nog niet weet, werwaarts men de gevonden betrekking verplaatsen moet. Men noemt ze de „psychophysische" betrekking (FECHNER).

Men vond de psychophysische bemiddelingen door den kleinsten nog door percepties waar te nemen opwekkingsaanwas op te zoeken, d. i. den opwekkingsaanwas, welke door de kleinste zich nog openbarende gewaarwordingsaanwas veroorzaakt wordt. Deze prikkelingsaanwas is binnen zekere grenzen altijd evenredig aan de reeds aanwezige prikkelingsgrootte (E. H. WEBER), d. i. hoe sterker een prikkel (b. v. eene drukking) reeds is, des te meer moet zij versterkt worden, als eene versterking zal worden waargenomen. Deze wet geldt voor alle zintuigsorganen (FECHNER, VOLKMANN). Noemt men bij gevolg een prikkel β, de daartoe behoorende gewaarwording γ, den minimalen nog merkbaren prikkelingsaanwas $d\beta$, en den daardoor veroorzaakten kleinsten gewaarwordingsaanwas $d\gamma$, dan is het quotiënt $\frac{d\beta}{\beta}$ een constante; daar men verder gewaarwordingsaanwassen $d\gamma$ aan het quotiënt $\frac{d\beta}{\beta}$ evenredig kan stellen, zoo is (K een constante zijnde):

$$d\gamma = \frac{K.\ d\beta}{\beta}.$$

Integreert men nu deze vergelijking, door de gewaarwording γ als de som van veel kleine gewaarwordingsaanwassen te beschouwen, dan is:

$$\gamma = \int \frac{K}{\beta}.\ d\beta = K.\ \log\ \text{nat}\ \beta.$$

Vermits wijders eene prikkelingssterkte, om in het geheel waargenomen te worden, reeds eene bepaalde waarde b moet hebben (de zoogen. „Schwellenwerth" van FECHNER), zoo moet men in de laatste formule in plaats van β zetten: $\frac{\beta}{b}$, dus (om een willekeurig logarithmenstelsel te kunnen kiezen komt in de plaats van K de met het stelsel varierende factor k in de plaats):

$$\gamma = k.\ \log.\ \frac{\beta}{b},$$

waardoor uitgedrukt is, dat γ eerst dan begint positief te wor-

den, als $\beta > b$; want $\gamma = k (\log \beta - \log b)$. De formule voor γ („maatformule," van FECHNER) toont dus aan, dat de gewaarwordingen toenemen als de logarithmen van den prikkel die naar de waarde van b is berekend, en wijst in het algemeen aan, dat, als de prikkels klimmen, de gewaarwordingen (overeenkomende met de logarithmen) eerst snel, daarna steeds langzamer toenemen.

Wij kunnen hier niet nader spreken over de verdere vereenvoudiging en toepassing van deze maatformule, omdat wij nog niet genoegzaam kunnen beoordeelen, hoever zich de waarde van deze afleiding uitstrekt. Met betrekking tot de waarde van b (zie boven) van den prikkel willen wij nog opmerken, dat, aangezien de werking van een prikkel van vele omstandigheden afhangt (intensiteit, duur, verdeeling over veel of weinig percipiérende elementen, snelheid, waarmede zij voor den dag komt, enz). ook de waarde van b op verschillende wijzen kan voorgesteld zijn. De prikkel van een toon kan b. v. beschouwd worden als het produkt van het aantal trillingsprikkels, waaruit hij is zamengesteld en de intensiteit daarvan; de waarde van b van een hoogeren toon zal daarom bij eene geringere intensiteit liggen dan die van een lageren.

Slaap.

In de zielsorganen wisselen twee verschillende toestanden, waarvan het wezenlijk onderscheid onbekend is, met eene zekere regelmatigheid af, het waken en het slapen. Er schijnt eene soort van slaap te bestaan, waarin de ziel geheel werkeloos is, zoodat alleen de automatische en reflectorische centraalorganen werkzaam zijn. De verrigtingen, die op deze werkzaamheid berusten: bloedsomloop, ademhaling, afscheidingen enz. hebben geregeld als altijd plaats, en de overigens nog aanwezige reacties tegen uitwendige prikkels, die volkomen dezelfde zijn als die bij onthoofde dieren (bladz. 347), kunnen evenals deze zeer goed beschouwd worden als reflexiebewegingen of als het uitvloeisel van een nog aanwezig overschot van zielsverrigtingen, om het even of dit in de groote hersenen, dan wel misschien in bijzondere zielsorganen (van het ruggemerg, enz.), die niet aan den slaap deelnemen, plaats heeft.

Of er gedurende den slaap voorstellingen gevormd worden kan niet anders dan door één middel beslist worden, namelijk door de herinnering. Deze nu leert ons, dat er zeer dikwijls onvolkomen werkzaamheden van de ziel gedurende den slaap plaats hebben, de droomen. Zij zijn verbonden met perceptie-voorstellingen zonder objectieve oorzaak (zinsbegoocheling), wils-voorstellingen zonder effekt (bedrog van met een zeker doel gepaard gaande, doch onmogelijke bewegingen) en denkprocessen zonder de gewone logika van den wakenden toestand (schijnbare oplossing van vraagstukken, die bij de herinnering daarvan onzin blijkt te zijn). Er bestaat geen middel om te bepalen, op welken tijd van den slaap wij droomen. Eene zeer

dikwijls gedane waarneming schijnt aan te wijzen, dat misschien de meeste droomen eerst in het oogenblik van het ontwaken of althans als de slaap plotseling minder diep wordt, plaats hebben; want dikwijls eindigt een droom met eene gewaarwording, waarvoor eene objectieve oorzaak bestaat, en waardoor tevens het ontwaken tot stand komt; te gelijkertijd volgt hieruit, dat met het droomen zeer veel vergissingen ten opzigte van den tijd gepaard gaan.

Het ontwaken schijnt meesttijds door eene gewaarwording tot stand te komen, die des te sterker moet zijn, naar mate de slaap dieper is. Men kan de diepte van den slaap uitdrukken, door in de bladz. 349 afgeleide formule de waarde van b, d. i. de sterkte, die een prikkel moet hebben om eene voorstelling tot stand te brengen, zoo groot aan te nemen dat bij gewone prikkelingen γ negatief wordt. Regtstreeksche metingen hebben geleerd (KOHLSCHÜTTER), dat b, en bij gevolg ook de diepte van den slaap, van het begin des slaaps af eerst zeer snel, dan langzamer toeneemt tot ongeveer het einde van het eerste uur, nu weder afneemt, eerst snel, vervolgens zeer langzaam, om bij het ontwaken de gewone waarde te bereiken. Dikwijls wordt de slaap zonder bekende oorzaken ligter, om daarna weder dieper te worden. Hoe dieper de slaap over het algemeen wordt, des te langer duurt hij. Hoe dieper de slaap, hoe grooter dus b is, des te sterker moet natuurlijk de prikkel β zijn, waardoor eene gewaarwording, derhalve het ontwaken tot stand komt.

De meest geschikte voorwaarde om in te slapen is het zooveel mogelijk verwijderen van alle prikkels, bij gevolg de stilte en duisternis van den nacht. De slaap schijnt voorts des te gemakkelijker in het midden te treden en des te dieper te zijn, naar mate de voorafgegane inspanningen van de zielsorganen grooter waren *). Gedurende den slaap heeft er eene restitutie van deze, eene herstelling der vermoeide, nu grootendeels verslapte spieren plaats. Wij kunnen de vele bekende bijzonderheden over slapen en droomen hier met stilzwijgen voorbijgaan.

4. Geleiding in de centraalorganen.

Behalve de oorsprongspunten der centrifugale vezels, die zich naar arbeidende organen verspreiden, behalve de uiteinden van de centripetale vezels, die van zintuigsorganen komen, bevatten de centraalorganen ontelbare intercentrale vezels (bladz. 248), waardoor de gangliëncellen met elkander verbonden wor-

*) [Het gebeurt evenwel niet zelden dat juist na overspanning van den geest de slaap niet kan gevat worden door na-voorstellingen in onze hersenen.]

den. De witte zelfstandigheid van de hersenen en het ruggemerg bestaan uitsluitend uit vezels.

Van de intercentrale vezels zijn reeds vroeger genoemd: 1. de regulatorische vezels, d. i. zulke, die in een automatisch centraal orgaan den rhythmus wijzigen (bladz. 330); zij hebben òf eene centripetale rigting, òf gaan van een ander centraal orgaan uit; 2. de vezels die men moet aannemen om de reflexieprocessen tusschen gevoels- en bewegingscellen te verklaren (bladz. 339 en volg.); 3. moeten er, — wanneer men toestemt, dat dezelfde centripetale vezels, welke reflexie veroorzaken, tevens gewaarwordingen kunnen tot stand brengen, en dat de reflectorische opwekbare centrifugale vezels ook willekeurig kunnen worden opgewekt (bladz. 339) — nog bijzondere vezels bestaan tusschen sensible gangliëncellen en percipiérende zielsorganen, alsmede tusschen motorische gangliëncellen en organen van den wil. — Wij moeten nu hier nog melding maken van eene vierde soort van intercentrale vezels die men coördinerende vezels zou kunnen noemen. De verschijnselen van de medebeweging en medegewaarwording leiden ons tot de aanneming daarvan.

1, Medebeweging, gecoördineerde beweging. Op vele plaatsen des ligchaams ziet men, dat bewegingen, die op zich zelf afzonderlijk kunnen plaats hebben, in den regel gezamenlijk, hetzij gelijktijdig, hetzij in eene geregelde opeenvolging voorkomen. Slechts voor zeer weinige gevallen is hier eene werktuigelijke verklaring mogelijk (b. v. de peristaltische beweging van den darm door de bladz. 117 gestelde hypothese). In den regel moet men een zamenhang in de centraalorganen van de beheerschende zenuwvezels aannemen, waardoor de opwekking zich òf van de eene gangliëncel aan de andere meêdeelt, òf gelijktijdig naar alle (door reflexie of den wil) overgebragt wordt. — Bekende voorbeelden van gecoördineerde bewegingen zijn: 1. de elkander regelmatig opvolgende zamentrekkingen van de afdeelingen van het hart, 2. de peristaltische bewegingen van het spijsverteringskanaal, slikken enz., 3. zamengestelde bewegingsgroepen, die willekeurig plaats hebben, b. v. de bewegingen van den oogappel, het gaan, kaauwen, enz. Daar blijkens de ervaring al deze bewegingsgroepen ook door reflexie volkomen in dezelfde opeenvolging kunnen worden te voorschijn geroepen, zoo is het hoogst onwaarschijnlijk en ook vreemd aan ons bewustzijn, dat elke afzonderlijke spier die hiertoe behoort inzonderheid onder den invloed van den wil staat (verg. bladz. 348). Veel juister komt ons de hypothese voor, dat de afzonderlijke centraalorganen van de bij elkander behoorende vezels (motorische gangliëncellen, bladz. 340) onderling door intercentrale vezels tot een coördinerend centraalorgaan verbonden zijn,

dat in zijn geheel óf door den wil óf door reflexie in werkzaamheid wordt overgebragt. — Het bovendien meesttijds als „medebeweging" aangehaalde verschijnsel, dat met eene opzettelijke beweging tegelijkertijd eene andere onwillekeurig tot stand komt, is eenvoudig een niets afdoende wijziging van dit algemeene principe.

2. Medegewaarwording, irradiatie, inductie. Deze verschijnselen berusten hierop, dat met de opwekking van eene gevoelsvezel te gelijk andere, meestal naburige of die daartoe op de eene of andere wijze behooren, opgewekt zijn, d. i. gewaarwordingen veroorzaken, die in hare eindorganen gelokaliseerd zijn. Van dergelijke verschijnselen hebben wij reeds melding gemaakt bij het gezigtsorgaan (bladz. 277) en bij den tastzin (bladz. 323); wij kunnen er nog bijvoegen, dat prikkeling van den uitwendigen gehoorgang digt bij het trommelvlies met eene kitteling in het strottenhoofd gepaard gaat, en meer dergelijke voorbeelden. Door deze verschijnselen wordt het waarschijnlijk, dat ook sensible centraalorganen onderling zamenhangen en misschien vele gemeenschappelijk een indruk naar de ziel overbrengen. Hiervoor pleit ook, dat de eindorganen der gevoelszenuwen niet regtstreeks in de organen der ziel (groote hersenen), maar in andere deelen zijn gelegen (zie beneden).

Nu is het de vraag, waar men deze verschillende soorten van vezels en coördinatie-organen in de centraalorganen moet zoeken. De ontleedkunde alleen geeft ons daarop geen antwoord, omdat de onderzoekingen op dit gebied nog te onvolledig zijn. De voornaamste steunpunten ter beantwoording van deze vraag, moeten wij dus ontleenen aan de proefneming: doorsnijding en prikkeling, welke ook met veel moeijelijkheden gepaard gaan en buitendien hoogst onzeker zijn. Men moet dus de volgende opgaven als hoogst onzeker beschouwen. Over den sympathicus volgt het voornaamste in het aanhangsel.

A. Ruggemerg.

Men kan de wortels der ruggemergszenuwen (bladz. 253) tot binnen in de grijze zelfstandigheid volgen, waar de voorste in groote multipolaire gangliëncellen van de voorste horens (bewegingscellen), de achterste in kleiner cellen van de achterste horens (gevoelscellen) eindigen. Het is nog twijfelachtig, of een gedeelte daarvan, in plaats van binnen in de grijze zelfstandigheid te dringen, regtstreeks in de witte ombuigt en hier viâ rectâ naar de hersenen verloopt. Tusschen de gangliëncellen van de grijze zelfstandigheid vindt men alle met mogelijkheid denkbare intercentrale verbindingen, zooals: in hetzelfde niveau

dwarse, gekruiste en sagittale, en dezelfde combinaties tusschen verschillende niveau's, eindelijk verbindingen van de cellen met overlangsche vezels van de witte zelfstandigheid.

Uit de prikkelingsproeven volgt nu (BROWN-SÉQUARD, SCHIFF, VAN DEEN), dat de prikkeling van alle ruggemergsdeelen zonder effekt blijft (noch bewegingen, noch gewaarwordingen tot stand brengt), met uitzondering van de wortelvezels die dwars of schuin door de witte zelfstandigheid heen loopen. Daar echter niettemin de zelfstandigheid van het ruggemerg eene geleidende werking heeft, moet men aannemen, dat hare vezels en cellen wel is waar geleiden, maar niet regtstreeks opgewekt kunnen worden: de onopwekbare motorisch geleidende deelen noemt men „kinesodisch," de onopwekbare sensibel geleidende deelen „aesthesodisch." Door doorsnijdingsproeven, alsmede door pathologische waarnemingen, is wijders gebleken: a. doorsnijding (of stoornis in den zamenhang door ziekelijke ontaarding) van het geheele ruggemerg vernietigt onder de plaats der doorsnijding de gewaarwording en willekeurige beweging; in het algemeen geleidt dus het ruggemerg de sensible en motorische vezels van den romp naar de hersenen; b. de overige doorsnijdingsproeven (halfzijdige snede in één of meer niveau's, doorsnijdingen van enkele strengen, gedeeltelijke doorsnijdingen van de grijze zelfstandigheid enz.) leveren naar de hoogst volledige, ofschoon nog niet bewezen opgaven (SCHIFF) de volgende uitkomsten op: de geleiding van de gevoelsvezels heeft alleen door de witte achterste strengen en door de grijze zelfstandigheid over hare geheele uitgebreidheid plaats. Tusschen deze beide wegen van geleidingen bestaat het volgende onderscheid: de grijze zelfstandigheid geleidt niet geïsoleerd, d. i. gedeeltelijke doorsnijdingen veroorzaken geen plaatselijk beperkte gevoelloosheid, maar verzwakken en vertragen in alle ligchaamsdeelen, die onder de plaats der doorsnijding zijn gelegen, nagenoeg gelijkmatig de gevoeligheid; ook heeft de geleiding naar alle rigtingen plaats, zooals de proefnemingen hebben geleerd, waarbij de overigens geheel doorgesneden grijze zelfstandigheid alleen door eene willekeurig gelegen brug haren zamenhang nog behoudt; dien overeenkomstig zou de grijze zelfstandigheid alleen dienen om het gemakkelijk irradiërend pijngevoel, doch niet om de naauwkeurig gelokaliseerde tastgewaarwordingen (en het spiergevoel, bladz. 325) te geleiden, zoodat hare doorsnijding „analgesie" veroorzaakt, d. i. gewaarwordingsvermogen voor aanraking, doch niet voor pijn (zooals na het toedienen van chloroform); de geïsoleerde geleiding der tastgewaarwordingen enz. zou op rekening der witte achterste strengen komen, waarvan de gedeeltelijke doorsnijdingen of ziekelijke ontaardingen plaatselijke anaesthesieën en stoornissen in het spier-

gevoel veroorzaken. Beide zelfstandigheden zijn „aesthesodisch" (zie boven). — De motorische geleiding heeft door de witte voorste strengen en insgelijks door de grijze zelfstandigheid over hare geheele uitgestrektheid plaats, welke beide „kinesodisch" zijn; ook hierbij heeft men aangetoond, dat de grijze zelfstandigheid naar alle rigtingen geleidt (vergel. boven); of er tusschen hare verrigting en die van de witte voorste strengen (die geïsoleerd geleiden) een analoog onderscheid bestaat, zooals bij de geleiding van de gevoelsvezels, is nog onbeslist. — Na alle gedeeltelijke doorsnijdingen van het ruggemerg blijft in de deelen beneden de plaats der doorsnijding eene verhoogde opwekbaarheid (hyperaesthesie, hyperkinesie) na, die waarschijnlijk eenvoudig berust op den geprikkelden toestand van het ruggemerg ten gevolge van de doorsnijding. Het openen van het ruggemergskanaal verzwakt bij alle dieren het gevoel en de beweging.

De hier geopperde hypothesen, ofschoon zij op verre na niet voldoende zijn voor een juist begrip der zaak, rijmen doch over het geheel goed met de reeds bladz. 343 geuite vermoedens over de veelvoudige verbinding van gangliëncellen in de grijze zelfstandigheid en de beteekenis daarvan, voornamelijk voor de reflexieverschijnselen. Men kan coördinatiecentra wel is waar in de grijze zelfstandigheid van het ruggemerg vermoeden, waarvoor zelfs de ontleedkundig aangetoonde groeperingen van bewegingscellen in de voorste horens pleiten; doch physiologisch zijn zij nog niet met zekerheid aangetoond. Vroeger beweerde men, dat de buig- en uitstrekspieren der ledematen bijzondere centra in het ruggemerg bezaten, omdat beleediging in verschillende niveau's van boven buiging, van onder uitstrekking veroorzaakt (ENGELHARDT); tegenwoordig kunnen wij evenwel dit resultaat anders verklaren (SCHIFF), dat trouwens ook in strijd is met de kinesodische eigenschap van het ruggemerg.

B. Het verlengde merg.

In het verlengde merg naderen de tot nu toe om de as gelegene vier strengen der grijze zelfstandigheid al meer en meer de achterste oppervlakte, en komen eindelijk, terwijl tevens het centraalkanaal van het ruggemerg vrij aan de oppervlakte uitmondt (achterste hoek van de fovea rhomboidalis, calamus scriptorius) vrij voor den dag, terwijl zij aan den bodem van de fovea rhomboidalis, de tot nu toe achterste strengen aan de buitenzijde van de voorste, liggen. Buitendien vertoonen zich in het verlengde merg nieuwe grijze massa's, meestal paarsgewijze in de witte ingebed en door vezelcommissuren dwars verbonden, de olijven, bij-olijven, de kern van den hypoglossus [corpus dentatum olivae] enz. Door de witte zelfstandigheid, die in dikte sterk toeneemt, kan men de voortzetting van de witte ruggemergsstrengen moeijelijk onderscheiden. Als voortzetting van de witte voorste strengen worden opgegeven (SCHIFF) de

zijstrengen en zoogen. „Hülsenstränge" [BURDACH *] van het verlengde merg, waarvan de laatste hoofdzakelijk naar de zenuwen der ledematen, de eerste naar die der ademhaling (phrenici) zouden geleiden; over de voortzetting van de achterste strengen bezitten wij geen bevredigende opgaven. De medulla oblongata is rijk aan automatische, reflectorische en coördinerende centraalorganen. Onder de laatsten moeten genoemd worden: het centrum voor gecoördineerde mimische bewegingen, voor de kaauw- en slikbewegingen. Wij moeten ons van verdere naauwkeurige opgaven onthouden, omdat zij niet voldoende bewezen zijn. Ook het verlengde merg heeft tot aan de plaats waar de zenuwwortels doorgaan, aesthesodische en kinesodische eigenschappen.

C. Hersenen.

De onderzoekingen over de geleiding in de hersenen zijn daarom de onzekerste van allen, omdat hier allerlei soorten van centraalorganen bijeenliggen en de daarvan uitgaande vezels gedeeltelijk het zonderlinge verschijnsel der kruising vertoonen, waarover vooralsnog zeer weinig ontleedkundige onderzoekingen bekend zijn. Deze onzekerheid, of er kruising bestaat of niet, geeft echter aan het physiologisch experiment zoo weinig kracht, dat er vooralsnog geen zekere opgaven over de geleiding in de hersenen kunnen gedaan worden.

Dit laatste blijkt uit het volgende: Het voornaamste middel om de motorische geleiding in de hersenen na te gaan zijn de „dwangbewegingen," die bij beleediging van zekere deelen der hersenen ontstaan, d. i. oogenschijnlijk automatische bewegingen in bepaalde, ongewone rigtingen, met name: a. manègebewegingen, d. i. onafgebroken beweging in den omtrek van een cirkel; b. wijzerbeweging, waarbij het dier zich als de straal van een cirkel beweegt, in het midden waarvan de achterste beenen blijven; c. zulke draaibeweging, waarbij het dier om de lengteas van zijn ligchaam draait; d. een krampachtig-snelle voor- of achterwaartsche beweging. Deze bewegingen nu kunnen op de meest verschillende wijzen verklaard worden: in de eerste plaats is het raadselachtig, of zij de gevolgen zijn van de prikkeling of van de verlamming van een (b. v. coördinerend) centraalorgaan, dan wel of alleen door beleediging van een geleidend deel willekeurige bewegingen tot vlugten van het angstige dier eene abnormale rigting aannemen. (Zijn b. v. de halsspieren aan eene zijde verlamd of krampachtig zamengetrokken, zoodat de kop niet in de as van den romp staat, dan zal de snelle voorwaartsche beweging gemakkelijk in een ronddraaijen naar de zijde overgaan, waarop het hoofd gerigt is). Wanneer men de laatste verklaring voor de meest waarschijnlijke aanneemt (SCHIFF), dan is het wederom twijfelachtig, of het geleidende deel geprikkeld of verlamd is; elke van deze beide mogelijkheden sluit, zooals men gemakkelijk inziet, eene bijzondere hypothese in zich over het gekruiste of niet gekruiste verloop van de geleidende deelen, want als b. v. na eene beleediging van de regter zijde dwangbeweging naar regts plaats heeft, dan kan men aannemen, dat deze door eene linkszijdige verlamming

*) [Men verstaat hieronder de voortzettingen van de eigenlijke voorste strengen naar de bovenste deelen van het verlengde merg (SCHIFF).]

of prikkeling aan de regter zijde tot stand komt; in het eerste geval verloopen de beleedigde vezels gekruist, in het tweede niet. Daar nu èn wijze èn rigting van de dwangbewegingen die bijna bij alle beleedigingen van een gedeelte der hersenen (pons, pedunculi, corpora striata enz.) voor den dag komen, niet eens voldoende standvastig bewezen is, zoo moeten wij hier alle opgaven, die op hare verklaring berusten, achterwege laten.

Wanneer wij alle resultaten van de hiertoe behoorende ontleedkundige en physiologische onderzoekingen zamenvatten, dan schijnt het dat de hersenen, de halfronden van de groote hersenen (dus het middenste gedeelte en de kleine hersenen), alsmede het verlengde merg daargelaten, in hare grijze massa's hoofdzakelijk coördinatie- en reflexieorganen bevatten; bijna alle zenuwvezels des ligchaams, zoowel die voor de beweging als voor het gevoel, alsmede de voorste hersenzenuwen kunnen tot in deze deelen gevolgd worden, terwijl tusschen de grijze oorsprongplaatsen van de afzonderlijke vezels de meest verschillende verbindingen door vezelcommissuren zijn aangetoond, voornamelijk hebben er ook symmetrische verbindingen plaats door dwarscommissuren. Doch alle overige opgaven zijn onzeker; het best geconstateerde en door proefnemingen en ziektekundige waarnemingen bewezen feit is nog, dat de kleine hersenen coördinatie-organen voor de locomotiebewegingen bevat, daar wegnemen daarvan stoornissen in het behoud van het evenwigt, in de bewegingen van het gaan enz. ontstaan (R. WAGNER).

Alle deelen van den wil en van het gevoel eener ligchaamshelft staan met het halfrond der hersenen van de andere zijde in verbinding, zooals voornamelijk uit de bekende gevolgen van apoplektische uitstortingen blijkt. Derhalve moeten alle in de groote hersenen binnentredende vezels elkander in de middellijn kruisen. Ter plaatse waar zij in de groote hersenen overgaan, namelijk in de pedunculi cerebri, is de kruising reeds geëindigd. De plaats der kruisingen is nog niet naauwkeurig bekend. Die van de motorische vezels, welke uit het ruggemerg komen en vroeger te onregt in het ruggemerg werden aangenomen, moet in de medulla oblongata en den pons gezocht worden, en is over eene groote uitgestrektheid verdeeld (de kruising heeft achtereenvolgens plaats). De ontleedkundig aangetoonde kruising (decussatio) van de piramiden-vezels behoort niet daartoe, omdat de piramiden niet de voortzettingen zijn van de motorische ruggemergsstrengen (zie boven). Waar de kruising van de sensible ruggemergsvezels plaats heeft, is onbekend. Over de kruising der hersenzenuwen zijn slechts weinig onderzoekingen gedaan, waarover men de leerboeken der ontleedkunde raadplege. Over het chiasma nervorum opticorum zie bladz. 286.

Aanhangsel. Beschrijving van den sympathicus.

Wij hebben in het elfde hoofdstuk de bijzondere physiologie van den sympathicus uitgesteld tot aan de beschouwing der centraalorganen en wel om redenen, waarvan de gegrondheid uit hetgeen nu volgt genoegzaam zal blijken.

In het algemeen verstaat men onder sympathische zenuwen die welke de ingewanden en de vaten met takken voorzien, om het even welke haar oorsprong is; ook noemt men de merglooze zenuwvezels, die in de sympathische zenuwen het overwigt hebben, „sympathische vezels." De oorsprong van de sympathische zenuwen is niet genoegzaam bekend. De talrijke gangliëncellen, die hoopsgewijze in de groote ligchaamsholten en afzonderlijk in de weefsels van vele ingewanden verstrooid liggen, moeten allezins als hoofdcentraalorganen van den sympathicus beschouwd worden; doch men heeft ontleedkundig aangetoond, dat veel sympathische vezels deels door de rami communicantes der ruggemergszenuwen, deels door gemeenschap met de hersenzenuwen, met het cerebrospinale orgaan in verbinding staan. Wij hebben ook physiologische feiten van dien aard genoemd, zooals het centrum oculospinale (bladz. 336), verder zekere proefnemingen over den oorsprong der vaatzenuwen (bladz. 336). Doch niet ééne sympathische zenuw schijnt met organen van den wil in verbinding te staan, want alle bewegingen der ingewanden zijn ten eenenmale onwillekeurig. Insgelijks is de gevoeligheid der ingewanden hoogst gering, zoodat men haar aan de weinige merghoudende („cerebrospinale") vezels toeschrijft, die de sympathische zenuwen bevatten. Alleen gladde spieren, en deze naar het schijnt alle, staan onder de heerschappij van den sympathicus.

In de eigenlijk sympathische centraalorganen zijn aangetoond: automatische (motorische en secretorische) verrigtingen (bladz. 333), reflexieverschijnselen (bladz. 341—342) en coördinaties (bladz. 352). Ook is er op het gebied van den sympathicus een belemmeringsmechanisme bekend, namelijk het stilstaan der peristaltische bewegingen der dunne darmen door prikkeling van den splanchnicus major (bladz. 117). Daar de sympathische vezels gedeeltelijk met het cerebrospinale orgaan zamenhangen, zijn zoowel belemmeringen van sympathische organen van den kant van het cerebrospinale orgaan (vagus en hart) mogelijk, gelijk ook reflexies in de hersenen en het ruggemerg òf van sympathische op sympathische vezels, òf van cerebrospinale op sympathische (smaakreflexie op de onderkaaksklier, bladz. 88-89, zamentrekking van de baarmoeder bij het zuigen aan de borsttepels), òf van sympathische op cerebrospinale (reflexiekrampen

die van de ingewanden uit zijn opgewekt, bij vergiftiging met strychnine). Over de werkingen van geprikkelde sympathische zenuwvezels kan nog het volgende zamengevat worden:

1. Grensstreng. Prikkeling daarvan aan den hals veroorzaakt naar boven uitzetting van de pupil en van de ooglidspleet (bladz. 266, 294), vernaauwing van de slagaderen van het hoofd (bladz. 64), en vermeerderde afscheiding van de speekselklieren met een eigenaardig secretum (bladz. 89); naar onder versnelling van den rhythmus van het hart (vergel. bladz. 53). Op prikkeling in het borstgedeelte zouden bewegingen van bijna alle borst- en buikingewanden volgen; in het lenden- en sacrale gedeelte bewegingen van den darm, van de pis- en geslachtsorganen; vernaauwing van de vaten in het onderste lid; eindelijk afscheidingen van verschillende klieren (ofschoon niet bewezen).

2. Vlechten. Op prikkeling van de vlechten volgen in het algemeen gelijke verschijnselen, ofschoon van een meer omschreven uitgebreidheid, dan op die van de grensstreng. Zoo veroorzaakt prikkeling van den plexus coeliacus en mesaraïcus sterke peristaltische bewegingen van de dunne darmen, prikkeling van den plexus lienalis verkleining van de milt (JASCHKOWITZ). Over de werking van den splanchnicus hebben wij reeds meer dan eens gesproken.

3. Parenchymgangliën. Wat wij van hunne werking weten bepaalt zich tot hetgeen wij bij het hart hebben gezegd.

Aangaande de beteekenis der gangliën aan de gevoelswortels van de ruggemergszenuwen, van den trigeminus enz., die insgelijks meesttijds tot den sympathicus gebragt worden, weet men niets met zekerheid.

VIERDE AFDEELING.

ONTSTAAN, ONTWIKKELING EN EINDE VAN HET ORGANISME.

VEERTIENDE HOOFDSTUK.

A. Algemeene beschouwingen.

Het ontstaan van nieuwe organismen sluit altijd de aanwezigheid van oude in zich. Sedert de vrije celvorming algemeen verworpen is, mag men in het algemeen als wet aannemen, dat geen organisch morphotisch deel uit vormlooze bouwstoffen, maar elke vorm uit een reeds bestaanden ontstaat. Het algemeene schema van de nieuwe vorming is òf de splijting van het bestaande organisme in deelen, die zich van nu af zelfstandig ontwikkelen, òf de afsnoering van een zich zelfstandig ontwikkelend deel van het oude, dat verder blijft bestaan; het eerste blijft òf met het laatste in zamenhang òf het scheidt zich daarvan af.

Lijnregt tegenover het boven medegedeelde staat de nog altijd verdedigde leer [POUCHET] van de zoogen. „generatio spontanea, aequivoca" d. i. het ontstaan van georganiseerde wezens uit vormlooze bouwstoffen, b. v. in gistende of rottende vloeibare massa's. Als schijnbare bewijzen voor deze leer voert men aan: 1. het ontstaan van plantaardige en dierlijke organismen (schimmels, infusoriën) in afgietsels van dierlijke zelfstandigheden; 2. ontstaan van organismen in volkomen gesloten holten (entozoën). Doch de eersten ontstaan, gelijk men heeft aangetoond, door de talrijke kiemen, die in de dampkringslucht voorkomen, want het afgietsel der organische stoffen zal nooit eenig organisme doen ontstaan, wanneer er de lucht zonder hare bijmengsels toe treedt (wanneer men over het vat, waarin zich de infusie bevindt, filtreerpapier legt), of als deze van te voren zijn vernietigd (wanneer men de lucht door gloeijende buizen laat gaan). De entozoën ontstaan zonder twijfel uit de kiemen, die in het gebruikte voedsel voorkomen en kunnen op zekere tijdperken hunner ontwikkeling zelfs in gesloten holten binnengaan. In weêrwil van deze tegenwerpingen wijst de leer, dat de temperatuur der aarde eens zoo hoog was, dat geen organisch wezen daarop leven kon, op de noodzakelijkheid, dat er op zekeren tijd eene ware generatio spontanea heeft plaats gehad.

De overeenkomst tusschen de voortgebragte en de voortbrengende organismen bepaalt zich niet alleen tot den algemeenen vorm, maar ook tot bijzondere organisaties, die niet het geslacht of soort, maar de varieteit, het ras kenmerken, zoodat zelfs toevallig ontstane eigenaardigheden in den vorm gemakkelijk „overerven." Hierop is de poging gegrond, om ook het ontstaan van de soorten en geslachten te verklaren door overgeërfde varieteiten in den vorm, die zich gedurig verder ontwikkelen (DARWIN). Om het

feit te verklaren, dat eene eenmaal bestaande varieteit in den vorm zich gedurig verder ontwikkelt, is eene hypothese voldoende, die de grondslag is van het stelsel van DARWIN, namelijk, dat slechts een uiterst klein gedeelte der ontstaande organismen de voorwaarden, die voor hun verder bestaan vereischt worden, in eene voldoende mate aanwezig vindt, dat derhalve tusschen de ontstaande organismen een strijd om het bewaard blijven gevoerd wordt. Hier zullen altijd die organismen de zege behalen, waarvan de eigenschappen voor de plaatselijke omstandigheden het gunstigst zijn. Is dus bij eene diersoort op de eene of andere wijze eene zekere variatie van den vorm ontstaan, waardoor de daartoe behoorende individus voor de bestaande omstandigheden geschikter worden gemaakt (b. v. om zich voedsel te verschaffen, om de temperatuur te verdragen, om tegen vijanden te velde te trekken, om het andere geslacht tot voortteling tot zich te lokken), dan zullen zij bij den strijd om het bewaard blijven onder de gegeven omstandigheden de overwinning behalen, hunne eigenaardigheid zal door overerving in stand blijven en door eene verdere variatie in dezelfde rigting zich hoe langer zoo meer van den oorspronkelijken vorm verwijderen. Op deze wijze kunnen zich van dezelfde afstamming in verschillende lokaliteiten zoo verschillende variëteiten ontwikkelen, dat uit deze laatsten nieuwe soorten, uit de soorten geslachten ontstaan. Dat de overgangsvormen van de eene soort tot de andere niet voorhanden kunnen zijn, valt terstond in het oog, als men bedenkt, dat onder alle vormen, die van een stamvorm afkomstig zijn, juist de uiterste vormen het minst bij den strijd om het bewaard blijven in botsing geraken, de middensten dus het gemakkelijkst te niet gaan. — Wanneer men dit principe in een omgekeerde rigting verder doorvoert, mogen wij aannemen, dat alle dierlijke (en plantaardige) vormen van slechts weinige, misschien van een enkelen stamvorm afkomstig zijn. — De leer van DARWIN heeft bovendien nog eene andere nuttige zijde, zij doet namelijk ook in het bijzonder alle teleologische voorstellingen vervallen, omdat zij aantoont, hoe van alle toevallig ontstane organisaties nooit anders dan de doelmatigsten zich kunnen staande houden, doch de overigen te gronde moeten gaan. — Daar bij de kunstmatige dierenfokkerij insgelijks partij wordt getrokken van de erfelijkheid van zekere eigenaardigheden die daardoor verder volmaakt worden, door de individus, die er het meest mede begaafd zijn, bij voorkeur goed te verplegen en ongehinderd te laten voorttelen, zoo is het beschreven principe door zijn ontdekker „natuurkeus" (natural selection) genoemd geworden *).

Vormen der voortplanting.

De grondvormen der voortplanting zijn:

1. Splijting van het bestaande organisme in verscheidene stukken van gelijke beteekenis, die zelfstandig, vereenigd of gescheiden, verder voortleven en de grootte van het oude bereiken, — voortplanting door deeling. Hierbij sluit zich aan het afzonderlijk blijven voortleven der stukken van kunstmatig verdeelde dieren, hetgeen meermalen is waargenomen.

2. Afscheiding of afsnoering van een bestanddeel van het oude organisme, dat daarmede vereenigd of daarvan gescheiden zich zelfstandig ontwikkelt, terwijl het eerste verder blijft voortbestaan. Is het deel, dat afgesnoerd wordt, een wezenlijk veelcellig bestanddeel van het oude, dat een tijd lang of voor altijd daarmede vereenigd blijft, dan noemt men het proces „voortplanting door knopvorming." Is het zich los

*) [De theorie van DARWIN over het ontstaan der soorten werd voor eenige maanden hevig bestreden door FLOURENS in zijn werk: Examen du livre de M. DARWIN sur l'origine des espèces. 1864].

makende deel eenvoudig eene enkele cel, welke, zonder met het moederlijk organisme organisch verbonden te zijn, zich ontwikkelt, dan ontstaat „eene voortplanting door eivorming," en de cel, die zich ontwikkelt, noemt men „kiemcel" of „ei."

Alleen bij lagere diervormen komt de voortplanting door verdeeling en door knopvorming voor; daarentegen ontmoeten wij de voortplanting door eivorming in het geheele overige dierenrijk tot bij den mensch, en ook bij vele lagere dieren nevens de eerstgenoemde wijzen van voortplanting.

De eicel is het produkt van een bijzonder orgaan, den eijerstok. Slechts bij weinig dieren heeft de ontwikkeling van het ei zonder verdere inwerkende momenten tot aan het einde toe plaats (parthenogenesis of maagdelijke voortteling). De regel is dat voor de ontwikkeling in het algemeen, of althans boven eene zekere lagere grens de toetreding van een bijzonder element bij het ei vereischt wordt. Dit element is het zaad, het produkt van een ander orgaan, den bal. Eijerstokken en ballen komen òf (bij de hoogere diervormen) bij verschillende individus gescheiden van elkander voor, in welk geval het eijerstokdragende individu „vrouwelijk," het baldragende „mannelijk" wordt genoemd, — òf zij komen bij elkander in één en hetzelfde individu voor, waaraan men alsdan den naam van „hermaphrodiet geeft (dit wordt bij veel lagere diervormen aangetroffen). De toetreding van het zaad tot het ei wordt „bevruchting," en de voortplanting door de bevruchtende eijeren „geslachtelijke voortteling" genoemd. In tegenoverstelling hiermede wordt de voortplanting door verdeeling, knopvorming of onbevruchte eijeren (parthenogenesis) „niet geslachtelijke voortplanting" genoemd.

De parthenogenesis is vooralsnog slechts bij weinig soorten met zekerkerheid aangetoond; zij komt hier overal alleen nevens eene geslachtelijke voortplanting voor, en levert nooit anders dan individus van één en hetzelfde geslacht (b. v. bij de bijën mannelijke, bij de psychiden vrouwelijke). Wij willen hier het meest bekende van deze voorbeelden, dat der bijën, meer van nabij beschouwen: in den bijënkorf komen drieërlei individus voor: mannelijke bijën (hommels), vrouwelijke bijën, die ter voortteling ongeschikt zijn (werkbijën) en eene tot de voortteling geschikte vrouwelijke bij (de koningin). De koningin wordt eenmaal in het jaar bij het zoogen. „uitvliegen ter bruiloft" door een der mannelijke bijën, die om haar heen zwermen bevrucht en keert met een gevuld receptaculum seminis terug. Zij heeft het nu in hare magt, bij het leggen de eijeren te bevruchten of onbevrucht te laten; beide geschiedt en wel afhankelijk van de cel, waarin het ei gelegd wordt; in de cellen der hommels komen onbevruchte, in die der werkbijën bevruchte eijeren. Het wèl of niet toetreden van het zaad hangt òf van den wil (instinkt) der koningin, òf van de werktuigelijke verhoudingen der cel, waarin zij het achterlijf brengt, af. Of uit de bevruchte eijeren een, ten opzigte der geslachtsverrigtingen gebrekkige vrouwelijke bij (werkbij) of eene volkomen ontwikkelde vrouwelijke bij (koningin) geboren wordt, hangt af van de voeding der larve door de werkbijën, misschien ook van den vorm en de grootte der cel.

Geslachtsrijpheid. Vruchtbaarheid.

De voorwaarden voor de voortplanting komen in alle organismen eerst voor den dag, als deze een zekeren trap van hun ontwikkeling hebben bereikt, meesttijds eerst dan, wanneer de volkomen groei bereikt is, zoodat het plus der ontvangsten boven de uitgaven, dat tot nu toe voor den wasdom gebruikt werd, thans gebezigd wordt voor de productie der kiemstoffen of zelfs (bij levendbarende dieren) voor de voeding van het zich ontwikkelende ei. Bij de geslachtelijk voortplantende dieren zijn eerst op dit tijdstip (geslachtsrijpheid, puberteit) de kiembereidende organen (eijerstok, bal) volkomen ontwikkeld. Van nu af heeft de voortplanting gedurende een langen tijd plaats, dikwijls tot aan den dood, meestal in geregelde tusschenpoozen. Zeer ongelijk is in het dierenrijk het aantal der nakomelingen, die uit een individu of uit een paar geboren worden, — de vruchtbaarheid. Bij de quantitatieve bepaling daarvan kan men van twee gezigtspunten uitgaan. Beschouwt men de voortplanting als eene functie van het moederlijk organisme in verband met de overige functies, derhalve als uitgave in verhouding tot de overige uitgaven en ontvangsten der stofwisseling, dan komt het er op aan, de verhouding tusschen het gewigt van het dier en het gewigt van het door hetzelve geleverde voortplantingsmateriëel in den toestand, waarin 't het ligchaam verlaat, (derhalve eijeren bij oviparen, jongen bij viviparen, zaad bij mannelijke dieren), te bepalen. Uit zulke bepalingen (LEUCKART) leert men eene verbazende verscheidenheid der voorttelinsgsuitgaven kennen: zoo bedraagt b. v. de jaarlijksche voorttelingsuitgave van het vrouwelijk organisme bij den mensch nagenoeg $^1/_{14}$, bij het varken $^1/_2$, bij de muis bijna het 3voudige, bij de kip het 5 voudige, bij de koningin der bijen het 110 voudige van het ligchaamsgewigt. Beschouwt men daarentegen de voortplanting uit een ander oogpunt en wèl in hare betrekking tot het in stand houden der diersoort, dan moet men in plaats van de vergelijking der gewigten het aantal der werkelijk ontstaande nakomelingen bepalen. De bepalingen der eerste methode kunnen hiertoe niet gebezigd worden, omdat eensdeels hetzelfde gewigt aan voortplantingsmaterieël een hoogst verschillend cijfer ten opzigte van den aanleg der individus bij verschillende diersoorten voorstelt, en omdat ten tweede voor de bevruchting en ontwikkeling zeer veel omstandigheden bij elkander moeten komen, die niet dan betrekkelijk zelden aanwezig zijn, zoodat over het algemeen een uiterst klein gedeelte van het voortplantingsmaterieël werkelijk aan zijn doel beantwoordt. Het getal der nakomelingen kan echter hoogst zelden regtstreeks bepaald wor-

den; daar men echter mag aannemen, dat het resultaat der voortplanting het in stand houden der diersoort in een nagenoeg standvastig getal van individus is, zoo volgt daaruit dat het aantal nakomelingen in eene bepaalde verhouding staat tot den gemiddelden levensduur der diersoort. Wanneer men dezen in jaren uitdrukt door n, het standvastige getal individus door a, dan zullen binnen een jaar $\frac{a}{n}$ nieuwe individus geboren worden. Op elk afzonderlijk individu komen dus jaarlijks gemiddeld $\frac{1}{n}$ jongen. Hoeveel van deze productie op rekening komt van elk voorttelend individu, hangt hoofdzakelijk af: 1. van de vraag, of de voortplanting niet-geslachtelijk dan wel geslachtelijk d. i. door zamenkomst van twee plaats heeft; 2. van het getal der voorttelenden in verhouding tot het geheel getal, dus van den duur van het voortplantingstijdperk in verhouding tot den levensduur. Het getal der voortgebragte kiemen zal nu in het algemeen zoo veel grooter zijn dan de uit deze berekeningen volgende getallen, naar mate de voorwaarden voor de bevruchting of ontwikkeling zeldzamer verwezenlijkt zijn.

Geslachtelijke voortplanting.

Het ei (ovum, ovulum) bestaat in zijn eenvoudigsten vorm uit eene bolvormige cel met een omhulsel; haar meestal vethoudende inhoud wordt dojer (vitellus) genoemd. De blaasvormige kern der cel noemt men kiemblaasje (vesicula germinativa) en het kernligchaampje kiemvlek (macula germinativa). Daarentegen kan bij vele eijeren geen bepaald omhulsel aangetoond worden, en in de meeste gevallen vindt men dat de cel omgeven is met een omhulsel, dat geen integrerend bestanddeel van hetzelve is en velerlei vormen kan aannemen. In geval er een eivlies („dojervlies") aanwezig is, moet men het genoemd omhulsel beschouwen als daarop te zijn afgezet. Het is in zijn eenvoudigsten vorm een structuurloos, tamelijk dik vlies, zoodat het zich in de optische dwarssnede als een lichte ring voordoet (zona pellucida bij de zoogdieren en den mensch). Bij de eijeren der visschen is het door tallooze poriënkanaaltjes doorboord, bij sommigen met vlokkige uitwassen bezet, terwijl de meest verschillende vormen eindelijk bij ongewervelde dieren voorkomen. Bij vele dieren bezit het omhulsel eene grootere opening, die voor de bevruchting eene groote beteekenis heeft, de micropyle (REICHERT): zij komt hoofdzakelijk voor bij talrijke invertebraten en bij visschen, ook bij hoogere gewervelde dieren.

In veel gevallen verkrijgt het ei nog accessoire omhulsels, die het ge-

deeltelijk van zijn vormingsplaats in den eijerstok meêneemt (zooals de discus proligerus, zie beneden; voorts vormt het gele van het vogelei den geheelen eijerstokfollikel, terwijl als het ovulum de zoogen. „kiemschijf" of de „hanentrede [cicatricula] beschouwd moet worden), deels op zijn weg door de uitvoeringsgangen ontvangt (zoo wordt het witte en de schalen van het vogelei om den follikel eerst op zijn weg door de tuba, die met eene peristaltische beweging plaats heeft, gelegd, vandaar de spiraalsgewijze windingen van de zoogen. chalazae; op dezelfde wijze verkrijgt het konijnenei een eiwitomhulsel in de tuba).

Het zaad bestaat uit ligchaampjes, die in eene aan eiwit rijke kleurstof gesuspendeerd zijn, en zich meestal eigenaardig bewegen; voor elke diersoort hebben zij een karakteristieken vorm. De vorm van deze zaadligchaampjes (zoöspermiën, spermatozoën) komt bij alle gewervelde dieren en veel ongewervelde nagenoeg overeen; zij bestaan uit een bolvormig, ovaal of cilindrisch (soms als een kurkentrekker gekronkeld) ligchaam of kop, en een fijnen aanmerkelijk langeren draad of staart, die voortdurend in eene zweepende beweging is. Bij de ongewervelde dieren vindt men velerlei andere, gedeeltelijk onbeweegbare vormen [nadere bijzonderheden over het zaad, zie beneden].

De bevruchting bestaat in een contact van het zaad met het ei. De aanraking geschiedt òf reeds binnen de vrouwelijke geslachtsorganen, terwijl het zaad daarin binnen gebragt wordt, òf daarbuiten, terwijl het zaad over de reeds ontlaste eijeren uitgestort, of toevallig (b. v. door het water dat ze omspoelt) daarheen wordt gebragt. Ook is eene kunstmatige bevruchting mogelijk; zelfs zeer kleine hoeveelheden zaad schijnen voor de bevruchting voldoende te zijn, zoodra zij nog zaadligchaampjes bevatten (SPALLANZANI). De in de eerstgenoemde gevallen vereischte vereeniging van het mannelijke en vrouwelijke ligchaam wordt geslachtsvereeniging, coitus genoemd. Zij geschiedt bij de meeste dieren op zekere geregelde tijden, waarin van beide kanten het voorttelingsmateriëel volkomen is voorbereid. Naar het schijnt in verband met de toestanden van de kiembereidende organen, ontwaakt op dezen tijd (bronsttijd) in beide geslachten de aandrift tot de geslachtsvereeniging, de „geslachtsdrift." Waarschijnlijk is bij alle dieren de actus der geslachtsvereeniging met wellustige gewaarwordingen verbonden.

Het wezen der bevruchting is nog niet met juistheid verklaard. Hoogst waarschijnlijk is het steeds voor de bevruchting een vereischte, dat een of meer zoöspermiën binnen in het ei dringen. Althans men heeft bij de bevruchte eijeren van de meest verschillende diersoorten zoöspermiën in den inhoud van het ei gezien. Waar een micropyle aanwezig is, dringen de zoöspermiën vermoedelijk door deze naar binnen; in andere gevallen misschien door een actief naar binnen boren in het omhulsel van het ei. Van beide wijzen van bevruchting heeft men aan-

wijzingen gezien. Kort na de aanraking of na het binnendringen van het zaad begint, op eene voor ons nog onverklaarbare wijze, de ontwikkeling van het ei tot een embryo. De naar binnen gedrongene zaaddraden verdwijnen na een korten tijd; over hunne veranderingen is niets met zekerheid bekend.

Ontwikkeling van het bevruchte ei.

De ontwikkeling van het ei begint in elk geval met eene vorming van talrijke cellen, door eene voortgaande verdeeling der eicel, of ten minste (zie beneden) van eene cel die in het ei voor den dag komt, — het zoogen. „splijtings- of kervingsproces." Uit de gevormde cellen ontstaan de organen van het embryo op eene zoo verschillende wijze, dat het niet mogelijk is grondregels te stellen, die voor alle dieren gelden. In zekere klassen van dieren neemt niet de geheele dojer deel aan de splijting, maar slechts een klein gedeelte daarvan, dat het kiemblaasje bevat (gedeeltelijke splijting). In deze gevallen onderscheidt men het gedeelte van den dojer, dat zich splijt als „vormingsdojer" van het overige gedeelte, dat naar het schijnt alleen scheikundig door zijn gehalte aan voedingsmateriëel, dat langzamerhand in het embryo overgaat, bij de vorming van het embryo werkzaam is, den „voedingsdojer;" zulk eene scheiding is bij de eijeren der visschen noodzakelijk. Sommigen nemen zeer te onregt ook bij de eijeren der vogels en geschubde amphibiën een voedingsdojer aan, die niet aan de splijting deelneemt, doch hier meer uit cellen bestaat; deze zelfstandigheid (bij het vogelei al het geel van het ei tot op de kiemschijf uitmakende), behoort niet tot het ei, maar is de inhoud van den eijerstokfollikel (zie bladz. 368).

De ontwikkeling van het ei heeft in de meeste gevallen buiten het moederlijk organisme, in de meest verschillende daartoe geschikte lokaliteiten plaats. In de meeste gevallen is een zekere temperatuur voor de ontwikkeling noodig, die deels door de lokaliteit, welke het dier tot het leggen gekozen heeft, geleverd wordt, deels door de warmte der zon bereikt wordt, deels eindelijk door de ouderlijke organismen van de temperatuur huns ligchaams wordt afgegeven, doordien zij met hun ligchaam de eijeren bedekken („broeden"); zij kan ook kunstmatig plaats hebben („kunstmatige broeding"). De tweede voorwaarde voor de ontwikkeling is de toetreding van zuurstof. In het ei dat zich ontwikkelt komen even als in het ontwikkelde organisme oxydatieprocessen voor, die zuurstof verteren en koolzuur leveren. De gaswisseling tusschen het ei en de dampkringslucht of het gashoudend water heeft door de poreuse eivliezen

heen plaats. — In veel gevallen (inwendige bevruchting) heeft de ontwikkeling van het ei binnen het moederlijk organisme plaats, op een afstand van de naar buiten leidende geslachtsorganen, de baarmoeder (zooals b. v. bij de zoogdieren en den mensch). De beide voorwaarden der ontwikkeling zijn hier op eene zeer volmaakte wijze verwezenlijkt; de temperatuur wordt door het verblijf in het moederligchaam, dat eene standvastige temperatuur bezit, onderhouden; de ademhaling geschiedt door het zeer vroeg ontwikkelde vaatstelsel van het embryo dat op eene plaats van het ei, die tegen den baarmoederwand is gelegen, een stelsel van haarvaten vormt, waarvan de wanden met die van de ter zelfder plaatse sterk ontwikkelde capillairen der moeder in eene onmiddellijke aanraking zijn. Hier dus, in den moederkoek of de placenta, gaat zuurstof uit het bloed van de moeder in dat van de vrucht over, terwijl met koolzuur juist het omgekeerde plaats heeft. Door hetzelfde orgaan gaan ook voedingsstoffen uit het moederlijke in het embryonale organisme over. Heeft de ontwikkeling een zekeren trap bereikt, dan wordt het ei door de uitwendige geslachtsopening ontlast; dit proces wordt geboorte genoemd.

Wijzigingen in de ontwikkeling.

De ontwikkeling van het ei tot een volkomen organisme, dat op het voortplantende gelijkt, heeft niet altijd onafgebroken plaats. In zekere klassen van dieren blijft de ontwikkeling eenigen tijd op bepaalde trappen staan. Op deze ontwikkelingstrappen heeft het organisme dikwijls volkomen gelijke verrigtingen als het reeds ontwikkelde, zooals willekeurige beweging, het opnemen van voedsel en spijsvertering enz. Deze toestand wordt de „larventoestand" genoemd, waarvan die bij de ontwikkeling („metamorphose") van de insekten het meest bekende voorbeeld oplevert. Er heeft zelfs eene voortplanting in zulke larventoestanden plaats, en wel verdeeling of knopvorming; in dit geval wordt het proces „geslachtswisseling," „Generationswechsel" genoemd. Daar de larven gewoonlijk een vorm hebben, welke van dien van het reeds ontwikkelde organisme geheel en al verschilt, doch in haar leven geen onderscheid met dezen vertoonen, heeft men talrijke larven als bijzondere diersoorten beschreven, voor dat men bekend was met de wijze van haar ontstaan en hare verdere ontwikkeling. Men heeft voornamelijk in de gevallen der geslachtswisseling de larven (die alsdan ook „voedsters" heeten) een tijd lang voor bijzondere diervormen, zelfs voor dieren van geheel verschillende klassen of orden gehouden, omdat de verrigtingen van het ontwikkelde

dier, zelfs de vermeerdering daaronder begrepen, bij haar voorkomen, en haar vorm meesttijds aanmerkelijk van den eindvorm afwijkt.

Als voorbeelden van de geslachtswisseling in haren eenvoudigsten vorm kunnen de bladluizen aangehaald worden; bij deze worden in het voorjaar uit bevruchte eijeren niet-geslachtelijke jongen geboren, die insgelijks niet-geslachtelijke jongen levend baren; dit herhaalt zich door verscheidene opeenvolgende generaties heen, totdat eindelijk in het najaar de jongen deels mannelijk, deels vrouwelijk geboren worden, elkander bevruchten en eijeren voortbrengen, die gedurende den winter in denzelfden toestand blijven; in het voorjaar begint op nieuw dezelfde cyclus van verschijnselen. De levendbarende generaties kunnen niet als parthenogenetische wijfjes (bladz. 365) beschouwd worden, omdat zij nooit in de eijerleggende wijfjes van de eindgeneratie kunnen worden gemetamorphoseerd (LEUCKART). — Meer ingewikkeld verhoudt zich de zaak bij de ingewandswormen uit de afdeeling der cestoden, b. v. bij den lintworm, Taenia solium. De lintworm, die in den darm van den mensch leeft, bestaat uit een kop met zuignapjes en hakenkransen en een keten van leden, welke digt bij den kop het kleinst zijn, en van hier af in lengte en breedte toenemen. De kleinste zijn de jongste, en ontstaan voortdurend nieuw door afsnoering van den zoogen. hals (knopvorming). Elk lid moet als een individu beschouwd worden; het bezit mannelijke en vrouwelijke geslachtswerktuigen, die, naar mate de individus ouder worden, zich gedurig meer volkomen ontwikkelen. Er heeft nu tusschen de afzonderlijke leden bevruchting plaats, zoodat de oudsten (laatsten) altijd bevruchte en reeds in ontwikkeling begrepen eijeren bevatten. Deze leden, „proglottides" genaamd, worden van tijd tot tijd losgestooten en met de drekstoffen ontlast. Vermoedelijk kunnen nu de eijeren, als zij regtstreeks weder in een menschelijken darm komen, zich op nieuw tot lintwormkoppen ontwikkelen en nieuwe leden vormen; dit zou eene wisseling tusschen twee generaties zijn, eene door knopvorming en eene die geslachtelijk (hermaphroditisch) zich vermeerdert. Gewoonlijk is het echter met de zaak zoo gelegen, dat de eijeren zich ontwikkelen in een der talrijke dieren, waarin zij met het voedsel zijn aangeland, en wel altijd bij voorkeur in eene bepaalde diersoort, zooals b. v. de Taenia solium in het varken. Hier baant zich het met haken voorziene embryo een weg in bepaalde deelen, die voor zijn verblijf geschikt zijn (lever, hersenen, spieren, enz., de Taenia solium b. v. bij het varken in het onderhuidsche celweefsel; — ook is het mogelijk dat het dier langs een gedeelte van den weg terugkeert, doordien het in de bloedmassa binnendringt, door embolie, en dan weder vrij wordt), en daar een blaasvormig aanhangsel van zich afgeeft (kyste), binnen hetwelk het zich kan instulpen. Zoo ontstaat uit de Taenia solium de Cysticercus cellulosae („finnen") van het zwijn, welke met het varkensvleesch weder in den darm van den mensch komt, zijn blaas verliest en nieuwe leden bij de ouden voegt. [De finnen moeten niet verward worden met de tegenwoordig, uit een pathologisch en medico-politisch oogpunt zooveel gerucht makende trichinen of haarwormen]. Bij anderen b. v. bij den Echinococcus van den mensch enz. (in de lever, nieren, enz., afkomstig van de Taenia Echinococcus uit den hondendarm) ontstaan in eene koplooze blaas („akephalokyste"), die zich uit het embryo ontwikkelt, veel kleine kysten met koppen van Taenia, en dikwijls in deze weder nieuwe generaties. Hier wisselen dus met de geslachtelijke voortplanting twee verschillende soorten van niet-geslachtelijke voortplanting af, de eene die verscheidene generaties kan doorloopen, door knopvorming van de blaas van het embryo, de tweede door knopvorming van den kop der Taenia.

B. Voortplanting bij den mensch.

De voortplanting van den mensch geschiedt door geslachtelijke voortteling met inwendige bevruchting en [op zeldzame uitzonderingen na] door binnenbaarmoederlijke ontwikkeling. De

geboorte heeft ongeveer 280 dagen na de bevruchting plaats. Gewoonlijk wordt slechts één ei [enkelvoudige —], zelden twee, nog zeldzamer drie en meer te gelijk ontwikkeld [meervoudige zwangerschap].

De geslachtsrijpheid of „puberteit" komt bij den mensch ongeveer in het 14de—18de jaar langzamerhand te voorschijn, bij de vrouw een weinig vroeger dan bij den man, in warme luchtstreken vroeger dan in koude. Behalve de ontwikkeling van de geslachtswerktuigen zelve (en hunne omgevende deelen, b. v. de schaamharen) en de daarmede zamenhangende verrigtingen (maandelijksche bloedvloeijing bij de vrouw, zaaduitstortingen bij den man) vertoonen zich op dit tijdstip nog velerlei andere veranderingen in het ligchaam, zooals de zwelling der borstklieren, de ontwikkeling van de onderhuidsche vetkussens bij de vrouw, verandering in de stem (bladz. 225), het verschijnen van den baard bij den man. Tegelijk daarmede doen zich ook zekere psychische veranderingen voor en ontwikkelt zich de geslachtsdrift.

Het voortplantingsvermogen houdt bij de vrouw ongeveer tot aan het 40ste—50ste levensjaar aan; bij den man heeft men daarvoor nog geen bepaalde grens kunnen vaststellen. Bij de vrouw gaat ook het ophouden van het voorttelingsvermogen (en van de maandelijksche bloedvloeijing, de „involutie") met zekere veranderingen van het ligchaam, met name van de geslachtsdeelen gepaard, waarvan men dikwijls niet kan bepalen of zij nog binnen of reeds buiten de grenzen van den physiologischen toestand zijn gelegen.

Vorming van het ei.

Het menschelijke ei is een bol van 0,18—0,2^{mm} middellijn. Het buitenste omhulsel is een tamelijk dik, licht, structuurloos vlies, dat als een lichte ring („zona pellucida") zigtbaar is. Een daaronder gelegen dojervlies (zie bladz 367) is bij den mensch niet aangetoond. De dojer is taai en korrelig; hij bevat het meesttijds excentrisch gelegen kiemblaasje als een lichte blaas met de donkere kiemvlek. Ook is een „mikropyle" (bladz. 367) hier nog niet bekend.

De vorming van het ei heeft plaats in de Graafsche follikels van den eijerstok; deze zijn bolvormige blazen, die in den rijpen toestand nagenoeg zoo groot zijn als een erwt, en in het stroma van den eijerstok zijn ingebed. Hun omhulsel bestaat uit een vaathoudende, uit verschillende lagen bindweefsel zamengestelde capsula, die van binnen met verschillende lagen epithelium (membrana granulosa, of m. germinativa) is bekleed. Het epithelium is op een zeker punt tot een hoop cellen aangegroeid

(cumulus s. discus proligerus) waarin het ei ingebed is. De holte van den follikel is met een geelachtig eiwithoudend vocht gevuld.

De ontwikkeling van de eitjes en Graafsche blaasjes heeft bij de zoogdieren (en bij den mensch) volgens de nieuwste onderzoekingen (PFLÜGER) hoogst waarschijnlijk op de volgende wijze plaats: Het peritoneale epithelium, dat den eijerstok overtrekt, geeft hier en daar uitloopers in het ovarium van zich af; deze worden later hol en vormen alsdan cilindrische, in den eijerstok vertakte, blind eindigende *buizen*. Men kan deze als klierbuizen beschouwen, op dezelfde wijze als het buikvlies en de weivliezen over het algemeen den eenvoudigsten vorm van een klier voorstellen (zie bladz. 85). Terwijl nu de epitheliale cellen den wand der buis bekleeden, blijft in het peripherische uiteinde van deze, het zoogen. „kiemvak," een gedeelte der cellen in het lumen liggen, die door een snellen groei van hare kern (kiemblaasje) aanmerkelijk grooter worden, de zoogen. *oorspronkelijke* of *primordiale eijeren* („Ureier"). Onder eigenaardige bewegingen van het protoplasma heeft vervolgens in de primordiale eijeren eene deeling van het kiemblaasje plaats, waarbij in de eene helft eene nieuwe kiemvlek ontstaat. Deze deelingen gaan hoe langer zoo verder, zoodat ten slotte eene geheele rij van kiemblaasjes in eene gemeenschappelijke langwerpige cel liggen (ei-keten); eindelijk heeft er tusschen ieder paar blaasjes een afsnoering van den inhoud der cel plaats, zoodat eene rij van *eijeren*, die hier en daar nog door een gemeenschappelijk vlies zamenhangen, de as van de buis vormen. Ten slotte ontstaat aan elk punt der buis, waar een ei ligt, eene verwijding, de aanleg van het Graafsche blaasje, en ten laatste verandert de „follikel-keten" door afsnoering van het tot nu toe gemeenschappelijk vlies der buizen in eene rij van gescheiden Graafsche blaasjes, waarvan elk een, soms meer eijeren bevat. — Eindelijk ontstaat (SCHRÖN) op eene plaats in het cellenbed van den follikel eene met vocht gevulde holte, die zich rondom verder uitstrekt en het cellenbed in twee lagen verdeelt, waarvan de eene tegen den wand van den follikel is gelegen, de andere het ei omgeeft; slechts aan een punt blijven beide onderling verbonden. Door vermeerdering van het vocht verkrijgt het ei nu een wandstandige ligging, de cellen die het omgeven vormen den cumulus proligerus, en de cellenlaag die tegen den wand van den follikel is gelegen de membrana granulosa. — De epitheliale cellen van den follikel, die zich gemakkelijk van het ei laten scheiden, hangen dikwijls aan een punt vast met het ei zamen; hier vindt men alsdan eene cel verbonden met eene andere *in den omtrek van de zona* of *in deze zelve* gelegen, door een uitlooper, die de zona doorboort. Deze ontdekking kan dienen om het ontstaan van een mikropyle te verklaren (PFLÜGER). — Uit hetgeen wij hier hebben meêgedeeld volgt, dat de follikels niets anders zijn dan afgesnoerde uitloopers van den peritonealen zak, hun epithelium een uitlooper van het peritoneale epithelium, en het ei eene veranderde peritoneale cel, en eindelijk dat de eijerstok in zijn aanleg een *buisvormige klier* is, evenals zijn analogon: de bal.

In bepaalde tusschenpoozen worden één of meer eijerstokblaasjes „rijp", met andere woorden: hunne grootte en de spanning van hun wand nemen door vermeerdering van den vloeibaren inhoud zoo aanmerkelijk toe, dat zij bersten. Daar de rijp wordende blaasjes voortdurend de oppervlakte van den eijerstok naderen en vóór dat zij bersten onmiddellijk onder zijn omhulsel van bindweefsel zijn gelegen, stort zich de naar buiten tredende inhoud met het ei, dat in de cellen van den cumulus proligerus ingebed is, onmiddellijk in de buikholte uit. Daar zich echter vóór de bersting de met franjes voorziene monding der tuba zoo tegen de oppervlakte van den eijerstok legt, dat zij als een kelk de plaats van den fol-

likel omvat, komt het ei (met zeldzame uitzonderingen, waaruit alsdan een buitenbaarmoederlijke zwangerschap kan ontstaan) in het kanaal der tuba, en wordt door de aldaar aanwezige, naar buiten gerigte trilharige beweging in de baarmoeder gedreven. Het loslaten van het ei gaat met eene capillaire bloeding van het slijmvlies der baarmoeder gepaard, die onder den naam van menstruatie of maandelijksche bloedvloeijing enz. bekend is. Het loslaten van het ei heeft bij de vrouw gedurende het geslachtsleven, met uitzondering van de zwangerschap en den tijd van het zogen [doch bij lange na niet altijd], om de 28 dagen plaats; bijna altijd wordt één ei, zelden twee of meer te gelijk ontlast; de bloeding duurt meesttijds eenige dagen. Bij zoogdieren heeft het loslaten van het ei (bronst) zeldzamer (een of meermalen jaarlijks) plaats, en alsdan worden gewoonlijk meer dan een ei binnen korten tijd ontlast; ook bij hen komt bloed uit de geslachtsdeelen te voorschijn. — De gebarsten en geledigde wand van den follikel, die meestal een druppel bloed, welke bij de verscheuring naar binnen is gekomen, ontlast, ondergaat nu eigenaardige veranderingen. Eerst worden de cellen der membrana germinativa grooter en worden met een geel vet gevuld, terwijl de capsula hoe langer zoo minder van het stroma van den eijerstok kan onderscheiden worden. Op deze wijze ontstaat het zoogen. „corpus luteum," dat ook weder al meer en meer binnen in het ovarium dringt. Nadat het eene zekere grootte bereikt heeft (meesttijds reeds voordat de eerstvolgende menstruatie in het midden treedt; want men vindt meestal slechts één corpus luteum in den eijerstok), krimpt het in tot een weldra onkenbaar likteeken, waarin soms pigmentkristallen (afkomstig van den bloeddruppel) bevat zijn. Ook op de plaats, waar het ovariale omhulsel gescheurd is blijft een likteeken na, zoodat de oorspronkelijk gladde oppervlakte langzamerhand rimpelig wordt. — Tijdens de zwangerschap ontwikkelt zich het corpus luteum, dat het laatst ontstaan is, tot een veel aanzienlijker grootte, zoodat men de bovengenoemden, voor dat men nog kennis droeg van de periodieke loslating van het ei, alleen „corpora lutea vera" noemde. — Het menstruale bloed is met slijm uit de baarmoeder, inzonderheid met epitheliumcellen en slijmligchaampjes vermengd; waarschijnlijk berust hierop zijn sterke alkalische reactie en het vermogen van te stremmen.

Over het wezen van de menstruatie verkeeren wij in veel opzigten nog in het onzekere; de oorzaak van het perodieke rijp worden der blaasjes, de zamenhang daarvan met de bloeding uit de baarmoeder, de eigenlijke weg van de follikels in den eijerstok voor en na dat zij zijn gebarsten, doch inzonderheid de wijze, waarop de monding der tuba tegen het ovarium is gelegen, — voornamelijk deze punten zijn nog niet genoegzaam opgehelderd. — Door de ontdekking van eigenaardig gelegen gladde spiervezels in de peritoneale plooi, welke den uterus, de tubae en de eijerstokken draagt (ROUGET) is men eene schrede verder gekomen tot de verklaring van de meeste van deze

verschijnselen. Ten eerste zou hare tegenwoordigheid te weeg brengen dat de monding van de tuba zich tegen den eijerstok aanlegt, en ten tweede zouden zij door zamendrukking van de aderstammen een ophooping van het bloed in de geslachtsdeelen veroorzaken; ten gevolge daarvan zou er in de vaten, waarvan de bouw met de corpora cavernosa (zie beneden) overeenkomt eene soort van erectie ontstaan, waaruit in de baarmoeder bloedvloeijing, doch in den eijerstok vermeerdering van den inhoud van een follikel door transsudatie en ten slotte eene bersting daarvan ontstaat. Vooralsnog heeft men deze opgaven nog niet nader bevestigd.

Over de verdere veranderingen der losgelaten eitjes zal eerst later bij de bevruchting gesproken worden.

Vorming van het zaad.

Het menschelijke zaad is, in den toestand waarin het ontlast wordt, een zeer taai, kleverig, witachtig, alkalisch vocht van een eigenaardigen reuk, dat in de lucht dunner wordt. Het is een mengsel van de afscheidingsprodukten der klieren, die in de naar buiten leidende wegen uitmonden, met het oorspronkelijke secretum der ballen, dat alkalisch of neutraal en reukeloos is en veel ligter verdroogt. — Het zaad bezit in grooten getale de zoöspermiën, die nagenoeg 0,05^{mm} lang zijn, een amandelvormigen kop en naar het einde toe een steeds fijner wordenden staart bezitten. Hunne bewegingen bestaan in golfvormige slingeringen van den staart, waardoor het ligchaam met eene snelheid van ongeveer 0,05—0,15^{mm} in de seconde in eene regte lijn naar voren wordt gedreven, tot dat de een of andere weêrstand de rigting verandert. De beweging is het snelst in zaad dat pas ontlast is, zeer langzaam of in het geheel niet aanwezig in zaad dat nog in den bal is. Haar duur hangt van zeer veel omstandigheden af, in het algemeen van dezelfde als bij de trilharige beweging (bladz. 202). Zij blijft het langst in vloeistoffen aanhouden, waarvan de concentratie met die van het zaad gelijk is of daarmede overeenkomt; zeer levendig vertoont zij zich in de secreta van de uitvoeringswegen van het zaad (prostatavocht, produkt van de COWPER'sche klieren, enz.), waarschijnlijk ook in de secreta van de vrouwelijke geslachtsdeelen. In zeer verdunde vloeistoffen houdt zij spoedig op, in water, speeksel onmiddellijk. Onafhankelijk van den concentratiegraad wordt zij opgeheven door: metaalzouten, minerale zuren, alkoholische en aetherische zelfstandigheden enz. Daarentegen werken de bijtende alkaliën opwekkend. De oorzaak der beweging is ons geheel onbekend; niets verklarende hypothesen, zooals die welke bij de trilharige beweging vermeld zijn, kunnen wij daarom met stilzwijgen voorbijgaan, omdat de onderzoekingen, waaraan men heden ten dage de bewegingen van mikroskopische vormsels onder-

werpt, eerlang meer licht over dit duistere gebied der physiologie zullen verspreiden.

Het zaad wordt op die wijze in de ballen gevormd, dat de cellen van de zaadbuisjes de zaaddraden leveren. De opgaven over de vorming der laatsten bij den mensch zijn nog onzeker. Hoogstwaarschijnlijk ontstaan eenige of veel zaaddraden in één cel, en wel uit kernachtige (van de eigenlijke celkern bij den kikvorsch wèl te onderscheiden) ovale blaasjes, waarvan elk aan een uiteinde in den staart van den zaaddraad overgaat; ten laatste valt de cel uiteen, en worden de zaaddraden vrij; soms kan men daaraan nog fragmenten van de cel onderscheiden (KÖLLIKER). De zaadvormende cellen echter ontstaan door deeling uit de kliercellen die in de as van de zaadbuisjes zijn gelegen. Het zaadvocht ontstaat door onbekende afscheidingsprocessen van de zaadbuisjes; het is mogelijk dat de specifieke bestanddeelen uit dezelfde cellen ontstaan, die de zaaddraden leveren. De zaaddraden uit de zaadbuisjes vertoonen geen of niet dan zwakke bewegingen. Naar het schijnt heeft er een onafgebroken vorming van zaad plaats.

Het zaad komt, nadat het door de sponsige holten van het corpus Highmori en de kanalen van den bijbal is heengegaan, door het vas deferens in de zaadblazen, waarin het zich ophoopt. Op dezen weg vermengt het zich met het secretum van het slijmvlies van het vas deferens, dat met name aan het onderste einde tot druifvormige klieren is uitgestulpt, en met dat der zaadblazen.

De ontlasting van het zaad geschiedt òf spontaan, in verbinding met eene wellustige psychische opwekking („pollutiones nocturnae"), óf langs den weg van reflexie door prikkelingen van den penis bij de geslachtsvereeniging. In den normalen toestand moet altijd eene erectie of oprigting van den penis voorafgaan, d. i. de drie corpora cavernosa moeten bijna tot berstens toe gevuld worden, waardoor het mannelijke lid langer en stijver wordt en daarbij een afgeronden prismatischen vorm aanneemt; tegelijker tijd rigt het zich in de hoogte (wegens de kortheid van zijn suspensorium) en neemt eene zwakke naar de buikzijde holle kromming aan. Het wezen van de erectie is nog niet voldoende opgehelderd. De corpora cavernosa vormen een stelsel van holten, die onderling gemeenschap hebben; hierin monden de fijnste vertakkingen van de slagaderen die in de tusschenschotten verloopen, terwijl de aderen er uit naar buiten gaan. Vermits de tusschenschotten gladde spiervezels bezitten, dus het lumen van de corpora cavernosa actief kunnen veranderen, zoo zijn er, de mogelijkheid van eene zamendrukking der afvoerende aderstammen nog daargelaten, twee verklaringen voor de erectie mogelijk, en wel: 1. eene belemmering in den afvoer des bloeds door gedeeltelijke zamentrekkingen van de gladde spiervezels; 2. een vermeerderde toevoer door het ophouden van eene tonische zamentrekking, die in den toestand van rust aanwezig is (KÖLLIKER). Een afdoende verklaring evenwel bezitten wij nog niet, daar er over den invloed der zenuwen op de erectie

nog geen waarnemingen in een genoegzaam aantal bestaan. Wel weten wij, dat bij het paard na doorsnijding van de nervi dorsales penis geen erectie meer plaats heeft (HAUSMANN en GÜNTHER), en dat prikkeling van eenige draden, die bij den hond van den plexus ischiadicus naar den plexus hypogastricus („nn. erigentes") gaan erectie veroorzaakt (ECKHARD); doch met dit al blijft ons de wijze, waarop deze zenuwdraden peripherisch eindigen, onbekend. Men heeft onlangs eene zamendrukking van de afvoerende aderen nevens de uitzetting van de caverneuse holten aangenomen: a. door den m. transversus perinaei, door welken de v. v. profundae heengaan (HENLE), b. door balkvormige, uit gladde spiervezels bestaande uitsteeksels in de aderen van den plexus Santorini (LANGER), c. doordien de v. v. profundae door de corpora cavernosa zelve heengaan (LANGER).

De slagaderen, die naar de corpora cavernosa voeren (arteriae helicinae) hebben een zeer gekronkeld verloop, waardoor het mogelijk wordt dat het volume van den penis sterk toeneemt zonder dat de slagaderen daarbij getrokken worden.

Geslachtsvereeniging.

De erectie komt bij elke opwekking van de geslachtsdrift tot stand en is als het ware de introductie tot de zaadlozing. De laatste heeft intusschen eerst na eene werktuigelijke prikkeling van den opgerigten penis plaats, zooals zij bij de geslachtelijke vereeniging door de wrijving van het lid langs de oneffene wanden van de scheede tot stand komt. Zij vertoont zich dus als reflexiebeweging.

De ontlasting van het zaad uit zijn reservoirs in de pisbuis heeft waarschijnlijk door peristaltische zamentrekkingen van de zaadleiders en zaadblazen plaats, doch de ontlasting uit de pisbuis door rhythmische zamentrekkingen van de m. m. bulbo- en ischiocavernosi. De weg naar de blaas is door de oprigting van het caput gallinaginis afgesneden, welke tegelijkertijd de pislozing gedurende de erectie verhindert. Bij het zich ontlastende zaad voegt zich het afscheidingsprodukt van de voorstanderklier en de COWPER'sche klieren (zie boven). Ook in de vrouwelijke geslachtsorganen ontstaan door de gevoelprikkels bij de geslachtsvereeniging zekere reflexiebewegingen, die waarschijnlijk hoofdzakelijk de opname van het zaad in de inwendige genitalia begunstigen. Als zoodanig worden opgegeven: een meer loodregte stand der baarmoeder (misschien wel door hare erectie, ROUGET) en vermoedelijk peristaltische bewegingen van den uterus en de tubae, in de rigting naar den eijerstok, die men bij dieren althans heeft waargenomen. Door deze reflexiebewegingen zou men kunnen verklaren, hoe een gedeelte van

het zaad, ondanks de omgekeerde rigting der trilharige beweging, naar den eijerstok gevoerd wordt, een verschijnsel, dat door de onregelmatige beweging der zoöspermiën niet kan verklaard worden. Na de zaadlozing houden de erectie en de psychische zoowel als physische opgewektheid zeer spoedig op, bij den man vroeger dan bij de vrouw; beide gevoelen zich gedurende een geruimen tijd afgemat.

Bevruchting.

De plaats, waar het eitje en het zaad met elkander in aanraking komen, is nog niet met zekerheid bekend; hoogst waarschijnlijk heeft het contact altijd op den eijerstok plaats of in de nabijheid daarvan in de tubae; want men vindt dikwijls bij de zoogdieren na de geslachtsvereeniging de oppervlakte der eijerstokken met zaaddraden bedekt (BISCHOFF); daardoor zouden ook de soms voorkomende ovariale en abdominale zwangerschappen moeten verklaard worden. Hiermede staat in een naauw verband de vraag, of er met den coïtus eene loslating van het ei, zooals bij de maandelijksche bloedvloeijing, verbonden is, dan wel of bij vruchtbare geslachtsvereenigingen eenvoudig de eitjes, die door de menstruatie vroeger of later zijn losgelaten, bevrucht worden. Voor de laatste mogelijkheid pleit de analogie met de zoogdieren, die alleen in den bronsttijd kunnen bevrucht worden. Aangezien nu bij den mensch de vrouw te allen tijde kan bevrucht worden, zoo moet men, als door den coïtus niet regtstreeks een eitje kan losgelaten worden, aannemen, dat òf het nog aanwezige en voor bevruchting vatbare eitje van de laatste menstruatie bevrucht werd, òf dat het zaad tot aan de eerstvolgende loslating van het ei vatbaar voor bevruchting in de vrouwelijke geslachtsorganen, misschien op een eijerstok blijft liggen. Vooralsnog is de beslissing van dit vraagstuk onmogelijk.

Over de wijze waarop de bevruchting plaats heeft, alsmede over de eerste tijdperken der ontwikkeling bestaan voor den mensch geen regtstreeksche waarnemingen. Men moet zich dus met de analogie der zoogdieren vergenoegen, die bijna overal bij de volgende beschrijving der ontwikkelingsprocessen tot grondslag is genomen. De jongste bevruchte menschelijke eijeren, die men door miskramen of door den dood der moeder heeft kunnen magtig worden, behooren reeds tot veel later tijdperken der ontwikkeling.

Het bevruchte ei komt hoogstwaarschijnlijk door de trilharige beweging van het slijmvlies der tubae in de baarmoeder, aan het slijmvlies waarvan het zich vasthecht. Het wordt overal door het slijmvlies der baarmoeder bedekt. Men vermoedt dat

dit proces in dier voege plaats heeft, dat een gedeelte van het slijmvlies door eene sterke woekering over het ei heengroeit en dat dit gedeelte (decidua reflexa) zich met het ei vergroot. Volgens eene andere meening komt het ei achter het slijmvlies der baarmoeder te liggen (decidua vera) (volgens FUNKE in dier voege, dat het in eene klier der baarmoeder, zooals bij de marmot duidelijk is aangetoond, naar beneden zakt en den bodem daarvan doorboort), en stulpt deze als decidua reflexa voor zich om. Later, nadat de embryonale vaten ontwikkeld zijn, komt er eene naauwe verbinding van deze met die van de moeder in het uterine slijmvlies tot stand (placenta). — Uit de sterke ontwikkeling van één corpus luteum (verum, zie bladz. 374) gedurende de zwangerschap zou men mogen afleiden, dat de periodieke loslating van het ei gedurende deze periode afgebroken is. Dit duurt tijdens den zoogtijd [waarop evenwel veel uitzonderingen bestaan] voort, zooals het ontbreken van de menstruatie en nog zekerder de afwezigheid van recente corpora lutea gedurende het zogen bewijst.

C. Ontwikkeling van het ei bij den mensch.

Splijting of kerving.

Het eerste verschijnsel dat men bij de ontwikkeling van het ei waarneemt is de splijting of kerving (bladz. 369). Zij begint bij zoogdieren reeds eenige uren nadat het zaad met het ei in aanraking is gekomen (met andere woorden: nadat de zaaddraden in den dojer zijn binnengedrongen), zoodat het ei eerst op een verderen trap van ontwikkeling in de baarmoeder komt. Bestaat er niet de minste twijfel meer over het wezen der splijting, zeer uiteenloopend zijn daarentegen de meeningen over de bijzonderheden van het proces. Zonder twijfel bestaat de splijting in eene voortgaande deeling der cellen, waarbij elke bolvormige cel in twee halve bollen wordt gesplitst. Minder zekerheid bezitten wij evenwel eerstens over het ontstaan van de eerste cel, en ten tweede over de wijze, waarop de deeling plaats heeft. Het begin der splijting ziet men aan den dojer, die zich min of meer van de zona pellucida los scheurt; hierop verdwijnt het kiemblaasje, in de plaats waarvan zeer spoedig eene eveneens blaasjesvormige, nieuwe celkern voor den dag komt. Sommigen, die het bestaan van een dojervlies aannemen, beweren, dat ook dit zich van de zona scheidt, zoodat de eerste splijtingscel, en met haar alle die nog volgen, door een celvlies omgeven is. Anderen daarentegen, die de aanwezigheid van een dojervlies ontkennen, beweren op hunne beurt dat de eerste en volgende dojercellen geen vlies bezitten. De

laatste embryologen houden de splijting zelve voor eene deeling der vlieslooze dojerbollen, waarin vooraf een deeling der kern heeft plaats gehad of waarin de oude kern verdwenen en door twee nieuwe vervangen is. Over de deeling van de met een vlies omgeven cellen zijn eveneens de gevoelens verschillend: in de cel wordt de inhoud in twee deelen gescheiden, om welke heen zich nieuwe vliezen vormen; de aldus reeds in aanleg aanwezige dochtercellen worden door het verdwijnen van het vlies der moedercel vrij en krijgen eerst dan haar kern (REICHERT). Volgens REMAK echter wordt het vlies der moedercel oppervlakkig langs den aequator gespleten, en terwijl de splijting tot in de geheele diepte van de cel doorgaat, wordt deze in tweeën gesplitst. — De splijting strekt zich zeer snel verder uit (haar duur is bij den mensch onbekend, bij het konijn houdt zij eenige dagen, bij den hond meer dan 8 dagen aan), en levert ten laatste een groot aantal van bolvormige, sterk lichtbrekende cellen, die gezamentlijk een op moerbeziën gelijkend voorkomen hebben.

Tijdens de splijting verliest het ei in de tuba den discus proligerus (bladz. 373—374) en krijgt òf evenals het konijnenei (bladz. 368) accessoire omhulsels, òf de zona krijgt later in de baarmoeder (b. v. bij den mensch) den eersten aanleg van fijne straalvormige vlokken, die zich vertakken en een digt vlokkig omhulsel om het ei vormen; de zone wordt alsdan met den naam van chorion (frondosum) bestempeld.

Eerste aanleg van het embryo.

De cellen die door de splijting ontstaan zijn dienen tot den opbouw van het embryo. In de eerste plaats komen zij voor het grootste gedeelte tegen de zona te liggen om een gesloten vlies, kiemblaas [vesicula blastodermatica] (omhullingsvlies van REICHERT) te vormen. Op een zeker punt daarvan ontstaat eene groote ophooping van cellen, die regtstreeks tot de vorming van het embryo bestemd is, de vruchthof [area germinativa]. De holte, welke door de genoemde plaatsing der cellen alsmede door de vergrooting van het ei is gevormd, is met vocht gevuld, of bevat bij de eijeren, die een voedingsdojer bezitten (bladz. 369), dezen laatsten.

Om zich een goed begrip te vormen van de embryonale ontwikkeling, is het noodig dat wij het reeds ontwikkelde ligchaam op eene wijze beschouwen, die van de gewone beschrijvend-ontleedkundige methode eenigzins afwijkt. Stelt men zich een zoogdier voor met een kort, niet-gekronkeld darmkanaal, en denkt men zich vooreerst alle klierachtige ingewanden als nog niet aanwezig, dan kan men het ligchaam als eene buis beschouwen, waarvan de holte het darmlumen voorstelt, en waarvan de wand uit veel concentrische lagen is

zamengesteld, en wel van binnen naar buiten gerekend: darmslijmvlies, darmspierrok, darmweivlies, serosa van den romp (pariëtale blad van het buikvlies), eene laag van rompspieren en beenderen, huid van den romp. Al deze lagen zijn met elkander vergroeid; alleen tusschen het weivlies van den darm en van den romp (visceraal en pariëtaal blad van het peritoneum) bestaat, tot aan het mesenterium dat in de achterste mediane lijn is gelegen, geen vergroeijing, maar eene holte, de pleuroperitoneale holte, die echter leêg is, en waarvan de wanden elkander dus altijd geheel en al moeten aanraken. De buis bezit eene volkomene bilaterale symmetrie. De ledematen, die geen lumen bezitten, kunnen als massieve uitwassen van den buitensten wand der buis beschouwd worden.

De embryonale ontwikkeling dezer buis komt nu over haar geheel op het volgende neêr: de wand ontstaat als eene aanvankelijk platte verdikking van de kiemblaas, die het eerst gevormd is en het geheele ei omgeeft, — de vruchthof; deze verdikte plaats wordt langzamerhand in de verschillende bladen gesplitst, welke aan de wandlagen beantwoorden. Doch het lumen (darmlumen, zie boven) is een gedeelte van het lumen der kiemblaas, die zich op deze wijze van het overige afscheidt, dat het verdikte gedeelte van de kiemblaas, dat in den embryonalen wand zal veranderen, van de rest („het peripherische gedeelte") daarvan in den vorm van eene langwerpige buis zich afsnoert. Het afgesnoerde gedeelte der kiemblaas wordt nu navelblaas (dojerzak bij de eijeren met een voedingsdojer, vergel. boven) en de communicatie-opening tusschen het lumen van het embryo (darmlumen) en dat van de navelblaas (welke opening door de steeds verder gaande afsnoering hoe langer zoo naauwer en ten laatste kanaalvormig uitgerekt wordt) navelgang of ductus omphalo-entericus genoemd. Doch de afsnoeringsplooi zelve, die ten laatste ringvorming wordt, is de navel. Vermits de verdikking en zelfs de splijting in lagen der kiemblaas zich niet bepaalt tot het stuk dat zich afsnoert, maar zich over de afsnoeringsplooi een eind verder in het peripherische gedeelte der kiemblaas uitstrekt, zoo bestaat ook de navelwand uit verschillende lagen, die aan de embryonale lagen beantwoorden.

Over de wijze, waarop zich de lagen in den vruchthof of in den embryonalen wand, die grootendeels reeds vóór het begin der afsnoering gevormd worden, verhouden, heerschen verschillende gevoelens. Wij zullen hier slechts één daaronder (dat van REMAK) nader bespreken, en de overigen later slechts ter loops aanhalen. Er vormen zich drie lagen, zoogen. kiembladen, in de platte, eerst ovale verdikking der kiemblaas, die later meer beschuitvormig wordt. De buitenste of bovenste,

het sensoriële of zintuigsblad [overeenkomende met het animale blad van BISCHOFF en V. BAER], is de aanleg van het epithelium der huid met zijne annexa, de huidklieren, en van het centraal zenuwstelsel (hersenen en ruggemerg) met zijne voortzettingen, de hoogere zintuigsorganen. Het laatste ontstaat uit het middenste (axiale) gedeelte van het blad, dat afzonderlijk medullaire plaat genoemd wordt, het eerste uit het peripherische gedeelte, de hoornplaat. — Het binnenste (onderste) kiemblad is het darmklier — [of trophische] blad [op enkele verschillen na overeenkomende met het vegatatieve blad van BISCHOFF en V. BAER], de aanleg van het darmepithelium met zijne voortzettingen, het epithelium en de kliercellen van de in de darmbuis uitmondende klieren. — Tusschen beide is het middenste kiemblad gelegen, het motorisch-germinatieve blad, waaruit alle overige ligchaamsdeelen, die uit bindzelfstandigheden, spieren, vaten en zenuwen bestaan, derhalve de hoofdmassa van het organisme gevormd wordt. Dit blad wordt reeds zeer vroeg in twee platen verdeeld: de buitenste vormt den rompwand, de binnenste (darmvezelplaat) den darmwand met uitzondering van het epithelium; het lumen van de spleet vormt de reeds genoemde pleuro-peritoneale holte. Vermits de splitsing in de mediane lijn niet doorgaat, heeft hier eene vergroeijing tusschen romp- en darmwand plaats, de aanleg van het mesenterium en van sommige organen (vergel. beneden fig. II, III, IV).

Ontwikkelingsprocessen in den vruchthof.

In elk van de drie lagen hebben nevens de reeds besproken afsnoeringsverschijnselen zekere ontwikkelingsprocessen plaats, waardoor zij veranderen tot dat geen wat zij later moeten worden. De voornaamsten daaronder zijn: 1. in het buitenste kiemblad de afsnoering van de medullaire plaat van de hoornplaat en verandering van de eerste in eene buis; — 2. in het middenste de ontwikkeling van het skelet die met den aanleg van wervels begint, wijders de reeds genoemde splitsing, en de vorming van het vaatstelsel; — 3. in het derde het naar binnen groeijen van uitloopers van het epithelium in den darmwand, waardoor deze tot holle in de rompholte uitstekende uitloopers, — aanleg tot klieren —, omgeslagen wordt.

1. Het allereerst komt het eerstgenoemde proces tot stand. De eerst vrij liggende medullaire plaat krijgt in de mediane lijn eene overlangsche sleuf, en de twee daardoor ontstane symmetrische zijhelften komen als een gewelf tegen elkander te liggen, terwijl zij de zijdelings aangehechte hoornplaten over zich heentrekken. De oorzaak van dit verschijnsel is gelegen in de uit-

steeksels die van het middenste blad uitgaan, en tusschen de elkander ontmoetende medullaire platen en de hoornplaat naar binnen trachten te dringen. Eindelijk gaan de medullaire platen in het gesloten medullaire kanaal over, de hoornplaten, die nog aan de plaats vast zitten waar gene zamensmelten, worden ten laatste door de vereeniging van de aan weêrszijde voorkomende uitsteeksels van het middenste blad hier van het medullaire kanaal volkomen gescheiden, zoodat dit nu geheel en al door eene voortzetting van het middenste blad is omsloten. Daardoor ontstaat het spinaalkanaal van de ruggegraat, en wel aan den rug de later volgende bogen der rugwervels met inbegrip van spieren, banden, huid van den rug, welke laatste door de hoornplaat (opperhuid) wordt bekleed, — doch aan het vooreinde (hoofd) de schedelcapsula. Het medullaire kanaal gaat over in ruggemerg en hersenen, zijn lumen in het centraalkanaal van het ruggemerg met zijne voortzetting in de hersenen, de hersenholten (vergel. beneden fig. II, III, IV).

2. De gelijktijdig beginnende ontwikkelingsprocessen in het middenste kiemblad hebben in de eerste plaats betrekking op den aanleg van het wervelstelsel. Het middenpunt daarvan wordt gevormd door eene in de mediane lijn verloopende, zeer vroeg zigtbare streep, de chorda dorsalis. Aan weêrskanten daarvan vertoonen zich twee in de lengte verloopende platen, de oorspronkelijke wervelplaten, die door dwarslijnen in een aantal van oorspronkelijke of primordiale wervels verdeeld worden. Het overige gedeelte van het middenste kiemblad, voor zoover het tot den vruchthof behoort, vormt de zijplaten. De bestemming van de primordiale wervels is deze: zij geven naar de rugzijde de uitsteeksels van de rugwervels af, waarvan de invloed op de kanaalvorming van het cerebrospinale orgaan en de later volgende vereeniging tusschen dit en de afgescheiden hoornplaat reeds vermeld is. Naar binnen daarentegen omgeven zij de chorda (zie beneden fig. II. en volgg.) Uit hare zelfstandigheid ontstaan wederom zeer veel deelen, zooals de wervelkolom met hare aanhangsels, de ribben, wijders de daarbij behoorende spieren, de ruggemergszenuwen en de huid van den rug. De wervelligchamen ontstaan uit het gedeelte dat de chorda omgeeft, doch in dier voege, dat in de middenste dwarssnede van elken primordialen wervel een tusschenwervelkraakbeen, en uit elke twee aan elkander grenzende helften van twee primordiale wervels een blijvend wervelligchaam ontstaat.

In de zijplaten geschiedt verder de reeds boven vermelde splitsing van den embryonalen wand in de beide platen, de binnenste, darmvezelplaat, en de buitenste, huidplaat of viscerale plaat. De spleet vormt de pleuro-pe-

ritoneale holte; de binnenste, niet-gespleten, langzamerhand in de mediane lijn op de buikzijde der wervels elkander ontmoetende randen der zijplaten vormen de middenplaten, den aanleg van het mesenterium, doch ook gelijktijdig dien van de foetale pis- en geslachtswerktuigen.

De eerste der laatstgenoemde werktuigen, de „primordiale nieren" of WOLFF'sche [OKEN'sche] ligchamen zijn twee langs de aortae loopende kanalen, die in de „cloaca" (einddarm met het begin der allantoïs, zie beneden) uitmonden. In hun bovenste gedeelte zijn zij aan eene zijde met korte blinde darmpjes als veêren bezet, die glomeruli bevatten. De geslachtswerktuigen bestaan uit de kiembereidende organen (aanleg van de ballen of de eijerstokken) en een kanaal dat langs de uitlozingsbuis van de primordiale nieren verloopt, de MÜLLER'sche buis," die van boven kolfvormig gezwollen en blindgesloten is, en beneden naast de uitlozingsbuis der primordiale nieren uitmondt.

Het derde proces in het middenste kiemblad is het ontstaan van het vaatstelsel. De eerste ontwikkeling daarvan heeft in het gespleten gedeelte van het middenste kiemblad in de darmvezelplaat plaats, en strekt zich naar buiten in het nog ongespleten peripherische gedeelte van het middenste kiemblad verder uit. De wijze waarop de vaat- en bloedvorming plaats heeft, komt hoogstwaarschijnlijk hierop neêr, dat zich netvormig anastomoserende celbalken afscheiden, waarvan de peripherische cellenlaag in den vaatwand, de centrale cellen in de bloedligchaampjes overgaan, welke aanvankelijk kleurloos zijn en eene kern bezitten. De vaatvorming strekt zich veel verder uit dan tot de afsnoeringsplooi (zie boven); de vaatvorming beslaat een aanmerkelijk, cirkelvormig begrensd gedeelte van de kiemblaas, dat area vasculosa wordt genoemd. Het eerste vat, dat kort vóór de algemeene vaatvorming reeds in aanleg bestaat, is in de darmvezelplaat gelegen, en wel in het voorste gedeelte daarvan, dat reeds door de afsnoering in een gesloten kanaal is overgegaan. Dit is het hart.

Het volgende kan dienen om de ligging van het hart meer aanschouwelijk voor te stellen: De afsnoeringsplooi gaat aan het hoofd en aan den staart sneller naar voren dan langs de zijden. Op een zekeren trap der ontwikkeling gelijkt daarom de zich afsnoerende embryonale wand op een van achter eenigzins plat geloopen schoen (zie beneden fig. I), waarvan de vrije randen in het overige gedeelte der kiemblaas omslaan. De opening van den schoen is de nog zeer wijde navel, de holte wordt darmlumen, langs de mediane lijn der zool (rug van het embryo) verloopt het cerebrospinaal kanaal. De wanden van den schoen zijn overal dubbel, tot op een streep na die in de mediane lijn verloopt (mesenterium); boven aan de punt van den schoen en het bovenste gedeelte van het voorste blad is eveneens de wand enkelvoudig, aan ligchaam- en darmwand beide toebehoorende; het ongespleten bovenste deel van het voorste blad wordt strotplaat genoemd. Van de kiemblaas uit kan men door den navel in het voorste deel van het embryonale lumen, dat reeds in een gesloten kanaal is overgegaan, komen; dit gedeelte, hetwelk in den voordarm overgaat wordt „fovea cardiaca" genoemd, en dat in den einddarm, die nog niet zeer diep is, overgaat heet: „foveola posterior." De wand van de fovea cardiaca, die naar de kiemblaas

is gekeerd (het voorste blad van den schoen) is beneden de strotplaat dubbel, evenals de wand van de zool. Van de beide bladen daarvan vormt het binnenste den voorsten wand van den voordarm, doch het buitenste het boven den navel voorkomende gedeelte van den voorwand van het embryo. De holte tusschen beide is het gedeelte van de pleuro-peritoneale holte, dat vóór den darm is gelegen (zie beneden fig. I, V, VIII).

Het hart ontstaat in de voorste mediane lijn boven den navel als eene cilindrische verdikking van den voorsten wand van den voordarm (zie beneden fig. V, VI), die weldra hol wordt en met de overige vaten zamenhangt. De verdikking strekt zich niet naar achter (in de darmholte), maar naar voren in de wandholte uit. Men kan de vaten, die met het hart verbonden zijn, in twee rigtingen volgen. De slagaderen beginnen met twee aorta-bogen, die uit het voorste uiteinde van het hart ontspringen; deze bogen buigen zich langs de strotplaten van binnen naar achter om, en terwijl zij nu langs de chorda eerst gescheiden worden, loopen zij in latere tijdperken vereenigd als aorta naar beneden, om zich ten laatste in de eindtakken, de iliacae communes, te splitsen. In de meeste gevallen bestaan er in plaats van één aortaboog aan elke zijde meerdere (drie), die zich echter aan weêrszijden weder tot aorta of aortawortel vereenigen. Zijdelings ontspringt uit de aorta eene reeks van loodregt verloopende slagaderen, welke zich op de darmvezelplaat naar de zijden uitstrekken, eindelijk over de afsnoeringsplooi heen naar de area vasculosa overgaan, om zich hier te vertakken. Deze slagaderen dragen den naam van arteriae omphalo-mesentericae. Uit het achterste uiteinde van het hart ontspringen met een korten gemeenschappelijken stam twee aderstammen, die, na over de naburige afsnoeringsplooi te zijn heengegaan, zich insgelijks op de area vasculosa vertakken, — dit zijn: de venae omphalo-mesentericae. Beide vertakkingen staan met elkander in gemeenschap door een vat, dat de area vasculosa cirkelvormig omgeeft, den sinus terminalis (zie beneden fig. I). Deze vaatverspreiding dient hoogst waarschijnlijk voor de eerste ademhaling alsmede voor de voeding van het embryo door middel van de stoffen, die in de kiemblaas aanwezig zijn; zij verdwijnt des te vroeger, naar mate de inhoud der kiemblaas voor de voeding geringer is, om later door de allantoïs, die tot een gelijk doel dient, vervangen te worden. Zoodra het hart is ontstaan begint het reeds rhythmisch te kloppen, zoodat de bloedligchaampjes in de nieuw gevormde vaten al dadelijk een, ofschoon ongeregelden, togt beginnen.

3. Het binnenste kiemblad, waarvan de ontwikkelingsprocessen het laatst beginnen, wordt door uitstulping van aanhangsels, die in de darmvezelplaat van het middenste kiemblad uitsteken, de moedergrond zoowel voor de kleine kliertjes van

het spijsverteringskanaal *) als voor de lever, de alvleeschklier, en buitendien voor de longen en (blijvende) nieren. Men ziet gemakkelijk in, hoe uit de uitstulping van het binnenste kiemblad, het epithelium, respectievelijk de kliercellen van een klierkanaal moet ontstaan, doch uit de naar binnen omgeslagen darmvezelplaat het omhulsel, dat uit bindweefsel, vaten, zenuwen en spieren bestaat (grondlaag van de klier). Gaat de uitstulping zoo ver, dat ook de darmvezelplaat zelve naar voren gestulpt wordt, zoo als bij alle eenigzins groote klieren het geval is, dan moet de uitgestulpte darmwand klaarblijkelijk in de pleuro-peritoneale holte naar binnen woekeren, waarin inderdaad alle klieren die in den darm uitmonden (bekleed met het buikvlies) zijn gelegen.

De lever ontstaat door uitstulping van twee holle uitsteeksels („primitieve levergangen") van den voorsten darmwand, digt aan den navel (boven dezen, onder het hart); beide ramificeren zich tot soliede cilindrische takken. De fijnste takjes daarvan vormen het op velerlei wijzen zamengeweven netwerk der „leverbalkjes" (BEALE), waarvan de innige zamenvlechting met de vaten het parenchym van de levereilanden zamenstelt; de holle kanalen zijn de galkanalen; eene uitstulping van den eenen primitieven gang vormt de galblaas. De lever groeit verder om den stam der v. omphalomesenterica (zie boven) heen, die zich met hare vaten verbindt; een daarin uitmondende darmader, welke bestaan blijft, vormt later met die verbindingen de poortader. — Tegenover de lever, van den achterten darmwand uit, ontstaat door vertakking van eene primitief soliede uitstulping, die later hol wordt, de alvleeschklier. — Een verdere uitstulping van den voorsten darmwand — doch hier boven het hart —, welke in de pleuro-peritoneale holte paarsgewijze naar binnen woekert, doet de longen met haar bronchiaal stelsel ontstaan; de ingang tot de long ligt dus in den voordarm (die later pharynx wordt). — Eveneens ontstaan door uitstulping van den einddarm (foveola posterior, zie bladz. 384) de blijvende nieren (over de „primordiale nieren" zie bladz. 384), bij welke de piskanaaltjes, die uit het darmklierblad ontstaan om de glomeruli, die tegelijkertijd in de darmvezelplaat zijn ontstaan, met hunne uiteinden (capsulae) heen woekeren, zoodat de eerste zich in de laatste ingestulpt vertoonen (vergel. bladz. 100—101). — Eindelijk moeten wij nog gewagen van de „afsnoeringsklieren," de schild- en thymusklier; de eerste ontstaat als eene blazige uitstulping van den voorsten wand van den voordarm, welke zich afsnoert, vervolgens door eene verdere in- en afsnoering in twee symmetrische holten wordt verdeeld, die nu op hare beurt nieuwe kleine holten, die zich afsnoeren, vormen. De thymusklier ontstaat op eene analoge wijze (meer hierover later). — De milt, watervaatsklieren, follikels en bijnieren ontstaan uit het middenste kiemblad, de eerste uit de middenplaten.

Peripherische ontwikkelingsprocessen.

Terwijl deze ontwikkelingen in den vruchthof plaats hebben, verloopen er zekere andere in het peripherische gedeelte der kiemblaas, waarvan de beteekenis hierin schijnt gelegen te

*) Volgens REMAK zouden evenwel de maagklieren niet door uitstulping ontstaan, maar aldus, dat op een zekeren trap der ontwikkeling elke cilinderepitheliale cel tot een ophooping van cellen woekert, die ten laatste hol worden.

zijn, dat zij het embryo in staat stellen zich ongehinderd van alle kanten te ontwikkelen. Dit geschiedt eensdeels door een vocht, waarin het embryo als het ware wordt ingebed (amnion), en ten tweede door eene inrigting, waardoor zijn bloed in een diffusiewisseling met dat van de moeder wordt gebragt, en waardoor de ademhaling en voeding mogelijk worden (allantoïs).

1. Ontstaan van het amnion (schaapsvlies). Wij hebben reeds vroeger gezegd, dat zich de splitsing van den vruchthof in kiembladen over de afsnoeringsplooi heen op het peripherische gedeelte der kiemblaas uitstrekt, terwijl ook gewag is gemaakt van de splitsing van het middenste kiemblad in huid- en darmvezelplaat. De laatste echter strekt zich niet over de geheele kiemblaas uit, maar slechts tot de plaats waar men de area vasculosa aantreft (bladz. 385). Hier houdt het oppervlakkige blad op, zoodat men van buiten op deze plaats, nadat men de hoornplaat heeft doorgebroken, tusschen de beide bladen van het middenste kiemblad en ten laatste in de pleuroperitoneale holte kan komen. Die voortzetting van de huidplaat nu stijgt aan hare peripherie langzamerhand uit de kiemblaas naar boven, en doet, terwijl zij het bovenste kiemblad voor zich uit stoot, hare uiteinden over het embryo van alle kanten tot elkander naderen, tot dat zij zich eindelijk over hetzelve heen tot een zak sluit; hierbij snoert zij een stuk van het bovenste kiemblad af, dat nu de binnenvlakte van den zak, die amnion wordt genoemd, bekleedt (zie beneden fig. IV, VII, VIII). Het amnion bevat een weiachtig vocht, waarin het embryo aan alle kanten vrij drijft; behalve de gewone transsudaat-bestanddeelen is het zamengesteld uit secreta der huid en stikstofhoudende oxydatieprodukten, die misschien door diffusie uit de allantoïs afkomstig zijn.

2. Ontstaan van de allantoïs. In de streek der afsnoeringsplooi ontstaan aan het staartuiteinde van het embryo twee soliede celhoopen, die uit het buitenste blad van het middenste kiemblad (huidplaat, bladz. 383) uitgroeijen en zich spoedig vereenigen. In dit uitwas, dat stevig tegen de darmvezelplaat aanligt, groeit eene uitstulping van den einddarm (de foveola posterior bladz. 384) naar binnen, zoodat het tot een blaas uitgehold wordt; de blaas, de allantoïs, groeit tusschen huid- en darmvezelplaat (door den „huidnavel" zie beneden) uit het embryo uit en komt zoo tusschen amnion en kiemblaas te liggen; door steeds verder voort te woekeren (zie beneden fig. VIII) groeit zij om het amnion heen en komt aan de binnenvlakte van het chorion, waartegen zij zich in eene meer of minder groote uitgebreidheid aanlegt. De gemeenschap tusschen einddarm en allantoïs vormt de „cloaca," waarin de primordiale nieren en de MÜLLER'sche buis (bladz. 384) uitmon-

den; dat gedeelte van de allantoïs, dat smaller wordt en door den huidnavel heengaat, wordt urachus (pisgang) genoemd. De allantoïs is zeer rijk aan vaten. Hare slagaderen, de arteriae umbilicales, zijn afkomstig uit de iliacae communes; zij leiden tot een sterk ontwikkeld stelsel van haarvaten, waarvan de lissen in de chorionvlokken (bladz. 380) naar binnen groeijen; de aders vereenigen zich tot de ongepaarde v. umbilicalis, die weder in het embryo binnentredende, in de vena omphalo-mesenterica inmondt, en hierdoor (evenals de poortader, bladz. 386) met de levervaten gemeenschap heeft; zij zendt een tak regtstreeks naar de vena cava inferior (ductus venosus Arantii). De ontwikkelde chorionvlokken, waarin de vaten van de allantoïs verspreid zijn, groeijen in het baarmoederslijmvlies naar binnen, alwaar zich aan de overeenkomstige plaats volkomen gelijke kolossale capillaire lissen ontwikkelen. Beide vormen gezamentlijk de placenta (moederkoek), waarin het foetale en het moederlijke bloed met elkander in eene diffusiewisseling verkeeren ten behoeve van de ademhaling en de voeding; het bloed van de navelader moet dus lichter zijn dan dat der navelslagaderen, volkomen gelijk zich later de longslagader en longaderen tegenover elkander verhouden. De navelblaas met de area vasculosa verliest nu hare beteekenis en krimpt met hare vaten en den ductus vitello-intestinalis tot eene dunne streng in. — Het vocht, dat in de allantoïs bevat is, is een transsudaat, waaronder het afscheidingsprodukt der primordiale nieren, alsmede stikstofhoudende oxydatieprodukten gemengd zijn.

Voltooijing der embryonale ontwikkeling *).

Wanneer men zich de afsnoering van het embryo van de kiemblaas als voltooid voorstelt, dan bestaat de navel uit twee concentrische buizen; de binnenste, de darmnavel (ductus omphalo-mesentericus) verbindt den darmwand met de kiemblaas; de buitenste, kortere, de huidnavel, verbindt den buikwand van het embryo met het amnion (bladz. 387). Tusschen beide blijft een ringvormige opening vrij, waardoor men in de pleuro-peritoneale holte komt, en waardoor de urachus voor den dag komt (zie boven).

Door het eenvoudige afsnoeringsproces wordt eene aan alle kanten gesloten darmbuis gevormd, die met de ligchaamsbuis in de achterste mediane lijn (mesenterium) en aan het geheele bovenste uiteinde (strotplaat) vergroeid is (zie bladz. 384). Op de volgende wijze ontstaat nu eene voorste en eene achter-

*) Wij hebben de ontwikkelingsprocessen hier niet in eene chronologische volgorde opgegeven, voornamelijk om een gemakkelijker overzigt der zaak te verkrijgen. Ook is eene naauwkeurige chronologie voor het menschelijke ei in de eerste tijdperken nog onbekend.

ste darmopening: In de strotplaat ontstaat van voren in het midden, digt onder de voorste hersenen eene instulping, waarin zich de hoornplaat verder voortzet; deze wordt hoe langer zoo dieper en breekt eindelijk met eene spleet in het bovenste uiteinde van den voordarm (pharynx) door; zij vormt den aanleg van de mond- en neusholte. Verder vormen zich aan de zijdeelen van de strotplaat 3 paar van voren naar achter gaande sleufvormige uitbogtingen van het binnenste blad, die ten slotte de strotplaat doorbreken, en zoodoende aan weêrszijden drie strotspleten [kieuwspleten] en later nog een vierde vormen, doordien het binnenste blad evenals het slijmvlies aan de lippen naar buiten omslaat; tusschen elk paar strotspleten blijft een strotboog (kieuwboog, viscerale boog) open, en deze zijn zoo gelegen, dat aan hun binnenzijde aan elken kant een aortaboog van voren naar achter loopt (bladz. 385). Langs de strotbogen groeijen verdikkingen van achter naar voren die zich ten laatste vereenigen. De ruimte tusschen den schedel en den eersten strotboog wordt door de mond- en neusholte ingenomen, het eerste paar kieuwbogen verandert in de onderkaak benevens de aangrenzende deelen van den schedel; verder geeft het in de ruimte van de mond- en neusholte twee tegen elkander ingroeijende takken af, die zich tot bovenkaak en gehemelte ontwikkelen, en op deze wijze komt er eene scheiding van mond- en neusholte tot stand (wanneer de zamensmelting van deze uitsteeksels niet volkomen plaats heeft, ontstaat de hazelip en wolfsmond enz.). De overige strotspleten groeijen weder zamen, de strotbogen leveren het tongbeen, een gedeelte van de kraakbeenderen des strottenhoofds, de huid van den hals enz., op eene wijze, die hier niet nader kan uiteengezet worden. De tong ontstaat als een uitwas aan de binnenzijde van de onderkaak. De achterste darmopening komt daardoor tot stand, dat de cloaca (bladz. 387), het gemeenschappelijk uiteinde van den darm en van de allantoïs, in eene van buiten gevormde groeve doorbreekt. Deze gemeenschappelijke opening wordt later door een brug, den bilnaad (die ontstaat door een naar buiten uitgroeijen van het tusschenschot tusschen darm en allantoïs) in twee afzonderlijke openingen, een voor den darm (aars), de andere voor de allantoïs verdeeld. Over de verdere bestemming van de laatste zie beneden.

Van de strotspleten vergroeit de eerste tot op eene opening na, — den aanleg van den uitwendigen gehoorgang. De tweede, derde en vierde vergroeijen volkomen; doordien de bogen der aortae zich van de binnenzijde der strotbogen terugtrekken en hierdoor het darmklierblad naar binnen medeslepen, maken zij de derde en vierde spleet dieper. Het klierblad vormt nu aan weêrszijden twee gesloten zakjes, eensdeels doordien het zich van buiten sluit en ten tweede doordien het zich van binnen van de darmbuis afsnoert; deze twee zakjes ontwikkelen zich door eene verdere uitbogting en later volgende zamensmelting tot de thymusklier.

Wat de overige ontwikkelingsprocessen betreft moeten wij hier nog van de volgende melding maken:

1. Het medullaire kanaal (bladz. 383), waarvan het lumen door verdikking van den wand hoe langer zoo naauwer wordt, toont reeds zeer vroeg aan het blaasvormig uiteinde der hersenen twee dwarssleuven, waardoor drie hersenblazen ontstaan. Elke blaas geeft aan weêrszijden een blaasvormig, later gesteeld uitsteeksel van zich af, die den eersten aanleg van de drie hoogere zintuigsorganen met hunne zenuwen vormen (van voren de olfactorius; de tweede blaas is de aanleg van den opticus, de derde die van den acusticus); in de kleine blaasjes ziet men den eersten aanleg van de peripherische zenuwterritoriën. — In de oogblaas, die onmiddellijk onder de huid is gelegen, stulpt zich van voren eene blaasvormige uitbogting der huid in, welke ten slotte wordt afgesnoerd en de lens met haar beursje vormt. De oogblaas, die op deze wijze in zich zelve is naar binnengestulpt, valt eenvoudig tot een halven bol zamen, doordien zich de voorste helft (netvlies) digt tegen de achterste (chorioidea) aanlegt. Nu ontstaat tusschen lens en netvlies het glasachtig ligchaam, en rondom, door eene laagvorming die van het middenste kiemblad uitgaat, de sclerotica, welke met het bedekkende gedeelte der huid (hoornvlies) vergroeit. — De drie hersenblazen leveren (van voren naar achter gerekend) de derde hersenkamer, de holte der c. c. quadrigemina (aquaeductus Sylvii) en den ventriculus quartus. De eerste geeft aan weêrskanten eene nieuwe blaas van zich af, waarvan de holte de zijdelingsche kamer (1ste en 2de; de gemeenschap met de primitieve blaas geschiedt door het foramen Monroi), en waarvan de wand de hemisfeer van de groote hersenen vormt; deze zijblazen woekeren bij den mensch over alle overige heen. Op dezelfde wijze ontstaan uit de derde blaas de beide blazen van de kleine hersenen. Tusschen de eerste en tweede blaas ontstaat wijders reeds vroegtijdig eene tamelijke scherpe buiging, zoodat gene op de voorzijde van het embryo ombuigt. De gangliën (thalami optici, enz.) ontstaan als verdikkingen der blaaswanden.

2. Het darmkanaal vertoont zich het eerst als een enkelvoudige buis, die alleen in het midden, waar het mesenterium het langst is, zwak gebogen is (zie beneden fig. VIII). In de leverstreek vormt het eene buikige uitzetting — de aanleg van de maag, die later door draaijing hare blijvende ligging inneemt en op deze wijze haren bodem en de beide curvaturen verkrijgt. Door verlenging van de darmbuis en gelijktijdige verlenging van het mesenterium ontstaan verder de lissen der dunne darmen en de kronkelingen van de dikke. Het stuk van den ductus omphalo-mesentericus, dat in het embryo is gele-

gen, scheurt aan den navel af en vormt een rudimentair aanhangsel van het onderste gedeelte des ileums.

3. Het hart, aanvankelijk eene regte mediane buis (bladz. 385) verandert reeds zeer vroeg van vorm, en wèl zoo, dat het aderlijke (achterste, onderste) uiteinde gebogen naar het slagaderlijke opstijgt, zoodat het geheel (met de aanvangsplaatsen der aderen) eene S-vormige gedaante aanneemt (zie beneden fig. I). De oorzaak daarvan is hierin gelegen, dat de bogen der aortae een tijd lang naar achter in aantal toenemen, terwijl de voorsten verdwijnen; hierdoor wordt het voorste uiteinde van het hart naar achter geschoven, terwijl het aderlijke uiteinde op zijne plaats blijft liggen. Nu kan men drie afdeelingen aan het hart onderscheiden, die zich van voren naar achter zamentrekken: aderboezem (waaruit zich later de twee hartooren uitstulpen), kamer en bulbus aortae. Daarop vormt zich een in de lengte verloopend tusschenschot, eerst in de kamer, later in den aderboezem (doch niet volkomen), waardoor twee afzonderlijke kamers en twee hartboezems, die door het foramen ovale met elkander in gemeenschap staan, geboren worden. — Van de drie, ten laatste overblijvende (zie boven) paren aortawortels levert het eerste de carotiden en de subclaviae (regts blijft de gemeenschappelijke stam); het tweede vormt links den blijvenden aortaboog, die naar de oorspronkelijke aorta descendens gaat en waaruit de vaten van het eerste paar ontspringen; zijn regter tak verdwijnt. Het derde paar geeft de arteriae pulmonales af; de regter boog verdwijnt tot op zijne a. pulmonalis, de linker blijft met de aorta descendens verbonden door middel van den ductus Botalli. Ten laatste verdeelt zich de slagaderlijke bulbus in dier voege, dat het gedeelte, hetwelk de longslagaderen afgeeft met de regter kamer en het overige (met den aortaboog) met de linker verbonden is. Al het bloed kan evenwel nog uit het regter hart in de aorta komen, zelfs zonder vooraf door de longen te gaan, en wèl deels door het foramen ovale, deels door den ductus Botalli. Eerst dan wanneer de ademhaling door de longen is begonnen, dus na de geboorte, sluiten zich deze twee wegen van gemeenschap, zoodat voortaan al het bloed van het regter hart in de longen wordt gebragt.

4. De veranderingen der pis- en geslachtsorganen komen hoofdzakelijk hier op neêr, dat de buizen van de primordiale nieren, respectievelijk de MÜLLER'sche buis in de uitlozingsbuizen van de geslachtsorganen overgaan, terwijl de nieren nu voor goed hare blijvende functies op zich nemen. Bij alle embrya, onverschillig welk geslacht zij later zullen vertegenwoordigen, komt eerst een gedeelte van de blinde darmpjes der primordiale nieren met de kiemklier (bladz. 384)

in verbinding. Ontwikkelt zich dit gedeelte tot een bal, dan ontstaat er eene regtstreeksche gemeenschap van de takken der primordiale nieren met de zaadkanaaltjes, die in den bal voor den dag komen; de kanaaltjes van de primordiale nieren verlengen zich in hooge mate, kronkelen zich kluwenvormig en veranderen in den bijbal, de buis van de primordiale nieren in het vas efferens met eene verwijding, de zaadblazen, terwijl de blinde darmpjes, die niet met den bal vergroeijen, de vasa aberrantia Halleri vormen; doch de MÜLLER'sche buis vergaat geheel en al tot op een klein gedeelte na, waarover beneden zal gesproken worden. — Ontwikkelt zich de kiemklier tot een eijerstok (vergel. bladz. 373), dan ontstaat uit de vergroeijing met de ook hier gekronkelde blinde darmpjes der primordiale nieren geen communicatiekanaal, maar het orgaan, dat als analogon van den bijbal kan beschouwd worden — het ROSENMÜLLER'sche orgaan, bij-eijerstok — vergaat tot op een klein gedeelte na, dat men later in het mesovarium kan aantreffen. Daarentegen verkrijgt de MÜLLER'sche buis niet ver van haar bovenste uiteinde, digt bij het ovarium, eene wandstandige opening, die door franjes is omgeven; de MÜLLER'sche buis zelve gaat in eene tuba over; de onderste uiteinden van beide buizen vergroeijen, terwijl het gemeenschappelijke stuk wijder wordt en zich tot baarmoeder en scheede verdikt. Somwijlen strekt zich de verwijding ook op de gescheiden buizen uit (uterus bicornis). Ook bij den man blijft eene verwijding van de MÜLLER'sche buizen, een analogon van de baarmoeder, als vesicula prostatica [uterus masculinus] (E. H. WEBER) bestaan. De bovenste blaasvormige uiteinden van de MULLER'sche buizen blijven meestal bestaan, bij de vrouw als een blaasje in de nabijheid der tuba, bij den man als „hydatis Morgagni." — Is bij de sluiting van den navel de urachus afgesnoerd, dan vormt het stuk der allantoïs dat in het embryo nablijft de pisblaas (waarvan de top met den navel door de pisgangstreng in verbinding blijft). Het onderste gedeelte der allantoïs, die tegelijkertijd de openingen van de pis- en geslachtsorganen bevat, wordt sinus urogenitalis genoemd. Aan weêrszijden der opening van den laatsten ontstaan twee wrongvormige verhevenheden der huid, die bij de vrouw de groote schaamlippen vormen, doch bij den man over de opening tot den balzak zamensmelten en zich in een blijvenden naad (raphe) sluiten. Vóór de opening ontstaat nu een langwerpig ligchaam, dat aan zijne onderste oppervlakte eene sleuf heeft, welke naar achteren in den sinus urogenitalis uitloopt. De randen van deze sleuf sluiten zich bij den man, waardoor de kanaalvormige pisbuis ontstaat, die aan de spits van het langwerpig ligchaam, den penis, uitmondt; het achterste gedeelte van de pisbuis wordt

door den sinus urogenitalis gevormd. Bij de vrouw daarentegen blijft de sleuf open, hare randen ontwikkelen zich tot de kleine schaamlippen, en het ligchaam zelf verandert in de clitoris. De sinus urogenitalis wordt echter zoo kort, dat hij nog slechts uit eene groeve tusschen de kleine schaamlippen bestaat, waarin de scheede en de pisblaas (als korte pisbuis) afzonderlijk uitmonden. — Bij het mannelijke embryo heeft in de 8ste maand de descensus testiculorum (het neêrdalen van de ballen in den balzak) plaats, waarover men in de leerboeken over ontleedkunde meer bijzonderheden kan vinden.

Over de invloeden, waardoor het geslacht van het embryo bepaald wordt, is nog niets bekend. Uit statistieke opgaven wil men gevonden hebben, dat er in den ouderdom van de ouders een zekere invloed zou gelegen zijn op het praedominéren van het eene geslacht boven het andere; doch ook deze invloed wordt op verschillende wijzen opgegeven.

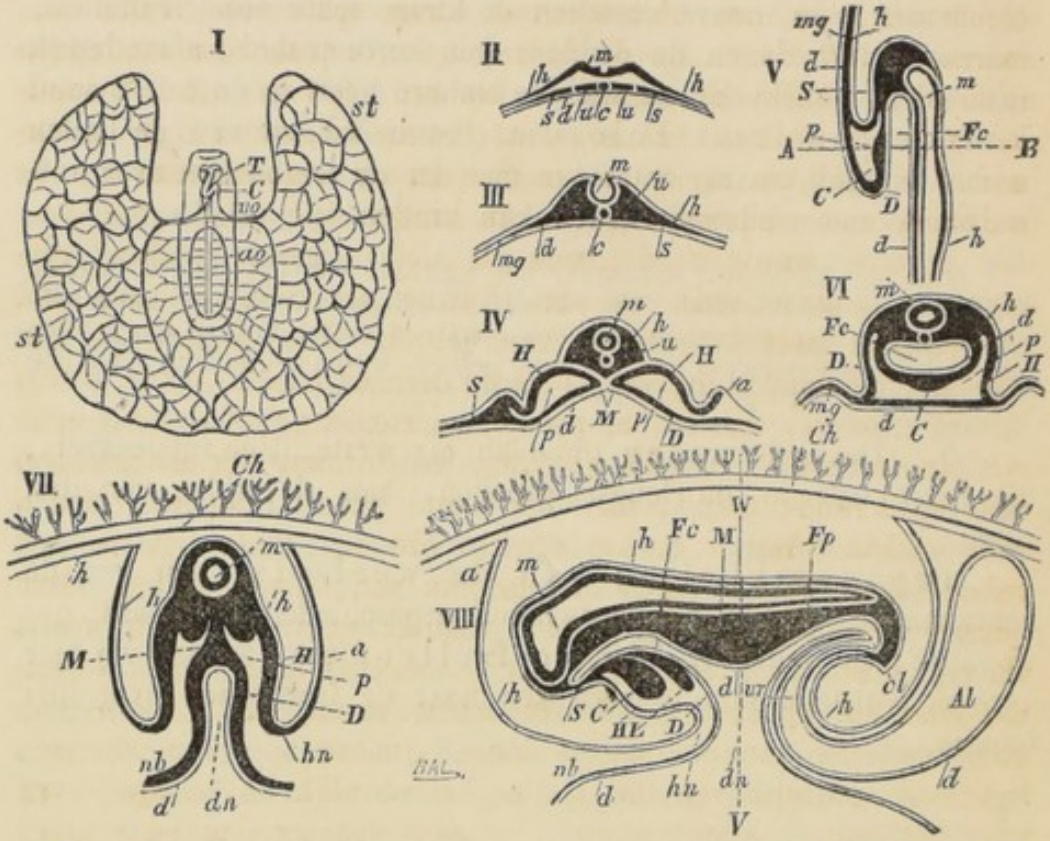
5. De ledematen ontstaan als wratachtige uitsteeksels, die eerst laat in de lengte groeijen, aan de zijden van den romp.

De ontwikkeling van de weefsels, een van de voornaamste deelen der ontwikkelingsgeschiedenis, maakt gewoonlijk een onderwerp der weefselleer uit, zoodat wij hier kunnen volstaan met te verwijzen naar de leerboeken over histologie.

Volgens de oudere theorieën over de kiembladen (PANDER, VON BAER, BISCHOFF) bestaan er wezenlijk slechts twee kiembladen, een buitenste „animale," dat overeenkomt met de huidplaten met het sensoriële blad, en een binnenste, „vegetatieve," overeenkomende met de darmvezelplaten met het darmklierblad; tusschen deze twee zou vervolgens uit een afzonderlijk „vaatblad" het vaatstelsel ontstaan. De medullaire plaat is hier eenvoudig een „dekmassa" van eene buis die in het animale blad door zamensmelting is ontstaan. — REICHERT kent in zijn theorie reeds het splijtingsproces in het middenste kiemblad (hier „stratum intermedium" genoemd), doch deze theorie onderscheidt zich van die van REMAK daardoor, dat zij geen sensorieël blad aanneemt, maar stelt dat de oorspronkelijke kiemblaas als een „omhullingsvlies" blijft bestaan en dat de eigenlijke kiembladen zich eerst later van binnen uit daartegen aanleggen; tusschen het omhullingsvlies en het stratum intermedium ontstaat als een afzonderlijk (tot den vruchthof beperkt) „bovenste" kiemblad de medullaire plaat, die tot het medullaire kanaal zamensmelt. Het omhullingsvlies vormt in zijn gedeelte dat door het amnion is afgesnoerd (vergel. bladz. 387) aan het embryo de hoornlaag van de huid, en aan de binnenzijde van het amnion zijn epithelium (endamnion).

Om eenige cardinale punten van de ontwikkeling duidelijk voor te stellen kunnen de hier volgende schematische teekeningen eenigermate bijdragen, die allen behalve I doorsneden van het embryo voorstellen. — I. is eene vlaktevoorstelling, van het embryo van binnen (van de holte der kiemblaas) uit; zij toont het schoenvormige embryo (bladz. 384) met de vaten van de area vasculosa. Door het voorblad van den schoen heen ziet men het reeds Svormig gekromde hart, waarvan van boven twee aortawortels, van onder de beide v. v. omphalo-mesentericae uitgaan; door de opening van den schoen (navel) ziet men de beide nog gescheiden aortae met het paar a. a. omphalo-mesentericae, dat daaruit ontspringt; in de area vasculosa

zijn de slagaderen flaauw, de aderen scherp geteekend. De overige figuren zijn deels dwarssneden (II, III, IV, VI, VII), deels mediane overlangsche sneden van het embryo (V en VIII). De dwaarssnede VI komt overeen met de lijn AB in de overlangsche snede V; de dwarssnede VII eveneens met de lijn VW in VIII. — De letters hebben overal dezelfde beteekenis.



h hoornplaat.
m medullaire plaat, medull. kanaal.
mg motorisch-germinatief blad.
d darmklierblad.
c chorda dorsalis
u primordiale wervelplaten.
s zijplaten.
p pleuro-peritoneale holte.
H huidplaten.
D darmvezelplaten.
M middenplaten (mesenterium).
S strotplaat.
Ch chorion frondosum.
nb navelblaas.
C hart.
T aortaboog.
dn darmnavel (ductus omphalo-mesentericus).
hn huidnavel.
Fc fovea cardiaca (voordarm).
Fp fovea posterior (einddarm).
a amnion (losgeraakt en omgeslagen peripherisch gedeelte van de huidplaat; in fig. VI links nog met de darmvezelplaat verbonden, regts reeds losgeraakt en in de hoogte stijgende).
Al allantois.
ur urachus.
cl cloaca (nog zonder aarsopening).
vo vena omphalo-mesenterica.
ao arteria „ „
st sinus terminalis.
L lever.

Om de teekeningen zoo veel mogelijk voor een duidelijk overzigt geschikt te maken, zijn op de dwarssneden IV en VII in de middenplaten de doorsneden der beide aortae, der beide WOLFF'sche ligchamen enz. niet aangegeven.

Geboorte.

Door de voortschrijdende ontwikkeling van het ei wordt

de baarmoeder hoe langer zoo sterker uitgezet, zoodat ten laatste ook haar hals geheel verstrijkt. Tegelijker tijd neemt de dikte van hare wanden door groei en nieuwvorming van spiervezels, buitendien ook door eene sterke ontwikkeling der bloedvaten, in een buitengewoon hooge mate toe. Eindelijk, ongeveer 280 dagen na de bevruchting, wordt door ten eenen male nog onbekende oorzaken het nu rijpe ei uit het moederligchaam ontlast. Deze actus komt tot stand door rhythmische, pijnlijke zamentrekkingen der baarmoederspieren, de weeën, met medewerking van de buikpersing (bladz. 73).

Het ei wordt bij den mensch niet in gaven toestand uitgestooten, maar eerst na verscheuring van zijne vliezen het embryo, en later het overige van het ei. Die vliezen zijn van buiten naar binnen gerekend: 1. de decidua reflexa (bladz. 379), 2. het chorion, dat op de plaats, waartegen de allantoïs is gelegen (in de normale ligging niet aan den uitgang der baarmoeder) den moederkoek vormt, aan den mond der baarmoeder derhalve geen vlokken bezit, 3. het amnion (de navelblaas ligt als een onbeduidend deeltje tegen de placenta aan, bladz. 388). Deze vliezen welven zich ten gevolge der drukking van de eerste weeën als een blaas door den mond der baarmoeder naar voren, scheuren eindelijk op eene plaats, en nadat onmiddellijk daarop een groot gedeelte van den liquor amnii (vruchtwater) is afgeloopen, ligt een gedeelte van het foetus, gewoonlijk de schedel, vrij voor het oog. Daarop wordt, nu eens vroeger dan eens later, de vrucht uitgedreven, hetgeen vertraagd wordt door de weêrstanden, die deels de engte van het bekken, deels de engte van den mond der baarmoeder, van de scheede en vulva opleveren. Gelijktijdig raakt ook de placenta, niet alleen de foetale, maar ook de uterine, dus een gedeelte van het slijmvlies der baarmoeder (bladz. 388), van den baarmoederwand, die zich langzaam zamentrekt, los, — een verschijnsel, dat natuurlijk met eene bloeding moet gepaard gaan. Na de geboorte van het vrije foetus bevindt zich de placenta met de eivliezen, die aan haren rand bevestigd zijn, wel is waar reeds los, doch bijna altijd nog in den uterus, en het foetus door de lange navelstreng daarmede verbonden. De navelstreng bestaat uit de volgende deelen: 1. de steel van de allantoïs (voortzetting van den urachus), met de navelvaten, de nog kloppende beide slagaderen en de ader, die, door eene nog niet met zekerheid bekende oorzaak, bijna altijd spieraalvormig gekronkeld zijn; 2. de ingekrompen ductus omphalo-mesentericus met de navelblaas; 3. de van den huidnavel uitgaande buisvormige steel van het amnion, hetwelk alsdan de binnenzijde van de placenta bekleedt en aan haren rand op dien van den chorion overgaat; deze steel omgeeft alle andere deelen. De hoofdmassa van de na-

velstreng wordt uit de drie navelvaten gevormd, die in een week bindweefsel (slijmweefsel), de WHARTON'sche gelei, zijn ingebed.

Zoodra de placenta los begint te worden, houdt de foetale ademhaling door het moederlijke bloed op, en ten gevolge daarvan doet zich een plotseling gebrek aan zuurstof in het bloed voor, dat de aanleiding geeft tot de eerste inademing door de longen (SCHWARTZ; vergel. bladz. 72). De in de baarmoeder aanwezige placenta heeft nu voor het kind geen nut meer en de navelstreng, waarvan de slagaderen ophouden te kloppen, kan, na vooraf in het stuk, dat aan het kind zit, onderbonden te zijn, doorgesneden worden, als men niet wachten wil tot dat de moederkoek met de eivliezen („nageboorte") van zelf wordt uitgestooten. Het kind is met een laag huidsmeer (vernix caseosa) overtrokken. Nadat de nageboorte heeft plaats gehad en de bloeding door voortschrijdende zamentrekkingen der baarmoeder („naweeën") gestuit is, begint eene regeneratie van het slijmvlies der baarmoeder en verkleining der spierlaag met nieuwvorming van vezelcellen; het eerste gaat met eene slijmige, aanvankelijk bloederige uitvloeijing (lochiën) gepaard. — Bij de geboorte beginnen de melkklieren der moeder af te scheiden (bladz. 108), en eerst als deze afscheiding ophoudt, nagenoeg na 10 maanden, komt de sedert de bevruchting [ofschoon niet altijd] weggeblevene menstruatie weder voor den dag.

D. Veranderingen na de geboorte.

Gelijk bekend is, zijn met de geboorte de ontwikkelingsprocessen van den vorm en van de verrigtingen nog niet afgeloopen. Voornamelijk het begin van het buitenbaarmoederlijke leven en de volgende tijd tot aan de geslachtsrijpheid zijn door belangrijke veranderingen van het ligchaam gekenmerkt. In deze tijdruimte (zuigelings- en kinderlijke leeftijd) heeft de ontwikkeling der beenderen, de eerste en tweede tandvorming, de sterkste groei, doch bovenal de ontwikkeling van de zielsverrigtingen plaats, die zich van den eersten lagen trap, die veel met reflexieverschijnselen overeenkomt, door de verscheidenheid der uitwendige indrukken (ervaring, waarneming, leeren) al meer en meer ontwikkelen. [Over de weefselontwikkeling van het been- en tandweefsel raadplege men de leerboeken over weefselkunde.]

Onder groei verstaat men het toenemen in alle afmetingen en in het gewigt van het ligchaam, veroorzaakt doordien de ontvangsten van het organisme meer bedragen dan zijne uitgaven. Alle weefsels en ligchaamsdeelen nemen daaraan deel,

zoodat in het algemeen de proporties van het groeijende ligchaam onveranderd blijven. De groei berust hoofdzakelijk op het toenemen van het aantal der weefselvormende elementen, in het algemeen het gevolg van de celdeeling, veel minder op de vergrooting van de reeds bestaanden, ofschoon deze den groei zeer wijzigt. De gewone maatstaf voor den groei is het toenemen in de lengte van het ligchaam, en deze is wederom hoofdzakelijk gebonden aan den groei der beenderen. Dit proces, dat in een naauw verband staat met dat der verbeening, duurt zoo lang als er nog verbeenende bouwstoffen in de lengte-as des beens voorradig zijn, — bij pijpbeenderen dus, zoolang de beenkernen van de beide epiphysen nog door een laag kraakbeen van de diaphysen gescheiden zijn. Dit duurt ongeveer tot het 22ste levensjaar, als wanneer de pijpbeenderen één stuk vormen, derhalve de groei in de lengte voltooid is. — De groei in andere afmetingen en het toenemen in gewigt houden nagenoeg tot het 40ste jaar aan.

Eene vermindering van gewigt komt in de eerste levensdagen na de geboorte voor; waarop na het 50ste jaar eene vermindering in de lengte volgt.

Men verdeelt gewoonlijk het menschelijke leven in de volgende tijdperken („leeftijden"): 1. leeftijd van den zuigeling, van de geboorte tot het verschijnen der eerste tanden (de 7—9 eerste maanden): sterkste groei, vermeerdering in lengte nagenoeg $^2/_5$ (20cm.); 2. leeftijd van het kind, tot aan de tweede dentitie (9de maand—7de jaar): groei in het 2de jaar nagenoeg van 10, in het 3de nagenoeg van 7, en vervolgens elk volgend jaar nagenoeg $5^1/_2$ cm.; 3. leeftijd van den knaap tot aan de geslachtsrijpheid (7de—14de jaar); 4. leeftijd van den jongeling, tot dat de lengtegroei voltooid is (15de—22ste jaar); 5. leeftijd van den volwassen mensch (vroegtijdige mannelijke leeftijd), tot aan de involutie [ophouden der maandelijksche bloedvloeijing] bij de vrouw, en beginnende teruggaande vorming bij den man (22ste—45ste jaar); 6. leeftijd der langzame teruggaande vorming (latere mannelijke leeftijd en grijsaardsleeftijd) van het 45ste jaar tot aan den dood.

De teruggaande vorming in het latere leven bestaat in allerlei processen van slijting, zamenschrompeling en ontbinding, waarbij het ziekelijke nog te weinig van het normale gescheiden is, dan dat wij de verschijnselen hier kunnen opnemen zonder de grens der physiologie te overschrijden.

E. Dood.

Met den dood houden de het leven kenmerkende processen in het organisme op (vergel. de inleiding), waarin nu een reeks van processen begint, die men onder den naam van „ontbinding, rotting" zamenvat.

Waardoor nu eigenlijk het leven ophoudt, daarover zijn de meeningen zeer verdeeld. Het natuurlijkst is het, dat men de verrigtingen van het organisme, beweging en warm-

teproductie, en vooral de eerste omdat zij ligt wordt waargenomen, als het characteristicum van het leven beschouwt. Gelijk men van zelf begrijpt, kan men echter onder de bewegingen slechts eene automatische als kenmerk van het leven aannemen, en onder deze is er geen, die meer regelmatig is en tevens meer in het oog valt dan de beweging van het hart. Daarom wordt gewoonlijk de stilstand van het hart als teeken van den dood beschouwd.

Al kan men nu hiertegen in het midden brengen, dat het ophouden van één verrigting niet het ophouden van allen in zich sluit, zoo is toch de stilstand van het hart een zeker teeken dat de dood niet ver meer af is; want de verrigting van elk orgaan is aan den toevoer van zuurstofhoudend bloed gebonden, die immers door het hart tot stand komt; daarom is het stilstaan van het hart een van de voornaamste oorzaken des doods.

Een nader onderzoek naar de oorzaken van den dood leert het volgende: 1. aangezien de verrigtingen het resultaat zijn van de oxydatieprocessen, zoo vloeijen daaruit al dadelijk drie soorten van den algemeenen dood (zie beneden) voort: gebrek aan oxydatiebouwstoffen of aan de anorganische stoffen, die voor de levensprocessen onmisbaar zijn, dus gebrekkige voeding; 2. gebrekkige toevoer van zuurstofhoudend bloed; 3. het ontbreken der voorwaarden voor de oxyderende werking der zuurstof. Naar gelang dat deze omstandigheden op alle ligchaamsdeelen of op een daarvan inwerken, kan er een algemeene of slechts een plaatselijke dood in het midden treden. De laatste (necrose, gangreen, koudvuur) kan op zijne beurt een algemeenen dood ten gevolge hebben, als hij organen treft, waarvan de verwoesting het leven doet ophouden. — Door het in elkander grijpen der levensprocessen kunnen de drie soorten van dood onmogelijk streng van elkander gescheiden worden; elk van de drie omstandigheden sleept meestal de twee andere na zich; wij zullen dus slechts op elke omstandigheid afzonderlijk kunnen letten, voor zoover zij primaire oorzaken van den dood opleveren.

I. Gebrekkige voeding is eene zeer veelvuldige oorzaak van den dood, die echter altijd slechts middellijk werkt (ophouden van de verrigtingen in de hart- en ademhalingsspieren). In wezen veroorzaakt zij een langzamen dood; tot deze rubriek behooren: de hongerdood (bladz. 151 en volgg), de dood door gebrek aan water (b. v. bij de cholera), de dood door „grijsaardszwakheid," gedeeltelijk ook de plaatselijke dood, door plaatselijke stoornissen in den bloedsomloop.

II. De toevoer van zuurstofhoudend bloed kan verminderen of ophouden: 1. door gebrek aan bloed, ver-

bloeding door opening van groote vaten of van het hart zelf. Is de bloeding niet doodelijk, wordt het verlies weder vergoed door water (bladz. 139), dan kan toch de hoeveelheid van de roode bloedligchaampjes zoo gering zijn, dat zij niet bij magte zijn de wisseling der zuurstof van het bloed op eene voldoende wijze te doen plaats hebben; — 2. door het ophouden van de beweging des bloeds, hetwelk voorkomt: a. plaatselijk door sluiting (onderbinding, thrombose, embolie of doorsnijding) van de toevoerende slagaderen, of door gestoorde afvloeijing van het bloed tengevolge van beletselen in de aderen; het gevolg is plaatselijke dood (zie boven) of ook regtstreeks algemeene dood, als namelijk de stoornis in den bloedsomloop in de belangrijkste vaatstammen voorkomt; b. algemeen door een positieve drukking in de borstkas (bladz. 59—60) of door eene vermindering en stilstand van de hartbeweging; deze kan ontstaan: door verwoesting of gebrekkige voeding (atrophie) van de hartzelfstandigheid, het ophouden van den bloedsomloop in de arteriae coronariae, sterke prikkeling van het verlengde merg of van de vagi (dat slechts in hoogst zeldzame gevallen als pathologische toestand voorkomt), verlamming van de gangliën van het hart door specifieke invloeden (hartvergiffen) of door een gebrekkigen toevoer van zuurstof. — Ook zou men zich kunnen voorstellen dat de bloedsomloop door eene algeheele werkeloosheid van de hartbeweging kan ontstaan, b. v. bij verwoesting of werkeloosheid der klapvliezen van het hart; — 3. door eene gestoorde opname van zuurstof in het bloed; hiertoe behooren alle verstikking veroorzakende invloeden, die bladz. 79—80 zijn opgesomd, en waarvan er een, namelijk het ophouden van de actieve ademhalingsbewegingen (de natuurlijk onschadelijke apnoe door een overvloed van zuurstof daargelaten bladz. 72), hier ten opzigte van de wijze van zijn ontstaan een weinig van naderbij moet beschouwt worden. De actieve ademhalingsbewegingen kunnen namelijk ophouden: a. door verlamming van het ademhalingscentrum in het verlengde merg, door beleediging of verwoesting (b. v. door apoplexie), gebrekkigen toevoer van bloed of van zuurstof (om reeds genoemde oorzaken), eindelijk inwerking van verlammende vergiffen (opium, enz.); b. door stoornis in de zenuwgeleiding naar de ademhalingsspieren, b. v. doorsnijding of zamendrukking van de phrenici, vergiftiging door curare; c. door verlamming van de ademhalingsspieren, het middenrif; d. door tetanus van de ademhalingsspieren, b. v. door vergiftiging met strychnine, of door prikkeling van de vagi; e. door werktuigelijke beletselen in de uitzetting van de borstkas, b. v. drukking.

III. Over de voorwaarden der oxydatieprocessen is nog uiterst weinig bekend. Wij hebben reeds vroeger

gezegd (bladz. 174), dat de gemiddelde temperatuur des ligchaams een vereischte is voor het leven. Groote of althans aanhoudende afwijkingen van deze middelbare grens (zoowel daarboven als daaronder: verhitting of bekoeling met gelijktijdige opheffing der middelen die de warmte reguleren) veroorzaken den dood. Het is mogelijk dat er ook vergiffen voorkomen, die, evenals de gistingstuitende middelen, de oxydatieprocessen onmogelijk maken.

Het onderzoek naar de wijze waarop de op het organisme werkende nadeelige invloeden (ziekten, beleedigingen, abnormale uitwendige omstandigheden) den dood kunnen veroorzaken, — is een onderwerp van de pathologische wetenschappen. Een physiologischen („natuurlijken") dood noemt men gewoonlijk den dood ten gevolge van „grijsaardszwakte," eene soort van dood, waarvan de naaste oorzaak niet bekend is, doch waarvan de meer verwijderde oorzaken aan de in den ouderdom afnemende verrigtingsvatbaarheid van alle organen, deels door atrophie, deels door weefselontaarding moeten toegeschreven worden.

Het afgestorven ligchaam gaat, nadat het verschijnsel der lijkverstijving voorbij is, in ontbinding over, tenzij deze door een spoedig indroogen of door rottingwerende middelen verhinderd wordt. De ontbinding, waarvan wij nog weinig weten, bestaat in eene langzame oxydatie van de organische bestanddeelen door de atmosferische zuurstof, onder den invloed van een ferment, dat waarschijnlijk altijd uit Vibrionen bestaat (PASTEUR). De zoogen. „doodsvlekken" (livores) kunnen als voorboden van deze ontbinding beschouwd worden, waarvan men zich met de lijkverstijving als een tamelijk zeker bewijs van den dood bedient; de doodsvlekken zelve ontstaan door diffusie van de kleurstof der bloedligchaampjes, eerst in het serum, vervolgens in de vloeistoffen van de vaatwanden, parenchymateuse weefsels en de huid.

NASCHRIFT.

Juist in den aanvang van mijn arbeid werd ik twee maanden lang op het ziekbed geworpen; daaraan moeten de vele drukfouten toegeschreven worden vooral van de 5 eerste vellen, die tijdens mijn ziekte door een andere hand moesten gecorrigeerd en gerevideerd worden. Wij laten de voornaamsten daarvan (onder verzwijging van enkele fouten in de interpunctie en namen van auteurs, zooals op bladz. 64: BERNARE, SCHIF in plaats van BERNARD, SCHIFF, bladz. 234: TUNKE in plaats van FUNKE, bladz. 314 SCHULTZ in plaats van SCHULTZE) in onderstaand lijstje volgen, waarover ons de lezer, om de bovengenoemde niet te voorziene reden, naar we hopen, wel niet te hard zal vallen:

Bladz. 5 regel 16 v. o. staat: *materieelen* moet zijn: *werktuigelijken*
„ 11 „ 3 v. b. „ *licghaam* „ „ *ligchaam.*
„ 12 „ 6 v. b. „ *aan de stofwisseling* moet zijn: *van de stofwisseling.*
„ 20 „ 3 v. o. „ *kleurlose* moet zijn: *kleurlooze*
„ 29 „ 1 v. o. „ *alcalèsche* „ „ *eene alkalische*
„ 31 „ 24, 23, 22, 17 v. o. staat: *cahrinezuur*, *cahrylzuur*, *cahronzuur*, *merenzuur* moet zijn: *caprinezuur*, *caprylzuur*, *capronzuur*, *mierenzuur*
Bladz. 51 regel 12 v. o. staat: *afhangt:* moet zijn: *afhangt:* 1,
„ 51 „ „ v. o. „ *de CO_2, op* „ „ *het CO_2 op*
„ 51 „ 6 v. o. „ *De CO_2* „ „ *Het CO_2*
„ 55 „ 22 v. b. „ *voorstuwt* „ „ *voortstuwt*
„ 63 „ 2 v. b. „ *fusschen* „ „ *tusschen*
„ 68 „ 17 v. o. „ *ed* „ „ *cd*
„ 87 „ opschrift „ *voro* „ „ *voor*
„ 92 „ 17 v. b. „ *wordt het* „ „ *wordt zij*
„ 117 „ 12 v. b. „ *of* „ „ *af*

Bladz.	178	regel	23	v. o.	staat:	*voor*	moet	zijn:	*voorts*
„	198	„	2	v. o.	„	*hij immers zijn*	„	„	*zij immers haar*
„	204	„	5	v. o.	„	*levendige*	„	„	*levende*
„	208	„	8	v. b.	„	*mogelijk,*	„	„	*mogelijk:*
„	247	„	18	v. o.	„	*sals*	„	„	*als*
„	279	„	10-11	v. b.	„	*verkale*	„	„	*vertikale*
„	302	„	3	v. o.	„	*M. Schultze),*	„	„	*M. Schultze) voor,*
„	308	„	5	v. o.	„	(4: 4)	„	„	(4: 5)
„	334	„	4	v. b.	„	*degerlijke*	„	„	*dergelijke*
„	341	„	21	v. o.	„	*legt),*	„	„	*legt) prikkelt,*
„	399	„	24	v. b.	„	*ontstaan,*	„	„	*stilstaan,*

REGISTER.

A.

Aangezigts-hoek 346.
„ zenuw 89, 251.
Aars, ontstaan daarvan 389.
Aberratie, chromatische — 268.
„ sphaerische — 268.
Absorptie der gassen 41.
Accommodatie 262.
„ van het trommelvlies 298.
Achromasie 268.
Ademhaling 65.
Ademhalings-bewegingen 67, 336—337.
„ centrum 71—72.
„ geruischen 70.
„ kanaal 73.
„ spleet 220.
„ werktuigen 66.
Aderen, zie Vaatstelsel.
Aderfiguur (271) 278.
Aesthesodische zelfstandigheid 354.
Afscheidingen 8; zie verder Secreta, Secretie.
Afstand, schijnbare — 292.
Afsterven van de spier 185.
„ „ „ zenuw 235—236.
Akephalokyste 371.
Albuminaten, zie Eiwitachtige ligchamen.
Albumine 21.
Albuminoïede ligchamen 17, 23.
Allantoïne 29.
Allantoïs 387, 392.
Altstem 224.
Alvleeschklier 97.
Ammonia 15.
Amnion (139) 387.
Ampullae 202—203.
Amyloïed 19.
Analgesie 354.
Anelectrotonus 237, 239—240.
Antagonistische spieren 206.
Aorta, aortaboog, ontstaan daarvan 385, 391.
Arbeid, werktuigelijke — 3, 176, 192.
Arbeidend ligchaam 164.
Arbeidsconsumptie 168.
Area germinativa 380.
„ vasculosa 384.
Arthrodiën 208.
Artt. helicinae 377.
Aspiratie der borstkas 59.
Assen van de gewrichten 208.
„ „ het oog 278.
Astigmatisme 268.
Atropine 264—265, 267.
Automatie 51 noot, 327, 329.
„ in de medulla oblongata 336 en volgg.
„ „ het ruggemerg 334 en volgg.
„ „ den sympathicus 333 en volgg. 358.

B.

Baarmoeder 370, 392, 395.
Balans van de krachtwisseling 165.

Balans van de stofwisseling 146.
Ballen 368, 376, 384, 392.
Balzak 392.
Basstem 224.
Beeld } 258, 274.
Beeldpunt }
Beenaarde 86.
Belasting 196.
Belemmerings-banden 210, 330.
„ zenuwen 52, 117.
BELL'S wet 253.
Benzoëzuur 35.
Bepaling van de grootte en den afstand van het voorwerp 293.
Bevestigingsbanden 210.
Bevruchting 365, 368, 378.
Beweging 2, 176, 192.
„ van het bloed 53.
„ „ de darmen 115—116.
„ „ het hart 54.
„ „ de lympha 128.
moleculaire — 203.
peristaltische — 114.
Bijharten 64.
Bijziendheid 265.
Bilifulvine 26, 94.
Biliphaeïne 26, 94.
Biliverdine 26, 94.
Bindweefsel 21, 24.
Binoculair zien 281.
Blaas, zie Pisblaas.
Blaasbalg 217, 224.
Blad, motorisch-germinatief — 382.
sensoriëel — 382.
Bladluis (geslachtswisseling) 371.
Bloed 11, 36, 129.
bestanddeelen van het — 26, 36.
drukking van het —, zie Spanning in de vaten.
gassen van het — 41.
hoeveelheid van het — 44, 139.
omloop van het — 45, 53 en volgg.
soorten van — 43, 76.
stolling van het — 38.
verdeeling van het — 63.
Bloedkristallen 37.
Bloedligchaampjes 36, 129.
eerste vorming der — 384.
Bloedvaten, zie Vaatstelsel.
Borstkas 47, 67 en volgg.
Borststem 224.
Brandpunt 259.
Brekingswetten 258.
„ constructie v. d. — 259.
Brillen 265, 269.
Broeding 369.
BRUNNER'sche klieren 98.
Buikpersing 73.
Buikspeeksel, zie Pancreas.
Buis, MULLER'sche — 384.

C.

Calabarboonen 265.
Capaciteit, vitale — 70.
Capillairen, zie Haarvaten.
Cardinale punten (voor het oog) 260.
Caseïne 21, 108.
Centraalorganen van het zenuwstelsel 7, 327.
Cerebrine 24.
Chalazae 368.
Chiasma nervorum opticorum 286.
Cholalzuur 33, 93.
Cholepyrrhine 26, 94.
Cholestearine 33, 94.
Chondrine 24.
Chorda dorsalis 383.
„ tympani 89.
Chorioïdea 263—264, 269—270.
Chorion 380.
Chyl 127.
Chylvaten 122—123.
Cicatricula 368.
Clitoris 393.
Cloaca 384, 387
Coitus 368, 377.
Colostrum 109.
„ bolletjes 109.
Combinatietoonen 217—218, 225, 306.
Compensatie der spierkrachten aan het stemorgaan 223.

Complementaire kleuren 274.
Consonanten, zie Medeklinkers.
Constante stroom 239.
Consumptie door overmaat 157.
Contractie, zie Zamentrekking.
Contractiele zelfstandigheid 177, 201.
Contrastkleuren 276.
Coördinatie 352.
Cornea, zie Hoornvlies.
Corpora cavernosa 376.
CORTI's orgaan 303, 304.
Cumulus proligerus 373.
Curare 187, 244.
Cysticercus 371.
Cystine 27.

D.

Darm-ademing 74.
„ follikels 127.
„ gassen 15, 74.
„ kanaal, ontstaan van het — 381, 389.
„ klierblad 382.
„ klieren 98.
„ vezelplaat 383.
„ vlokken 122.
Darmen, beweging van de — 115, 116.
Decidua 379.
Deeling als vorm van voortplanting 364.
Dentitie 397.
Descensus testiculorum 393.
Dextrine 30.
Diathermansie der middenstoffen van het oog 272.
Dicrotie, zie Pulsus dicrotus.
Differentietoon 306.
Diffusie (41) 82.
Digestiesappen 87 en volgg.
Dilatator iridis 263—264, 266—267.
Discantstem 225.
Discus proligerus 373.
Disdiaklasten 178.
Dojer 367, 369.
Dojerzak 381.
Dood 397.
Dood, oorzaken van den — 390.
„ teekens van den — 400.
Doodsvlekken 400.
Doolhof 301.
Dorst 143.
Draaipunt (bij de gewrichten) 208.
„ van het oog 279.
Drekstoffen, ontlasting der — 116.
Dromometer 62.
Droom 350.
Druivensuiker, zie Suiker.
Drukkingszin 321.
Ductus Botalli 391.
„ omphalo-entericus 381.
„ venosus Arantii 388.
Dwangbewegingen 356.
Dyspnoe 72, 79, 338.

E.

Echinococcus 371.
Ei 365, 367, 372.
ontwikkeling van het — 369.
vorming van het — 373.
Eijeren, primordiale — 373.
Eijerstok 365, 373, 384, 392.
Eivliezen, accessoire — 368, 380.
„ in de baarmoeder 395.
Eiwit, zie Albumine.
Eiwitachtige ligchamen 16, 19.
Elasticiteit van de spier 179, 182—183.
„ „ „ vaten 54—55.
Elastine 24.
Electriciteit, als prikkel 238.
opwekking van — 118, 190, 235, 329.
Electrotonus 237, 239.
Elementen 13.
Embryo 380.
Endosmose, zie Diffusie.
Energie, specifieke — 245, 247.
„ van de spier 193—194.
Entoptische beelden 277.
Entotische waarnemingen 311.
Epilepsie 338.
Erectie van den penis 376, 377.
„ „ tepel 110.
„ „ de vrouwelijke geslachtsdeelen 375.

Excentrische verplaatsing 247.
Excreta 81, 145.

F.

Falsetstem 223.
Fermentachtige ligchamen 24.
Fibrine 22, 38.
Fibrinogene zelfstandigheid } 22,29.
Fibrinoplastische „ }
Filtratie 82.
Flikkerbeweging 202, 378.
Fluisteren 225.
Fluorescentie der middenstoffen van het oog 269.
Foetus 395.
Follikels 127, 130.
Graafiaansche — 373.
Fovea cardiaca 384.
„ centralis retinae 271.
„ posterior 384.

G.

Gaan 214.
Gal 93.
bestanddeelen van de — 26, 93—94.
Galblaas 93.
Gangliëncellen 328, 340.
Ganglion submaxillare 89.
Gangreen 398.
Gassen, absorptie van — 41.
schadelijke — 80.
Gaswisseling 74.
Geboorte 394.
Geelzucht 94.
Gehoor-beentjes 299—300.
„ gang 296.
„ orgaan, schema van het — 295.
„ zenuw 302.
Geleiding in de gangliëncellen 329, 332.
„ „ de hersenen 356.
„ der luchttrillingen door de beenderen 296.
„ der luchttrillingen door de lucht 296.
„ in het ruggemerg 353—355.
„ van den werkzamen toestand door de spier 195.
Geleiding van den werkzamen toestand door de zenuw 242—245.
Geleidingsvermogen in twee rigtingen 243.
Generatio spontanea 363.
Geruisch 217, 308.
Geslachten 365.
Geslachts-drift 368.
„ organen, ontstaan van de —391—393.
„ rijpheid, zie Puberteit.
„ vereeniging, zie Coïtus.
„ wisseling 371.
Gevoel, soorten van — 317.
Gewaarwordingscirkel 323.
Gewrichten 205, 207.
Gewrichtssmeer, zie Synovia.
Gezigts-as 278.
„ hoek 261, 276, 293.
„ orgaan 255.
„ stralen 261, 274.
„ veld 275.
„ zenuw 249, 266.
Gistingen van de urine 100.
Glandula sublingualis 88.
„ submaxillaris 88.
Glans 292.
Globuline 21, 23.
Glottis, zie Stemspleet.
Glutine 24.
Glycerine 29, 31—32.
Glycine 28, 35.
Glycocholzuur 28, 93.
Glycogeen 30, 136 en volgg.
Graafiaansche follikels 373.
Groei 396.

H.

Haarvaten 45, 59.
Haematine 26, 131.
Haematodynamometer 55, 58.
Haematoïdine 26, 95.
Haematokrystalline 22, 37.
Haemine 26.
Haemodromometer 62.
Hanentrede 368.
Harmonie der klanken 308.
Hart 46.
bewegingen van het — 46, 53, 54 en volgg., 338, 344.

Hart, gangliën van het — 51.
inhoud van het — 55.
ontstaan van het — 384, 391.
Harten, accessoire, — zie Bijharten.
Hart-stoot 50.
„ toonen 50.
Hefboomen 205.
Hemiopie 286.
Hermaphroditisme 365.
Hersenen 339, 345.
groote — 345.
kleine — 357.
ontstaan van de — 390.
Hersenzenuwen 249.
Heupgewricht 209—210, 212.
Hippurzuur 28, 35, 100.
Hoesten 73.
Honger 143.
Hongerlijden 151.
Hoofdpunt / Hoofdvlak } 258, 260.
Hoofdstem (falsetstem) 224.
Hoofdstraal 258.
Hoorbuis 297.
Hooren 302.
grenzen van het — 299.
Hoorn 23, 145.
Hoornplaat 382.
Hoornvlies 256.
„ as 278.
Horopter 282, 285.
Huid, resorptie door de — 126.
„ ademing 74.
„ plaat 383.
„ smeer 107.
Hydatis Morgagni 392.
Hydrodiffusie, zie Diffusie.
Hyperaesthesie 355.
Hyperkinesie 355.
Hypermetropie 265.
Hypoxanthine 28, 190.

I.

Icterus 94.
Identieke punten 282.
Idiomusculaire zamentrekking 195.
Inademing 67—68, 337.
eerste — 396.
Inanitie 152.
Inductie 277, 353.
Inductiestroom als prikkel 239.
Ingewandswormen 363, 371.
Inosiet 31.
Inosinezuur 27.
Intercentrale vezels 248, 352.
Intercostale spieren 67—68.
Involutie 372, 397.
Iris 264, 266—267.
Irradiatie 277, 353.
Irritabiliteit der spier 187.

K.

Kaasstof, zie Casëine.
Kaauwen 113.
Katelectrotonus 237, 239.
Keelspiegel 223.
Kegels van het netvlies 290 en volgg.
Keratine 23.
Kervingsproces, zie Splijtingsproces.
Kiem-blaas 380.
„ blaasje 367, 372.
„ bladen 381, 393.
„ vlek 367, 372.
Kieuwbogen 389.
Kieuwen 66.
Kieuwspleten 389.
Kiezelzuur 14.
Kikvorschstroom 185.
Kinesodische zelfstandigheid 354.
Klank 217, 305.
Klanken, harmonie der — 308.
Klapvliezen 48, 60.
Kleurblindheid 274.
Kleuren 272 en volgg.
complementaire — 274.
contrast — 276.
gemengde — 274.
Kleurenschijf van NEWTON 273, 276.
Kleurstoffen 26.
Klieren 85.
BRUNNER'sche — 98.
LIEBERKÜHN'sche — 98.
MEIBOM'sche — 108.
Klimhoogte 196.
Klinkers 225.
Kniegewricht 210, 213.
Knipoogen 294.

Knooppunt 258.
Knopvorming 364.
Kogelgewrichten 208.
Koolhydraten 29, 135—136.
Kooloxyde 42, 80.
Koolstof 150.
Koolzuur 14, 43, 75—76, 80, 190.
Koortshuivering 324.
Kootgewricht 214.
Koudbloedige dieren 172.
Koudvuur 398.
Kraakbeenderen van het strottenhoofd 219—220.
Kraamzuivering 396.
Krachten, het afgeven van — aan de buitenwereld 165.
het omzetten van —, of krachtwisseling 2, 8, 161.
levende — 2, 163.
Kreatine / Kreatinine } 28, 100, 101, 190.
Krop der vogels 113.
Kruising van de zenuwvezels in de hersenen 356, 357.
Kruispunt van de rigtingslijnen 261.
Kymographion 58.

L.

Labyrinth, zie Doolhof.
Larve 370.
Laryngoskoop, zie Keelspiegel.
Latente prikkeling 193.
Lebklieren 90.
Leeftijden 397.
Lens 256, 263.
Leucine 27, 97.
Levende krachten 2, 163.
Levenskracht 1.
Lever 93, 132, 136.
ontstaan van de — 386.
Lever-ferment 136.
„ suiker, zie Suiker.
Licht als spierprikkel 188.
Lichten van het oog 270.
Lieberkühn'sche klieren 98.
Lijkverstijving 185, 186, 400.
Lijm 24.
Lintworm 371.
Liquor amnii 395.
Livores, zie Doodsvlekken.
Lochiën, zie Kraamzuivering.
Longen 66, 75, 99.
ontstaan van de — 386.
Loopen 216.
Lympha 127.
beweging van de — 128.
Lymph-harten 128.
„ klieren en follikels 127, 130.
„ ligchaampjes of — bolletjes 38, 127, 130.
„ vaten 122, 336.

M.

Maag 115.
ontstaan van de — 390.
slijmklieren van de — 87, 386.
„ sap 90.
Macula lutea 271.
Magen van de herkaauwende dieren 113.
Medebeweging 352.
Medegevoel 353.
Medeklinken 308.
Medeklinkers 227.
Medulla oblongata 336, 344, 355.
Medullair kanaal 383, 389.
„ plaat 382, 389.
Meibom'sche klieren 108.
Melk 108.
„ bolletjes 109.
„ suiker 30, 109.
„ zuur 18, 31, 110, 190.
Melodie 309.
Membrana decidua 379.
„ granulosa 372.
„ Schneideriana 313.
Menstruatie 374
Mesenterium 384.
Mesting 156.
Metaalglans 292.
Metamorphose van de insekten 370.
progressieve — 17.
regressieve — 17.
Micropyle 367, 372, 373.
Middenplaten 384.
Milt 130, 132.
Minimale stofwisseling 148.

Moederkoek, zie Placenta.
Moleculair schema voor de spier 183.
„ „ „ zenuw 237.
Moleculaire beweging 203.
Mondholte, ontstaan van de — 389.
Mondtoonen 225—226.
Motorisch-germinatief blad 382.
Motorische gangliëncellen 340, 343, 353—354.
Mouches volantes 278.
Mucine 23.
Müller'sche buis 384, 391.
Multiplicator 181, 190.
Mydriasis 264, 267.
Myographion 193.
Myopie 265.

N.

Naaste punt (bij de accommodatie) 265.
Nabeelden 276, 293.
Nageboorte 396.
Natoonen 310.
Navel 381, 388.
„ blaas 381, 388.
„ streng 395.
„ vaten 388, 395.
Naweeën 396.
Necrose 398.
Nervi laryngei 72, 251, 252.
Nervus accessorius 251.
„ acusticus 302.
„ facialis 89, 251.
„ glossopharyngeus 251, 316.
„ lingualis 89—90.
„ oculomotorius 250, 267.
„ olfactorius 314.
„ opticus 249, 266.
„ recurrens 251.
„ splanchnicus 117.
„ sympathicus 52, 89, 254, 333, 342, 358—359.
„ trigeminus 89, 250, 267, 316.
„ tympanico-lingualis 90.
„ vagus 52, 71, 117, 138, 144, 251.
Netvlies 270 en volgg.
Netvliesbeelden 261.
Neus 313.
Neusholte, ontstaan van de — 389.
Nieren 100.
ontstaan van de — 386.
primordiale — 384, 391 en 392.
Niezen 73, 316.
Noeud vital 77—72, 337.
Normaalvlakte 387.
Nut der spieren 203.

O.

Oedeem 126.
Ontaarding der zenuwen 236.
Ontvangsten van het organisme, het opnemen van stoffen 140.
Ontwaken 351.
Oog 255.
ontstaan van het — 390
schema van het — 256.
werktuigen ter bescherming van het — 294.
„ as 278.
„ leden 294.
„ spiegel 270.
„ spieren 280.
Oor 295.
werktuigen ter bescherming van het — 313.
Oor-schelp 296, 312.
„ smeer 106, 313.
Oorspeekselklier 88.
Openings-tetanus 240.
„ zamentrekking 240.
Ophthalmometer 257.
Ophthalmoskoop, zie Oogspiegel.
Opname door overmaat („Luxus-aufnahme") 154.
Opslorping, zie Resorptie.
Optometer 266.
Opwekbaarheid, opwekking 187, 236.
herstelling van de — 189, 241.
wijzigingen in de — 237.
Organische verbindingen 15.
Organisme 1.

Organisme, arbeidend — 164.
rustend — 163.
Orgelpijpen 218.
Otolithen 302, 304.
„ zakjes 302.
Ovarium, zie Eijerstok.
Overlading 194.
Ovulum, zie Ei.
Oxydatie 2, 15.
„ in het bloed 133.
„ „ ei 369.
Ozon 13, 42.

P.

Pacini'sche ligchaampjes 318.
Pancreas, zie Alvleeschklier.
„ sap 97.
Papillae van de huid 318.
„ „ „ tong 316.
Parenchymsappen 82, 86, 126.
Parotis, zie Oorspeekselklier.
Parthenogenesis 365.
Partiaaltoonen 217, 306.
Penis 361, 392.
Pepsine 91.
Peptonen 20, 91.
Peristaltische beweging 114.
Perspiratie 74.
Peyer'sche plâques 127.
Pezen 177, 181.
Pharynx 114.
Phrenograaf 71.
Pigmenten, zie Kleurstoffen.
Pijlgif, zie Curare.
Pijn 319.
Piqûre (van bernard) 138.
Pis enz., zie Urine.
Pisblaas 104 en volg.
ontstaan van de — 392.
Pisbuis 104 en volg.
ontstaan van de — 392.
Pisleiders, zie Ureteren.
Pisstof 19, 29, 99, 103, 168—169.
Piszuur 28, 99.
Plaatszin 322.
Placenta 370, 388, 395—396.
Planten 4.
Platvoet 214.
Pleuro-peritoneale holte 381, 382, 383—384.
Point vital, zie Ademhalingscentrum.
Polarisatie aan den multiplicator 182.
„ in het oog 269.
„ van de zenuw, zie Electrotonus.
Pols 57.
veelvuldigheid van den — 53.
Poortader 46, 93.
ontstaan van de — 386.
Prikkels, elektrische — 187.
normale of natuurlijke — 187.
scheikundige — 188, 241.
thermische — 188, 241.
werktuigelijke — 188, 241.
Primaire stand van het oog 279.
Primitiefbundels 177.
Primordiale eijeren 373.
„ nieren 384.
„ wervelplaten 383.
Proef van aristoteles 320.
„ „ purkinje-sanson 263.
„ „ scheiner 262, 266, 273.
„ „ stenson 186.
Progressieve metamorphose, zie Metamorphose.
Prostata, zie Vesicula prostatica.
Proteïnestoffen 19.
Protoplasma 203.
Pseudoskoop 291.
Psychophysiek 348.
Ptyaline 88.
Puberteit 366, 372.
Pulsus dicrotus 59.
Pupil, zie Iris.

R.

Reactie van de spier 179, 185, 190.
„ „ „ zenuw 234, 242.
Reflexie 327, 329, 339.
„ in de hersenen 344.
„ „ het oog 263, 269.
„ „ „ oor 296.
„ „ „ ruggemerg 342.
„ „ den sympathicus 342.
wetten voor de — 341.
Reflexiekrampen 344.

Reflexietonus 335.
Regio olfactoria 314.
Register van de stem 223.
Regressieve metamorphose, zie Metamorphose.
Regulatorische zenuwen 330.
Resorptie 112, 121.
Retina, zie Netvlies.
Reukorgaan 313.
Reukvlies, zie Membrana Schneideriana.
Reukzenuw 314.
Rheoskoop 180.
physiologisch — 181.
Rhodankalium 15, 88.
Rhythmus van de automatie 332.
„ „ „ hartbewegingen 47, 50.
Ribben 67—68.
Rigting van het geluid 312.
Rigtingshoek 287.
Rigtingslijnen 261.
Rijpworden van het ei 373.
Rotting 397.
Ruggemerg 334, 342, 346, 353 en volgg.
Ruggemergs-strengen 353.
„ zenuwen 253.
Ruiken 314.

S.

Sarcine, zie Hypoxanthine.
Sarcode 201.
Sarcolemma 177.
Schaamlippen 392.
Scharniergewrichten 208.
Scheidingslijnen 279, 282.
Scheikundige stralen 272.
Schema van den bloedsomloop 45, 53 en volgg.
„ „ „ gehoorgang 295.
„ „ „ het oog 256.
„ (moleculair —) voor de spier 183.
„ „ „ „ zenuw 237.
Scherpte van het zien 275.
Schildklier 130.
ontstaan van de — 386.
Schrede 215.
Schroefgewricht 208.
Scrotum 392.
Secreta 81.
bestanddeelen van de — 84.
Secretie 81.
Secundaire stand van het oog 279, 283, 285.
Sensoriëel blad 382.
Sensorium, zitplaats van het — 345 en volgg.
Serum, zie bloed.
Sinus terminalis 385.
„ urogenitalis 392.
Skelet, mechanisme van het — 206.
Slaap 350.
Slagaderen, zie Vaatstelsel.
Slakkenhuis 301, 303, 304, 307.
Slikken 114.
Slijm 23, 87, 99.
Slijmklieren van de maag 87, 386.
Sluitings-zamentrekking 240.
Sluitspieren 105, 335—336.
Smaak-orgaan 316.
„ zenuw 316.
Snelheid van de beweging des bloeds 61.
„ „ het gaan 216.
„ „ de geleiding in de zenuw 245.
Snuiven 314.
Soorten, ontstaan van de — volgens DARWIN 364.
Sopraanstem 225.
Spankrachten 2, 162.
Spanning van de stembanden 220.
„ in de vaten 54.
Specerijen 141.
Speeksel 88.
Spermatozoën, zie Zaaddraden.
Sphincteren, zie Sluitspieren.
Sphygmograaf 58.
Spier-ademing 76—77, 180.
„ arbeid 189.
„ gevoel 320, 325.
„ inhoud 177.
„ irritabiliteit 187.
„ kracht 198—199.
„ prikkels 187.

Spier-stroom 181, 185—186, 190 en volgg.
„ suiker, zie Inosiet.
„ tonus 105, 334.
„ vermoeijenis 188, 236.
stolbare — zelfstandigheid, 22, 185.
„ zin 325.
Spieren 176.
bestanddeelen der — 178, 179.
dwarsgestreepte — 177.
gladde — 200.
nut der — 203.
reactie der — 179, 185, 190.
Spijsvertering 112, 124.
„ door het maagsap 91.
Spijzen 141.
Spiraalgewrichten 210.
Spirometer 70.
Splijtingsproces 369.
Splitsingen 15.
Spraak 225.
Staafjes van het netvlies 270 en volgg.
Staan 241.
Stand, primaire — van het oog 279.
secundaire — „ „ „ 279.
tertiaire — „ „ „ 279.
Stem 217.
register van de — 223.
„ banden 73, 219.
„ bovenste — 222, 223.
„ spleet 69, 220.
„ wisseling 224.
Stereoskoop 290.
Stereoskopisch zien 289—293.
Stethoskoop 297.
Stikstof 13, 19, 43, 74, 150.
„ houdende ligchamen 16, 135.
„ oxydule 80.
Stofwisseling 4, 11, 140, 167.
„ van het bloed 129.
minimale — 148.
Stolling van het bloed 38.
Stondenvloed, zie Menstruatie.
Stremming van de melk 110.
Stroom, digtheid van den — 238.
Stroom, negatieve variatie van den — 191.
Strot-bogen 389.
„ plaat 384, 389.
„ spleet 389.
Strottenhoofd 219.
kraakbeenderen van het het — 219, 210.
Strottenhoofd, onderste — bij de vogels 221.
Subjectieve beelden 276.
Suffocatie, zie Verstikking.
Suiker 18, 130, 135—136.
„ (diabetes —) steek 138.
„ vorming 25, 29—30, 88 98, 136.
Summatietoon 306.
Synchondrosen 206.
Synovia 87, 209.
Syntonine 22.

T.

Tachometer 62.
Taenia 371.
Tapetum 270
Tastligchaampjes 318.
Tastzin 319.
Taurine 27.
Taurocholzuur 28, 93.
Teleologie 364.
Telestereoskoop 291.
Temperatuursgewaarwordingen 324.
Ténorstem 224.
Tensor chorioïdeae 263.
„ tympani 298.
Tepels, zie Papillae.
Tertiaire stand van het oog 279, 285, 288.
Teruggaande vorming, zie Regressieve metamorphose.
Terugkaatsing van het geluid en van het licht, zie Reflexie.
Tetanus 191, 195, 239.
secundaire — 195.
Thaumatroop 276.
Thermische stralen 272.
Thoracometer 70.
Thymus 130.

Thymus, ontstaan van den — 386.
Tijd, meten van den — der spierzamentrekking 193.
Timbre 217, 226, 306.
Tong, papillae van de — 316.
„ werktuigen (in de acustiek) 218.
Tonus, tonische automatie 329—330; zie ook Spiertonus.
Toon 217, 304.
Toonen, partiaal — 217, 306.
„ van het strottenhoofd 221 en volgg.
„ „ de tongwerktuigen en orgelpijpen 218—219.
Traanwerktuigen 294.
Tranen 110, 294.
Transsudaten 83.
Triller 307.
Trillingen in het oor 295.
Trommelholte 299, 302.
Trommelvlies 296, 310.
Tuba Eustachii 299, 302.
Tubae Fallopii 378, 392.
Typen der ademhaling 66.
Tyrosine 28.

U.

Uitademing 69, 337.
Uitscheidingen 144, 149.
Ultrarood 272.
Ultraviolet 272.
Urachus 388.
Ureteren 104.
Ureum, zie Pisstof.
Urine 99.
bestanddeelen van de — 26, 99 en volgg.
gistingen van de — 100.
Uterus 370, 392, 395.
„ bicornis 392.
„ masculinus 392.

V.

Vaatstelsel 45—46, 53 en volgg.
ontstaan van het — 384.
Vaatzenuwen, zie Vasomotorische zenuwen.
Varieteit 364.
Vasa aberrantia Halleri 392.
Vasomotorische zenuwen 63, 335, 342.
Vater'sche ligchaampjes 318.
Ventriculi Morgagni 201.
Verbindingen, organische — 15.
Verbloeding, kramp ten gevolge van — 338.
Verbrandingswarmte van het voedsel 162.
Verdigting van de spier 192.
Verdikking „ „ 192.
Verkorting „ „ 185—186, 192.
Verlengstuk (227) 223—224.
Vernix caseosa 396.
Verplaatsing, excentrische — 247.
Verrigtingen (arbeidsverrigtingen) van het organisme 2, 3, 159, 263.
Verste punt (bij de accommodatie) 265.
Verstikking 79.
Verstrooijingscirkels 262.
Verwantschap der klanken 309.
Verzeeping 32.
Verziendheid 265.
Vesicula prostatica 392.
Vetten 30, 32, 134, 156.
opslorping der — 125.
Vetvorming 18, 32, 156.
Vetzuren 18, 31, 33.
Vezelcellen, contractiele — 200.
Vezelstof, zie Fibrine.
Viscerale plaat 383.
Viseervlak 281.
Vleeschsuiker 138.
Vlek, blinde — 271, 289.
gele — 271.
Vlokken van de dunne darmen 122.
„ „ synoviale vliezen 85.
Vochten die in holten besloten zijn 83, 86.
Voedingsdojer 369.
Voedingsmiddelen 141.
teleologische indeeling van de — 168.
Voedingsstoffen, spankrachten van de — 162.
Voedsel 3—4, 140, 150—151.

Voet, gewrichten van den — 214.
Voetstap, zie Schrede.
Vogelei 368.
Volgtoonen, harmonische — 217, 309.
Voorhofzakjes 302.
Voorstanderklier, zie Prostata.
Voorstelling 7, 327, 331, 348.
Voortgaande vorming, zie Progressieve metamorphose.
Voortplanting 364, 367.
„ van den werkzamen toestand door de spier 196—197.
„ van den werkzamen toestand door de zenuwbuis 242.
Vormingsdojer 369.
Vrijmaking 5, 187, 231, 245.
Vruchtbaarheid 366.
Vruchthof 380.
Vruchtwater 395.

W.

Warmbloedige dieren 171—172.
Warmte, uitscheiding van — 165, 172.
vorming van — 84, 162, 170, 174, 242.
„ in de spier 191, 199.
Warmte-graden des ligchaams 171, 173, 175.
„ maat 162.
„ verstijving 186.
„ zin 319, 324.
Water 14, 133, 149,
Waterstof 14, 150.
Watervaatsklieren 127, 130.
Watervaten 122.
Weber's theorie over spierarbeid 196.
„Wedstrijd der gezigtsvelden" 292.
Weeën 395.
Weefselcellen, contractiele — 201.
Weefselvormers 16, 23.
Wellust 325.
Wenkbraauwen 295.
Wervelplaten, primordiale — 383.
Wharton'sche gelei 396.
Wijzigingen in de opwekbaarheid 237.
Wolff'sche ligchamen, zie Primordiale nieren.
Woraara, Wurali, zie Curare.
Wortels van de ruggemergszenuwen 253.

X.

Xanthine 28.

Z.

Zaad 365, 368, 375.
ontlasting van het — 376.
vorming van het — 376.
Zaad-blazen 376.
„ draden 368, 376.
Zadelgewrichten 208—209.
Zamentrekking 193.
idiomusculaire — 195.
paradoxe — 242.
secundaire — 191.
„ zonder metalen 182.
Zamentrekkingswet 239.
Zeepen 32.
Zelfregeling van het hart 49.
Zelfstandigheid, aesthesodische — 354.
contractiele — 177, 201.
fibrinogene — 22, 93.
fibrinoplastische — 22, 39.
kinesodische — 354.
Zenuw, reactie van de — 234, 242.
Zenuweindknoppen 178.
Zenuweindkolven 318.
Zenuweindorganen in de huid 318.
„ „ den neus 313—314.
„ „ het oog 271.
„ „ „ oor 302—303.
„ „ de spier 177—178.

Zenuweindorganen in de tong 316.
Zenuwen, regulatorische — 330.
secretorische — 88 en volgg., 104, 246.
soorten van — 245.
Zenuwen, trophische — 246, 250.
vasomotorische — 63, 335, 342.
Zenuw-stelsel 5, 231,
„ stroom 235.
„ vezels 234.
„ „ indeeling van de — 245.
„ werkzaamheid 235, 241.
Ziel 7, 327, 331, 345.
Zien 270.
enkelvoudig — 282, 286, 287.
„ met beide oogen 281.
Zien, stereoskopisch —289—293.
Zijplaten 383.
Zintuigs-blad 382.
„ organen 255.
Zona pellucida 367.
Zoöspermiën, zie Zaaddraden.
Zouten 14, 133, 150.
Zoutzuur 14, 90.
Zuurstof 2, 13, 41, 72, 150, 189.
Zwaartepunt des ligchaams 212.
Zwart 274.
Zwavel 150.
Zwavelcyaankalium, zie Rhodankalium.
Zweet 106.
Zwevingen 308.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE