

Grundriss der Psychophysik / von G. F. Lipps.

Contributors

Lipps, G. F. 1865-1931.
Parsons, John Herbert, Sir, 1868-1957
University College, London. Library Services

Publication/Creation

Leipzig : G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, 1909.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/r9cvh4rx>

Provider

University College London

License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by UCL Library Services. The original may be consulted at UCL (University College London) where the originals may be consulted.

Conditions of use: it is possible this item is protected by copyright and/or related rights. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use. For other uses you need to obtain permission from the rights-holder(s).



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

Sammlung Göschen

Grundriß
der Psychophysik

Von

Prof. Dr. G. F. Lipps

Mit 3 Figuren



2809394509

Sammlung

Götschen

Unser heutiges Wissen
in kurzen, klaren,
allgemeinverständlichen
Einzeldarstellungen

Jede Nummer in eleg. Leinwandband 80 Pf.

G. J. Götschen'sche Verlagshandlung, Leipzig

Zweck und Ziel der „Sammlung Götschen“ ist, in Einzeldarstellungen eine klare, leichtverständliche und übersichtliche Einführung in sämtliche Gebiete der Wissenschaft und Technik zu geben; in engem Rahmen, auf streng wissenschaftlicher Grundlage und unter Berücksichtigung des neuesten Standes der Forschung bearbeitet, soll jedes Bändchen zuverlässige Belehrung bieten. Jedes einzelne Gebiet ist in sich geschlossen dargestellt, aber dennoch stehen alle Bändchen in innerem Zusammenhange miteinander, so daß das Ganze, wenn es vollendet vorliegt, eine einheitliche, systematische Darstellung unseres gesamten Wissens bilden dürfte.

Ein ausführliches Verzeichniß der bisher erschienenen Nummern befindet sich am Schluß dieses Bändchens

OPHTHALMOLOGY 4124334 LWB S

Vom 1. Januar 1913 ab
beträgt der Preis der
Sammlung Göschen
90 Pf. für den Band

S./7239.
V. 18
8159

400.



THE INSTITUTE
OF
OPHTHALMOLOGY
LONDON

BY LIDDIS

THE INSTITUTE
OF
OPHTHALMOLOGY
LONDON

PRESENTED BY

SIR J. H. PARSONS

OPHTHALMOLOGY HC 438 1 WPS

Sammlung Götschen

Grundriss der Psychophysik

Von

Prof. Dr. G. F. Lipps

in Leipzig

Mit 3 Figuren

Zweite, neubearbeitete Auflage



Leipzig

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung

1909

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagshandlung vorbehalten.

Spamersche Buchdruckerei in Leipzig.

1801441

Inhaltsangabe.

	Seite
I. Die Grundlagen der Psychophysik	
§ 1. Der naive und der kritische Mensch	5
§ 2. Die subjektive Wahrnehmung und das objektive Wesen der Dinge	7
§ 3. Das Naturgeschehen	12
§ 4. Die Bewußtseinserscheinungen	17
§ 5. Bewußtsein und objektives Sein	21
§ 6. Das Nervensystem	26
a) Anatomisches	26
b) Physiologisches	28
§ 7. Das Untersuchungsgebiet der Psychophysik	31
II. Die Entwicklung der Psychophysik	
§ 8. Die Berücksichtigung subjektiver Faktoren im Bereiche der naturwissenschaftlichen Forschung	34
a) Die Beobachtungsfehler	34
b) Die Unsicherheit des Auges	36
c) Die Sinneswahrnehmung	38
d) Die persönliche Gleichung	41
§ 9. Die Begründung der Psychophysik durch Fechner	42
a) Das psychophysische Grundgesetz	44
b) Das psychische Maß und die psychophysischen Maßmethoden	46
c) Ordnen und Messen	51
III. Die Methoden der psychophysischen Untersuchung	
§ 10. Qualitative Bestimmungen	56
§ 11. Die Meß- und Zählmethoden	63
§ 12. Die Mittelwerte der Beobachtungsreihen	68
a) Die Berechnung der Mittelwerte	68
b) Die Bedeutung der Mittelwerte	72
c) Abhängigkeitsbestimmungen. Die Unterschieds- schwelle	74
IV. Reiz und Empfindung	
§ 13. Der allgemeine Sinn	78
a) Die Druckempfindungen	82
b) Die Wärme- und Kälteempfindungen	84
§ 14. Der Geschmack	86
§ 15. Der Geruch	91
§ 16. Das Gehör	
a) Die Gehörsempfindungen	96
b) Die Schallwellen und die Schallwahrnehmung	101
c) Quantitative Bestimmungen	106
§ 17. Der Gesichtssinn	
a) Die Mannigfaltigkeit der Gesichtsempfindungen	110
b) Das objektive Licht und sein Zusammenhang mit den Lichtempfindungen	116
c) Das Sehorgan	126

V. Gefühl und Gefühlsausdruck	
§ 18. Die Gefühle	132
a) Der Zusammenhang zwischen Gefühl und Empfindung	133
b) Die Einteilung der Gefühle	136
§ 19. Der Ausdruck der Gefühle	138
VI. Die subjektive Auffassung und die objektive Bestimmung der räumlichen und zeitlichen Formen	
§ 20. Die Verschiedenheit zwischen der subjektiven Auffassung und der objektiven Bestimmung	141
§ 21. Die Raumformen	145
§ 22. Die Zeitformen	153

Literatur.

- Dessoir, Geschichte der neueren deutschen Psychologie. 2. Aufl. 1901.
 Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie. I. Bd. 2. Aufl. 1906.
 Fechner, Elemente der Psychophysik. 1860; 2. Aufl. 1889.
 — Revision der Hauptpunkte der Psychophysik. 1882.
 Foucault, La psychophysique. 1901.
 Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen. 5. Aufl. 1896.
 — Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. 1885.
 Höffding, Psychologie in Umrissen auf Grundl. d. Erfahrung. 2. Aufl. 1893.
 Höfler, Psychologie. 1897.
 Jerusalem, Lehrbuch der empirischen Psychologie. 2. Aufl. 1900.
 Jodl, Lehrbuch der Psychologie. 2. Aufl. 1902.
 Külpe, Grundriß der Psychologie. 1893.
 Lehmann, Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens. 1892.
 Lipps, G. F., Die psychischen Maßmethoden. 1906.
 Lipps, Th., Leitfaden der Psychologie. 2. Aufl. 1906.
 Mach, Die Analyse der Empfindungen. 5. Aufl. 1906.
 Müller, G. E., Zur Grundlegung der Psychophysik. 1878.
 — Gesichtspunkte u. Tatsachen d. psychophysischen Methodik 1904.
 Münsterberg, Grundzüge der Psychologie. I. Bd. 1900.
 Nagel, Handbuch der Physiologie des Menschen. III. Bd. Physiologie der Sinne. 1905.
 Natorp, Einleitung in die Psychologie. 1888.
 Pfänder, Einführung in die Psychologie. 1904.
 Rehmke, Lehrbuch der allgemeinen Psychologie. 2. Aufl. 1906.
 Siebeck, Geschichte der Psychologie. 1880/84.
 Stumpf, Tonpsychologie. 1883/90.
 Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 5. Aufl. 1902/03.
 — Grundriß der Psychologie. 8. Aufl. 1907.
 — Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele. 4. Aufl. 1906.
 Ziegler, Das Gefühl. 2. Aufl. 1907.
 Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie. 6. Aufl. 1902.
 Zwaardemaker, Physiologie des Geruchs. 1895.

I. Die Grundlagen der Psychophysik*).

§ 1. Der naive und der kritische Mensch.

Um einen Einblick in das Untersuchungsgebiet der Psychophysik zu gewinnen, ist es zweckmäßig, ein naives und ein kritisches Verhalten des wahrnehmenden und denkenden Menschen zu unterscheiden.

Der Mensch verhält sich naiv, solange es ihm verborgen bleibt, daß er durch sein eigenes Wahrnehmen und Denken zu den Gegenständen seines Bewußtseins gelangt. Er glaubt dann an ein für sich bestehendes Dasein der ihn umgebenden Welt, die er unmittelbar so, wie sie an und für sich beschaffen sei, kennen zu lernen meint. Er sieht sich darum nicht veranlaßt, über das sinnlich Wahrnehmbare hinauszugehen und eine übersinnliche Welt in seinem Denken zu konstruieren oder nach dem in der Sinnenwelt verborgenen Wesen der Dinge zu suchen, um es als objektives wahres Sein dem subjektiven trügerischen Schein gegenüberzustellen.

Der Mensch wird hingegen kritisch, wenn er auf die Prozesse des Wahrnehmens und Denkens aufmerksam

*) Die neue Bearbeitung der ersten drei Kapitel erfolgt im Anschluß an meine Untersuchungen über die Methoden der experimentellen Psychologie (die Maßmethoden der experimentellen Psychologie, 1904; die psychischen Maßmethoden, 1906) und über die Grundlagen der Philosophie (Mythenbildung und Erkenntnis, 1907).

wird und in ihnen den Ursprung aller Inhalte seines Bewußtseins erkennt. Er sieht nun ein, daß die Gegenstände kein für sich bestehendes, vom wahrnehmenden Subjekte unabhängiges Dasein besitzen, sondern erst in den von ihm vollzogenen Unterscheidungen und Verknüpfungen hervortreten. Darum kann in den vielfach bedingten subjektiven Wahrnehmungen, in denen der naive Mensch das Wesen der Dinge zu erfassen glaubt, nicht das wahre Sein bestehen. Es wird aber zunächst immer noch für ein vom wahrnehmenden und denkenden Menschen unabhängiges Sein gehalten, das man in einer die Sinnenwelt übersteigenden (transzendenten) oder in einer der Sinnenwelt innewohnenden (immanenten) Wirklichkeit zu finden glaubt.

Das kritische Verhalten gelangt daher erst dann zur Vollendung, wenn man einsieht, daß der Grund für das objektive Sein nicht minder wie für den subjektiven Schein in dem eigenen Wahrnehmen und Denken liegt. Man findet so schließlich in sich selbst, was man zuvor in einer von den Unterscheidungen und Verknüpfungen des Denkens unabhängigen Wirklichkeit gesucht hat.

Der Übergang vom naiven zum kritischen Verhalten vollzieht sich in jedem einzelnen Menschen, der aus dem Zustande der Kindheit zu selbständiger Welt- und Lebensauffassung sich entwickelt. Er vollzieht sich in entsprechender Weise in der menschlichen Gesellschaft, die aus einem primitiven Urzustande voll stumpfer Gleichgültigkeit und unbeachteter Widersprüche zu einem immer reicher sich gestaltenden Kulturleben fortschreitet. Dieser Fortschritt bekundet sich nicht nur in der Vervollkommnung der Arbeitsweise, sondern auch in den über die Befriedigung materieller Bedürfnisse hinausgehenden Leistungen der Kunst und der Wissenschaft.

Sobald aber wissenschaftliche, d. h. allgemeine Geltung beanspruchende Erkenntnisse gewonnen werden, muß auch die Unterscheidung zwischen der subjektiven Wahrnehmung und dem objektiven Wesen der Dinge vollzogen werden. Dies bestätigt die Geschichte der Philosophie.

§ 2. Die subjektive Wahrnehmung und das objektive Wesen der Dinge.

Während die ionischen Naturphilosophen (*Thales von Milet*, *Anaximander*, *Anaximenes*) in einem lebendigen, entwicklungsfähigen Urstoff (im Wasser, im unbegrenzten körperlichen Stoff, in der Luft) die Wurzel der Erscheinungswelt suchten, glaubten die Pythagoreer das Wesen der Dinge in der Zahl zu finden. Sie gelangten so bereits zu einer tiefergehenden Einsicht in den Unterschied zwischen den Wahrnehmungen der Sinne und dem nur in den Beziehungen des Denkens erfaßbaren Wesen der Welt. Sie waren auch in der Lage, diese Einsicht an dem Beispiele der Gehörswahrnehmungen zu verdeutlichen. Es hat ja schon *Pythagoras* oder wenigstens seine Schule eine Kenntnis davon gehabt, daß zwei Saiten von gleicher Dicke und Spannung ihrer objektiven Länge nach in einfachen Verhältnissen (1 : 2, 2 : 3, 3 : 4 usw.) stehen müssen, wenn ihre Töne als Konsonanzen (als Oktave, Quinte, Quarte usw.) wahrgenommen werden sollen.

Mit größter Entschiedenheit haben jedoch einerseits *Heraklit*, andererseits die Eleaten das wahre objektive Sein und Werden dem subjektiven Sinnenschein gegenübergestellt. Nach *Heraklit* besteht die Weisheit in der Erkenntnis der Vernunft, die alles und jedes zu lenken vermag. Die Vernunft ist aber das objektiv existierende

Wesen der Dinge, von dem die Sinne nur die Hülle erfassen. Nicht minder deutlich lehrt der Eleate *Parmenides*, daß lediglich das vernünftige Denken zu dem wahren, objektiven Sein führt, während die Sinneswahrnehmungen nur wesenlosen Schein darbieten.

In entsprechender Weise stellt *Demokrit* den trügerischen Sinnenschein zu der objektiv bestehenden, aus Atomen sich aufbauenden räumlichen Welt in Gegensatz. Die Farbe, das Süße, das Bittere ist bloßer Schein; wirklich sind nur die Atome und der leere Raum. Er betont aber zugleich, daß alles, was im reinen, beziehenden Denken erkannt wird, doch nur auf Sinneswahrnehmungen sich stütze. Der Verstand nimmt von den Sinnen seine Beweisstücke; darum kommt er selbst zu Fall, wenn er die Sinne zu besiegen glaubt.

So wird es begreiflich, daß die Sophisten ein absolutes Sein oder Werden, das hinter dem Sinnenschein verborgen sei, ganz und gar leugneten und nur das sinnlich Wahrnehmbare in seiner subjektiven Vieldeutigkeit anerkannten. In diesem Sinne bezeichnet der Sophist *Protagoras* den Menschen als das Maß aller Dinge. Wir verstehen andererseits die bahnbrechende Bedeutung des *Sokrates*, der nach einem wahren Wissen zwar nur suchte, um in ihm die Quelle für das richtige sittliche Handeln zu finden, aber bei diesem Suchen die Begriffsbildung entdeckte, die vom Wahrnehmen des einzelnen durch das Festhalten gemeinsamer Merkmale zum Begreifen oder zum Begriffe des allgemein Gültigen führt.

Bildet hiernach die sinnliche Wahrnehmung den Ausgangspunkt für das begriffliche Erkennen, so kann es nicht verborgen bleiben, daß die Dinge keineswegs so, wie sie objektiv beschaffen sind, in der subjektiven Auf-

fassung zur Geltung kommen. Demgemäß weist schon *Platon* (im *Theätet*) darauf hin, daß die Sinneswahrnehmung ebensowohl von der Einwirkung der äußeren Dinge, wie auch von dem Zustande des wahrnehmenden Subjekts abhängt. Und *Aristoteles* definiert die Sinneswahrnehmung geradezu als eine Veränderung des Wahrnehmenden durch das Wahrgenommene. Er sagt (in seiner Schrift über die Seele), „daß der Sinn die wahrnehmbaren Formen ohne den Stoff erfaßt, wie das Wachs das Zeichen des Siegelringes ohne das Eisen oder Gold aufnimmt“.

Es zeigt sich auch bereits die Einsicht, daß frühere Wahrnehmungen und namentlich unmittelbar vorhergegangene Erregungen imstande sind, die Auffassung gegenwärtiger Sinneseindrücke zu beeinflussen und zu trüben. Schon in den „Problemen des Aristoteles“ wird die Frage gestellt, warum ein Gegenstand bei einer gewissen Stellung der Augen doppelt gesehen werde, und warum eine kleine Kugel, die man mit den übereinander gekreuzten Fingern einer und derselben Hand berührt oder hin und her rollt, als Doppelkugel erscheint. Und die Antwort sagt, daß die vorhandene Empfindung bei der gewöhnlichen Stellung der Augen oder bei der üblichen Haltung der Finger nur von zwei räumlich getrennten Gegenständen herrühren könnte, und darum im Einklang mit den früheren Erlebnissen auf zwei Gegenstände bezogen werde. Es erwähnt ferner der Skeptiker *Sextus Empiricus* in den *Pyrrhoneischen Grundzügen* (einer Darstellung der skeptischen Philosophie) als Beweis für die Unsicherheit der Sinneswahrnehmungen, daß „derselbe Wein denen, die vorher Datteln oder Feigen gegessen haben, säuerlich scheint, denen aber, welche Walnüsse oder Kichererbsen zu sich

genommen, angenehm zu sein scheint, und daß die (lauwarne) Mittelhalle des Badehauses die von außen Eintretenden erwärmt, die Hinausgehenden aber abkühlt, wenn sie darin verweilen“.

In voller Schärfe und Bestimmtheit wird aber von der modernen Philosophie den subjektiven Wahrnehmungen die objektive Beschaffenheit des Wahrgenommenen gegenübergestellt. Diese Gegenüberstellung führt zunächst bei *Descartes* zu der Annahme von zwei verschiedenen Substanzarten: von denkenden und ausgedehnten Substanzen. Eine denkende Substanz ist ein Ding, „was zweifelt, einsieht, bejaht, verneint, begehrt, verabscheut, auch vorstellt und wahrnimmt“. In ihrer besonderen Natur liegt es begründet, daß die Einwirkungen äußerer Objekte auf die Sinnesorgane als bestimmte Qualitäten empfunden werden. Die körperlichen Dinge hingegen sind an und für sich nicht weich oder hart, kalt oder warm, hell oder dunkel und mit sonstigen wahrnehmbaren Eigenschaften behaftet. Sie haben nur Länge, Breite und Tiefe, so daß sie als ausgedehnte Substanzen im Raume sich bewegen und kraft ihrer Undurchdringlichkeit beim Zusammenstoßen ihren Bewegungszustand ändern können.

Das Bewußtsein ist jedoch der bloß subjektive Zustand des Erfassens, der nicht von dem erfaßten objektiven Sein losgelöst werden kann, um in substantieller Selbständigkeit für sich zu bestehen. Da ferner das Denken nicht in Ausdehnung und die Ausdehnung nicht in Denken übergehen kann, so ist die Voraussetzung einer Wechselwirkung zwischen der denkenden und der ausgedehnten Substanz gleichbedeutend mit der Annahme eines schöpferischen Geschehens, bei dem materielle Bewegung aus Nichts (oder aus subjektiven Bewußtseins-

zuständen) hervorgeht oder in Nichts (in solche Zustände) übergeht.

Diese Widersprüche vermeidet *Spinoza*. Er weiß, daß der Körper „weder den Geist zum Denken, noch der Geist den Körper zur Bewegung oder zur Ruhe oder zu etwas anderem (wenn es ein solches gibt) bestimmen“ kann. Er verwirft darum die Ansicht, „daß der Körper auf einen bloßen Wink des Geistes bald bewegt werde, bald ruhe und sehr vieles tue, was allein von dem Willen des Geistes und von der Kunst des Denkens abhängt“. Der menschliche Geist, der zusammen mit dem Körper besteht, ist vielmehr nichts anderes als die Idee des ihm zugehörenden Körpers: er erfaßt alles, was in dem Körper geschieht.

Das körperliche Geschehen beruht für *Spinoza* ebenso wie für *Descartes* auf der Bewegung räumlich ausgedehnter Massen. Die Annahme einer bloß ausgedehnten Masse hält aber *Leibniz* nicht für ausreichend. Er findet den Begriff der Kraft unentbehrlich, und er denkt sich die Kraft als stofflose, seelenartige Substanz, als Monade, die nicht auf einen körperlichen Bewegungsmechanismus als ihren Träger angewiesen sein kann. Sie gelangt vielmehr auf Grund ursprünglich vorhandener Vermögen zu ihren Vorstellungen, in denen sich die ganze räumlich ausgedehnte Körperwelt entfaltet. So vermeidet *Leibniz* den Widersinn, das Bewußtsein auf einen Bewegungsmechanismus zu gründen; dafür wird ihm das Bewußtsein zum Entwicklungsprodukt einer immateriellen Monade, während ihm das substantielle, objektive Sein entschwindet. Wie aber in der mit ursprünglichen Kräften und Vermögen ausgerüsteten Monade die Vorstellungen entstehen, in denen die räumlichzeitliche Welt hervortritt, macht *Leibniz* in keiner Weise verständlich.

Es gelingt demnach der modernen Philosophie nicht ohne weiteres, eine widerspruchsfreie Auffassung von dem Zusammenbestehen des Bewußtseins mit dem objektiven Sein und Werden zu entwickeln. Dies können wir indessen gar nicht anders erwarten, wenn wir beachten, daß man einesteils bloß das mechanische Geschehen in der unbelebten Natur in Betracht zog und zugleich als Unterlage der Bewußtseinserscheinungen voraussetzte, und daß anderenteils die subjektiven Regungen des Bewußtseins so, wie es durch die naive, kritiklose Auffassung des eigenen beseelten Daseins nahegelegt wird, als Äußerungen einer kraftbegabten, immateriellen, schöpferisch tätigen Substanz angesehen wurden. Es ist aber ohne weiteres klar, daß man die Bewußtseinserscheinungen ebenso wie das Naturgeschehen und die belebte Natur nicht minder als die unbelebte einer kritischen, auf die Erfahrungstatsachen sich stützenden Untersuchung unterwerfen muß.

Wir haben darum vor allem festzustellen, als was sich einesteils das objektive Naturgeschehen, anderenteils die subjektiven Bewußtseinserscheinungen der kritischen Forschung darbieten.

§ 3. Das Naturgeschehen.

Für die antike Naturbetrachtung war es charakteristisch, in jedem Körper ein ihm innewohnendes Streben anzunehmen, das die Zustandsänderung des Körpers verursacht. So waren die Atome *Demokrits* mit einer absoluten Schwere begabt, die den Fall jedes einzelnen Atoms unabhängig von jedem anderen hervorrief. Und nach der Ansicht des *Aristoteles* hatte jedes der vier Elemente (Feuer, Luft, Wasser, Erde) von sich aus das Streben, nach dem seiner Natur entsprechenden Orte

sich zu bewegen: die absolut schwere Erde strebte nach unten, das absolut leichte Feuer nach oben; zwischen Erde und Feuer hielt sich das bloß relativ schwere Wasser und die bloß relativ leichte Luft. Außer diesen irdischen Elementarstoffen mit geradliniger Bewegung gab es nur noch die, in vollkommener Kreisform sich bewegend, himmlischen Körper. Darum mußte in der Mitte der Welt die Erde ruhen; auf ihr sammelte sich das Wasser; daran schloß sich die Luft und weiterhin der Feuerkreis, den die Sphären des Himmels mit ihren Gestirnen als beseelte, göttliche Wesen umhüllten.

Dieser antiken Weltauffassung stellt sich die moderne gegenüber. Sie wurde durch *Kopernikus* angebahnt, der durch die Lehre, daß die Erde zusammen mit den übrigen Planeten um die Sonne sich bewege, den Gegensatz zwischen himmlischen und irdischen Körpern beseitigte. Bewegt sich aber ein Körper um einen anderen, so ist seine Bewegung von derjenigen des anderen Körpers abhängig zu denken. Demgemäß sah sich *Kepler* veranlaßt, die ursprünglich festgehaltene Annahme bewegender Intelligenzen oder Seelen zur Erklärung der Planetenbewegung fallen zu lassen und dafür vorauszusetzen, daß jeder Körper, soweit er für sich allein in Frage kommt, an jedem Orte ruhen könne, daß hingegen zwei Körper in bezug aufeinander schwer seien und der Schwere zufolge in ihrer Verbindungslinie sich zu vereinigen suchen. Es gelangte ferner *Galilei*, über *Kepler* hinausgehend, zu der Erkenntnis, daß einem sich bewegendem Körper die in ihm vorhandene Geschwindigkeit unzerstörbar zukomme, wonach die Bewegung auf der unbegrenzten, horizontalen Ebene gleichförmig und beständig dauere, während auf der absteigenden Ebene eine Beschleunigung, auf der ansteigenden eine Verzögerung eintrete.

So wurde durch *Kepler* und *Galilei* die moderne Naturbetrachtung begründet. *Newton* bringt sie in seinen „Mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie“ (1687) zum Ausdruck, indem er die drei Grundgesetze aufstellt, daß 1. jeder Körper in seinem Zustande der Ruhe oder der gleichförmigen, geradlinigen Bewegung beharre, sofern er nicht durch einwirkende Kräfte zu einer Zustandsänderung gezwungen werde; daß 2. die Zustandsänderungen proportional der einwirkenden bewegenden Kraft und in der Richtung der Kraft erfolgen, daß 3. die Gegenwirkung der Wirkung gleich sei und in entgegengesetzter Richtung erfolge.

Es wird so die antike Ansicht von dem Streben, das den Körpern ursprünglich und wesentlich zukomme, überwunden und die Auffassung gewonnen, daß die Geschehnisse in der Natur sich wechselseitig bedingen und mit Rücksicht auf ihre räumlich-zeitliche Bestimmtheit als Abhängigkeiten zwischen Größen durch mathematische Funktionen darstellbar seien. In Übereinstimmung hiermit sagt schon *Galilei*, daß man die wahre Erkenntnis nicht in den Büchern der Menschen, sondern in dem großen Buche der Natur suchen müsse, und daß dieses Buch der Natur in mathematischer Sprache geschrieben sei, in Zeichen, die aus Dreiecken, Kreisen und anderen mathematischen Figuren bestehen.

In der Darstellungsweise *Newtons* konnte der Begriff der Kraft, die lediglich als Ursache der Bewegungsänderung definiert wird, zu Bedenken Anlaß geben, insofern es sich nicht um Stoß und Druck, sondern um eine Wirkung in die Ferne (wie bei der Gravitation der Himmelskörper und beim Verhalten zweier Magnete) handelte. *Newton* selbst benützte allerdings die in die Ferne wirkende Kraft nur als ein Hilfsmittel, um die

Änderung des Bewegungszustandes durch ein mathematisches Gesetz darzustellen. Er findet es, wie er selbst sagt, undenkbar, „daß ein Körper auf einen anderen in der Entfernung durch den leeren Raum ohne Vermittlung von etwas wirken könnte, wodurch die Aktion und Kraft von dem einen zum anderen geleitet wird“. Aber in der Folgezeit gewöhnte man sich an die Annahme von Fernkräften, so daß die Neigung hervortrat, die Materie auf ausdehnungslose, mit Anziehungs- und Abstoßungskräften begabte Massenpunkte zu reduzieren. Und wenn auch immer wieder die Forderung erhoben wurde, daß alles Naturgeschehen auf Stoß und Druck undurchdringlicher Massen zurückgeführt werden müsse, so konnte ihre Durchführung doch nur mit Hilfe verborgener Massen und verborgener Bewegung, die keiner Erfahrung zugänglich sind, angestrebt werden. Auf diese Weise suchte schon *Descartes* die Bewegung der Himmelskörper, den Fall der Körper auf der Erde, die Wärme, den Magnetismus und die elektrische Anziehung zu erklären. Und auch *Huyghens* wollte zur Erklärung der Ursache alles Naturgeschehens nur mechanische Gründe zulassen.

Die hier zutage tretende Schwierigkeit hat erst *Robert Mayer* überwunden, als er in den „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur“ (1842) die Frage beantwortete, „was wir unter Kräften zu verstehen haben, und wie sich solche untereinander verhalten“. Er hielt nämlich an dem Grundsatz fest, daß die Kräfte nur als Objekte wirklicher Forschung auftreten können, und erkannte in ihnen unzerstörbare immaterielle Objekte, die weder aus nichts hervorgehen, noch in nichts vergehen, sondern lediglich, ebenso wie die materiellen Stoffe, ineinander übergehen können. So tritt beispielsweise beim Falle eines Steines an Stelle der mehr und

mehr sich verringernden Entfernung von der Erde eine immer größer werdende Bewegung, die ihrerseits in ein entsprechendes Quantum Wärme sich umsetzen kann. Es entsprechen sich demnach „Entfernung“, „Bewegung“, „Wärme“ als äquivalente Größen, in denen sich die der Forschung zugänglichen Kräfte darbieten. Denn die Ursache für die beim Fall entstehende Bewegung ist nun nicht etwa eine rätselhafte Anziehungskraft der Erde, sondern die beim Fall verschwindende Entfernung von der Erde; es ist ferner die schließlich auftretende Wärme nichts anderes als die Wirkung der sich verzehrenden Bewegung. Um das Naturgeschehen zu begreifen, bedarf man somit keineswegs der Zurückführung auf Stoß und Druck, sondern lediglich der Kenntnis der Größen, die ineinander übergehen und zueinander in das Verhältnis von Ursache und Wirkung treten.

Dies hat allerdings zunächst nur für die unbelebte Natur Geltung. Denn die belebte Natur ist für *Robert Mayer* ein Reich „des Fortschritts und der Freiheit“, in dem die Seele mit ihrem Denken, Fühlen und Wollen waltet und sich der Herrschaft zahlenmäßig bestimmbarer Gesetze entzieht. In dieser besonnenen Zurückhaltung liegt das Zugeständnis, daß es schlechterdings unmöglich ist, die subjektiven Bewußtseinszustände aus objektiven Geschehnissen abzuleiten. Halten wir aber an der schon zu Beginn der modernen Zeit vollzogenen Unterscheidung zwischen Bewußtsein und objektivem Sein fest, so können wir uns der Tatsache nicht verschließen, daß alles, was in der belebten und unbelebten Welt geschieht, seiner objektiven Existenz nach in der Form des Raumes und der Zeit sich uns vor Augen stellt und darum ausnahmslos durch Größenbeziehungen sich bestimmen läßt.

Inwiefern jedoch die Größenbestimmungen für die belebte und für die unbelebte Natur sich unterscheiden, werden wir erst dann feststellen können, wenn wir uns über die Erscheinungen des Bewußtseins und die ihnen unmittelbar zugrunde liegenden objektiven Vorgänge Klarheit verschafft haben. Denn wir müssen einerseits unzweifelhaft das Vorhandensein objektiver Vorgänge, auf denen das Bewußtsein beruht, anerkennen, und wir dürfen andererseits aus den unmittelbar zutage tretenden Besonderheiten unserer Bewußtseinsinhalte auf entsprechende Besonderheiten der zugrunde liegenden objektiven Vorgänge schließen.

§ 4. Die Bewußtseinserscheinungen.

Die selbständige Untersuchung der Bewußtseinserscheinungen war von Anfang an durch die erfolgreich fortschreitende, die moderne Zeit beherrschende Naturwissenschaft wesentlich beeinflusst. Dies wird deutlich, wenn wir auf die Gesichtspunkte achten, die für *Locke* in seinem „Versuch über den menschlichen Verstand“ (1690) bei der Erörterung des Ursprungs aller Erkenntnisse maßgebend gewesen sind. Wie nämlich die Substanzen der materiellen Welt aus Elementen sich aufbauen, die voneinander getrennt und wieder miteinander vereinigt werden können, so besteht auch für *Locke* die Welt des Bewußtseins aus Vorstellungen oder Ideen, die in letzte Bestandteile, in einfache Ideen, zerlegt werden können. Diese einfachen Ideen bilden „den Rohstoff alles unseres Wissens“. Sie stammen aus der Erfahrung und verdanken ihr Dasein teils der Sinneswahrnehmung, teils der Selbstbeobachtung. Sie können ferner durch die Kraft des Verstandes zu neuen, zusammengesetzten Ideen verbunden werden. Der Verstand vermag jedoch

weder eine neue einfache Idee hervorzubringen, noch eine vorhandene zu zerstören.

Werden so die Bewußtseinserscheinungen für objektive, aus Elementen bestehende und in Elemente zerlegbare Geschehnisse gehalten, so müssen sie, da sie unmittelbar der Erfahrung zugänglich sind, als das ursprünglich und eigentlich Wirkliche gelten. Aus ihm kann die den Raum erfüllende Körperwelt erst abgeleitet werden, ohne eine für sich bestehende Wirklichkeit beanspruchen zu können, so daß die Lehre von den Inhalten des Bewußtseins und ihrem Kommen und Gehen an die Stelle der Lehre vom Naturgeschehen zu treten hätte.

Zu dieser konsequenten Auffassungsweise gelangt jedoch *Locke* noch nicht. Er läßt die Körperwelt neben der Welt des Bewußtseins bestehen, indem er annimmt, daß die Körper durch ihre Einwirkungen auf die Sinnesorgane im Bewußtsein die Ideen hervorbringen. Er glaubt auch neben den Ideen den Geist als den für sich bestehenden Träger des Bewußtseins und als die im Verbinden und Trennen der Vorstellungen sich betätigende Kraft nicht entbehren zu können.

Es bedeutete darum einen wesentlichen Fortschritt, als *Berkeley* vom Standpunkte *Lockes* aus zu der Einsicht kam, daß die Dinge im Raume nur existieren, insofern sie perzipiert werden. Demgemäß lehrte er in seinem „Versuch einer neuen Theorie des Sehens“ (1709) die Entstehung der Raum- und Körpervorstellung aus Assoziationen rein subjektiver Sinnesvorstellungen, der Tastvorstellungen mit den Farben- und Helligkeitsempfindungen, und in der „Abhandlung über die Prinzipien der menschlichen Erkenntnis“ (1710) beseitigte er das Vorurteil, „daß Häuser, Berge, Flüsse, mit einem Wort, alle sinnlichen Objekte, eine natürliche und reale

Existenz haben, welche von ihrem Perzipiertwerden durch den denkenden Geist verschieden ist“.

Da indessen auch *Berkeley* noch an dem substanziellen Geiste als dem Erzeuger und Träger der Ideen festhält, so gelangt erst *Hume* in seinem „Traktat über die menschliche Natur“ (1738) durch die Beseitigung dieser Annahme zu einer in aller Schärfe durchgeführten Lehre von den Bewußtseinserscheinungen. Er findet die Wirklichkeit lediglich in den „Perzeptionen des menschlichen Geistes“, die er in die starken und lebhaften, aus Sinnesempfindungen und Selbstwahrnehmungen bestehenden Impressionen oder Eindrücke und in ihre schwachen Abbilder, die Ideen oder Vorstellungen, trennt. Auf diese Grundtatsachen gestützt, entwickelt er ein folgerichtiges System des Erkennens. Nur die aus der Beschaffenheit der Vorstellungen unmittelbar und notwendig sich ergebenden Beziehungen der Ähnlichkeit, des Widerstreits, der Gradabstufungen einer Qualität, der Quantitäts- oder Zahlenverhältnisse geben ein sicheres Wissen. Und von den Beziehungen, „die nicht durch die Beschaffenheit unserer Vorstellungen bedingt sind, also vorhanden oder nicht vorhanden sein können, während die Vorstellungen dieselben bleiben“, bestehen die Beziehungen des räumlichen und zeitlichen Zusammenhangs und der Identität der Gegenstände bei wiederholter Wahrnehmung in unmittelbaren Wahrnehmungen. Die Ursächlichkeit hingegen, „die über unsere Sinne hinausweist und uns von Existenzen und Gegenständen unterrichtet, die wir nicht sehen und tasten“, beruht auf der Gewöhnung, von der Vorstellung des einen Gegenstandes zur Vorstellung eines anderen überzugehen. Denn die Wirksamkeit der Ursachen ist „nur dem Geiste eigen, der die Verbindung von zwei oder mehr Gegen-

ständen in allen früheren Fällen sich vergegenwärtigt“. Darum gibt es weder körperliche noch geistige Substanzen. Der Mensch ist in seinem geistigen Sein nichts als „ein Bündel verschiedener Perzeptionen, die einander mit unbegrenzter Schnelligkeit folgen und beständig in Fluß und Bewegung sind“. Und der Glaube an die Existenz einer den Raum erfüllenden Körperwelt gründet sich bloß auf das Zusammenbestehen und die Beständigkeit gewisser Eindrücke.

Hiernach muß alles, was existiert, in bestimmter Weise vorstellbar sein. Vorstellbar ist aber nur, was im Bewußtsein getrennt und voneinander unterschieden werden kann. Wir werden so darauf hingewiesen, daß die Perzeptionen oder die Inhalte des Bewußtseins nichts anderes als die im Bewußtsein vollzogenen Unterscheidungen sind. Damit verknüpft sich die Einsicht, daß die Welt der unmittelbar erlebten Bewußtseinserscheinungen keine für sich bestehende Wirklichkeit ist, sondern nur aus den im Bewußtsein unterscheidbaren Qualitäten besteht, in denen die den Raum erfüllende, auf Größenbeziehungen beruhende Körperwelt zugleich mit dem eigenen menschlichen Dasein in die Erscheinung tritt. Es gibt keine Gegenstände, die nicht in den Unterscheidungen des Bewußtseins erfaßbar wären. Werden sie dieser Unterscheidbarkeit beraubt und lediglich als Ausdehnungen im Raume, als Größenbestimmungen gedacht, so werden sie zu bloßen Abstraktionen, die keine Wirklichkeit besitzen. Es gibt aber andererseits auch keine Unterscheidungen oder keine Erscheinungen im Bewußtsein, ohne daß in ihnen etwas erscheinen würde. Dieses Etwas ist das quantitativ Bestimmbare, im Raume Ausgedehnte und in der Zeit sich Verändernde.

Es gibt somit bloß eine Wirklichkeit, die einesteils in den Größenbeziehungen der räumlich ausgedehnten und zeitlich sich verändernden Körperwelt und anderenteils in den unmittelbar unterscheidbaren Qualitäten der Bewußtseinserscheinungen der Erfahrung zugänglich ist.

§ 5. Bewußtsein und objektives Sein.

Da eine Größenbeziehung nicht auf unterscheidbare Qualitäten und ein qualitativer Unterschied nicht auf quantitative Beziehungen zurückgeführt werden kann, so ist es nicht möglich, das Naturgeschehen als ein Zusammen und Nacheinander von Bewußtseinserscheinungen aufzufassen oder die Inhalte des Bewußtseins aus Zuständen der Körperwelt abzuleiten oder in solche überzuführen.

Wenn beispielsweise Wasser in Knallgas oder Bewegung in Wärme sich verwandelt, so besagt dies nicht, daß auf die Vorstellung von Wasser oder von Bewegung die Vorstellung von Knallgas oder von Wärme folge. Es verschwinden vielmehr die an sich unvorstellbaren, bloß dem beziehenden Denken erfaßbaren Größen, die den Zustand einer Wassermenge oder eines in Bewegung begriffenen Körpers bestimmen, und es treten dafür andere Größen auf, die den Zustand eines entsprechenden Quantums Knallgas oder Wärme charakterisieren. Die Äquivalenz zweier chemischer Stoffe oder zweier physikalischer Energiemengen ist aber keineswegs gleichbedeutend mit dem Erleben gleichzeitiger oder aufeinanderfolgender Vorstellungen.

Es ist andererseits unzweifelhaft der Vollzug der Unterscheidungen, in denen wir die Wirklichkeit erfassen, an die Einwirkung der wahrgenommenen Körper auf

unseren Leib gebunden. Und wenn wir den Gesamtzustand unseres eigenen objektiven Daseins erfassen, indem wir ihn von anderen, früher erlebten oder unserer Annahme nach vielleicht künftig zu erlebenden Gesamtzuständen unterscheiden, so haben wiederum objektive, an unserem Leibe hervortretende Folgezustände als Merkmale unseres subjektiven Befindens zu gelten. Bezeichnen wir die Unterscheidungen der im Raume zusammen bestehenden Körper als Empfindungen und die Zustände, in denen wir unser eigenes Dasein erfassen, als Gefühle, so müssen wir demnach anerkennen, daß unsere Empfindungen und unsere Gefühle mit objektiven Leibeszuständen zusammenhängen. Wenn man aber in der Einwirkung der wahrgenommenen Körper auf die Sinnesorgane die Ursache der Empfindungen und in den objektiven Zustandsänderungen und Handlungen des eigenen Leibes die Wirkungen der Gefühle sucht, so ist dies ein Zeichen naiven Verhaltens. Denn der menschliche Leib kann nur in seiner objektiven, räumlich-zeitlichen Existenz zu anderen Körpern in das Verhältnis von Ursache und Wirkung treten. Die Empfindungen und Gefühle sind jedoch weder Zustände noch Zustandsänderungen des Leibes. Wir müssen darum unbedingt *Leibniz* zustimmen, wenn er in seiner Monadologie sagt, daß man an einer Maschine, „die mittels ihrer Einrichtung denkt, fühlt, Vorstellungen hat“ (auch wenn man sie so vergrößert denkt, daß man in sie wie in eine Mühle eintreten und im Inneren besehen könnte), nur finden würde, „daß ein Stück das andere treibt, aber niemals etwas, durch welches man sich eine Vorstellung erklären könnte“.

Wir brauchen ihm jedoch nicht in der Annahme zu folgen, daß ein besonderes, reales, unkörperliches Wesen,

das er Monade nannte, der Träger der Bewußtseinserscheinungen sei. Der naive Mensch glaubt zwar, daß sein Handeln in seinem Denken wurzle und er nichts tun könne, wenn er nicht zuvor das Ziel seiner Tätigkeit sich vor Augen gestellt habe. Und wenn er sich davon überzeugt, daß er sein Handeln vielfach nicht mit vollem Bewußtsein verfolgt, und daß er gelegentlich gar nicht weiß, was er tut, so macht er dafür einen in seinem Innern blindwaltenden Willen verantwortlich. Intellekt und Wille sind demgemäß für den naiven Menschen die Grundkräfte, die das ganze Leben beherrschen. Wir können jedoch bei kritischer Besonnenheit das Bewußtsein nur als den subjektiven Zustand ansehen, in dem das objektive Geschehen und mit ihm das eigene Tun und Lassen erfaßt wird, der aber nicht seinerseits selbst wieder zu einem objektiven Vorgange wird.

Um dieses Zusammenbestehen von Bewußtsein und objektivem Sein zu begreifen, müssen wir die Tatsache berücksichtigen, daß der Mensch in seiner objektiven Beschaffenheit nicht bloß durch die Einwirkungen der Außenwelt, sondern auch durch sein eigenes Wesen, das zugleich mit jenen Einwirkungen zur Geltung kommt, bedingt ist. Dieses eigene Wesen zeigt sich darin, daß die einmal erlebten Zustände und Vorgänge nicht unwiederbringlich in andere Zustände und Vorgänge übergehen, sondern unter geeigneten Bedingungen immer wieder aufleben und nachwirken.

Zugleich mit diesem objektivem Aufleben und Nachwirken erfolgt das subjektive Erfassen des Vergangenen in dem gegenwärtig Erlebten, das dem geistigen Leben das besondere Gepräge verleiht. Denn das, was wir früher gefühlt und empfunden haben, taucht in unserem Bewußtsein immer wieder auf. Es

bildet in deutlicher Klarheit oder in verschwommenen Umrissen den Hintergrund, von dem sich der gegenwärtige Zustand der uns umgebenden Welt und unseres eigenen Daseins abhebt. Wir erinnern uns dann des Vergangenen, und wir glauben, daß wir dies aus eigener Kraft mit Hilfe unseres Gedächtnisses leisten, oder daß die gegenwärtig erlebten Gefühle und Empfindungen imstande seien, vergangene Inhalte des Bewußtseins wieder wachzurufen und an sich zu ketten. Auf Grund dieses Glaubens erscheint das Gedächtnis als das Grundvermögen und die Verkettung oder die Assoziation der Vorstellungen als das Grundgesetz, von dem das ganze geistige Leben beherrscht wird. Die Erinnerungen und Assoziationen ermöglichen ferner Erfahrungen über den gesetzmäßigen Ablauf des Naturgeschehens und den gewohnheitsmäßigen Erfolg unseres Handelns, die es möglich machen, in der Gegenwart bereits die aus ihr sich entwickelnde Zukunft zu erkennen. So kommt es, daß sich mit unserem Handeln die Vorstellung vom Ziele unseres Handelns verbindet. Und infolge dieser Verbindung entsteht der Schein, daß die Vorstellung des Zieles das Handeln erst veranlaßt habe. Dann glaubt man im Willen die Grundkraft des Geistes zu finden, aus der das zielbewußte, von Motiven geleitete Handeln hervorgeht.

Wir können indessen in Wahrheit nur die Tatsache feststellen, daß unser objektives Sein auf dem Nachwirken und Aufleben vergangener Zustände in den gegenwärtigen Einwirkungen beruht, und daß mit dem hierdurch bedingten Hervortreten des einen im anderen sich die subjektiven Zustände des Bewußtseins verknüpfen, in denen wir das eine im anderen erfassen und so das eine vom anderen unterscheiden und zugleich mit ihm verknüpfen.

Wir haben somit keinen Anlaß, die Empfindungen und Gefühle als Wirkungen und Ursachen körperlicher Vorgänge begreifen zu wollen. Wir sind ebensowenig genötigt, in einer immateriellen Substanz den Träger des Bewußtseins zu suchen. Wir finden vielmehr in dem lebendigen Leibe des Menschen die objektive Unterlage der schlechthin und ursprünglich mit dem Leibe zusammen bestehenden Bewußtseinserscheinungen. Dabei gibt sich für uns das Leben eben darin kund, daß in den Einwirkungen, denen der Leib gegenwärtig unterliegt, vergangene Zustände aufleben und so von neuem zur Geltung kommen.

Betrachten wir die Welt, sofern sie in ihrer subjektiven Bedingtheit auf den Unterscheidungen unseres Bewußtseins beruht, so stellen wir uns auf den Standpunkt des Psychologen, und die Erkenntnis dieser subjektiv bedingten Wirklichkeit ist als Psychologie zu bezeichnen. Betrachten wir hingegen die Welt, sofern sie in ihrer objektiven Wirklichkeit auf den räumlich-zeitlichen Größenbeziehungen beruht, so stellen wir uns auf den Standpunkt des Naturforschers, dessen Erkenntnisse den Inhalt der Physik (im weitesten Sinne des Wortes) bilden. Demnach ist die Lehre vom Zusammenbestehen der in den Unterscheidungen des Bewußtseins hervortretenden und der in den Größenbeziehungen des räumlich-zeitlichen Geschehens sich darbietenden Welt Psychophysik zu nennen.

Dieses Zusammenbestehen kann als Parallelismus, und zwar als psychophysischer Parallelismus bezeichnet werden. Es wird so von vornherein die Ansicht abgelehnt, daß die Bewußtseinserscheinungen aus objektivem Geschehen oder umgekehrt das objektive Sein

und Werden aus den Zuständen des Bewußtseins abzuleiten seien. Es darf indessen durch diese Bezeichnungsweise nicht der Irrtum veranlaßt werden, als ob das Bewußtsein und das objektive Sein, jedes für sich allein, ähnlich wie die eine und die andere von zwei parallelen Geraden, eine selbständige Existenz beanspruchen könne.

§ 6. Das Nervensystem.

Da ebensowohl die Empfindungen wie auch die Gefühle mit objektiven Leibeszuständen zusammenhängen, so ist der Leib einesteils das Organ für die Aufnahme der Einwirkungen, die von den wahrgenommenen Körpern herrühren, und anderenteils das Ausdrucksmittel für die in den Gefühlen zum Bewußtsein kommenden Gesamtzustände des Menschen.

Die Bedeutung, welche demgemäß der objektiv existierende Leib als Unterlage der Bewußtseinserscheinungen hat, kommt indessen nicht allen Teilen des Leibes in gleicher Weise zu. Die Erfahrung lehrt vielmehr, daß nur das Nervensystem in unmittelbarer Beziehung zum Bewußtsein steht.

a) Anatomisches.

Am Nervensystem unterscheidet man einen zentralen und einen peripheren Teil. Der erstere wird durch das von der Schädelkapsel umschlossene Gehirn und das im Wirbelkanal verlaufende Rückenmark gebildet; der letztere besteht aus zahlreichen, im Zentralorgan entspringenden Nerven, die, sich vielfach verzweigend, den ganzen Körper durchziehen.

Betrachtet man das Gehirn durch die oben geöffnete Schädelhöhle, so sieht man einen vorderen, größeren, durch eine Längsspalte in zwei Hälften, die Hemisphären, getrennten Teil, das große Gehirn, und einen hinteren, beträchtlich

kleineren Teil, das kleine Gehirn, beide von grauer Farbe und vielfach gefurcht, wodurch die darmähnlichen Windungen des Großhirns und die bogigen Wülste des Kleinhirns entstehen. Nimmt man das Gehirn nach Durchschneiden der von der Basis ausgehenden, die Schädelknochen durchsetzenden weißen Stränge, der Gehirnnerven, aus der Schädelhöhle heraus, so zeigt die untere Seite den über das kleine Gehirn verlaufenden Hirnstamm, der sich als das verlängerte Mark durch das Hinterhauptloch in das Rückenmark fortsetzt, aus welchem wiederum zahlreiche Nervenbündel austreten. Am Hirnstamm bemerkt man wulstartige Erhebungen, darunter die Verbindung zwischen Großhirn und Kleinhirn, welche die Brücke genannt wird, ferner die von hier aus schräg nach vorn verlaufenden Hirnschenkel und am vorderen Ende die Sehnervenkreuzung.

Schnitte durch das Gehirn und Rückenmark lassen graue und weiße Substanz erkennen. Jene bildet die Hirnrinde und einzelne der Basis naheliegende Kerne, sowie den inneren Teil des Rückenmarks; aus dieser bestehen die übrigen Teile des Zentralorgans und insbesondere die Nervenstränge, die aus vielen parallel verlaufenden Fasern bestehen. Die mikroskopische Untersuchung der Nervenmasse zeigt Zellen und Fasern, gestützt durch ein Bindegewebe. Die Nervenzellen charakterisieren die graue, die Nervenfasern die weiße Substanz. Der wesentliche Bestandteil der Nervenfaser ist der sogenannte Achsenzylinder. Zellen und Fasern scheinen, in organischer Verbindung, die letzten geformten Elemente zu bilden, die man Neuronen nennt. Dieselben sind sozusagen die Einheiten, aus welchen das ganze Nervensystem aufgebaut ist. Jedes Neuron besteht 1. aus einer Nervenzelle mit einer wechselnden Anzahl fein verästelter Protoplasmafortsätze, 2. aus einem der Zelle entspringenden Achsenzylinderfortsatz, der zum Achsenzylinder einer Nervenfaser wird, 3. aus einem sogenannten Endbäumchen, einer Verzweigung des Endes vom Achsenzylinder, dessen blind endende Zweigchen korbartig um die Zelle eines anderen Neurons sich schmiegen oder in den peripheren Organen sich verästeln. — Ihrer chemischen Beschaffenheit nach enthält die Nervensubstanz einen großen Vorrat von potentieller Energie, der durch eine geringe auslösende Kraft in Arbeit sich umsetzen läßt.

b) Physiologisches.

Das Nervensystem hat die Aufgabe, einestheils Einwirkungen, die von außen auf den Leib erfolgen oder durch Zustandsänderungen in den Leibesorganen selbst bedingt sind, aufzunehmen und dem zentralen Teil zuzuführen, anderenteils Erregungen, die vom Zentrum ausgehen, nach der Peripherie zu leiten. Man unterscheidet darum zentripetal und zentrifugal leitende Nerven.

Zur Erfüllung dieser Aufgabe müssen die Nerven einer Erregung fähig und imstande sein, diese Erregung fortzuleiten. Die normale Erregung geht immer von den peripheren oder zentralen Nervenenden aus; insbesondere besitzen die zentripetal leitenden Nerven in den Sinnesorganen, wie z. B. im Auge und im Ohr, besondere Erregungsapparate. Die Nerven sind indessen auch einer künstlichen Erregung an irgendeiner Stelle ihres Verlaufs fähig, durch mechanische, thermische, chemische und insbesondere durch elektrische Einwirkungen. Demgemäß unterscheidet man, da die Ursache der Nervenerregung als Reiz bezeichnet wird, zwischen den natürlich erregenden, adäquaten und den künstlich erregenden, inadäquaten Reizen. Die Fortleitung der Erregung erfordert einen völlig unversehrten Nerven; denn seine Durchschneidung oder Unterbindung, sowie sonstige Verletzung an einer Stelle hebt die Leitfähigkeit auf. Ist aber die letztere vorhanden, so geht die Leitung in jeder einzelnen Nervenfasern isoliert vor sich, ohne auf parallel verlaufende überzuspringen. Sie vollzieht sich ferner normalerweise in der durch die Erregung des Nervenendes bedingten Richtung, entweder zentripetal oder zentrifugal; sie kann aber tatsächlich nach der einen wie nach der anderen Richtung erfolgen, wenn die Bedingungen hierfür künstlich erfüllt werden. Die Geschwindigkeit der Leitung wurde bei verschiedenen Bestimmungen zwischen 30 und 90 m in der Sekunde gefunden.

Das Wesen der Nervenerregung ist noch nicht klargestellt. Man benützt darum Bilder zur Veranschaulichung der Vorgänge. Insbesondere hat man die Leitung der nervösen Erregung mit der Leitung des elektrischen Stromes in einem Telegraphendraht verglichen. Man hat auch das Bild eines Lauffeuers oder einer explodierenden Pulvermine gewählt,

um der beim Leitungsvorgang stattfindenden Auslösung von Spannkraften der Nervensubstanz gerecht zu werden. In Wirklichkeit ist aber das Nervensystem ein offenbar sehr komplizierter Organismus, dessen Leben im Zusammenhang mit dem Leben des ganzen Leibes steht, und dessen Erregung als ein Lebensprozeß aufzufassen ist, der (nach S. 25) wesentlich durch das Aufleben und Nachwirken früherer Erregungen bedingt wird.

Den Erregungen der von peripherischen Leibesorganen nach dem Zentrum leitenden Nerven entsprechen im Bewußtsein die Empfindungen; diese Nerven werden darum sensorische genannt. Die zentrifugalleitenden Nerven dagegen heißen motorische, weil sie hauptsächlich in den Muskeln enden und dort Bewegung erzeugen. Sie beeinflussen jedoch auch die Absonderung der Drüsen (als sekretorische Nerven) und können sich in der Hemmung von Bewegungen betätigen (als Hemmungsnerven). Einfachheitshalber werden die beiden letzteren Arten von Nerven unter den motorischen mit einbegriffen.

Der Erfolg der Nervenerregung ist für inadäquate Reize derselbe wie für adäquate. So wird beispielsweise die elektrische oder mechanische Reizung des Sehnerven an einer Stelle seines Verlaufs ebenso wie die natürliche Reizung als Helligkeit empfunden. Man spricht darum von einer spezifischen Energie des Sehnerven und der Sinnesnerven überhaupt. Da nun offenbar die Erregung durch die Erregungsapparate der Nervenendigungen in den Sinnesorganen bedingt ist, so ist anzunehmen, daß durch einen inadäquaten Sinnesreiz nur dann eine Erregung bewirkt wird, wenn zugleich die peripheren Organe in Mitleidenschaft gezogen werden. Man hat hiernach vorauszusetzen, daß die erwähnte Einwirkung auf den Sehnerven durch Druck oder Elektrizität erst bis zu den Nervenendigungen im Auge sich fortpflanzen muß, um alsdann einen von Empfindung begleiteten Erregungszustand einzuleiten.

Beispiele rein sensorischer und rein motorischer Nerven bieten die zwölf Nervenpaare des Gehirns. So sind der Riechnerv, der Sehnerv und der Hörnerv sensorisch, die Augenmuskelnerven und der Antlitznerv motorisch. Der dreigeteilte Nerv (*nervus trigeminus*) dagegen (so genannt, weil er sich in drei Äste, den *ramus ophthalmicus*, *supra-* und

inframaxillaris teilt) entspringt mit zwei getrennten Wurzeln, von welchen die stärkere sensorisch, die schwächere motorisch ist. Ebenso treten die im Rückenmark entspringenden Nerven aus demselben mit zwei Wurzeln, einer vorderen motorischen und einer hinteren sensorischen.

Die sensorischen und motorischen Nerven stehen im Rückenmark und Gehirn durch ein reich verzweigtes System von Leitungsbahnen in Verbindung, deren Verfolgung zur Großhirnrinde führt, in welcher man den für die psychischen Erscheinungen bedeutsamsten Teil des Zentralorgans erkennt. Da nicht jedes Gebiet der Großhirnrinde gleichmäßig mit dem ganzen peripheren Nervensystem verknüpft ist, so lassen sich bestimmte Stellen angeben, die vorzugsweise mit gewissen motorischen und sensorischen Nerven zusammenhängen. Man bezeichnet solche Stellen als motorische und sensorische Rindenfelder.

Motorische Rindenfelder sind die beiden Zentralwindungen des Großhirns, deren einzelne Stellen durch Vermittlung der motorischen Nerven bestimmten Muskelgebieten des Leibes (dem Antlitz, dem Arm, dem Bein) zugehören. Von den sensorischen Rindenfeldern liegt das Sehzentrum im Hinterhauptlappen, das mit dem Sprachvermögen zusammenhängende Hörzentrum in den beiden Schläfelappen. Für die sensiblen Hautnerven, die im Rückenmark enden und in denselben Leitungsbahnen zum Gehirn vorfinden, scheinen die zentralen Felder mit den motorischen Rindenfeldern der Zentralwindungen zusammenzufallen.

Die Unterscheidung der Nerven als sensorische und motorische geht insofern nicht von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus, als bei jenen der mit der nervösen Erregung parallele Vorgang im Bewußtsein, nämlich die Empfindung, bei diesen aber die physische Wirkung der Nervenerregung, nämlich die erzeugte Bewegung, hervorgehoben wird. Fragt man nun nach demjenigen Bewußtseinsvorgang, welcher der Erregung motorischer Nerven entspricht, so kann er, wenn ein solcher überhaupt vorhanden ist, nur in Gefühlen bestehen, da dies die einzigen Qualitäten sind, die sich neben den Empfindungen feststellen lassen. Man wird indessen, da das Charakteristische der Erregung motorischer Nerven doch wohl auf ihrer Verursachung durch einen zentralen Erregungszustand beruht, in dem letzteren das unmittelbare physische

Substrat der Gefühlszustände zu suchen haben. In gleicher Weise hat man den aus der Erregung sensorischer Nerven resultierenden zentralen Erregungszustand als das unmittelbare physische Substrat der Empfindungen zu betrachten.

§ 7. Das Untersuchungsgebiet der Psychophysik.

Das physische Substrat der Bewußtseinserscheinungen ist, wie überhaupt alles, was objektiv existiert, durch Größenbeziehungen bestimmt. Die in Betracht kommenden Größen sind aber nicht ohne weiteres angebbar. Wir können zunächst nur sagen, daß sie von den Erregungen der Nerven abhängen, wofern sie nicht mit ihnen identisch sind. Dies reicht jedoch hin, um eine wichtige Grundauffassung zu gewinnen.

Da nämlich das Nervensystem aus einer Vielheit zusammenbestehender und in ihren Erregungszuständen einander beeinflussender Einheiten besteht, so haben wir auch ein System von Größen, die in wechselweiser Abhängigkeit voneinander stehen, als objektive Unterlage des Bewußtseins vorauszusetzen.

Ist ein Inhalt des Bewußtseins zusammengesetzt, so wird man eine entsprechende Vielheit zugrunde liegender Größen annehmen. Er kann sich aber nur auf Grund der Erfahrung als einfach oder als zusammengesetzt erweisen. Darum ist es möglich, daß er zunächst, solange man seine Bestandteile noch nicht einzeln erlebt hat, für einfach gilt, und daß er erst bei fortschreitender Erfahrung als zusammengesetzt sich darstellt. Demnach sind die einfachen und die zusammengesetzten Bewußtseinsinhalte nicht der Art nach voneinander verschieden, und es darf eine zusammengesetzte Beschaffenheit auch dann als möglich angenommen werden, wenn sie nicht von der Erfahrung bestätigt wird.

Dies führt zu der Annahme, daß ganz allgemein jedem in qualitativer Bestimmtheit erfaßbaren Inhalte des Bewußtseins eine Vielheit von Größen zugrunde liege.

In diesen Größen wird das Bewußtsein der Untersuchung zugänglich, indem die Ähnlichkeit oder Verwandtschaft gewisser Qualitäten auf gemeinsame Glieder der den Qualitäten zugehörenden Größensysteme zurückführbar ist, während Qualitäten von völlig verschiedener Art (wie die Farben und die Töne) durch Größensysteme, die beziehungslos nebeneinander stehen, darzustellen sind.

Demnach beruhen die Gefühlszustände, in denen das Sein des ganzen Menschen sich offenbart, auf der Gesamtheit aller dem Bewußtsein zugrunde liegenden Größen. Sie werden durch äußere Einwirkungen, denen der Mensch unterliegt, im Verein mit vergangenen, neu auflebenden oder nachwirkenden Zuständen veranlaßt und treten in bestimmten Folgezuständen, die als Gefühlsausdruck zu gelten haben, zutage. In ihnen erfassen wir das eigene Dasein in seinem zeitlichen Ablauf, wie es im Zusammenhang mit unserer Umgebung aus der Vergangenheit hervorquillt und in die Zukunft übergeht.

Aus den Gefühlszuständen sondern sich die Empfindungen ab. Sie beruhen als für sich erfaßbare Qualitäten auf Größensystemen, die unmittelbar durch äußere Reize erregt werden. Darum sind die Empfindungen von den zugehörigen Reizen abhängig. Dabei ist aber der Einfluß anderer, zu gleicher Zeit erfolgender Eindrücke und die Nachwirkung der unmittelbar vorhergegangenen Erregungen zu beachten. Es ist auch der Einfluß der gesamten früheren Erlebnisse, die bei den gegenwärtigen Einwirkungen zur Geltung kommen, zu berücksichtigen.

Indem so den Empfindungen der Reizvorgang, den Gefühlen der Gefühlsausdruck in mannigfach bedingter Abhängigkeit zur Seite tritt, wird zugleich in den zusammenbestehenden und aufeinanderfolgenden Unterscheidungen des Bewußtseins die objektive, im Raume sich ausbreitende und in der Zeit sich verändernde Wirklichkeit erfaßt.

In dem Nebeneinander von Reiz und Empfindung, Gefühl und Gefühlsausdruck, subjektiver Auffassung und objektiver Bestimmung der im Raume und in der Zeit hervortretenden Wirklichkeit stellt sich somit das Untersuchungsgebiet der Psychophysik in seinem ganzen Umfange dar. Dabei ist jedoch zu beachten, daß der menschliche Leib als Träger des Bewußtseins mit Leben begabt ist, weshalb die den Bewußtseinserscheinungen zugrunde liegenden Größensysteme sich gegenseitig beeinflussen und durch das Nachwirken und Aufleben vergangener Zustände bedingt werden.

Dieses Nebeneinander in seiner vielfachen Bedingtheit zu untersuchen, ist die Aufgabe der Psychophysik. Sie besteht somit einestheils für den Standpunkt des Physikers in der Feststellung der subjektiven Bedingungen, denen die Auffassung des objektiven Geschehens unterliegt, und anderenteils für den Standpunkt des Psychologen in der Klarstellung der unmittelbaren objektiven Unterlage für die subjektiven Erscheinungen des Bewußtseins. Auf dem einen wie auf dem anderen Wege kommt man schließlich dazu, den Zusammenhang zwischen Bewußtsein und objektivem Sein in seinem ganzen Umfang zu erforschen.

II. Die Entwicklung der Psychophysik.

§ 8. Die Berücksichtigung subjektiver Faktoren im Bereiche der naturwissenschaftlichen Forschung.

Die antiken Philosophen können trotz ihrer Bemerkungen über die subjektive Bedingtheit der Erkenntnis und über den Trug der Sinneswahrnehmung (vgl. § 2) nicht als Begründer der Psychophysik gelten, weil sie noch nicht das Bewußtsein dem objektiven Sein im Sinne der modernen Erkenntnis gegenübergestellt haben. Da aber die moderne Zeit durch die Erforschung des Naturgeschehens ihr Gepräge erhielt, so haben wir zu erwarten, daß zunächst die im Bereich der naturwissenschaftlichen Forschung sich geltend machenden subjektiven Faktoren Beachtung finden.

a) Die Beobachtungsfehler.

Dies geschieht in der Tat von seiten derjenigen Forscher, die auf die Beobachtungsfehler aufmerksam werden und sie unschädlich zu machen suchen. Es ist hier namentlich *Lambert* zu nennen, der gelegentlich seiner Untersuchungen über Photometrie (1760) dazu gelangt, drei Fehlerquellen zu unterscheiden: 1. die unvermeidliche Unbestimmtheit im Urteil des Auges; 2. die Unachtsamkeit des Beobachters, der selbst, wenn er Argusaugen hätte, doch niemals gleichmäßig wachen könne; 3. die Beschaffenheit des Instrumentes und andere, vom Beobachter unabhängige Umstände. Er findet ferner, daß die Fehler der ersten und der zweiten Art um so seltener auftreten, je größer sie sind; wonach, wie er meint, dem arithmetischen Mittel der beobachteten Werte die größte Wahrscheinlichkeit zukomme. Ja er

bemüht sich bereits um eine „Theorie der Zuverlässigkeit der Beobachtungen und Versuche“.

Es verdient auch *Daniel Bernoulli* erwähnt zu werden, der in einer Abhandlung über die Ausgleichung der Beobachtungsfehler (1778) ein Gesetz für die Häufigkeit y des Auftretens eines Fehlers von der Größe x aufstellt, indem er annimmt, daß $y^2 + x^2$ konstant sei. Da indessen dieses Gesetz ein angebbares Fehlermaximum (eben jenen konstanten Betrag) voraussetzt, so kann es nicht als einwandfrei gelten. Denn bei der Aufstellung von Fehlergesetzen ist den Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung gemäß der Grundsatz zu befolgen, daß nur Mittelwerte, aber niemals Einzelwerte, also auch insbesondere nicht die größten Werte aus den Beobachtungen abgeleitet und zur Bestimmung des Verlaufs der Fehlerkurve benutzt werden können.

Darum gelangen erst *Gauß* und *Laplace* zu einer einwandfreien, auf die Prinzipien der Wahrscheinlichkeitsrechnung gegründeten Fehlertheorie. *Gauß* geht in der „*Theoria motus corporum coelestium*“ (1809) von der Hypothese aus, daß bei der wiederholten Beobachtung einer Größe das arithmetische Mittel der einzelnen Maßwerte die größte Wahrscheinlichkeit habe. Er findet so für einen Fehler von der Größe x die Wahrscheinlichkeit

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \cdot dx,$$

wo der Parameter h als Maß für die Genauigkeit der Beobachtungen zu gelten hat. Und dieses Gesetz führt ihn zu der Einsicht, daß ebensowohl bei der Berechnung mehrerer Unbekannten, wie bei der Bestimmung eines einzelnen Maßwertes dasjenige Ergebnis die größte Wahrscheinlichkeit habe, für welches die Summe der

Abweichungsquadrate zwischen Beobachtung und Rechnung zu einem Minimum wird. *Laplace* zeigte sodann (Théorie analytique des Probabilités, 1812), daß diese Auffassungsweise bei einer großen Anzahl von Beobachtungen ohne Rücksicht auf ein bestimmtes Fehlergesetz festzuhalten sei. Während *Gauß* bei einer abermaligen Behandlung des Problems (Theoria combinationis observationum erroribus minimis obnoxiae, 1823) erkannte, daß die Methode der kleinsten Quadrate für ein beliebiges Fehlergesetz und für eine beliebige, große oder kleine Anzahl von Beobachtungen zur besten Kombination der Beobachtungen führe, wobei zugleich der mittlere Betrag der Fehlerquadrate (als der mittlere Fehler) die Güte der Beobachtungen kennzeichne.

Da nun die Beobachtungsfehler durch subjektive Faktoren bedingt sind, so hat sowohl der Parameter h des Fehlergesetzes, als auch der mittlere Fehler einer Beobachtungsreihe als ein Wert zu gelten, in dem die subjektiven Faktoren einen Ausdruck finden.

Treten die subjektiven Faktoren in wechselnder Stärke auf, so muß dies in entsprechenden Schwankungen des Parameters h des Fehlergesetzes oder des mittleren Fehlers der Beobachtungsreihe sich zeigen. Es muß sich insbesondere bemerklich machen, daß mit wachsender Stärke des Reizvorganges die Ungenauigkeit der Sinneswahrnehmung ständig zunimmt, indem die Grenzen, innerhalb welcher die Änderung des Reizes unbeachtet bleibt, weiter und weiter auseinanderrücken.

b) Die Unsicherheit des Auges.

Dies ist vor allem bei photometrischen Bestimmungen der Fall. So ist es denn wiederum *Lambert*, der als Begründer der Photometrie die Fähigkeit des Auges zur

Unterscheidung von Helligkeiten eingehend erforscht. Er sucht die Mängel, die dem Urteil des Auges anhaften, zu ergründen und beachtet die Eigentümlichkeit, daß beim Gesichtssinn ebenso wie bei den anderen Sinnen der stärkere Reiz den schwächeren unterdrückt. Es scheint demnach, wie *Lambert* bemerkt, „eine Kerze im Sonnenschein gar keine Helligkeit zu besitzen, während sie das Licht, das nachts von faulendem Holze verbreitet wird, so unsichtbar macht, als wenn es gar nicht vorhanden wäre“. Trotz dieser Mängel werden doch — was *Lambert* ausdrücklich feststellt — „Gegenstände, welche offenbar heller sind, durch das Urteil des Auges auch heller gefunden“. Das Auge kann nur nicht beurteilen, um wieviel ein Helligkeitsgrad größer ist als ein anderer, da es nur die Gleichheit zweier Helligkeitsgrade mit Sicherheit feststellen kann. Aber auch die Gleichheit ist nicht in voller Strenge zu erreichen: eine gewisse Differenz der objektiven Reizwerte entzieht sich stets der subjektiven Auffassung. Darum bedarf es besonderer Versuche, um das Urteil des Auges zu prüfen. Durch solche Versuche fand *Lambert*, daß der unbemerkt bleibende objektive Helligkeitsunterschied das 0,04fache bis 0,07fache der vorhandenen Lichtstärke beträgt und somit in der Tat klein ist.

Ebenso wie *Lambert* prüft auch *Bouguer* in seinem nachgelassenen (1760 veröffentlichten) Werke über Photometrie die Fähigkeit des Auges, vorhandene Lichtstärken zu unterscheiden. Er weiß, daß in gleicher Weise wie ein starkes Geräusch uns hindert, ein anderes schwächeres zu hören, wir auch in Gegenwart eines hellen Lichtes ein anderes von viel geringerer Intensität nicht sehen, wenn beide die nämliche Stelle der Netzhaut treffen. Darum bestimmt er den Grad der Stärke, den

ein Licht haben muß, um ein anderes Licht unwirksam zu machen. Er findet so, daß die Stärke eines vorhandenen Lichtes um den 64. Teil vermehrt werden muß, wenn der Zuwachs merklich werden soll.

Zu der nämlichen Gesetzmäßigkeit, wenn auch zu einem anderen Zahlenwerte, gelangt *Steinheil* (1837). Er hatte ein Prismenphotometer für Helligkeitsmessungen am Sternenhimmel konstruiert und sah sich nun genötigt, den Grad der Sicherheit zu bestimmen, der für sein Photometer bei der Herstellung gleicher, im Gesichtsfelde aneinandergrenzender Helligkeiten erreichbar ist. Er führte demgemäß für verschiedene Helligkeiten Messungen aus und betrachtete den wahrscheinlichen Fehler der einzelnen Beobachtungsreihen, die er so erhielt, als Maß für die Unterscheidbarkeit der Lichtstärken; und er fand den Helligkeitsunterschied wahrnehmbar, wenn die eine um den 38. Teil von der anderen verschieden sei, so daß sich ihm wie *Bouguer* ein konstanter Verhältniswert ergab.

c) Die Sinneswahrnehmung.

Wir ersehen daraus, daß die Schärfe und Zuverlässigkeit der Sinneswahrnehmungen erforscht werden muß, sobald das Sinnesurteil als ein zwar schwankender, aber trotzdem ausschlaggebender Faktor bei der Bestimmung objektiver Naturvorgänge erkannt wird. Daß dieses Bedürfnis immer wieder für den Gesichtssinn sich geltend macht, liegt, wie schon *Lambert* hervorhebt, daran, daß es kein Instrument gibt, mit dem man die Intensität des Lichtes ebenso messen kann, wie mit der Wage das Gewicht oder mit dem Thermometer die Wärme.

Es muß indessen dieselbe Aufgabe für jedes Sinnesgebiet gelöst werden, sobald die Sinneswahrnehmung

als solche das wissenschaftliche Interesse in Anspruch nimmt. Hierzu war die Einsicht in die Besonderheit und Selbständigkeit der Nervenenerregung Vorbedingung. Sollte dies der Fall sein, so mußte die Nervenenerregung als ein besonderer, das äußere physikalische Geschehen mit den subjektiven Regungen des Bewußtseins verknüpfender Prozeß erkannt werden. Zur Zeit *Lamberts* und *Bouquers* war jedoch die Physiologie, die in *Hallers* „*Elementa Physiologiae corporis humani*“ (1757—1766) ihre vollendete Darstellung erhielt, von der Auffassungsweise des *Descartes* beherrscht, wonach die Seele unmittelbar den mechanischen, durch die Lebensgeistern bis ins Gehirn fortgepflanzten Einwirkungen gegenübertritt und aus ihnen kraft ihrer im Denken sich betätigenden Natur durch eine Art schöpferischer Tätigkeit etwas ganz Neues hervorbringt. So erörtert denn *Haller* z. B., wie die Seele von dem unmittelbar gegebenen Netzhautbilde aus zur Erkenntnis der wahren Beschaffenheit der Gegenstände, nämlich ihrer Größe und Lage im Raume, ihrer gegenseitigen Entfernung, ihrer Ruhe oder Bewegung, ihrer Gestalt fortschreitet, wobei nicht nur die Unbestimmtheit und die verkehrte Lage des Netzhautbildes im Auge in Betracht kommt, sondern auch Licht- und Farbeempfindungen, die unmittelbar im Auge ohne äußere Einwirkung erregt werden, zu Täuschungen Anlaß geben können.

Erst *Johannes Müller* hebt die selbständige Bedeutung der Nervenenerregung hervor. Er erkennt, „daß Licht, Farbe, Ton, Wärme, Kälte und die verschiedenen Gerüche und Geschmäcke, mit einem Wort, was alles uns die fünf Sinne an allgemeinen Eindrücken bieten, nicht die Wahrheiten der äußeren Dinge, sondern die reellen Qualitäten unserer Sinne sind“. Darum geht er in der

vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Tiere (1826) von den subjektiven Gesichtsempfindungen als den Urphänomenen aus, die den „alleinigen Schlüssel zur physiologischen Wahrheit“ darbieten.

Die direkte Erforschung der Abhängigkeit zwischen Sinnesreiz und Sinnesempfindung unternimmt aber *E. H. Weber* in seinen Untersuchungen über den Tastsinn (1830—1834). Er prüft die Auffassung der Distanz zweier Gegenstände, die das Tastorgan gleichzeitig berühren, indem er die kleinste Entfernung ermittelt, in der die beiden Spitzen eines Zirkels gesondert wahrgenommen werden. Er stellt ferner für die Wahrnehmung von zwei nacheinander auf dieselbe Stelle der Haut aufgelegten und von zwei nacheinander gehobenen Gewichten den kleinsten Unterschied fest, der eine Unterscheidung eben noch zuläßt. Er belastet außerdem zwei verschiedene Stellen der Leibesfläche (Lippen und Stirn; Lippen und Finger; Stirn und Finger), um diejenigen Gewichte zu bestimmen, die gleich schwer erscheinen. Er untersucht auch die Feinheit des Tastsinns beim Empfinden der Wärme, indem er die Hand nacheinander in zwei mit Wasser gefüllte Gefäße eintaucht und die Wassertemperatur variiert, bis der Unterschied eben merklich wird. Durch diese Beobachtungen kommt er zu der Erkenntnis, daß man bei der Wahrnehmung der Gegenstände nicht den absoluten, sondern den relativen Unterschied erfasse.

Bei seinen sinnesphysiologischen Untersuchungen bemerkt *E. H. Weber* überdies den Einfluß der Ermüdung, die den eben merklichen Unterschied von Sinnesreizen vergrößert. Er achtet auch darauf, daß nacheinander einwirkende Reize besser unterschieden

werden als gleichzeitig dargebotene. Dies veranlaßt ihn, für zwei durch verschieden lange Zeitintervalle getrennte Reize den Einfluß des Intervalles auf die Unterscheidbarkeit der Reize zu prüfen. Er stellt somit bereits Versuche über das Sinnengedächtnis an.

d) Die persönliche Gleichung.

Subjektive Faktoren ganz anderer Art kamen ferner bei den Beobachtungen der Astronomen zur Geltung. Bei Anwendung der von *Bradley* eingeführten sogenannten Augen- und Ohrmethode mußte man die Schläge des Sekundenpendels zählen und zugleich den im Gesichtsfelde des Fernrohrs sich bewegenden Stern mit dem Auge verfolgen, um festzustellen, wo der Stern bei zwei aufeinanderfolgenden Pendelschlägen vor und nach dem Durchgang durch den Mittelfaden des Fernrohrs stand. Es sollte hiernach die Durchgangszeit des Sterns durch den Mittelfaden bis auf den 10. Teil einer Sekunde abgeschätzt werden. Es hatten sich nun für zwei Beobachter der Greenwicher Sternwarte merkwürdige Differenzen bei der Feststellung solcher Durchgangszeiten ergeben. *Bessel* machte sie zum Gegenstande einer besonderen Untersuchung, indem er am Meridiankreis der Königsberger Sternwarte im Winter 1820/1821 im Verein mit *Walbeck* die Durchgangszeit für eine Gruppe von zehn Sternen beobachtete. Bezeichnet man die von *Walbeck* und *Bessel* für denselben Stern gefundenen Durchgangszeiten durch *W* und *B*, so ergab der Mittelwert aus vier Versuchstagen mit je acht bis zehn Beobachtungen die persönliche Gleichung

$$W - B = 1,041 \text{ Sekunden.}$$

Nachdem nun *Bessel* die persönliche Gleichung zwischen

sich selbst und noch anderen Astronomen festgestellt hatte, kam er zu der Einsicht, „daß kein Beobachter, selbst wenn er *Bradleys* Beobachtungsmethode auf das strengste zu befolgen glaubt, sicher sein kann, absolute Zeitmomente sicher anzugeben“. Denn es können ja Erlebnisse für die subjektive Auffassung gleichzeitig oder in unmittelbarer Aufeinanderfolge auftreten, während die objektiven Vorgänge, die den Erlebnissen zugrunde liegen, durch meßbare Zeiten getrennt sind.

§ 9. Die Begründung der Psychophysik durch Fechner.

Es ist für die Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnis bezeichnend, daß nicht, wie man wohl nach den vorstehenden Angaben erwarten könnte, die gelegentliche Beachtung subjektiver Faktoren im Gebiete der naturwissenschaftlichen Forschung eine selbständige, systematische Erforschung des Zusammenbestehens von objektivem Sein und Bewußtsein zur Folge hatte. An Stelle dieser tatsächlich lösbaren Aufgabe war es ein weit größer scheinendes, aber trügerisches Ziel, das zunächst zur Ausbildung der Psychophysik als einer besonderen wissenschaftlichen Disziplin geführt hat.

Nach den früheren Darlegungen (§ 2) ist es die Hauptaufgabe der modernen philosophischen Spekulation, über den Ursprung und Zusammenhang der materiellen und der geistigen Welt eine Grundansicht zu gewinnen, um aus ihr das ganze System möglicher Erkenntnisse in seinen Grundzügen zu entwickeln. Nachdem nun *Descartes* die denkende und ausgedehnte Substanz einander gegenübergestellt, nachdem ferner *Spinoza* das Denken und die Ausdehnung als Attribute der unendlichen Substanz zu begreifen gesucht, und nachdem schließlich *Leibniz* den Begriff der entwicklungsfähigen, mit ur-

sprünglichem Streben begabten und im Vorstellen sich betätigenden Monade gewonnen hatte, schienen die Vermögen und Kräfte des Geistes den einzig möglichen Ausgangspunkt zu bilden. Ihre Untersuchung führte *Kant* zu der Kritik des menschlichen Erkenntnisvermögens und zur Begründung des Glaubens an ein übersinnliches, das sittliche Wollen und Handeln bedingendes Substrat der an die Anschauungsformen des Raumes und der Zeit, sowie an die Kategorien des Denkens gebundenen Erscheinungswelt. Und die von *Kant* ausgehende und an ihn sich anlehrende Philosophie sucht einesteils in der Kraft der Vernunft, anderenteils in der Kraft des Willens das allein Wirkliche und Wesenhafte, aus dem die Erscheinung der Körperwelt hervorgeht.

Im Gegensatz gegen diese, auf den Ursprung alles Seins und alles Erkennens gerichtete Spekulationen konnte ein von der Erfahrung ausgehender Philosoph geneigt sein, die materielle und die geistige Welt als gegeben hinzunehmen und nach einer prinzipiellen Auffassung des Zusammenbestehens beider Welten zu suchen, wobei allerdings die Fragen nach der Möglichkeit und den Bedingungen der Erfahrung unbeantwortet bleiben mußten.

Ein solcher Philosoph war *G. Th. Fechner*. Er kam zu einer, für ihn selbstverständlichen und keiner Begründung bedürftigen Ansicht über das Verhältnis von Leib und Seele, indem er die Seele als die innere einheitliche Selbsterscheinung dessen ansah, was für die äußere Betrachtung als die Vielheit der im Raume nebeneinander bestehenden Organe des Leibes sich darbietet. Und er hielt es für zulässig, in Analogie mit der Annahme einer derartigen Wechselbeziehung zwischen Leib und Seele ein allgemeines Weltbewußtsein vorauszusetzen,

das die Gesamtheit des in der Körperwelt sich entfaltenden Geschehens zu einer Einheit verknüpft und untergeordnete Bewußtseinseinheiten mit enger umgrenzten körperlichen Systemen (unter ihnen die Seele des Menschen mit dem ihr zugehörigen Leibe) umschließt.

Auf diese Weise wurde für *Fechner* die Beziehung zwischen Leib und Seele zum Schlüssel für die Erkenntnis des gesamten Weltgeschehens. Es war daher vor allem eine exakte Lehre von der Abhängigkeit zwischen Leib und Seele zu entwickeln. Und diese von *Fechner* als Psychophysik bezeichnete Wissenschaft mußte in dem Grundgesetze, das Leib und Seele miteinander verknüpft, zugleich die Einsicht in den Zusammenhang zwischen materieller und geistiger Welt überhaupt darbieten.

Es handelte sich somit keineswegs bloß um die von uns (S. 33) der Psychophysik zugewiesenen Aufgabe, die subjektiven Bedingungen für die Auffassung des objektiven Geschehens und die objektive Unterlage der subjektiven Bewußtseinserscheinungen zu untersuchen. Es galt vielmehr das Grundgesetz zu finden, das den Zusammenhang von Leib und Seele regelt, um aus ihm das, die ganze materielle und geistige Welt umspannende Grundgesetz für die Beziehung zwischen Physischem und Psychischem abzuleiten. — So war es ja auch *Newton* gelungen, aus der für Erde und Mond auf Grund von Beobachtung und Rechnung nachweisbaren Gravitation das alle Himmelskörper umspannende Gravitationsgesetz zu entwickeln.

a) Das psychophysische Grundgesetz.

Daß die Beziehung zwischen Leib und Seele durch eine mathematische Funktion darstellbar sei, setzte *Fechner* ohne weiteres voraus. Er glaubte auch die Form

dieser Funktion gefunden zu haben, nachdem er die anfängliche Annahme einer direkten Proportionalität aufgegeben hatte, und durch die Gegenüberstellung arithmetischer und geometrischer Reihen darauf verfallen war, den verhältnismäßigen Zuwachs der materiellen lebendigen Kraft dem direkten Zuwachs der geistigen Energie gleichzusetzen.

Bezeichnet man die geistige Energie durch y , die materielle lebendige Kraft durch x , während c einen konstanten Wert angibt, so war demnach

$$dy = c \frac{dx}{x}$$

oder, nach Ausführung der Integration,

$$y = c \cdot \lg x$$

zu setzen. In dieser Formel stellte sich das psychophysische Grundgesetz dar, dem zufolge die geistige Energie proportional dem Logarithmus der zugehörigen körperlichen lebendigen Kraft wächst.

Auf Grund dieses Gesetzes muß für zwei beliebige Werte y_2 und y_1 der geistigen Energie und für die ihnen entsprechenden Werte x_2 und x_1 der körperlichen lebendigen Kraft die Gleichung

$$y_2 - y_1 = c (\lg x_2 - \lg x_1) = c \lg \frac{x_2}{x_1}$$

bestehen. Für eine hinreichend kleine Differenz $y_2 - y_1$ ist hiernach der Quotient $x_2 : x_1$ nahezu gleich 1. Man kann folglich in diesem Falle

$$\frac{x_2}{x_1} = 1 + \delta$$

und mit genügender Annäherung

$$\lg(1 + \delta) = \delta$$

setzen, so daß, weil

$$\delta = \frac{x_2 - x_1}{x_1},$$

schließlich

$$y_2 - y_1 = c \frac{x_2 - x_1}{x_1}$$

sich ergibt. Es gehören somit auf Grund des psychophysischen Grundgesetzes zu gleichen Unterschieden der geistigen Energie gleiche Verhältnisswerte der zugehörigen körperlichen lebendigen Kraft und zu hinreichend kleinen Unterschieden der geistigen Energie gleiche relative Unterschiede der zugehörigen körperlichen lebendigen Kraft.

b) Das psychische Maß und die psychophysischen Maßmethoden.

Um dieses Gesetz an der Hand der Erfahrung zu bewähren, entwickelte *Fechner* die Idee des psychischen Maßes und stellte die von ihm sogenannten psychophysischen Maßmethoden auf.

Die Idee des psychischen Maßes gründete er auf die Annahme, daß Empfindungsunterschiede, die für die subjektive Auffassung in gleicher Weise merklich sind, gleichgroße Unterschiede seien.

Nun läßt sich, wie *Fechner* in seinen „Elementen der Psychophysik“ (1859) hervorhebt, der Unterschied zweier physischer Reizgrößen immer „als positiver oder nega-

tiver Zuwachs zur einen oder anderen Reizgröße fassen, und es kann ein ganzer Reiz in mathematischer Fassung als aus positiven Zuwüchsen von Null an erwachsen angesehen werden, indem man immer einen Zuwachs zur Summe der früheren gefügt denkt, bis der volle Reiz da ist“. Ebenso kann aber auch im Sinne *Fechners* ein Empfindungsunterschied „als positiver oder negativer Zuwachs zur einen oder anderen Empfindung angesehen, und eine ganze Empfindung als aus positiven Zuwüchsen von Null an bis zu ihrer vollen Stärke erwachsen angesehen werden“. Es genügt daher die Kenntnis der Beziehung zwischen den elementaren Zuwüchsen, aus denen Reiz und Empfindung hervorgehen, um daraus die Beziehung zwischen den beiderseitigen Summen der Zuwüchse abzuleiten.

Es kommt so das Maß der Empfindung darauf hinaus, „jede Empfindung in gleiche Abteilungen, d. i. die gleichen Inkremente, aus denen sie vom Nullzustande an erwächst, zu zerlegen, und die Zahl dieser gleichen Abteilungen als wie durch die Zolle eines Maßstabes durch die Zahl der zugehörigen variablen Reizzuwüchse bestimmt zu denken, welche die gleichen Empfindungszuwüchse hervorzubringen imstande sind; wie wir ein Stück Zeug messen, indem wir die Zahl der gleichen Abteilungen desselben durch die Zahl der Elle bestimmen, welche sie zu decken vermögen; nur daß statt des Deckens hier das Hervorbringen steht. Kurz, wir bestimmen die Größe der Empfindung, die wir direkt nicht zu bestimmen vermögen, als ein Wievielmals des darin enthaltenen Gleichen, was wir direkt zu bestimmen vermögen; lesen aber die Zahl nicht an der Empfindung, sondern am Reize ab, der die Empfindung mitführt und sie leichter ablesen läßt.“

Um sodann die Bestimmung der Reizzuwüchse, denen gleich merkliche Unterschiede der Empfindung entsprechen, möglich zu machen, stellte *Fechner* folgende drei Maßmethoden zur Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit für Reizgrößen auf:

1. die Methode der eben merklichen Unterschiede,
2. die Methode der richtigen und falschen Fälle,
3. die Methode der mittleren Fehler.

Er erläuterte sie an der Aufgabe, die Feinheit im Erkennen von Gewichtsunterschieden zu bestimmen, mit folgenden Worten:

„Um die Methode der eben merklichen Unterschiede auf unsere Aufgabe anzuwenden, hebe man zwei durch Belastung mit einem gegebenen Gewicht auf ein etwas verschiedenes Totalgewicht gebrachte Gefäße *A*, *B* vergleichungsweise auf. Ist der Unterschied der Gewichte groß genug, so wird man ihn spüren, widrigenfalls nicht merklich finden. Die Methode der eben merklichen Unterschiede besteht nun darin, die Größe des Gewichtsunterschieds zu bestimmen, welche nötig ist, um als eben merklich erkannt zu werden. Die Größe der Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede gilt der Größe des so gefundenen Unterschiedes reziprok.“

„Nimmt man den Gewichtsunterschied sehr klein, so wird man sich bei öfterer Wiederholung des Versuchs manchmal über die Richtung des Unterschieds täuschen, indem man das in Wirklichkeit zu leichte Gefäß für das schwerere nimmt und umgekehrt; je größer aber das Übergewicht oder die Empfindlichkeit, desto größer wird die Zahl der richtigen zur Zahl der falschen oder zur Totalzahl der Urteilsfälle sein. Die Methode der richtigen und falschen Fälle besteht nun darin, die Größe des Übergewichts zu bestimmen, die unter

den verschiedenen Verhältnissen, unter welchen die Empfindlichkeit verglichen werden soll, erfordert wird, dasselbe Verhältnis richtiger und falscher Fälle oder richtiger Fälle zur Totalzahl der Fälle zu erzeugen. Die Größe der Empfindlichkeit unter diesen verschiedenen Verhältnissen wird der Größe dieses Übergewichts reziprok gesetzt.“

„Hat man sich bloß das Gewicht des einen Gefäßes als Normalgewicht mittels der Wage gegeben, so kann man versuchen, das andere, das Fehlgewicht, nach dem bloßen Urteil der Empfindung jenem gleich zu machen. Hierbei wird man im allgemeinen einen gewissen Irrtum, Fehler begehen, den man findet, wenn man das zweite Gefäß, nachdem man es dem ersten als gleich taxiert hat, nachwiegt. Wiederholt man den Versuch oft, so wird man viele Fehler erhalten, aus denen man durch Mittelziehung einen mittleren Fehler gewinnen kann. Die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede wird der Größe des mittleren Fehlers, den man so erhält, reziprok zu setzen sein. Dies ist die Methode der mittleren Fehler.“

Mittels dieser Methoden stellt *Fechner* fest, daß „der Reizzuwachs, welcher nötig ist, um einen gegebenen Empfindungszuwachs zu erzeugen, oder die Empfindung immer um gleichviel zu steigern, nicht gleich bleibt, je nachdem er zu einem schwächeren oder stärkeren Reize erfolgt, sondern mit wachsendem Reize selbst wächst“ — und zwar so wächst, daß er zu dem jeweils einwirkenden Reize im gleichen Verhältnis steht. Und wie diese Regel aus dem bereits aufgestellten, aus allgemeinen Erwägungen gewonnenen logarithmischen Gesetze abgeleitet werden konnte, so mußte andererseits das logarithmische Gesetz durch jene von der Erfahrung

bestätigte Regel einen festen Halt gewinnen und als das aus dem Boden der Erfahrung erwachsene Grundgesetz der Psychophysik sich darbieten.

Nun erst wurde *Fechner* auf die im Bereiche der Naturwissenschaften bereits erfolgten Untersuchungen über die Grenzen der Sinneswahrnehmung aufmerksam. Er fand so nachträglich, daß die von ihm zur Bewährung des logarithmischen Grundgesetzes benutzte Regel (wonach die Reize stets im gleichen Verhältnis wachsen müssen, wenn ihre Verschiedenheit gleich merklich sein soll) schon gelegentlich photometrischer Untersuchungen bemerkt und von *E. H. Weber* als allgemeingültig erkannt und für verschiedene Sinnesgebiete bestätigt worden war. Er nannte darum jene Regel das *Webersche Gesetz*.

Da jedoch *Fechners* Interesse durch seine Vorstellung vom psychischen Maße von vornherein auf die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung oder zwischen der körperlichen lebendigen Kraft und der geistigen Energie eingeschränkt wurde, kamen die sonstigen subjektiven Faktoren, die bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen bereits beachtet worden waren, in den „Elementen der Psychophysik“ nicht zur Geltung. Erst *Wundt* ging (in den „Vorlesungen über die Menschen- und Tierseele“, 1863) über den Kreis der psychophysischen Untersuchungen *Fechners* hinaus, indem er neben der Feststellung der Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung insbesondere die Untersuchung der Zeitverhältnisse und des Verlaufs der seelischen Vorgänge in den Vordergrund stellte. Auf diese Weise wurden schließlich alle im Bereiche der Naturwissenschaften beachteten subjektiven Faktoren (namentlich auch die von *Bessel* entdeckte persönliche Gleichung der Astronomen) einer von psycho-

logischen Interessen getragenen Untersuchung zugänglich gemacht.

c) Ordnen und Messen.

Die Idee vom psychischen Maße, wie sie *Fechner* entwickelte, hatte indessen nicht nur die Einschränkung der Psychophysik auf den Zusammenhang von Reiz und Empfindung zur Folge. Sie war überdies mit prinzipiellen Irrtümern behaftet, die festgestellt und berichtigt werden müssen.

Wie *Fechner* selbst bemerkt, haben wir hinsichtlich unseres Empfindens „nur ein Urteil über ein Mehr oder Weniger oder ein Gleich“, nicht „über ein Wievielmals, was zu einem wahren Maße erfordert wird“. Das Mehr oder Weniger ist jedoch kein Mehr oder Weniger an zusammenfügbaren Teilen, sondern ein Stärker oder Schwächer, ein Ähnlicher oder Unähnlicher, das nur ein Ordnen nach gradweise unterscheidbaren Abstufungen möglich macht.

Wir bezeichnen beispielsweise durch „Hellgrau“ eine Empfindung, die mit Weiß eine größere Ähnlichkeit als mit Schwarz hat, da sie von Weiß durch eine geringere Anzahl unterscheidbarer Zwischenstufen als von Schwarz getrennt wird. Wir stellen uns jedoch unter Hellgrau keineswegs eine bestimmte Größe vor, die zwar kleiner als Weiß, aber größer als die Hälfte von Weiß und folglich dem Weiß ähnlicher sei als dem Schwarz. Denn die verschiedenen Grauempfindungen beruhen, wie alle sogenannten Inhalte des Bewußtseins, auf ursprünglichen Unterscheidungen, die von vornherein einer Umdeutung in Größenbeziehungen nicht fähig sind.

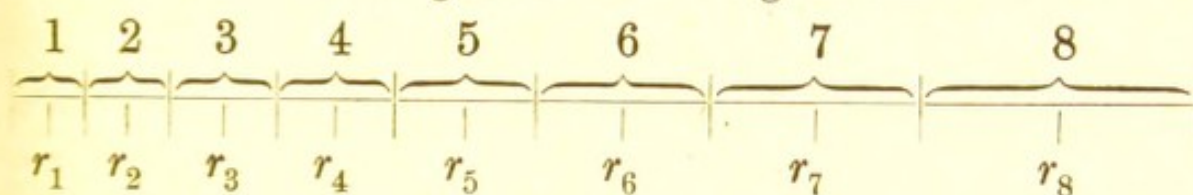
Es ist wie bei den Schülern einer Klasse. Da läßt sich auch von einem Mehr oder Weniger an Leistungen

reden. Man kann aber nicht eine Einheitsleistung feststellen und angeben, wie oft sie von dem einen oder anderen Schüler vollbracht wird. Eine Rangordnung ist hingegen in der Regel herstellbar. Und man kann eine so enge Stufenfolge für die Leistungen voraussetzen, daß die aufeinanderfolgenden Grade nur noch eben merklich verschieden sind. Sie lassen sich dann einer Reihe eben merklich abgestufter Empfindungen zur Seite stellen. Nun wird man die Verschiedenheit der Leistungen zweier Schüler nicht für eine Größe halten, die zu den Leistungen des schwächeren Schülers hinzugefügt, die Leistungen des besseren Schülers ergibt. Dann muß man aber zugeben, daß die Empfindung ebensowenig (wie *Fechner* meint) „in gleiche Abteilungen, aus denen sie vom Nullzustande aus erwächst“, zerlegbar ist. Man kann die vermeintlich gleichen Abteilungen auch nicht durch solche ersetzen, die mit dem Fortschreiten in der Reihe der Empfindungen wachsen oder abnehmen. Denn es läßt sich bloß feststellen, wieviel Zwischenstufen den einen Schüler vom anderen oder die eine Empfindung von der anderen trennen, ohne daß die Zwischenstufen selbst als gleich oder verschieden groß gelten können. Darum gehört zu jeder Empfindung ebenso wie zu jedem Schüler zwar eine Ordnungszahl, welche die Stelle innerhalb der Reihe markiert. Man kann hingegen die Empfindungen so wenig wie die Leistungen der Schüler messen, indem man die Anzahlen der Einheiten bestimmt, aus denen die Empfindungen oder Leistungen angeblich bestehen.

Meßbar sind nur die den Empfindungen zugrunde liegenden objektiven Zustände und Vorgänge, die ihrer Natur nach auf Größenbeziehungen beruhen. Darum treten den Ordnungszahlen der Empfindungen

die Maßzahlen der zugehörigen Reizwerte zur Seite. Dabei ist zu beachten, daß jede Empfindung infolge der Grenzen, die dem Erfassen und Unterscheiden gesetzt sind, auf ein Intervall von Reizwerten sich bezieht.

Deutet man die stetig veränderlichen Maßzahlen der Reizwerte als Punkte einer geraden Linie, so gehört demnach zu jeder Ordnungszahl, die eine bestimmte Empfindung markiert, eine gewisse Strecke auf der Geraden, und eben merklich voneinander verschiedenen Empfindungen ordnen sich unmittelbar aneinander-grenzende Reizstrecken zu. Diese Zuordnung findet in dem folgenden Linienschema ihre Veranschaulichung, wo die Annahme gemacht wird, daß die Intervalle mit wachsender Ordnungszahl sich vergrößern.



Es werden hier die eben merklich voneinander verschiedenen Empfindungen durch die Ordnungszahlen

$$1; 2; 3; \dots,$$

die Mitten der zugehörigen Reizintervalle durch

$$r_1; r_2; r_3; \dots$$

angedeutet. Außerdem mögen die oberen Grenzen der aufeinanderfolgenden Intervalle durch

$$r_1 + i_1; r_2 + i_2; r_3 + i_3; \dots,$$

die unteren Grenzen durch

$$r_1 - i_1; r_2 - i_2; r_3 - i_3; \dots$$

bezeichnet werden, so daß

$$r_1 + i_1 = r_2 - i_2; r_2 + i_2 = r_3 - i_3; \dots$$

und die Längen der aufeinanderfolgenden Intervalle durch

$$2 i_1; \quad 2 i_2; \quad 2 i_3; \quad \dots$$

angegeben werden. Da die Werte $i_1, i_2, i_3, \dots$ diejenigen Beträge angeben, die zu $r_1, r_2, r_3, \dots$ hinzutreten müssen, um eine eben merkliche Änderung der Empfindung zu veranlassen, so werden sie als die Unterschiedsschwellen der zugehörigen Reizwerte bezeichnet.

Gilt es nun, die Zuordnung von Reiz und Empfindung in ihrer Gesetzmäßigkeit zu erfassen, so ist bloß nötig, den Intervallwert i als Funktion des zugehörigen Reizwertes r darzustellen.

Sind z. B. die Intervallwerte i für das ganze Reizgebiet konstant, so ist

$$r_2 = r_1 + 2i,$$

$$r_3 = r_2 + 2i = r_1 + 4i,$$

$$r_4 = r_3 + 2i = r_1 + 6i, \text{ usw.}$$

Es gehören daher zu irgend zwei Empfindungen n und m aus der Reihe 1, 2, 3, ... zwei Reizgebiete, die durch

$$r_n = r_1 + 2(n - 1)i$$

$$r_m = r_1 + 2(m - 1)i$$

bestimmt werden, so daß

$$r_n - r_m = 2(n - m)i.$$

Es sind somit in diesem Falle die Differenzen der Ordnungszahlen für die Reihe eben merklich abgestufter Empfindungen den Differenzen der Maßwerte der zugehörigen Reize proportional.

Gilt hingegen das Webersche Gesetz, so ist $i = c r$ zu setzen, wo c einen konstanten Wert angibt. Da nun

$$i_1 = c r_1; \quad i_2 = c r_2; \quad i_3 = c r_3; \quad \dots,$$

so erhält man aus

$$r_1 + i_1 = r_2 - i_2; \quad r_2 + i_2 = r_3 - i_3; \quad \dots$$

zunächst

$$r_1 + c r_1 = r_2 - c r_2$$

$$r_2 + c r_2 = r_3 - c r_3 \text{ usw.}$$

und sodann, wenn $(1 + c) : (1 - c) = \gamma$ gesetzt wird,

$$r_2 = \gamma r_1$$

$$r_3 = \gamma r_2 = \gamma^2 r_1$$

$$r_4 = \gamma r_3 = \gamma^2 r_2 = \gamma^3 r_1; \text{ usw.}$$

Für beliebige Ordnungszahlen n und m einer Reihe eben merklich abgestufter Empfindungen ist somit

$$r_n = \gamma^{n-1} r_1$$

$$r_m = \gamma^{m-1} r_1,$$

wonach

$$\frac{r_n}{r_m} = \gamma^{n-m} \quad \text{oder} \quad (n - m) \lg \gamma = \lg \frac{r_n}{r_m}.$$

Bei Gültigkeit des Weberschen Gesetzes entsprechen demnach gleichen Differenzen von Ordnungszahlen eben merklich abgestufter Empfindungen gleiche Quotienten von den Maßzahlen der zugehörigen Reize.

Hierin stellt sich das aus dem Weberschen Gesetze ableitbare Gesetz der Zuordnung von Reiz und Empfindung dar. Es gründet sich, wie man sieht, lediglich auf die Ordnungszahlen der Empfindungen und auf die

Maßzahlen der Reizwerte. Es bringt die Ordnungszahlen in eine Abhängigkeit von den Maßzahlen. Es gestattet aber nicht, die Empfindungen selbst (wie es von *Fechner* und seinen Nachfolgern geschah) als mathematische Funktionen der zugehörigen Reizwerte aufzufassen. Hierzu kann übrigens gar kein Bedürfnis empfunden werden. Denn alles Wünschenswerte wird geleistet, wenn die Stelle, die einer Empfindung innerhalb einer Reihe eben merklicher Abstufungen zukommt, in ihrer Zugehörigkeit zum Reizwerte durch ein mathematisches Gesetz bestimmt wird.

Mag es sich indessen um die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung oder allgemein um die Abhängigkeit zwischen dem objektiven Geschehen und seiner subjektiven Auffassung handeln (wobei insbesondere die Zeitverhältnisse und der Verlauf der seelischen Vorgänge Beachtung finden können) — in jedem Falle besteht eine mehrfach bedingte Abhängigkeit, die nicht in derselben Weise wie die eindeutigen Größenbeziehungen der Physik zum Gegenstande der Untersuchung gemacht werden kann. Wir müssen daher zunächst die Methoden der psychophysischen Untersuchung in ihrer Eigenart kennen lernen.

III. Die Methoden der psychophysischen Untersuchung.

§ 10. Qualitative Bestimmungen.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Bewußtsein und objektivem Sein zerfällt in einen qualitativen und einen quantitativen Teil. Denn in erster Linie muß die Frage beantwortet werden, von welcher Art die

physischen Vorgänge sind, die einem bestimmten Inhalte des Bewußtseins zugehören, oder von welcher Art die Bewußtseinserscheinungen sind, die einem bestimmten Naturvorgange zur Seite stehen. Erst auf Grund dieser qualitativen Angaben kann es sich um eine auf Zahl und Maß beruhende, quantitative Bestimmung handeln.

Hierbei kann ebensowohl das Physische wie das Psychische als Ausgangspunkt gewählt werden, da es sich bloß um das Zusammenbestehen des einen mit dem anderen, nicht um die Ableitung des einen aus dem anderen handelt. Wenn wir hier von den Unterscheidungen des Bewußtseins ausgehen, so ist die Erwägung maßgebend, daß der ganze Umfang des objektiven Geschehens, das erfahrungsgemäß mit den Bewußtseinserscheinungen zusammenhängt, in zwei verschiedene Gruppen zerfällt, nämlich in Einwirkungen der Naturobjekte auf das zentrale Nervensystem und in Einwirkungen auf die Naturobjekte (zunächst auf den menschlichen Leib selbst) durch zentrale Erregungen. Es bietet sich daher nur in dem System elementarer Größen, die von den im Bewußtsein zutage tretenden Erregungszuständen der Nervenzentren abhängen, die unmittelbare und einheitliche objektive Unterlage der subjektiven Bewußtseinserscheinungen dar. Sie ist jedoch der Beobachtung nicht zugänglich, sondern nur aus dem Zusammenbestehen von Bewußtsein und objektivem Sein erschließbar, so daß sie nicht als Ausgangspunkt dienen kann. Wollte man aber von den Eindrücken der Naturobjekte einerseits und von den Ausdrucksbewegungen andererseits ausgehen, so wäre stets die Vermittlung der Nerven in Anschlag zu bringen, die zwar in gesetzmäßiger Weise erfolgt, aber dabei wesentliche Umgestaltungen der auf das Nervensystem

gerichteten oder hiervon ausgehenden Einwirkungen bedingen kann.

Geht man nun von den Bewußtseinserscheinungen aus, so sind vor allem die einfachen, keiner weitergehenden Unterscheidung fähigen Qualitäten festzustellen. Sie müssen tatsächlich erlebt werden. Denn man kann z. B. einem Blindgeborenen nicht erklären, was eine Farbe sei, noch auch einem harmlosen Gemüte das verzehrende Feuer einer rasenden Leidenschaft verständlich machen. Sie können aber, auch wenn sie erlebt werden, vielfach erst auf Grund einer sorgfältigen Analyse in ihrer Besonderheit und Eigenart erkannt werden.

Diese Analyse erscheint allerdings nicht schwierig, wenn Erlebnisse vorliegen, die klar und deutlich einerseits auf Objekte der Raumwelt außerhalb des eigenen Leibes, anderenteils auf Zustände des erlebenden Subjekts sich beziehen, und wenn überdies die Einwirkung der Objekte auf das Nervensystem an räumlich getrennten Stellen des Leibes erfolgt. Wird z. B. mit einer Tischglocke geklingelt, so kann man ohne weiteres die mit dem Auge gesehene Farbe und den mit dem Ohre intervallweise gehörten Klang, und je nach Umständen auch das Angenehme der zierlichen Gestalt neben dem Mißfallen an der zudringlichen Gehörswahrnehmung unterscheiden.

Wenn aber mit Empfindungen, die durch den eigenen Leib erregt werden, starke Gefühlszustände verknüpft sind, oder wenn verschiedene Empfindungen durch Nerven, die peripherisch oder zentral einander nahe stehen, vermittelt werden, so kann die Unterscheidung mit großen Schwierigkeiten verknüpft sein. Beispielsweise erzeugt die Berührung eines Zahnnerven Schmerzempfindung, die von so lebhaften Unlustgefühlen be-

gleitet zu sein pflegt, daß neben dem Gefühle des auf eine Abwehr des Schmerzes gerichteten Gesamtzustandes die Empfindung des schmerzenden Zahnes zurücktritt und unbeachtet bleiben kann. Andererseits ist die Verbindung von Geruchs- und Geschmacksempfindungen untereinander und mit den durch die riechbaren und schmeckbaren Substanzen erzeugten Tastempfindungen so innig, daß ihre Unterscheidung besonderer experimenteller Hilfsmittel bedarf.

Überhaupt kann schon die nahe Beziehung der Leibessubstanz zu dem empfindenden und fühlenden Subjekte Anlaß sein, eine auf den Leib zu beziehende Empfindung als einen dem erlebenden Subjekte angehörenden Gefühlszustand anzusehen. So gelangte denn erst die neuere Psychologie zu einer konsequenten Unterscheidung zwischen den beiden Hauptarten psychischer Qualitäten. Sie hat den Empfindungen des Gesichts, des Gehörs, des Geschmacks und des Geruchs, die, früher als Gefühle bezeichneten, durch die Haut und die inneren Organe vermittelten, mannigfachen Druckempfindungen, sowie die Wärme-, Kälte- und Schmerzempfindungen beigeordnet. Sie ist jedoch hinsichtlich der Gefühle noch nicht zu einer einheitlichen Auffassung gelangt, indem lediglich die von jeher vollzogene Unterscheidung von Lust- und Unlustgefühlen unanfechtbar feststeht.

Erheischt demnach die Unterscheidung der einfachen Qualitäten, welche die Zustände des Empfindens und Fühlens charakterisieren, eine sorgfältige Beobachtung, so setzt andererseits die Bestimmung des Reizvorgangs oder des Gefühlsausdrucks, der zu bestimmten Qualitäten gehört, eine mehr oder minder hohe Stufe naturwissenschaftlicher Erkenntnis voraus.

Man findet zwar ohne weiteres in den Naturobjekten die Quelle der Reize und in den Leibeszuständen oder Handlungen des Menschen den Ausdruck seiner Gemütsbewegungen. Schon das Kind weiß, daß die Sonne leuchtet und der Zucker süß schmeckt; es weiß auch, was eine fröhlich lachende oder ernst drohende Miene bedeutet. Eine Einsicht in das Wesen des Reizvorgangs und des Gefühlsausdrucks ist aber damit nicht verbunden. Hierzu ist vielmehr die Kenntnis der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Naturobjekte, und insbesondere der physiologischen Beschaffenheit des menschlichen Leibes und seiner Lebensäußerungen erforderlich.

Auf Grund derselben ergibt sich, daß zwar jeder Empfindung normalerweise ein als adäquater Reiz wirkender physischer Vorgang entspricht, daß aber die Einwirkung von Naturobjekten auf den menschlichen Leib nur dann von einer ihr entsprechenden Empfindung begleitet ist, wenn ein zur Aufnahme der Einwirkung und zur Vermittlung der Nervenenerregung geeignetes Sinnesorgan vorhanden ist.

Eine unvermittelte Wirkung in die Ferne, wie sie für die allgemeine Massenanziehung vorausgesetzt wird, kann darum nicht empfunden werden. Vielmehr ist, wenn nicht der Leib selbst (wie bei den sogenannten Gemeinempfindungen) die Ursache der Nervenenerregung ist, entweder die unmittelbare Anwesenheit der empfundenen Substanz nötig, oder ein Medium, die Luft oder der Äther, muß die Vermittlung übernehmen. Das erstere ist nicht nur bei den Empfindungen des äußeren Drucks, sondern auch bei denjenigen des Geruchs und des Geschmacks, sowie der geleiteten Wärme der Fall. Die Wahrnehmungen des Schalls dagegen werden durch

Schwingungen der Luft, diejenigen des Lichts und der strahlenden Wärme durch Schwingungen des Äthers vermittelt. Überdies findet eine offenbar durch die Beschaffenheit des Aufnahmeorgans bedingte Auslese statt. Beispielsweise muß die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft- oder Ätherschwingungen aufeinander folgen, sich innerhalb gewisser Grenzen halten, wenn eine Schall- oder Lichtempfindung entstehen soll.

Deshalb muß man neben der Beschaffenheit des äußeren Reizes die Aufnahmeorgane und den Prozeß der nervösen Erregung in Rücksicht ziehen. Dabei läßt sich eine direkte Übertragung und eine wohl durch chemische Einwirkung auf die Sinnesorgane bedingte Umwandlung des äußeren Reizvorganges unterscheiden. Das erstere gilt hinsichtlich der Druck- und Gehörs-empfindungen, das letztere bezüglich der Gesichts-, Geruchs-, Geschmacks-, und wohl auch der Temperatur-empfindungen. Demgemäß stellt man den mechanischen Sinnen die chemischen gegenüber. Bei den chemischen Sinnen findet eine längere Nachdauer der Reizwirkung statt.

Ähnlich wie bezüglich der Empfindungen darf man auf Grund der bisherigen Erforschung des noch vielfach ungeklärten Gebiets der Gefühle annehmen, daß jedem Gefühle eine gewisse Wirkung in den motorischen Nerven, die sich als Erregung oder Hemmung von Bewegungen und als Drüsenabsonderung zeigen kann, zugehört.

Aber nicht jede derartige Lebensäußerung kann als Ausdruck eines bestimmten Gefühls oder, allgemeiner gefaßt, einer besonderen Gemütsverfassung angesehen werden. Dies folgt schon daraus, daß überhaupt nicht die Lebenstätigkeit als solche, sondern nur Besonderheiten ihres Verlaufs als charakteristische Merkmale sich

darbieten. Denn Atmung und Puls z. B., die zur Erhaltung des Lebens nötig sind, müssen unabhängig von der jeweiligen Gefühlslage einen normalen Verlauf zeigen, so daß nur ihre Störungen, die in Verstärkung oder Schwächung, Beschleunigung oder Verlangsamung bestehen können, als Gefühlsausdruck in Betracht zu ziehen sind.

Wie sich aber auch im einzelnen der empirische Erfolg dieser qualitativen Bestimmungen gestalten möge — man findet stets das für die Psychophysik fundamentale Ergebnis, daß gleichartige Empfindungen oder Gefühle auch durch gleichartige, den Empfindungen und Gefühlen entsprechende physische Vorgänge charakterisiert werden.

Es gehören demnach bestimmte Arten von Empfindungen (wie Gesichts- oder Gehörsempfindungen) oder von Gefühlen (wie Lust- und Unlustgefühlen) zu bestimmten Arten des Reizvorgangs oder des Gefühlsausdrucks. Darum steht auch der Abstufung zusammengehöriger Empfindungs- oder Gefühlsqualitäten eine entsprechende Änderung in der Beschaffenheit des Empfindungsreizes oder des Gefühlsausdrucks zur Seite.

Hierauf beruht die Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen dem objektiven Geschehen und der subjektiven Auffassung desselben quantitativ zu bestimmen. Dabei darf jedoch nicht unbeachtet bleiben, daß die auf diesen Zusammenhang gerichteten Untersuchungen (wie wir S. 33 erkannt haben) niemals eine eindeutige Abhängigkeit erkennen lassen, wie sie beispielsweise für den freien Fall zwischen der Fallhöhe und der erlangten Endgeschwindigkeit oder für die Umwandlung der Energiegrößen zwischen der lebendigen Kraft und der Wärme sich ergibt. Es tritt vielmehr hier stets an Stelle

einer kausalen Verknüpfung von eindeutig bestimm-
baren Größen eine durch mannigfache Einflüsse bedingte
größere oder geringere Abhängigkeit.

§ 11. Die Meß- und Zählmethoden.

Um diese Abhängigkeit zu untersuchen, kann man
zwei verschiedene Wege betreten. Es lassen sich nämlich
durch wiederholte Beobachtungen oder Versuche ent-
weder die verschiedenen objektiven Zustände oder Vor-
gänge bestimmen, die in übereinstimmender Weise im
Bewußtsein erfaßt und beurteilt werden, oder aber die
verschiedenen subjektiven Auffassungsweisen eines und
desselben objektiven Vorgangs feststellen.

Die objektiven Zustände oder Vorgänge werden be-
stimmt, indem die in Betracht kommenden, in wechsel-
weiser Abhängigkeit voneinander sich ändernden Größen
gemessen werden. Man kann demnach dieses Verfahren
als eine Meßmethode bezeichnen. Die verschiedenen
subjektiven Auffassungsweisen hingegen können nur mit
einer bestimmten, als Norm gewählten und im Bewußt-
sein festgehaltenen Auffassungsweise verglichen werden.
Sie werden auf Grund dieses Vergleichs als überein-
stimmend mit der Norm oder als von ihr verschieden
und je nach Umständen in größerem oder geringerem
Grade und in der einen oder anderen Richtung von ihr
abweichend beurteilt. Und man kann alsdann abzählen,
wie oft die Urteile der einen und der anderen Art gefällt
wurden, wonach das Verfahren als eine Zählmethode
zu bezeichnen ist.

Es kann sich hierbei ebensowohl um die Abhängig-
keit einer bekannten Empfindungsqualität von der mit
ihr verknüpften Reizgröße oder eines bestimmten Ge-
fühlszustandes von dem ihn begleitenden Ausdruck in

den Organen des Leibes, wie auch um den Zusammenhang eines sonstigen, irgendwie gekennzeichneten subjektiven Erlebnisses mit dem zugrundeliegenden objektiven Zustande oder Vorgänge handeln. Insbesondere sind in dieser Weise die Leistungen des Gedächtnisses, die Reaktionsweisen und das Unterscheiden gleichzeitiger oder aufeinanderfolgender Eindrücke (die man als Maß der Aufmerksamkeit oder des Bewußtseinsumfangs in Anspruch zu nehmen pflegt) der Untersuchung zugänglich.

Es gibt somit zwei Methoden zur quantitativen Bestimmung der Abhängigkeit eines Bewußtseinszustandes von dem zugrundeliegenden objektiven Geschehen: das Messen der verschiedenen objektiven Zustände oder Vorgänge, die in gleicher Weise beurteilt werden, und das Abzählen der verschiedenartigen Urteile, die über einen und denselben immer wiederkehrenden objektiven Zustand oder Vorgang gefällt werden.

Um beide Methoden an einem Beispiele zu erläutern, wähle ich Beobachtungsreihen, die durch den Vergleich der Helligkeiten rotierender, aus schwarzen und weißen Sektoren bestehender Scheiben gewonnen wurden. Das Grau einer solchen Scheibe wird heller oder dunkler, je nachdem die weißen Sektoren auf Kosten der schwarzen oder die schwarzen Sektoren auf Kosten der weißen breiter werden. Darum dient die Größe der weißen und schwarzen Sektoren, durch deren Rotation ein bestimmtes Grau entsteht, als objektives Maß für die Helligkeit dieses Grau. Insbesondere kann die Differenz der Lichtmengen, die ein weißer und ein schwarzer Sektor von je einem Grad zurückwirft, als Einheit der objektiven

Lichtstärke gelten. Es ist alsdann die objektive Lichtstärke einer Scheibe, die aus 100° Weiß und 260° Schwarz besteht, um fünf Einheiten größer als diejenige einer Scheibe mit 95° Weiß und 265° Schwarz, so daß die Anzahl der Grade, um welche die weißen Sektoren breiter oder schmaler werden, unmittelbar die Anzahl der Einheiten angibt, um welche die objektive Lichtstärke zunimmt oder abnimmt.

Man erhält nun Beobachtungsreihen auf Grund des Messens gleich beurteilter objektiver Zustände, wenn man zwei solcher Scheiben, von denen die eine aus verstellbaren, die andere aus festen Sektoren besteht, während der Rotation miteinander vergleicht und dabei die Scheibe mit verstellbaren Sektoren so einstellt, daß beide Scheiben für die subjektive Auffassung gleiche Helligkeit haben. Die nachträgliche Messung der Sektoren läßt dann erkennen, um wieviel Einheiten die objektiven Helligkeiten, die subjektiv als gleich erscheinen, sich unterscheiden. Derartige Einstellungen auf subjektive Gleichheit wurden für fünf verschiedene Scheibenpaare vollzogen, wobei die Scheibe mit festen Sektoren aus 220° Weiß und 140° Schwarz; 180° Weiß und 180° Schwarz; 140° Weiß und 220° Schwarz; 100° Weiß und 260° Schwarz; 60° Weiß und 300° Schwarz bestand. Es ergab sich insbesondere für das vierte Scheibenpaar (100° Weiß, 260° Schwarz) die hier mitgeteilte Reihe, in der die erhaltenen Maßwerte in Intervalle von je $1,5^\circ$ zusammengefaßt und den unter a verzeichneten Intervallmitten $89,5^\circ$, 91° , $92,5^\circ$ usw. beigeschrieben wurden, so daß die unter z verzeichneten Anzahlen angeben, wie oft ein Maßwert in das zugehörige Intervall mit der beigeschriebenen Intervallmitte fiel. Dabei wurde ein Maßwert, der auf die Grenze

zweier Intervalle fiel, halb dem einen und halb dem anderen Intervall zugewiesen, weshalb vielfach halbe Anzahlen auftreten. Die Neigung, die Helligkeit der Scheibe mit verstellbaren Sektoren zu überschätzen, tritt unverkennbar in der Häufung der Werte, die kleiner als der Normalwert $a = 100^\circ$ sind, hervor. Sie war durch eine Kontrastwirkung, der die verstellbare Scheibe unterlag, bedingt. Für größere oder kleinere

a	z
89,5	1,5
91	3,5
92,5	4,5
94	11
95,5	17
97	19,5
98,5	7,5
100	2,5
101,5	4,5
103	3,5

objektive Helligkeiten, als die hier zugrunde liegende, vergrößert oder verkleinert sich das Gebiet, über das sich die Reihe der beobachteten Werte hier ausdehnt. — Ähnliche Reihen würden sich ergeben, wenn an Stelle der subjektiven Gleichheit eine eben merkliche Aufhellung oder Verdunkelung hergestellt, oder wenn für zwei Scheiben mit festen Sektoren die Scheibe mit verstellbaren Sektoren auf eine mittlere Helligkeit immer wieder eingestellt würde.

Man erhält hingegen Beobachtungsreihen auf Grund der wiederholten Beurteilung gleicher Objekte und des Abzählens der verschiedenartigen Urteile, wenn man sich die Scheibe mit verstellbaren Sektoren auf bestimmte

Helligkeitsunterschiede einstellen und in regelmäßiger Abnahme oder Zunahme oder in unregelmäßigem Wechsel zugleich mit der aus festen Sektoren bestehenden Scheibe zur Beurteilung immer wieder darbieten läßt. Es ergab sich so für das vierte Scheibenpaar (100° Weiß und 260° Schwarz) bei Einstellungen, die um je $1,5^\circ$ differierten und über das Gebiet von $86,5^\circ$ Weiß bis $101,5^\circ$ Weiß sich erstreckten, die untenstehende Reihe, in der unter a

a	n	z	p
86,5	19		
88	15	4	
89,5	11	8	
91	7	12	
92,5	4	13	2
94	2	12	5
95,5		16	3
97		7	12
98,5		7	12
100		2	17
101,5			19

die Größe der weißen Sektoren für die zur Beurteilung dargebotene verstellbare Scheibe verzeichnet ist, während unter n , z , p die Anzahlen angegeben sind, wie oft unter je 19 Versuchen die verstellbare Scheibe bei einer bestimmten objektiven Helligkeit dunkler, gleich hell oder heller beim Vergleich mit der anderen, festen Scheibe gefunden wurde. Es wurde demnach beispielsweise die auf 94° Weiß und 266° Schwarz eingestellte Scheibe bei 19 maliger Darbietung zweimal dunkler, zwölfmal ebenso hell, fünfmal heller wie die Vergleichsscheibe mit 100° Weiß und 260° Schwarz gefunden. Dabei machte sich die Neigung, die Helligkeit

der Scheibe mit verstellbaren Sektoren zu überschätzen, auf Grund einer den Umständen gemäß in noch stärkerem Maße auftretenden Kontrastwirkung wiederum geltend.

§ 12. Die Mittelwerte der Beobachtungsreihen.

Von den Werten, die in den beiden mitgeteilten Beobachtungsreihen unter z stehen, bringt jeder in gleicher Weise die Übereinstimmung mit der zum Vergleiche dargebotenen normalen Helligkeit zum Ausdruck. Eine solche Reihe gleichberechtigter Werte wird am einfachsten und zweckmäßigsten durch gewisse, aus ihr zu berechnende Mittelwerte bestimmt.

a) Die Berechnung der Mittelwerte.

Um diese Bestimmungsweise in allgemeingültiger Form zu zeigen, nehme ich an, daß die beobachteten Werte auf n unmittelbar aneinander sich schließende Intervalle von der konstanten Länge $2l$ sich verteilen. Die Intervallmitten sollen durch die Zahlenwerte

$$a_1, \quad a_2, \quad a_3, \quad \dots, \quad a_n,$$

die oberen Intervallgrenzen durch

$$a_1 + l, \quad a_2 + l, \quad a_3 + l, \quad \dots, \quad a_n + l,$$

die unteren Intervallgrenzen durch

$$a_1 - l, \quad a_2 - l, \quad a_3 - l, \quad \dots, \quad a_n - l$$

angegeben werden. Die Anzahlen der beobachteten Werte, die in die aufeinanderfolgenden Intervalle fallen und der Reihe nach den Intervallmitten $a_1, a_2, \dots, a_n$ zugeschrieben werden, mögen durch

$$z_1, \quad z_2, \quad z_3, \quad \dots, \quad z_n$$

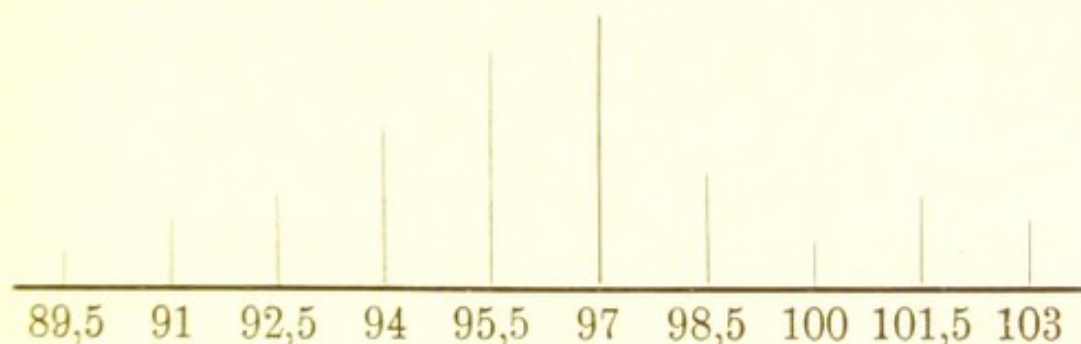
bezeichnet werden, wo einzelne z -Werte gleich Null sein können. Dann läßt sich die ganze, aus m Größen bestehende Beobachtungsreihe in der (hier horizontal angeordneten) Tabelle

$$\begin{array}{cccccc} a_1, & a_2, & a_3, & . . . , & a_n \\ \hline z_1, & z_2, & z_3, & . . . , & z_n \end{array}$$

zusammenfassen, wo

$$m = z_1 + z_2 + . . . + z_n .$$

Man gewinnt ein anschauliches Bild von dieser tabellarischen Zuordnung, wenn man die n Werte $a_1, a_2, \dots, a_n$ durch n äquidistante Punkte einer Geraden und die zugehörigen Werte $z_1, z_2, \dots, z_n$ durch Senkrechte, die in jenen Punkten errichtet werden, darstellt. Dabei kann die Einheit für die z -Werte unabhängig von der Einheit der a -Werte festgesetzt werden. Es ergibt sich so z. B. für die erste der beiden obigen Beobachtungsreihen folgendes Bild:



Da jedoch eine solche Verbildlichung keinen hinreichenden Einblick in die wesentlichen Merkmale der Beobachtungsreihe gewährt, und vielmehr die unwesentlichen Schwankungen der Einzelwerte in den Vordergrund stellt, muß man zu den Mittelwerten übergehen, die jene Merkmale in quantitativer Bestimmtheit darbieten.

Zu diesem Zwecke stelle ich zunächst für einen aus der Reihe der a -Werte zu wählenden Ausgangswert c die Abweichungen

$$a_1 - c, \quad a_2 - c, \quad a_3 - c, \quad \dots, \quad a_n - c$$

her, die eine Reihe aufeinanderfolgender, von einem negativen Werte aus durch die Null ins Positive übergehender Zahlen bilden. Ich berechne sodann

$$\begin{aligned} m &= z_1 && + z_2 && + \dots + z_n \\ m \eta_1 &= z_1 (a_1 - c) + z_2 (a_2 - c) + \dots + z_n (a_n - c) \\ m \eta_2^2 &= z_1 (a_1 - c)^2 + z_2 (a_2 - c)^2 + \dots + z_n (a_n - c)^2 \\ m \eta_3^3 &= z_1 (a_1 - c)^3 + z_2 (a_2 - c)^3 + \dots + z_n (a_n - c)^3 \\ m \eta_4^4 &= z_1 (a_1 - c)^4 + z_2 (a_2 - c)^4 + \dots + z_n (a_n - c)^4 \end{aligned}$$

Wie diese Werte durch einfaches Aufsummieren der z -Werte gewonnen werden können, habe ich in dem Anhang zu meinen „Psychischen Maßmethoden“ angegeben. Dabei wählt man am besten als Ausgangswert c dasjenige a , in dessen Intervall das arithmetische Mittel aller Werte

$$b = \frac{1}{m} (z_1 a_1 + z_2 a_2 + \dots + z_n a_n)$$

fällt. Denn man wird in der Regel von dem bloß zum Zwecke einer einfachen Berechnungsweise gewählten Ausgangswerte c zu dem arithmetischen Mittel b als Ausgangswert übergehen. Und dieser Übergang erfordert den geringsten Aufwand an Rechnung, wenn die Differenz $\eta_1 = b - c$ (die bei der vorgeschlagenen Wahl von c niemals größer als $1/2 l$ ist) möglichst klein ist.

Der Ausgangswert b ist dadurch ausgezeichnet, daß

die Summe der einfachen (positiven und negativen) Abweichungen

$$z_1 (a_1 - b) + z_2 (a_2 - b) + \dots + z_n (a_n - b)$$

gleich Null und die Summe der Abweichungsquadrate

$$z_1 (a_1 - b)^2 + z_2 (a_2 - b)^2 + \dots + z_n (a_n - b)^2$$

ein Minimum ist. Ich setze nun

$$m \varepsilon_2^2 = z_1 (a_1 - b)^2 + z_2 (a_2 - b)^2 + \dots + z_n (a_n - b)^2$$

$$m \varepsilon_3^3 = z_1 (a_1 - b)^3 + z_2 (a_2 - b)^3 + \dots + z_n (a_n - b)^3$$

$$m \varepsilon_4^4 = z_1 (a_1 - b)^4 + z_2 (a_2 - b)^4 + \dots + z_n (a_n - b)^4$$

Diese neuen Abweichungssummen gewinnt man aus den anfänglich berechneten η -Werten mit Rücksicht darauf, daß $a_1 - b = (a_1 - c) - (b - c)$; $a_2 - b = (a_2 - c) - (b - c)$;

auf Grund folgender Gleichungen:

$$b = c + \eta_1$$

$$\varepsilon_2^2 = \eta_2^2 - \eta_1^2$$

$$\varepsilon_3^3 = \eta_3^3 - 3 \eta_2^2 \eta_1 + 2 \eta_1^3$$

$$\varepsilon_4^4 = \eta_4^4 - 4 \eta_3^3 \eta_1 + 6 \eta_2^2 \eta_1^2 - 3 \eta_1^4$$

In vielen Fällen, wo η_1 klein ist oder kein allzu großer Grad von Genauigkeit gefordert wird, bilden die η -Werte eine hinreichende Annäherung an die ε -Werte, so daß der Ausgangswert c (an Stelle von b) festgehalten werden kann.

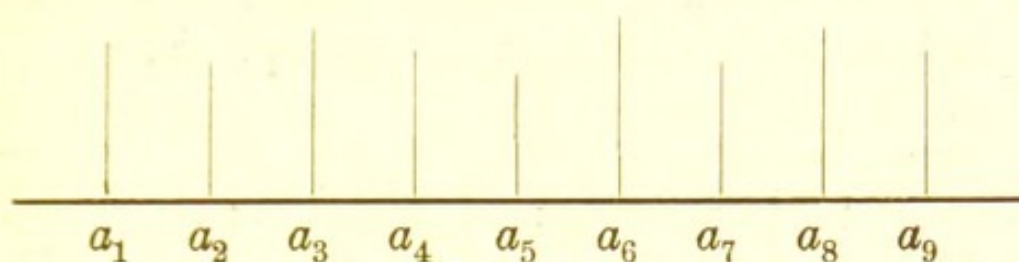
Die Werte $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ oder $\varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ nenne ich die auf den Ausgangswert c oder b bezogenen Mittelwerte.

b) Die Bedeutung der Mittelwerte.

Durch den Mittelwert erster Ordnung η_1 wird das arithmetische Mittel b der beobachteten Werte bestimmt. Es kann als Repräsentant der ganzen Beobachtungsreihe dienen. Der Mittelwert zweiter Ordnung ε_2 (oder η_2 als Annäherung an ε_2) hat als Maß für die Streuung der beobachteten Werte zu dienen. Denn ε_2 wird um so größer, je größer das Gebiet ist, auf das die beobachteten Werte sich verteilen. Der Mittelwert dritter Ordnung ε_3 (oder η_3) zeigt eine asymmetrische Verteilung der Anzahlen $z_1, z_2, \dots, z_n$ auf die Worthenreihe $a_1, a_2, \dots, a_n$ an. Denn bei einem symmetrischen Verlauf dieser Anzahlen treten positive und negative Abweichungen vom arithmetischen Mittel gleich häufig auf, so daß ε_3 (und η_3 angenähert) zu Null wird. Der Mittelwert vierter Ordnung ε_4 (oder η_4) schließlich dient im Verein mit dem Mittelwert zweiter Ordnung zur Charakterisierung des Verlaufs der z -Werte auf Grund folgender Bemerkung.

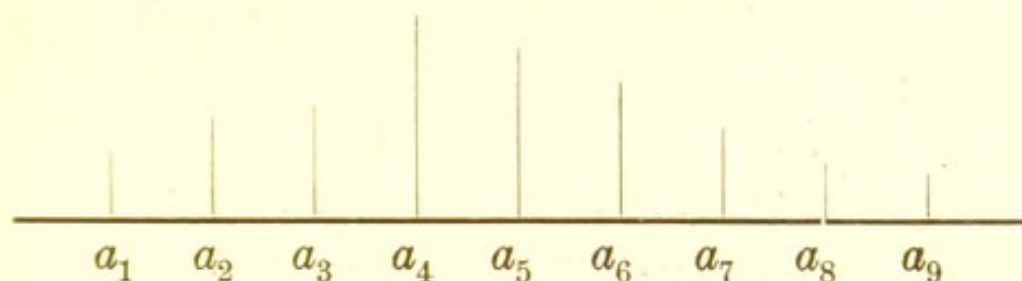
Sind die z -Werte insgesamt einander gleich oder nicht wesentlich voneinander verschieden, so ist der Quotient $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$ völlig oder nahezu gleich 1,8. Sind dagegen die z -Werte für die mittleren Glieder der a -Reihe größer als für die Anfangs- und Endglieder dieser Reihen, so ist auch $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$ größer als 1,8, und dieser Wert wird um so größer, je größer die mittleren z -Werte im Verhältnis zu den Anfangs- und Endwerten sind. Sind jedoch die z -Werte für die Anfangs- und Endglieder der a -Reihe größer als für die mittleren Glieder dieser Reihe, so ist auch $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$ kleiner als 1,8, um sich desto mehr dem Werte 1 zu nähern, je mehr die mittleren z -Werte im Verhältnis zu den Anfangs- und Endgliedern zurückweichen. Es wird demnach:

1. ein nahezu gleichmäßiger Verlauf der z -Werte:



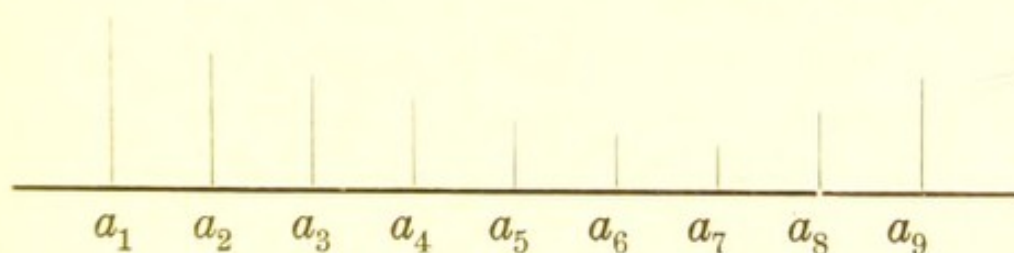
durch einen um den Betrag 1,8 schwankenden Wert von $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$;

2. ein Anwachsen der mittleren z -Werte gegenüber den Anfangs- und Endwerten:



durch einen den Betrag 1,8 entsprechend übersteigenden Wert von $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$;

3. ein Ansteigen der z -Werte am Anfang und am Ende der a -Reihe:



durch einen zwischen 1,8 und 1 sich bewegenden Wert von $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$ angedeutet.

Die aus einer Beobachtungsreihe berechneten Abweichungswerte η_1 , η_2^2 , η_3^3 , η_4^4 oder b , ε_2^2 , ε_3^3 , ε_4^4 haben nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung für um so sicherer zu gelten, je größer die Anzahl der Beobachtungen ist, aus denen sie berechnet wurden. Den für ein bestimmtes m vorauszusetzenden Grad der

Unsicherheit bezeichnen die bei wiederholten Bestimmungen im Durchschnitt vieler Fälle zu erwartenden sogenannten mittleren Fehler, die für η_1 , η_2^2 , η_3^3 , η_4^4 der Reihe nach gleich

$$\sqrt{\frac{\eta_2^2 - \eta_1^2}{m}}; \quad \sqrt{\frac{\eta_4^4 - \eta_2^4}{m}}; \quad \sqrt{\frac{\eta_6^6 - \eta_3^6}{m}}; \quad \sqrt{\frac{\eta_8^8 - \eta_4^8}{m}}$$

sind und in derselben Reihenfolge zugleich als mittlere Fehler von b , ε_2^2 , ε_3^3 , ε_4^4 mit hinreichender Annäherung dienen können.

So finden denn die beiden oben mitgeteilten Reihen gleicher Helligkeiten durch folgende Werte ihre Bestimmung:

m	75	19
b	$96,3 \pm 0,3$	$93,7 \pm 0,6$
ε_2	$3,0 (3,2; 2,7)$	$3,0 (3,4; 2,6)$
ε_3	$2 (3; -2)$	$0 (3; -3)$
ε_4	$3,9 (4,2; 3,6)$	$3,7 (4,0; 3,2)$
$\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$	3,1	2,3

Diese Werte zeigen, daß die durch Herstellen und Messen gleich beurteilter Objekte und die durch wiederholtes Beurteilen der nämlichen Objekte gewonnenen Beobachtungsreihen zu hinreichend übereinstimmenden Ergebnissen führen.

c) Abhängigkeitsbestimmungen.

Die Unterschiedsschwelle.

Hat man nun ein System zusammengehöriger Beobachtungsreihen durch ihre Mittelwerte charakterisiert, so kann man angeben, wie die Mittelwerte beim Übergang von der einen Beobachtungsreihe zur anderen sich

ändern. Die verschiedenen Bedingungen, unter denen die einzelnen Reihen hergestellt worden sind, finden so einen zahlenmäßig bestimmten Ausdruck. Beispielsweise haben sich für die fünf Helligkeitsstufen I bis V, die durch fünf, auf 220° , 180° , 140° , 100° , 60° Weiß eingestellte rotierende Scheiben normiert wurden, fünf Beobachtungsreihen ergeben, denen folgende Werte zukommen:

	I	II	III	IV	V
$m =$	100	100	100	75	50
$b =$	218	179	137	96	56
$\varepsilon_2 =$	8	7	4	3	2
$\varepsilon_3 =$	+ 3	+ 3	+ 3	+ 2	+ 1
$\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4 =$	2,7	2,4	3,2	3,2	2,4

Hieraus wird ersichtlich, daß den arithmetischen Mittelwerten b zufolge (auf Grund der bereits erwähnten Kontrastwirkung) eine Überschätzung der Helligkeiten für die Scheiben mit verstellbaren Sektoren stattfand, die mit abnehmender Helligkeitsstufe sich vergrößert, daß ferner die Streuung der Werte (ε_2) um so kleiner wird, je geringer die objektive Helligkeit ist, während die (durch $\varepsilon_4^4 : \varepsilon_2^4$ angedeutete) Verteilungsweise der beobachteten Werte über das mit abnehmender Helligkeit immer kleiner werdende Gebiet regellos schwankt. Die dem Anschein nach positive und mit abnehmender Helligkeit gleichfalls abnehmende Asymmetrie kann nicht als zweifelsfrei gelten, da für die Werte ε_3 verhältnismäßig große mittlere Fehler zu erwarten sind.

Wären die Beobachtungen statt bei verschiedenen objektiven Reizwerten etwa bei verschiedenen Zuständen der Aufmerksamkeit oder der Ermüdung oder unter

sonstigen gradweise abstufbaren oder vergleichbaren Bedingungen angestellt worden, so würden die jeweils sich ergebenden Mittelwerte der Beobachtungsreihen in entsprechender Weise den Einfluß der Aufmerksamkeit oder der Ermüdung oder der sonstigen Bedingungen offenbaren.

Will man jedoch durch die Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Reiz und Empfindung die einem Reizwerte r zugehörige Unterschiedsschwelle i oder die Grenzwerte $r + i$ und $r - i$ bestimmen, die der Reizwert r überschreiten muß, wenn die Reizänderung merklich werden soll, so stellen sich vom theoretischen Standpunkte aus keinerlei Schwierigkeiten in den Weg.

Hat sich beispielsweise bei der Herstellung gleicher Helligkeiten für den Normalreiz r eine Beobachtungsreihe mit dem Streuungswert ε_2 ergeben, so gilt für den zu r gehörenden Unterschiedsschwellenwert i die Relation

$$i < \varepsilon_2 \sqrt{3}.$$

Eine genauere Bestimmung ist erst möglich, wenn eine zweite Beobachtungsreihe für einen größeren oder kleineren Reizwert mit einer größeren oder kleineren Unterschiedsschwelle hinzukommt. Sind die Mittelwerte zweiter und vierter Ordnung für die erste Beobachtungsreihe mit der Unterschiedsschwelle i_1 gleich ε_{21} und ε_{41} und für die zweite Beobachtungsreihe mit der Unterschiedsschwelle i_2 gleich ε_{22} und ε_{42} , so gelten (wie aus den in meinen Psychischen Maßmethoden abgeleiteten Relationen sich ergibt) die Gleichungen:

$$\varepsilon_{21}^2 - \varepsilon_{22}^2 = \frac{1}{3} (i_1^2 - i_2^2)$$

$$(\varepsilon_{41}^4 - 3 \varepsilon_{21}^4) - (\varepsilon_{42}^4 - 3 \varepsilon_{22}^4) = \frac{2}{15} (i_2^4 - i_1^4),$$

so daß

$$i_1^2 = \frac{21}{4} \varepsilon_{21}^2 + \frac{9}{4} \varepsilon_{22}^2 - \frac{5}{4} \frac{\varepsilon_{41}^4 - \varepsilon_{42}^4}{\varepsilon_{21}^2 - \varepsilon_{22}^2};$$

$$i_2^2 = \frac{21}{4} \varepsilon_{22}^2 + \frac{9}{4} \varepsilon_{21}^2 - \frac{5}{4} \frac{\varepsilon_{42}^4 - \varepsilon_{41}^4}{\varepsilon_{22}^2 - \varepsilon_{21}^2}.$$

Hierbei ist jedoch vorauszusetzen, daß die Mittelwerte der beiden Beobachtungsreihen nur infolge der Verschiedenheit der Unterschiedsschwellen sich unterscheiden, daß hingegen alle sonstigen Einflüsse in beiden Reihen durchaus gleichmäßig zur Geltung kommen. Diese Bedingung ist bei den obigen, durch Helligkeitsvergleiche gewonnenen Beobachtungsreihen nicht erfüllt; und es ist fraglich, ob sie jemals in hinreichender Strenge erfüllt wird, da der Mensch als lebendiges und entwicklungsfähiges Wesen einer Fülle von Einflüssen in unübersehbarer Weise unterliegt. Man hat jedoch bisher nicht darauf geachtet, daß die Beobachtungsreihen besondere Bedingungen erfüllen müssen, wenn eine genaue Bestimmung der Unterschiedsschwelle möglich sein soll.

Es sind aber überhaupt alle aus unseren Beobachtungsreihen zu gewinnenden Bestimmungen aus den mit unvermeidlichen Schwankungen behafteten Mittelwerten abzuleiten. Wird dies berücksichtigt, so unterliegt man nicht der Versuchung, auf Grund der experimentellen Erforschung des Zusammenhangs von Bewußtsein und objektivem Sein Gesetze abzuleiten, die den Gesetzen, die das unveränderliche Geschehen in der unbelebten Natur beherrschen, zur Seite zu stellen wären.

Dies ist im Auge zu behalten, wenn nun im folgenden

die hauptsächlichen Ergebnisse der psychophysischen Forschung mitgeteilt werden.

IV. Reiz und Empfindung.

§ 13. Der allgemeine Sinn.

Alle Empfindungen, die keinem der vier Spezialsinne des Gesichts, Gehörs, Geruchs oder Geschmacks angehören, rechnen wir dem allgemeinen Sinne zu.

Sie beziehen sich teils auf äußere Objekte, teils auf den Leib selbst. Im ersteren Falle entstehen sie hauptsächlich durch das Betasten von Gegenständen, wodurch wir über deren harte oder weiche, rauhe oder glatte, warme oder kalte Beschaffenheit belehrt werden; sie werden darum als Tastempfindungen bezeichnet. Im letzteren Falle werden sie durch Zustandsänderungen der Leibesorgane erregt und Gemeinempfindungen (oder auch Gemeingefühle) genannt; als Beispiele erwähne ich die Empfindungen von Schmerz, Kitzel und Jucken, Frösteln und Schauder, Hunger und Durst, Ekel, Schwindel, Anstrengung und Ermüdung.

Diese Trennung der Tastempfindungen von den Gemeinempfindungen, die für die Unterscheidung zwischen der Außenwelt und dem eigenen Leib die Grundbedingung bildet, kann indessen vom physiologischen Standpunkt aus nicht aufrecht erhalten werden. Denn die einfachen Qualitäten der Tastempfindungen werden auch an den Gemeinempfindungen unterschieden.

Die Analyse der Tastwahrnehmungen läßt nämlich Druck-, Wärme- und Kälteempfindungen als einfache Qualitäten erkennen. Dabei ist zu beachten, daß als Druckempfindung lediglich die empfundene

Qualität ohne Rücksicht auf die Art des Reizes bezeichnet wird, mag nun ein physischer Druck oder Stoß, ein Zug, eine Spannung oder leichte Berührung vorhanden sein. Man kann ferner bemerken, daß die Empfindungen des Drucks, der Wärme und der Kälte nicht bloß stärker oder schwächer auftreten, sondern auch je nach der gereizten Stelle des Leibes unterschieden, d. h. deutlich auf verschiedene Leibesteile bezogen und so nach als verschieden erkannt werden können.

Die Unterscheidung der genannten einfachen Qualitäten gestatten aber auch die Gemeinempfindungen. Sie sind allerdings im allgemeinen sehr zusammengesetzte, einer Analyse nicht leicht zugängliche Erlebnisse, die man nicht nur als Empfindungen, sondern auch als Gefühle in Anspruch nehmen kann. Indessen sind beispielsweise im Magendruck, in der Fieberhitze, im Frösteln die Empfindungen des Drucks, der Wärme, der Kälte unmittelbar zu erkennen. Insbesondere scheinen Druckempfindungen durchgängig einen wesentlichen Bestandteil zu bilden. Auf ihnen beruht der Kitzel und das Jucken, ebenso die von den Muskeln herrührende Empfindung der Anstrengung und Ermüdung. Sie sind ferner bei dem durch Austrocknen der Mundhöhle bedingten Durst und bei dem vornehmlich im Magen erregten Hunger beteiligt. Sie bilden auch wahrscheinlich die Grundlage für den gewöhnlich an Geschmacksempfindungen gebundenen Ekel und für den von einer Störung in der räumlichen Orientierung begleiteten Schwindel.

Nur die Schmerzempfindung bietet sich als eine neue, für die Gemeinempfindungen charakteristische Qualität dar.

Sie ist eine Empfindung besonderer Art, wenn sie auch — wie schon die Bezeichnungen „stechender“,

„schneidender“, „bohrender“, „brennender“, „dumpher Schmerz“ andeuten — im allgemeinen nur in Verbindung mit Tastempfindungen auftritt. Denn die letzteren führen nicht durch eben merkliche Abstufungen zum Schmerz. Sie hören nicht etwa auf, um einer dem Drucke, der Wärme oder der Kälte zunächst zum Verwechseln ähnlichen und im weiteren Verlauf immer unähnlicher werdenden Schmerzempfindung Platz zu machen. Vielmehr entsteht diese neben jenen. Die Verbindung ist überdies keine unlösliche, da sowohl die Tastempfindlichkeit ohne Schmerzempfindlichkeit, als auch die letztere ohne die erstere — als Analgesie und Anästhesie — vorkommen kann.

Somit bilden die Druck-, Wärme-, Kälte- und Schmerzempfindungen vier selbständig nebeneinanderstehende Mannigfaltigkeiten, durch welche der Reichtum des allgemeinen Sinnes an besonderen, ursprünglichen Qualitäten als erschöpft anzusehen ist.

Als Erregungsstellen dieser Empfindungen kommen sowohl die äußere Haut nebst der die Leibeshöhlen auskleidenden Schleimhaut, als auch die mit sensiblen Nerven versehenen Teile des Leibes: die Muskeln, Sehnen, Bänder und Knochen in Betracht. Man kann daher nur den Leib selbst als das Sinnesorgan betrachten, und in dem Fehlen eines besonderen Organs das charakteristische Merkmal des allgemeinen Sinnes erblicken. Es ist darum auch kein Grund vorhanden, die an der Haut erregten und die von den inneren Organen herührenden Empfindungen als Haut- und Organempfindungen einander gegenüberzustellen. Denn die Verschiedenheit des Ortes der Erregung bedingt hier keine wesentliche psychologische Verschiedenheit. Indessen ist die Erregbarkeit der Empfindungen des allgemeinen

Sinnes an der äußeren Haut deshalb von Bedeutung, weil sie die psychophysische Untersuchung dieses Sinnesgebietes ermöglicht.

In physiologischer Hinsicht ist zu bemerken, daß beim Abtasten der Hautfläche mit räumlich möglichst beschränkten, punktförmigen Reizen eine wechselnde Erregbarkeit für die verschiedenen Empfindungsarten gefunden wird. Es lassen sich nämlich räumlich getrennte Hautstellen nachweisen, die für Druck, Wärme, Kälte oder Schmerz in besonderem Maße empfänglich sind. Sie werden als Druck-, Wärme-, Kälte- und Schmerzpunkte bezeichnet.

Man vermutet daher, daß die in der Haut endigenden Sinnesnerven in die Vermittlung der verschiedenen Empfindungsarten sich teilen. Ist diese Vermutung richtig, so gibt es besondere Druck-, Wärme-, Kälte- und Schmerznerven, ganz ebenso, wie besondere Seh-, Hör-, Riech- und Geschmacksnerven vorhanden sind. Man wird alsdann erwarten, jene gleich diesen durch besondere Endigungsweisen, die zur Aufnahme der spezifischen Reize geeignet sind, charakterisiert zu finden. Nun sind in der Tat sowohl frei endigende als auch mit verschiedenartigen Endapparaten (einfachen Tastzellen, Endkolben, Tastkörperchen, Vater-Pacinischen Körperchen) versehene Hautnerven bekannt. Und man hat auch eine Charakterisierung der Druck-, Wärme- und Kältepunkte durch besondere Endorgane der Hautnerven versucht, während man die frei endigenden Nerven in den Dienst der Schmerzempfindungen stellte. Es wird jedoch andererseits behauptet, daß auch die Wärme-, Kälte- und Druckpunkte nicht durch besondere Endorgane, sondern durch eigenartige büschelförmige Ausstrahlungen von Nervenbündeln ausgezeichnet seien.

a) Die Druckempfindungen.

Der Zusammenhang mit dem Reize wurde für die Druck- und Temperaturempfindungen erforscht.

Jeder schwere, die Haut berührende Körper kann als Reiz für Druckempfindungen dienen, indem er die Stelle, an der er einwirkt, deformiert und durch die Deformation die in Betracht kommenden Nerven erregt. Hierbei ist die Geschwindigkeit, der Ort, die Ausbreitung und die Tiefe der Deformation zu berücksichtigen.

Wird an einer Hautstelle eine Deformation von bestimmter Ausbreitung und Tiefe rascher oder langsamer herbeigeführt, so wird sie im ersteren Falle deutlicher bemerkt als im letzteren Falle. Fällt demnach von zwei verschiedenen Gewichten das leichtere aus größerer Höhe, so zwar, daß beide mit der nämlichen lebendigen Kraft (aber mit verschiedenen Geschwindigkeiten) auf fallen, so muß eine verschieden starke Erregung eintreten, da das leichtere, aus größerer Höhe kommende Gewicht eine größere Geschwindigkeit gewinnt und somit eine rascher verlaufende Deformation bewirkt.

Es ist ferner der Ort, an dem eine bestimmte Deformation erzeugt wird, und desgleichen ihre Ausdehnung und Tiefe insofern von Bedeutung, als die Empfindung mit der Anzahl der dem Reize zugänglichen Nervenenden sich ändert. Diese Änderung hat zur Folge, daß die Reizschwelle, d. h. das eben merkliche Gewicht für verschiedene Teile des Leibes sehr verschieden ist. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die Art und Weise, in der ein Druck oder Zug wirkt, wesentlicher ist als die Stärke des Drucks und Zugs, die demnach nicht ohne weiteres durch eine Gewichtsgröße ausdrückbar ist.

Dies zeigt sich an den sehr verschiedenartigen Werten, die man bei verschiedenen Bestimmungsweisen

erhält. So ergab sich bei der Anwendung biegsamer Härchen oder Borsten der kleinste wahrnehmbare Druck an Gesichtsteilen zwischen 0,0007 und 0,0015 g, an Arm und Bein zwischen 0,006 und 0,012 g. Man fand hingegen, daß an kleinen, aufgeklebten Pflästerchen, an denen ein Faden befestigt war, ein Zug von 0,05 g an Stirn und Schläfe, von 0,5 g an Unterlippe und Fingerkuppen, von 9 g am Vorderarm, von 17—20 g am Bein empfunden wurde. Eine ältere Bestimmung ergab Druckgrößen, die zwischen 0,002 g und 1 g variierten.

Man kann demgemäß nur für eine bestimmte Stelle der Haut und bei objektiv gleichartiger Reizung die Abhängigkeit der Empfindung von der Reizstärke verfolgen. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß bei der Zunahme der Reizgröße auch die Ausdehnung und Tiefe der Deformation und damit zugleich die Anzahl der gereizten Nervenenden in unbekannter Weise zunimmt. Ich begnüge mich darum mit dem Hinweis auf die historisch bedeutsamen, allerdings nur in geringer Anzahl angestellten Versuche von *E. H. Weber*, die eine Konstanz der relativen Unterschiedsschwelle (des Quotienten $i : r$ aus dem eben merklichen Reizzuwachs i zu einem bestimmten Reize r) gleich $1 : 30$ zu ergeben schienen. Er sagt: „Ich habe gezeigt, daß der Erfolg bei den Gewichtsbestimmungen derselbe ist, mag man Unzen oder Zoll nehmen; denn es kommt nicht auf die Zahl der Grane an, die das Übergewicht bilden, sondern darauf, ob das Übergewicht den dreißigsten oder fünfzigsten Teil des Gewichts ausmacht, welches mit dem zweiten Gewicht verglichen wird.“ Spätere Versuche haben dagegen mehr und mehr die Kompliziertheit der physischen und psychischen Verhältnisse schon in der Verschiedenheit der sich ergebenden Resultate hervortreten lassen.

Bei kurz dauernden Reizen ist auch die Druckempfindung von entsprechend kurzer Dauer. Darum fließen selbst sehr rasch aufeinanderfolgende Stöße noch nicht zu einer kontinuierlichen Wahrnehmung zusammen. Bei zahlenmäßiger Bestimmung ergaben sich jedoch sehr verschiedene Werte. Denn einesteils veranlaßte eine auf die Haut gesetzte Stimmgabel bei etwa 1000 Schwingungen in der Sekunde an den Fingerspitzen noch eine Empfindung des Schwirrens, während bei anderen Versuchen schon etwa 50 Schwingungen in der Sekunde von einer kontinuierlichen Empfindung begleitet waren.

b) Wärme- und Kälteempfindungen.

Den äußeren Reiz der Wärme- und Kälteempfindungen stellt die physische oder objektive Wärme der Naturobjekte dar, mag sie durch Strahlung oder Leitung dem menschlichen Leibe zugeführt werden.

Um jedoch die Abhängigkeit dieser Empfindungen vom äußeren Reiz richtig zu erfassen, ist zu beachten, daß der menschliche Leib ein mit verhältnismäßig hoher, durch den Ernährungsprozeß relativ konstant erhaltener Eigenwärme begabter Körper ist, der physische Wärme an die Umgebung abgibt und zugleich von dieser aufnimmt.

Hat der so bedingte Wärmeaustausch einen normalen Zustand zur Folge, so ist im Bewußtsein weder eine Wärme- noch eine Kälteempfindung vorhanden. Es gibt somit eine gewisse, von der Wärme der Umgebung abhängige Eigenwärme der Haut, die nicht empfunden wird. Man sagt dann, daß die Hauttemperatur im physiologischen Nullpunkt sich befinde. Der letztere ist aber nicht wie die Nullpunkte der physikalischen Wärmelehre unveränderlich und ein für allemal bestimmbar, sondern er schwankt innerhalb gewisser

Grenzen und ist je nach der Hautstelle verschieden. Er fand sich z. B. bei einer Zimmertemperatur von 17—19° C zwischen 25 und 31°.

Steigt nun die Temperatur der Haut an einer Stelle über den physiologischen Nullpunkt, mag dies durch Steigerung der Wärmezufuhr oder Minderung der Wärmeabgabe veranlaßt sein, so entsteht eine Wärmeempfindung. Eine Kälteempfindung tritt dagegen auf, wenn die Wärmezufuhr herabgesetzt oder die Wärmeabgabe vermehrt und hierdurch ein Sinken der Hauttemperatur unter den physiologischen Nullpunkt herbeigeführt wird. Dabei findet sich jedoch, daß eine mäßige Wärme- oder Kälteempfindung mit der Zeit erlischt, wenn der Reizzustand konstant erhalten wird. Es ist alsdann eine Verschiebung des physiologischen Nullpunktes, eine Adaptation an die Temperatur der Umgebung eingetreten. Darum kann bei einer und derselben objektiven Temperatur (was schon die Skeptiker, vgl. S. 10, beobachtet haben) ebenso Wärme wie auch Kälte empfunden werden, je nachdem der ganze Leib oder die dem Reize ausgesetzte Hautstelle an eine tiefere oder höhere Temperatur adaptiert ist. Ähnliche Adaptationserscheinungen machen sich überhaupt bei andauernden Reizeinwirkungen geltend: wenn z. B. der Müller das Geklapper der Mühle nicht mehr hört, oder wenn man den Druck von Kleidungsstücken, die der Haut anliegen, eines Ringes am Finger u. dgl. nicht mehr spürt, während man jede Änderung des Reizzustandes (das Aufhören des Mühlengeklappers, das Fehlen des Kleidungsstückes oder des Ringes) wahrnimmt.

Wie die Druckempfindung, so ist auch die Wärme und Kälteempfindung von verschiedenen Faktoren abhängig; in erster Linie von der vorhandenen

Hauttemperatur; dann auch von dem Orte und der Ausdehnung der Reizung. In der Tat sind die einzelnen Körperteile in verschiedenem Maße gegen Kälte- und gegen Wärmeeinwirkung empfindlich. Es hat ferner schon *E. H. Weber* bemerkt, daß beim Eintauchen des Zeigefingers der einen Hand und der ganzen anderen Hand in eine und dieselbe Flüssigkeit der Wärme- und Kältereiz für die ganze Hand stets stärker erscheint als für den Finger.

Hierdurch wird eine zahlenmäßige Bestimmung der Reizschwelle und der Unterschiedsschwelle für die Wärme- und Kälteempfindungen sehr erschwert. In der Nähe des physiologischen Nullpunktes ist die Empfindlichkeit gegen Temperaturunterschiede am größten, d. h. der eben merkliche Reizzuwachs am kleinsten. Für Temperaturreize zwischen 27 und 33° C wurde $\frac{1}{10}^{\circ}$ C als eben merklicher Reizzuwachs konstatiert. Bei einer anderen Versuchsreihe ergab sich für Temperaturen zwischen 26 und 39° C noch $\frac{1}{20}^{\circ}$ C als deutlich wahrnehmbarer Unterschied.

§ 14. Der Geschmack.

Der volkstümliche Sprachgebrauch nennt jede Wahrnehmung, die in der Mundhöhle erregt wird oder erregt zu werden scheint, einen Geschmack.

Diese Wahrnehmungen gehören jedoch verschiedenen Sinnesgebieten an. Da nämlich die Schleimhaut des Mundes auch den Erregungen des allgemeinen Sinnes zugänglich ist, so sind beim Geschmack sowohl Druck- als auch Temperaturempfindungen beteiligt. Dies zeigt sich, wenn beispielsweise von beißendem oder stechendem, kühlendem oder brennendem Geschmack geredet wird. Da ferner der Rachen mit den Nasenhöhlen in

Verbindung steht, so werden die in den Mund eingeführten Substanzen, sofern sie riechbar sind, beim Ausatmen durch die Nase zugleich gerochen. Auf diese Weise vereinigen sich die Geschmacksempfindungen mit Gerüchen, die alsdann zu jenen gerechnet werden. Die hierdurch nahegelegte Vermengung der beiden Empfindungsarten offenbart sich aufs deutlichste im alemannischen und fränkischen Dialekt, der „schmecken“ für „riechen“ sagt; nicht minder weisen Ausdrücke wie aromatischer oder würziger Geschmack darauf hin.

Demnach beruht das, was gewöhnlich als Geschmack bezeichnet wird, auf mehr oder minder innigen Verschmelzungen von eigentlichen Geschmacksreizen mit Geruchs-, Druck- und Temperaturreizen, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß der Anblick der schmeckbaren Substanzen auf die Beurteilung ihres Geschmacks von Einfluß ist.

Nun lassen sich die Gesichtsreize durch Schließen der Augen, die Geruchsreize durch Zuhalten der Nase, die störende Wirkung von Wärme und Kälte durch Anpassen der Temperatur der Schmeckstoffe an die Eigenwärme des Mundes beseitigen. Nur die Druckreize, die notwendig zugleich mit dem Geschmack erregt werden, können nicht ausgeschlossen werden. Darum hat man früher beispielsweise das Herbe und das Adstringierende zu den Geschmacksempfindungen gerechnet, während andererseits von einzelnen Forschern in der Sorge um Ausschließung fremder Qualitäten dem Sauren und Salzigen, eben wegen der Verbindung mit den Tastempfindungen, der Rang einer reinen Geschmacksqualität streitig gemacht wurde.

Indessen darf man wohl vier Empfindungen

als Grundqualitäten der Geschmackswahrnehmungen bezeichnen, nämlich: süß, sauer, salzig und bitter.

Jede der vier Grundqualitäten kann stärker oder schwächer empfunden werden. Sie kann aber auch in verschiedenen Färbungen oder Abtönungen auftreten, da es beispielsweise offenbar verschiedene Arten des Süßen gibt. Einer Mischung der Grundreize entsprechen Empfindungen, die ihrerseits zusammengesetzt erscheinen, was schon die sprachlichen Bezeichnungen wie „süß-sauer“, „bitter-süß“, „bitter-sauer“ andeuten. Es ist aber nicht außer allem Zweifel, ob nicht auch einfache, unanalysierbare Qualitäten aus der Mischung der Grundreize sich ergeben.

Die ursprünglichen Qualitäten des Geschmacksinnes erfüllen demnach die vier Gebiete des Süßen, Sauren, Salzigen und Bittern, die durch zusammengesetzte, vielleicht auch durch einfache Empfindungen miteinander verbunden sind.

Nimmt man an, daß es bloß die angegebenen Grundqualitäten und die aus ihnen zusammengesetzten Qualitäten gibt, so kann es fraglich erscheinen, ob die vier Gebiete ihrem Wesen nach zu einem einzigen Sinnesgebiete sich zusammenschließen, oder ob der Geschmacksinne nicht vielmehr in ein System von vier besonderen Sinnen zu zerlegen sei. Fügt man nämlich zu den Gebieten der vier Geschmacksqualitäten die Qualitäten der im Munde erregbaren Tastempfindungen als fünftes Gebiet, so hat die erweiterte Mannigfaltigkeit augenscheinlich den nämlichen Charakter wie die ursprüngliche, da auch die Glieder des fünften Gebietes mit den Gliedern der vier anderen Gebiete nur durch zusammengesetzte, nicht durch einfache Empfindungen verbunden sind. Da man nun die Tastempfindungen

des Mundes vom Geschmack sondert, so scheint es, sind in gleicher Weise die vier Grundqualitäten des Geschmacks als voneinander abzusondernde Sinnesgebiete aufzufassen.

Diese Auffassungsweise wurde in der Tat vertreten; von anderer Seite wird jedoch die Einheitlichkeit des Geschmackssinnes aufrechterhalten.

Eine Entscheidung ermöglicht der Grundsatz, daß zwei Gebiete von Empfindungen, die nur durch zusammengesetzte, nicht durch einfache Zwischenempfindungen verbunden sind, dann und nur dann als unabhängig voneinander zu gelten haben, wenn jede Empfindung des einen Gebietes mit jeder Empfindung des anderen Gebietes zusammenbestehen kann.

Nun gibt es keinen Mischgeschmack, der in beliebigem Grade süß, sauer, salzig und bitter zugleich wäre. Es scheinen vielmehr stets nur je zwei der vier Grundqualitäten und überdies bloß in geringen Gradabstufungen eines gemeinsamen Auftretens fähig zu sein. Hingegen kann offenbar jede Tastempfindung mit einer beliebigen Geschmacksqualität zusammenbestehen. Es sind demnach in der Tat die vier Grundqualitäten des Geschmacks, selbst wenn sie nur durch Mischgeschmäcke vermittelt werden, einem und demselben Geschmackssinne zuzuweisen, während die Tastempfindungen abzusondern sind.

Wenden wir uns von den empfundenen Qualitäten zum Reizvorgange, so ist zunächst hinsichtlich des Sinnesorganes zu erwähnen, daß nicht alle Teile der Mundhöhle in gleicher Weise den Geschmacksreizen zugänglich sind. Die Ausdehnung der Schmeckflächen ist je nach den Individuen verschieden. Sie ist insbesondere im Kindesalter größer als später; denn bei Kindern

ergab sich auch die Mitte der Zunge und die Wangenschleimhaut, die bei Erwachsenen unempfindlich ist, für Geschmack erregbar.

An den empfindlichen Stellen findet man Schleimhautfalten (*papillae circumvallatae*, *fungiformes*, *foliatae*), in welchen die Geschmacksknospen liegen. Es sind dies die Endorgane der Geschmacksnerven, die dem Zungenerv (*nervus lingualis*), dem Zungenschlundkopfnerv (*nervus glossopharyngeus*) und dem *nervus vagus* angehören.

Soll an diesen Stellen eine Geschmacksempfindung entstehen, so muß die schmeckbare Substanz in flüssigem Zustande dorthin gelangen, oder es müssen Teilchen derselben in der Mundflüssigkeit sich lösen. Im übrigen ist nicht bekannt, welche Eigenschaft der Substanz als Reiz wirkt. Man vermag daher auch nicht anzugeben, welcherlei Veränderung die Substanz erleiden muß, damit ihr Geschmack sich ändere.

Infolgedessen können einer psychophysischen Untersuchung des Geschmackssinnes nur Lösungen von Substanzen mit bekanntem Geschmack (z. B. Lösungen von Zucker, Chlorwasserstoffsäure, Kochsalz, Chinin in destilliertem Wasser) in bestimmten Prozentverhältnissen zugrunde gelegt werden.

Dabei ist neben der Beschaffenheit des Geschmacksreizes auch die erregte Stelle des Mundes von Bedeutung, indem die Zungenspitze für Süß, der beiderseitige Zungenrand für Sauer, die Zungenbasis für Bitter am empfindlichsten ist, und nur Salz überall ziemlich gleichmäßig empfunden wird. Es kommt ferner in Betracht, daß die Qualität eines Schmeckstoffes durch eine vorhergegangene Reizung des Geschmackorganes (was übrigens schon die Skeptiker bemerkt haben, s. S. 9) beeinflusst wird.

So wurde z. B. nach Ausspülen des Mundes mit Kaliumchlorat, das selbst keinen ausgeprägten Geschmack besitzt, reines Wasser als süß empfunden. Auch schmeckt ein säuerliches Getränk viel saurer, wenn ein süßer Geschmacksreiz vorhergegangen ist. Eine ähnliche Kontrastwirkung liegt vor, wenn destilliertes Wasser an dem einen Zungenrand als süß empfunden wird, falls der andere Zungenrand durch eine Salzlösung gereizt wird. Bringt man hingegen verschiedenartige Geschmacksreize im Verein miteinander zur Wirkung, so schwächen sich die Reize gegenseitig: es ergab z. B. eine geeignete Mischung von Zucker und Kochsalz einen faden, weder süßen noch salzigen Geschmack. Solche Kompensationen beweisen, daß in der Tat die Geschmacksqualitäten nicht in beliebigem Grade nebeneinander sich behaupten.

Da überdies — wie die Praxis bei der Herstellung von Arzneien lehrt — ein unangenehmer bitterer oder saurer Geschmacksreiz durch einen beigemischten starken Geruchsreiz unterdrückt werden kann, so zeigt sich zugleich eine Verwandtschaft des Geschmacks- und Geruchsinnes, die auf eine ursprüngliche Zusammengehörigkeit beider Sinne hindeutet.

§ 15. Der Geruch.

Wenn die in der Nase erregten Wahrnehmungen als Gerüche bezeichnet werden, so ist zu beachten, daß die Geruchsreize mit Tast- und Geschmacksreizen verbunden sein können. Dies ist der Fall, wenn wir einen Geruch beispielsweise stechend oder sauer nennen. Diese Benennungen beruhen jedoch hier nicht auf einer Verwechslung verschiedener Sinnesgebiete, sondern auf der Charakterisierung der Empfindungen eines Sinnes durch die sie begleitenden Empfindungen eines anderen Sinnes.

Wenn wir nämlich sagen, daß der Essig sauer rieche, so meinen wir in der Tat den Geruch, und wir nennen ihn nur aus dem Grunde sauer, weil der Essig zugleich sauer schmeckt. In ähnlicher Weise könnte man einen Klang, der — was zuweilen vorkommt — ständig von der Vorstellung einer bestimmten Farbe im Bewußtsein begleitet ist, nach eben dieser Farbe benennen. Überdies tritt häufig der den Geruch begleitende allgemeine Gefühlszustand in den Vordergrund. Man hat darum die Gerüche in wohl- und übelriechende geschieden, ohne damit eine Einteilung der Geruchsempfindungen gewonnen zu haben, da eine solche die Qualität der Gerüche selbst, nicht die Qualität der als Begleiter auftretenden Gefühle zur Richtschnur zu nehmen hat.

Bei dem Reichtum an unterscheidbaren Geruchsnuancen, die nicht wie beim Geschmack auf wenige Grundqualitäten zurückgeführt werden können, ist die Bestimmung der einfachen Qualitäten mit bis jetzt ungelösten Schwierigkeiten verknüpft. Dazu kommt, daß die Sprache keine besonderen Namen für die Gerüche geschaffen hat. Man kann sie nur nach den Stoffen, durch welche sie verbreitet werden, bezeichnen. Demgemäß spricht man von den Gerüchen der Blumen, des Obstes, der Gewürze usf. Es besteht darum bloß die Möglichkeit, von bekannten, in bestimmter Weise hervortretenden Riechstoffen auszugehen, und ihnen andere Stoffe von ähnlichem Geruche beizuordnen, um so Geruchsklassen abzugrenzen, welche durch die als Ausgangspunkt gewählten Hauptgerüche charakterisiert werden.

Auf diesem Wege wurden im Zusammenhang mit früheren Einteilungen neuerdings die folgenden neun Klassen von Riechstoffen aufgestellt:

1. ätherische Gerüche (Apfel, Ananas, Weingeruch);
2. aromatische Gerüche (Kampfer, Pfeffer, Anis, Mandel);
3. balsamische Gerüche (Jasmin, Veilchen, Tee, Vanille);
4. Amber - Moschusgerüche (Amber, Moschus);
5. lauchartige Gerüche (Lauch, Zwiebel, Fisch, Brom);
6. brenzlige Gerüche (gbr. Kaffee, Tabaksrauch, Naphthal.);
7. Bocksgerüche (Schweiß, Katzenharn);
8. widerliche Gerüche (narkotischer Geruch, Wanzenger.);
9. ekelhafte Gerüche (Aas-, Fäkalgeruch).

Diese Klassen fassen verwandte Gerüche zusammen; und da auch die Gerüche benachbarter Klassen einander verwandt sind, so darf man die Geruchsempfindungen zu einem und demselben Sinne rechnen.

Die Glieder der ersten Klassen treten zu denjenigen der letzten Klassen in einen stärkeren Gegensatz als die Glieder der einander näher stehenden Klassen. Hiermit hängt offenbar die Tatsache zusammen, daß die Mischgerüche in der Regel aus Gerüchen der nämlichen Klasse oder benachbarter Klassen zusammengesetzt sind.

Damit die Riechstoffe wirksam werden, müssen kleine Teilchen durch die Luft in die oberste Abteilung der Nasenhöhle gelangen. Die Stoffe werden daher einen, wenn auch geringen und nicht immer nachweisbaren Gewichtsverlust erleiden. Das Freiwerden der Stoffteilchen erfolgt hauptsächlich durch Verdunsten (Übergang in Gasform ohne Spaltung der Moleküle), außerdem auch durch chemische Veränderung, wobei Mikroorganismen (wie der Moschusschimmel) und Gärung (beim Schnupftabak) von Bedeutung sein können. Wie dem auch sei, man kann in jedem Falle annehmen, daß die Menge der abgegebenen Substanzelemente proportional der Oberfläche des Riechstoffes und der Zeitdauer der Abgabe wachse. Darauf beruht die Bestimmung der Riechkraft einer Substanz. Man

setzt sie gleich 1, wenn die Flächeneinheit in der Zeiteinheit (bei einem bestimmten, konstant erhaltenen Zustande des Sinnesorgans und der Temperatur des Riechkörpers) eine eben merkliche Geruchswahrnehmung erzeugt.

Die Riechpartikeln werden durch den Luftstrom fortgeführt und außerdem durch Diffusion verbreitet. Sie gelangen mit der durch die Nase eingeatmeten Luft zum Sinnesorgan. Dasselbe besteht aus der zur Nasenschleimhaut gehörenden, den obersten Teil der Nasenhöhle auskleidenden, bräunlichen Riechschleimhaut, in welcher die Enden des Riechnerven sich ausbreiten.

Die Riechstoffe scheinen nur im gasförmigen Zustande als Reiz wirken zu können. Gegen die Versuche, bei welchen flüssige, in geeigneter Weise der Nase zugeführte Substanzen Gerüche erregten, wird geltend gemacht, daß keine Gewähr für vollständige Füllung der Nasenhöhle vorhanden war, und die Stoffe wohl durch Verdunsten wirksam wurden.

Die physikalische oder chemische Beschaffenheit des Reizes konnte noch nicht klargestellt werden. Es ist zwar bekannt, daß der Geruch in den homologen Reihen der organischen Chemie sich allmählich ändert und von den niederen zu den höheren Gliedern zunimmt. Es besteht sonach eine Abhängigkeit zwischen bestimmten Gerüchen und gewissen Atomgruppen der chemischen Verbindungen. Man hat auch bemerkt, daß die Riechgase in der Regel ein großes Absorptionsvermögen für strahlende Wärme und ein hohes spezifisches Gewicht haben, dem zufolge z. B. der Blumenduft um das Beet hängen bleibt. Damit ist aber die objektive Grundlage für die Geruchsempfindung noch nicht gefunden. Man weiß nicht, welche Änderung an der

Substanz vor sich gehen muß, um eine bestimmte Änderung ihres Geruchs zur Folge zu haben.

Demgemäß beschränken sich die Beobachtungen über den Zusammenhang zwischen Reiz und Empfindung auf die Feststellung der Abhängigkeit der Stärke eines Geruches von dem Quantum des Riechstoffs und auf die Konstatierung des Erfolgs, den eine Mischung bekannter Riechstoffe für die Geruchswahrnehmung mit sich bringt.

Die Reizschwelle wurde ermittelt, indem man die geringste Menge eines Riechgases zu bestimmen suchte, welche in einem gegebenen Quantum Luft eben wahrnehmbar ist. Beispielsweise gab 0,01 mg Merkaptan in 230 cbm Luft eines abgeschlossenen Raumes (also 1 : 23 000 000 mg pro Liter Luft) einen schwachen, aber deutlichen Geruch.

Relative Bestimmungen ermöglicht der Riechmesser (Olfaktometer), eine den Riechstoff enthaltende Zylinderröhre, die über ein Rohr, durch welches man riecht, geschoben werden kann. Das frei bleibende Ende des Riechrohrs wird in die Nasenöffnung eingeführt. Wird nun der Zylinder über das andere Ende des Riechrohrs herausgeschoben, so streicht der durch die Nase eingeatmete Luftstrom an dem herausgeschobenen Zylinderteile vorbei und verursacht auf diese Weise den Geruch.

Durch Mischung von Riechstoffen können Gerüche entstehen, die man für einfach hält. Solche liefert die Parfümerieindustrie. Beispielsweise wird der Geruch der Gartennelke aus Rosen, Orangenblüten, Akazie, Vanille, Gewürznelke, und der Duft des wohlriechenden Veilchens aus Akazie, Rosen, Iris florentina, Tuberose, Mandel zusammengesetzt.

Andererseits lassen sich Kompensationen zwischen Gerüchen feststellen. In Buketts werden sie vielfach benützt, um einem zu starken Parfüm vorzubeugen. Merkwürdig ist die Tatsache, daß mehrere sehr verschiedenartige Gerüche durch einen und denselben Riechstoff vernichtet werden können. Beispielsweise fand man, daß Kampfer sowohl Knoblauch, als auch Wacholderbeeren, Kölnisches Wasser, Petroleum, Zitronen kompensierte. Ferner ist zu beachten, daß die Kompensationserscheinungen auch dann auftreten, wenn jeder Riechstoff in je eine Nasenhöhle (unter Anwendung von zwei Riechmessern) eingeführt wird. Sie beruhen demnach auf physiologischen Ursachen.

§ 16. Das Gehör.

a) Die Gehörsempfindungen.

Während die Klarstellung der bisher betrachteten Sinnesgebiete das Abscheiden fremdartiger Bestandteile erforderte, haben die Eindrücke des Gehörs (gleich denjenigen des Gesichts) eine ähnliche Korrektur ihrer gemeinüblichen Auffassungsweise nicht nötig. Sie sind zwar mit Gesichtsvorstellungen und mit Gefühlen enge verbunden; denn in räumlich vorgestellten Objekten erkennen wir die Quelle des Schalls, und auf der Erregung von Gefühlszuständen beruht die Wirkung der Musik. Es bedarf aber nicht erst der psychologischen Untersuchung, um sie aus diesen Verbindungen loszulösen und in ihren hauptsächlichen Eigenschaften zu erkennen.

Dementsprechend werden die Wahrnehmungen des Gehörs schon im täglichen Leben in Geräusche und Klänge geschieden. Der Wind, niederströmender Regen,

ein vorüberfahrender Wagen, der Schuß einer Pistole erzeugen Geräusche. Klänge werden durch die menschliche Stimme und durch musikalische Instrumente erregt.

Die Verschiedenartigkeit der Geräusche wird nicht nur durch den Hinweis auf ihre Entstehungsursache, sondern auch durch eine Fülle sprachlicher Bezeichnungen, wie „sausen“, „rauschen“, „rollen“, „knallen“ usw., angedeutet. Die Beschaffenheit des Klangs, die Klangfarbe, wird entweder durch die Angabe der Erregungsquelle, z. B. als Klang eines Klaviers, einer Trompete, einer Kinderstimme, oder im allgemeinen als klangvoll, dumpf, weich, schmetternd, hart usf. bezeichnet.

Es gibt somit verschiedene Arten von Geräuschen ebensoviel wie von Klängen. Spricht man bei den letzteren von der Klangfarbe, so könnte man, falls ein Bedürfnis vorläge, mit demselben Rechte auch von einer Geräuschfarbe reden. Es kann ferner jeder Klang und jedes Geräusch laut oder leise sein und überhaupt verschiedene Stärkegrade besitzen.

Wenn demnach beide Klassen von Schallwahrnehmungen in den angegebenen Punkten übereinstimmen, so fragt es sich, worin ihre Verschiedenheit begründet liegt. Sie hängt damit zusammen, daß die Klänge, nicht aber die Geräusche das Material für die Musik bilden, und sie beruht offenbar darauf, daß der Klang eines musikalischen Instrumentes in wechselnder Höhe und Tiefe erzeugt werden kann. Jeder Klang besitzt folglich außer der Klangfarbe und Stärke das als Tonhöhe bezeichnete Merkmal. Mit Rücksicht darauf wird er ein Ton genannt. Die Aufeinanderfolge der in der Musik verwendeten Töne bildet eine Tonskala, die in Abteilungen, Oktaven, zerfällt, deren jede

aus sieben, durch die Buchstaben *c, d, e, f, g, a, h* bezeichneten Tonstufen besteht. Sie und ihre Unterabteilungen erschöpfen indessen die Mannigfaltigkeit unterscheidbarer Tonhöhen keineswegs, sondern stellen bloß eine durch die Bedürfnisse der Musik bedingte Auswahl dar.

Es werden auch gewisse Geräusche als hoch oder tief bezeichnet. Sie besitzen aber nicht in gleicher Weise wie die Klänge das Merkmal der Tonhöhe; sie weisen vielmehr nur auf den Mangel einer scharfen Grenze und auf Übergänge zwischen den beiden Klassen von Gehörsindrücken hin.

Man muß darum reine und unreine Klänge, klanglose und klingende Geräusche unterscheiden. Während der reine Klang neben seiner Färbung und Stärke noch eine bestimmte Tonhöhe hat, fehlt die letztere dem klanglosen (reinen) Geräusch. Ein Klang wird unrein oder rauh durch die Beimengung von Geräuschen, die einen erheblichen Beitrag zur Klangfarbe liefern können. Ein Geräusch wird klingend, wenn sich in ihm ein Klangbestandteil bemerklich macht; je mehr es sich hierdurch dem Klange nähert, um so stärker tritt die Höhe oder Tiefe hervor, und um so eher kann es, wie z. B. der Paukenschall, eine untergeordnete musikalische Rolle übernehmen.

Demnach sind im allgemeinen an jeder Schallwahrnehmung Klänge und Geräusche unterscheidbar. Der Vollzug dieser Unterscheidung bildet den ersten Schritt zur Bestimmung der einfachen Qualitäten des Gehörsinnes.

Man nähert sich diesem Ziele, wenn die weitergehende Untersuchung zu der Einsicht führt, daß in der Regel auch der reine Klang und das klanglose Geräusch zusammengesetzt ist.

Im Klange kann das hinreichend geübte oder durch experimentelle Hilfsmittel (auf gewisse Tonhöhen abgestimmte Hörrohre) unterstützte Ohr neben dem vorherrschenden, die Höhe oder Tiefe angehenden Grundton noch eine größere oder geringere Anzahl höher liegender schwacher Töne, die zum Grundton in bestimmten musikalischen Beziehungen stehen, wahrnehmen. Sie heißen die Obertöne. Wenn sie aber auch (was in der Regel der Fall ist) der Wahrnehmung sich entziehen, so bleiben doch die ihnen zugrunde liegenden Reize neben dem Hauptreiz des Grundtones wirksam. Diese Nebenreize sind es, die dem Grundtone den besonderen Charakter, den man die Klangfarbe nennt, verleihen.

Von der Beschaffenheit der Klangquelle hängt es ab, ob von der Gesamtheit der überhaupt möglichen Obertöne die einen oder die anderen mit größerer oder geringerer verhältnismäßiger Stärke hervortreten oder ganz fehlen. Hieraus erklärt sich die unübersehbare Mannigfaltigkeit verschiedener Klangfarben und ihre Abhängigkeit von den klangerregenden Instrumenten.

Läßt man einen Ton von bestimmter Klangfarbe immer höher werden, so bemerkt man bei ständig wachsendem Höhenunterschiede eine wechselnde, bald scharf hervortretende, bald wieder verschwindende Ähnlichkeit oder Verwandtschaft mit dem ursprünglichen Tone. Hierbei trifft man namentlich auf einen Ton, der ganz wie eine Wiederholung des ursprünglichen Tones klingt. Es ist dies der um eine Oktave höher liegende Ton. Andere in geringerem und unterschiedlichem Grade miteinander verwandte Töne bestimmen die sonstigen musikalischen Intervalle der Tonreihe. Neben dem bloßen Höhenunterschiede ist darum die

Verwandtschaft der Töne zu beachten und als eine besondere, wesentliche Eigenschaft der Tonempfindungen hervorzuheben.

Im Gegensatze zu den Klängen besitzen die Geräusche eine so komplizierte und unregelmäßige Beschaffenheit, daß eine vollständige Analyse kaum durchführbar ist. Man geht darum mit Vorteil auf ihre Entstehungsweise zurück, um auf diesem Wege eine Kenntniss der einfachen Qualitäten zu gewinnen. Da sich gewisse Geräusche aus musikalischen Klängen zusammensetzen lassen (z. B. durch gleichzeitiges Anschlagen der Tasten eines Klaviers innerhalb der Breite von einer oder zwei Oktaven), so hält man vielfach dafür, daß jedes Geräusch auf einem regellosen Gemisch zahlreicher Tonreize beruhe. Andererseits wird darauf hingewiesen, daß Geräusche auch dann erzeugt werden können, wenn die physikalischen Bedingungen für die gleichzeitige Entstehung von Tönen nicht erfüllt sind. Sie sind dann als eigenartige Wahrnehmungen zu betrachten, und, sofern sie einer Analyse widerstehen, als einfache Geräusche zu bezeichnen, denen das Merkmal der Tonhöhe fehlt.

An den Wahrnehmungen des Gehörs lassen sich somit einfache Klänge und wohl auch einfache Geräusche unterscheiden. Die Klänge sind, von ihren besonderen Färbungen abgesehen, mit den beiden Merkmalen der Stärke und der Tonhöhe, und überdies mit einer bei wachsender Höhe intervallweise hervortretenden Ähnlichkeit oder Verwandtschaft behaftet. Die einfachen Geräusche unterscheiden sich voneinander durch ihre Stärke oder Schwäche und durch sonstige unbestimmte Abtönungen oder Färbungen.

b) Die Schallwellen und die Schallwahrnehmung.

Die objektive Grundlage der Gehörsempfindungen bilden Erschütterungen der Luft, die von den schall-erregenden Körpern hervorgerufen werden. Sie bestehen aus einer Aufeinanderfolge von hin und her gehenden Bewegungen oder Schwingungen der Luftteilchen, durch welche abwechselnde Verdichtungen und Verdünnungen der Luft, die man Schallwellen nennt, erzeugt werden. Indem sie sich, der Elastizität der Luft zufolge, in der Richtung der schwingenden Teilchen der benachbarten Luftschicht mitteilen, schreiten sie im Raume „longitudinal“ vorwärts und gelangen so zu unserem Ohr. Die Luftteilchen selbst bleiben aber an Ort und Stelle.

An dem ganzen Vorgang sind drei Merkmale hervorzuheben, die denselben vollständig bestimmen:

1. Die Schwingungsdauer, d. h. die Zeit, welche der Vollzug der einzelnen Schwingungen in Anspruch nimmt. Von ihr hängt die Anzahl der Luftstöße ab, welche in der Zeiteinheit das Ohr treffen.

2. Die Schwingungsform, d. h. die Art des Wechsels zwischen der eine Welle bildenden Verdichtung und Verdünnung. Die einfachste Form entsteht bei ständigem und gleichmäßigem Anwachsen und darauffolgendem Abnehmen der Luftdichte. Die Bewegung der Luftteilchen regelt sich alsdann nach dem nämlichen mathematischen Gesetze, das für die Bewegung des Pendels gilt. Man nennt darum die Schwingung in diesem Falle eine „pendelartige“ oder nach der das Bewegungsgesetz ausdrückenden mathematischen Funktion eine „Sinusschwingung“. Jede andere Wellenform beruht auf einem unterbrochenen oder ungleichmäßigen

Wechsel zwischen Verdichtung und Verdünnung. Sie kann jedoch, wie sich mathematisch beweisen läßt, als eine Übereinanderlagerung von Sinusschwingungen mit gesetzmäßig sich ändernder Dauer aufgefaßt und dargestellt werden.

3. Die Energie oder die lebendige Kraft der schwingenden Luftmasse.

Der Zusammenhang des zuletzt genannten Merkmals mit dem Gehörseindruck bedarf keiner Erläuterung, da der Energie des physischen Reizes durchweg die Unterscheidung von Stärkegraden der Empfindung zur Seite steht.

Um aber die Bedeutung der beiden anderen Merkmale zu verstehen, ist im Auge zu behalten, daß die Schallwellen nicht einzeln und unabhängig voneinander, sondern bloß in ihrer Aneinanderreihung den Gehörsreiz erzeugen. Soll daher die Dauer und die Form der Schwingung in der Empfindung zur Geltung kommen, so müssen die aufeinanderfolgenden Wellen einander gleich sein. Die Schwingungen werden dann als periodische bezeichnet. Findet dagegen ein beliebiger Wechsel der Form und Dauer der einzelnen Wellen statt, so kann nicht etwa eine neue Schwingungsform oder Schwingungsdauer aus dem Wechsel resultieren, sondern die Merkmale gehen mehr und mehr in ihrer Besonderheit und Reinheit für die Empfindung verloren, und es tritt dafür die Wirkung der Schwingungsenergie in den Vordergrund.

Es besteht nun, wie die Erfahrung lehrt, folgender Zusammenhang zwischen den Schallwellen und der Schallwahrnehmung.

Wirkt eine Erschütterung der Luft als Reiz auf das Gehör, so entspricht den periodischen Schwingungen ein Klang, den nichtperiodischen ein Geräusch. Die Energie der Schwingungen bedingt die Stärke des

Klanges und des Geräusches. Die Dauer der periodischen Schwingungen oder, was dasselbe ist, die Anzahl der in der Zeiteinheit erfolgenden Schwingungen bestimmt die Tonhöhe, die Form der Schwingungen die Klangfarbe.

Insbesondere erregt die einfache, pendelartige Schwingung einen von physikalisch nachweisbaren Obertönen freien Klang. Es steht ferner der Zerlegbarkeit einer Schwingung von beliebiger Form in pendelartige Schwingungen die wenigstens bis zu einem gewissen Grade vollziehbare Analyse des zugehörigen Klangs in Grundton und Obertöne zur Seite.

Man sieht hieraus, daß die Beschaffenheit des physischen Reizes und die Besonderheit der psychischen Wahrnehmung einander unmittelbar entsprechen. Das Sinnesorgan hat demnach nicht eine wesentliche Umgestaltung, sondern nur eine einfache Übertragung des äußeren Reizvorganges auf die Hörnerven zu leisten. Zur Erfüllung dieser Aufgabe wird es durch seine Einrichtung befähigt.

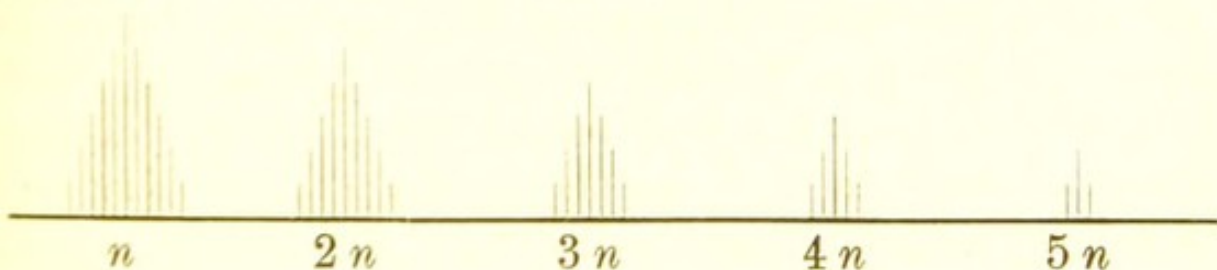
Die Schallwellen gelangen durch den von der Ohrmuschel aus in das Innere des Kopfes führenden, äußeren Gehörgang zum Trommelfell, das in schwingende Bewegung gesetzt wird. In der an das Trommelfell sich anschließenden, durch die Eustachische Röhre mit dem Rachen in Verbindung stehenden Paukenhöhle befinden sich die Gehörknöchelchen (Hammer, Amboß, Steigbügel), welche die Schwingungen auf die Flüssigkeit, die den innersten Teil des Ohres, das Labyrinth, erfüllt, übertragen. Im Labyrinth, an welchem man den Vorhof, die drei Bogengänge und die Schnecke unterscheidet, breiten sich die Endigungen des Hörnerven aus, welche durch die Erschütterungen des Labyrinthwassers erregt

werden. Der für die Gehörsempfindung wesentlich in Betracht kommende Teil ist die Schnecke. Ihre Windungen werden durch das knöcherne Spiralblatt und das daran sich anschließende häutige Spiralblatt, welches aus zwei, einen Hohlraum — den Schneckenkanal — bildenden Membranen besteht, in zwei Gänge (Vorhoftreppe und Paukentreppe) geteilt. Auf der unteren Wand des Schneckenkanals, auf der Grundmembran, ruht der Nervenendapparat. Die Grundmembran besteht aus einem System von Fasern, von welchen man annimmt, daß sie unabhängig voneinander in Schwingungen versetzt werden können und, wie die Saiten eines Klaviers, auf die verschiedenen Tonhöhen abgestimmt sind.

Es wurde nun von *Helmholtz* (Die Lehre von den Tonempfindungen, 1862) vorausgesetzt, daß durch eine einfache Wellenbewegung nur die in der nämlichen Periode schwingende Faser erregt und durch Übertragen des Reizes auf die zugehörige Nervenendigung eine einfache Empfindung ausgelöst werde, daß dagegen bei einer zusammengesetzten Schwingungsbewegung alle in sie eingehenden einfachen Wellen die zugehörigen Fasern zum Mitschwingen veranlassen und hierdurch eine Mehrzahl von Nervenenden erregen, denen eine entsprechende Mehrzahl unterscheidbarer einfacher Töne im Bewußtsein zur Seite tritt.

Wenn wir aber annehmen, daß eine einfache Schwingungsbewegung der Luft, die in der Zeiteinheit n Stöße auf das Trommelfell des Ohres ausführt, eine bestimmte Nervenfaser (die wir als Faser n bezeichnen können) in Erregung versetzt, und daß somit durch $2n$, $3n$, $4n$, ... in der Zeiteinheit erfolgende Stöße die Nervenfasern $2n$, $3n$, $4n$, ... erregt werden, so müssen wir zugeben, daß mit der Nervenfaser n stets auch die

Nervenfasern $2n$, $3n$, $4n$, ..., wenn schon in abnehmender Stärke, mit erregt werden. Reagiert nämlich die Nervenfaser $2n$ auf $2n$ in der Zeiteinheit erfolgende Stöße, so wird die Reaktion nur schwächer werden, wenn jeder zweite Stoß ausbleibt. Entsprechendes gilt für die Nervenfasern $3n$, $4n$, ..., wenn von je 3 , 4 , ... Stößen immer nur der erste wirksam bleibt. Die bereits im Verein mit der Faser n erregten Fasern $2n$, $3n$, $4n$, ... werden bloß in verhältnismäßig stärkere Erregung versetzt, wenn bei einer zusammengesetzten Schwingungsbewegung die in der Zeiteinheit erfolgenden n Hauptstöße der Luft bereits von $2n$, $3n$, $4n$, ... schwächeren Stößen begleitet sind, die nun eine veränderte Klangfarbe bedingen oder auch je nach Umständen für sich allein als physikalisch nachweisbare Obertöne wahrgenommen werden können. Man hat überdies zu beachten, daß auch die jeweils benachbarten Fasern in schwache, bei zunehmender Entfernung rasch abnehmende Erregung geraten, wenn die Fasern n , $2n$, $3n$, ... erregt werden. So kommt ja auch die Klaviersaite noch zu einem schwachen Mittönen, wenn die Schwingungen der sie umgebenden Luft etwas von dem Eigentone der Saite abweichen. Wir gelangen demgemäß zu folgender Veranschaulichung des Erregungszustandes, der einem Tone oder Klange zugrunde liegt, wenn wir die Nervenfasern durch Punkte einer Geraden und die Stärke ihrer Erregung durch Strecken, die in jenen Punkten auf der Geraden senkrecht stehen, darstellen.



Es wird hier die Tonhöhe durch die Hauptstrecke n , die Klangfarbe durch die Nebenstrecken $2n$, $3n$, $4n$, ... angedeutet. Der stärkere Ton wird durch die größere Anzahl der zu den Strecken n , $2n$, $3n$, ... hinzutretenden Nachbarstrecken gekennzeichnet.

c) Quantitative Bestimmungen.

Von den Ergebnissen der quantitativen Erforschung des Zusammenhangs zwischen Reiz und Empfindung theile ich die folgenden mit.

Die Reizschwelle wurde sowohl für die Geräusche als auch für die Töne bestimmt. Man fand das Geräusch eines Korkkügelchens von 1 mg Gewicht, das aus einer Höhe von 1 mm auf eine Glasplatte fiel, unter günstigen Umständen eben wahrnehmbar. Andererseits wurde aus Versuchen mit Orgelpfeifen die Amplitude der Schwingungen in der Nähe des Ohres für einen eben wahrnehmbaren Ton gleich 0,00004 mm und die hierbei auf das Trommelfell des Ohrs einwirkende mechanische Arbeit gleich 1 : 3 Billionen Kilogramm-meter oder 0,0003 mg-mm berechnet. Als allgemein gültig sind diese Werte wohl nicht zu betrachten.

Der Untersuchung über die Empfindlichkeit gegen Schallunterschiede wurden Geräusche zugrunde gelegt, die durch Kugeln von bestimmtem Gewichte beim Fallen von einer bestimmten Höhe erregt wurden. Die zahlreichen Versuchsreihen stellen indessen durch die Verschiedenheit ihrer Ergebnisse vor allem die vielfache Bedingtheit der Schallunterscheidung vor Augen. Ihre Unsicherheit wird hinreichend charakterisiert, wenn man beachtet, daß ältere Versuche das Verhältniß $i : r$ des eben merklichen Reizzuwachses i zum vorhandenen

Reiz r innerhalb weiter Grenzen konstant, gleich $1:3$, finden ließen, während sorgfältige neuere Versuche jenen Verhältniswert erheblich kleiner, aber auch großen Schwankungen unterworfen ergaben.

Als objektives Merkmal der Tonhöhe pflegt man die Anzahl der Luftschwingungen, die in der Zeitsekunde erfolgen, zu benützen. Ihr Zusammenhang mit der Tonhöhe zeigt sich darin, daß dem Wachsen der Anzahl ein Steigen des Tones entspricht. Die tiefsten Töne werden bei 10 bis 20 Schwingungen, die höchsten bei 40 000 bis 50 000 Schwingungen in der Sekunde gehört. In weit engeren Grenzen, zwischen 40 und 4000 Schwingungen, halten sich die in der Musik verwendeten Töne.

Auch für die Tonhöhe gibt es eine Reizschwelle, da eine gewisse Anzahl von Schwingungen nötig ist, wenn die Wahrnehmung, daß ein Ton überhaupt oder ein Ton von bestimmter Höhe vorhanden ist, erfolgen soll. Man fand, daß zwei Schwingungen genügen, um das Vorhandensein eines Tones überhaupt wahrzunehmen, während etwa nach 16 Schwingungen ein Urteil über seine Höhe möglich ist. Dabei zeigte sich aber die Übung von so großem Einfluß, daß geschulte Beobachter unter den günstigsten Umständen bereits nach 1 bis 2 Schwingungen in den verschiedenen Höhenlagen den Ton in seiner besonderen Beschaffenheit erkennen konnten.

Die Unterschiedsschwelle ist für die gewöhnlich zur Verwendung gelangenden Tonhöhen konstant. Die nach verschiedenen Methoden angestellten Versuche ergaben in dem durch 64 und 1024 Schwingungen in der Sekunde begrenzten Bereiche angenähert 0,2 Schwingungen als eben merklichen Höhenunterschied. Oberhalb und unterhalb dieser Grenzen fand man zunächst 0,4

Schwingungen und weiterhin rasch zunehmende Unterschiedswerte. Einer solchen feinen Unterschiedsempfindlichkeit treten übrigens Fälle gegenüber, in denen der Höhenunterschied zweier Töne, die das Intervall der Terz, der Quarte, sogar der Quinte bildeten, unrichtig beurteilt wurde.

Es steht jedoch zweifellos die Empfindlichkeit gegen die Unterschiede der Tonhöhen in keinem Zusammenhange mit den Intervallen der musikalischen Tonskala. Denn diese Intervalle sind nicht von den Differenzen, sondern von den Quotienten der Schwingungszahlen abhängig.

Wird nämlich der Ton c durch n Schwingungen in der Sekunde erzeugt, so sind die Schwingungszahlen der Töne:

$$c; \quad d; \quad e; \quad f; \quad g; \quad a; \quad h$$

der Reihe nach gleich:

$$n; \quad \frac{9}{8}n; \quad \frac{5}{4}n; \quad \frac{4}{3}n; \quad \frac{3}{2}n; \quad \frac{5}{3}n; \quad \frac{15}{8}n,$$

und jeder um eine Oktave höhere Ton hat die doppelte Schwingungszahl. Es werden daher insbesondere die Intervalle der Oktave, Quinte, Quarte, großen Sexte, großen Terz der Reihe nach durch die Verhältnisse $1:2$, $2:3$, $3:4$, $3:5$, $4:5$ charakterisiert.

Dieser Zusammenhang zwischen den musikalischen Intervallen und den Verhältnissen der Schwingungszahlen wird durch die obige Darstellung der zugrunde liegenden Reizvorgänge unmittelbar verständlich. Sobald nämlich die Schwingungszahlen n und m zweier Töne in einem einfachen, rationalen Verhältnisse stehen, findet man unter den Nebenstrecken $2n$, $3n$, $4n$, ... und $2m$, $3m$, $4m$, ... solche, die beiden Systemen gemeinsam sind und die Verwandtschaft oder Konsonanz der beiden Töne bedingen. So ist z. B. die Oktave

$$2n, 4n, 6n, 8n, \dots$$

vollständig in dem Grundtone

$$n, 2n, 3n, 4n, 5n, \dots$$

enthalten. Dieses Intervall zeigt darum die stärkste Konsonanz, und der Reiz, welcher der Oktave zugrunde liegt, verschmilzt am innigsten mit dem Reize des Grundtones. Es haben ferner zwei Töne

$$2n, 4n, 6n, 8n, 10n, 12n, \dots$$

$$3n, 6n, 9n, 12n, 15n, \dots,$$

von denen der zweite die Quinte des ersten ist, die Strecken $6n, 12n, \dots$ gemeinsam, was die Konsonanz dieses Intervalls und den Verschmelzungsgrad der zugrunde liegenden Reize erklärt.

Wir gewinnen so die Einsicht, daß zwar nicht die physikalisch nachweisbaren Obertöne (die nur Modifikationen der Klangfarbe bedingen), wohl aber die bei Erregung der Nervenfasern n niemals fehlende Miterregung der Nervenfasern $2n, 3n, 4n, \dots$ den musikalischen Charakter der Tonempfindungen (die Verwandtschaft oder Konsonanz der Töne und die Verschmelzung der zugrunde liegenden Reize) veranlaßt. Zugleich wird es durch die Miterregung der benachbarten Nervenfasern erklärlich, daß kleine Abweichungen der Schwingungszahlen von den mathematisch genauen Verhältniswerten unbeachtet bleiben, und daß die Reize zweier unmittelbar benachbarter Töne miteinander verschmelzen und die Wahrnehmung eines Zwischentones veranlassen können.

§ 17. Der Gesichtssinn.

a) Die Mannigfaltigkeit der Gesichtsempfindungen.

Den Inhalt der Gesichtswahrnehmungen bilden die Eindrücke des Lichtes. Sie stellen sich als Farben von verschiedener Art und Helligkeit dar, die man hauptsächlich als weiß, grau, schwarz, rot, gelb, grün, blau bezeichnet. Diese wenigen Namen erschöpfen jedoch keineswegs den Reichtum der zur Verfügung stehenden sprachlichen Bezeichnungen, und noch weniger die Fülle der tatsächlich unterscheidbaren Farbennuancen. Trotzdem genügen sie, in Verbindung mit Angaben wie z. B. rotgelb, graublau, dunkel- oder hellgrün, um eine, wenn auch rohe Verständigung über eine vorhandene Farbeempfindung zu ermöglichen.

Hieraus folgt zunächst, daß die Farbenamen nicht einzelnen Nuancen von ganz bestimmter Qualität, sondern einer Vielheit unterscheidbarer, und zwar qualitativ abgestufter Farben zukommen. Durch Rot, Gelb, Rotgelb usw. werden Gruppen oder Klassen von Farben bestimmt.

Zugleich wird man zu der Erkenntnis geführt, daß die Gesamtheit aller Farben eine einzige, in sich zusammenhängende Mannigfaltigkeit bildet. Denn es müssen doch die verschiedenen Empfindungen, die man beispielsweise rot nennt, in solchem Maße einander ähnlich sein, daß ihre Zusammenfassung durch einen gemeinsamen Namen möglich ist; und es könnten ferner die rotgelben Empfindungen nicht als solche bezeichnet werden, wenn sie nicht in der Tat sowohl den roten als auch den gelben Farben naheständen und so einen Zusammenhang zwischen denselben herstellten. Die

Farbenmannigfaltigkeit besteht somit aus einzelnen, durch die sprachliche Bezeichnung hervorgehobenen Gebieten, die durch Zwischengebiete verbunden sind.

Diese Gebiete haben keine scharfen Grenzen. Denn es werden ja an Stelle von Grenzlinien die Zwischengebiete eingeschaltet, deren Grenzen wiederum als Gebiete von kleinerem Umfange sich darstellen. Wie nämlich die roten und gelben Farben durch das Gebiet der rotgelben getrennt werden, so werden auch die letzteren ihrerseits von den roten durch den Bereich der gelblich-roten und von den gelben durch den Bereich der rötlich-gelben Farben abgeschieden.

Mit dem Fehlen scharfer Grenzen hängt weiterhin die Tatsache zusammen, daß die Gebiete keine Mittelpunkte oder sonstige Stellen besitzen, die unzweifelhaft und ein für allemal angegeben werden könnten. Es gibt daher z. B. für die Gruppe der roten oder gelben Farben keine bestimmte Qualität, die in bevorzugter Weise rot oder gelb genannt werden könnte. Es existiert somit keine psychologisch ausgezeichnete Normalempfindung Rot oder Gelb — kein „Urrot“ oder „Urgelb“ —, zwischen welchen sich dann alle gelblich-roten, rotgelben und rötlich-gelben Empfindungen einschalten ließen. Sondern bloß die Farben willkürlich gewählter oder durch die Erfahrung des Lebens nahegelegter Objekte, wie das Rot des Blutes oder das Gelb des Schwefels, können zur Orientierung dienen; und erst nach der empirischen Feststellung solcher Ausgangsfarben kann man von Zwischenfarben reden.

Darum ist auch die Unterscheidung von Hauptgebieten und Zwischengebieten oder von Hauptfarben und Zwischenfarben nicht durch die Beschaffenheit der Empfindung, sondern durch die an und für sich zufällige

Bekanntschaft mit bestimmten farbigen Objekten bedingt. Denn es ist nicht möglich, durch eine psychologische Analyse aus den beispielsweise als rotgelb bezeichneten Farben die Rot- oder Gelbempfindung zu abstrahieren. Vielmehr behauptet sich bei unbefangener, durch die Kenntnis des physikalischen und physiologischen Reizvorgangs nicht beeinflusster Betrachtung jede Farbennuance in selbständiger Einfachheit neben jeder anderen *).

Die psychologische Untersuchung führt demgemäß nicht zur Auffindung einer Anzahl isolierter Grundfarben und aus ihnen bestehender Mischfarben, die den vier Grundgeschmäcken und ihren Mischungen zur Seite gestellt werden könnten. Sie kann auch keine der Klanganalyse und Tonverwandtschaft entsprechenden Erscheinungen feststellen; denn jede Unterscheidung von Farben bezieht sich auf ein räumliches Nebeneinander oder ein zeitliches Nacheinander, nicht aber

*) Manche Psychologen lassen neben Schwarz und Weiß nur Rot, Gelb, Grün, Blau oder auch bloß Rot, Gelb und Blau als einfache Qualitäten gelten. Sie pflegen sich auf Goethe zu berufen, der ebenso wie viele Maler nur Gelb, Blau und Rot als Grundphänomene hervorhebt. Goethe sagt allerdings: „Drei Farben, Gelb, Rot und Blau, gibt es bekanntlich nur. Wenn wir diese in ihrer ganzen Kraft annehmen, und stellen sie uns wie einen Zirkel vor, so bilden sich aus den drei Farben Gelb, Rot und Blau die Übergänge Orange, Violett und Grün.“ Er sagt aber auch bezüglich der Mischung von Gelb und Blau zu Grün: „Wenn beide Mutterfarben sich in der Mischung genau das Gleichgewicht halten, dergestalt, daß keine vor der andern bemerklich ist, so ruht das Auge und das Gemüt auf einem Gemischten wie auf einem Einfachen.“ (Zur Farbenlehre; sinnlich-sittliche Wirkung der Farben.) Hiermit wird aber doch zugegeben, daß die Mischung der Farbstoffe für die subjektive Auffassung etwas Einfaches ergibt.

auf ein Ineinander zusammenbestehender Reizvorgänge wie bei den Schallwellen. Es lassen sich nur ebenso wie bei den Gerüchen ähnliche und verwandte Qualitäten gruppenweise zusammenfassen, wobei sich jedoch der durchgängig vorhandene und in mehrfacher Richtung auftretende Gegensatz zwischen den Farben als ordnendes Prinzip darbietet.

In einem ausgeprägten Gegensatze stehen vor allem Weiß und Schwarz, die durch die grauen Schattierungen ineinander übergeführt werden können. Diese Schattierungen sind nicht bloß um so ähnlicher, je näher sie einander stehen; sie sind überdies zugleich heller oder dunkler, je mehr sie sich dem reinen Weiß als der hellsten oder dem reinen Schwarz als der dunkelsten Qualität nähern. Die weißen, grauen und schwarzen Farben ordnen sich somit innerhalb der Gesamtmannigfaltigkeit in eine Reihe, die als die Weiß-Schwarzreihe oder als die Reihe der reinen Helligkeitsqualitäten bezeichnet werden kann. Indem sie sich von der Gesamtheit der übrigen Farben absondert, kann sie auch als die Reihe der farblosen Qualitäten den eigentlichen Farben gegenübergestellt werden.

Die eigentlichen Farben Rot, Gelb, Grün usw. sind gleichfalls einer Ordnung fähig. Denn sowohl Rot und Grün als auch Gelb und Blau zeigen ein gegensätzliches Verhalten, so zwar, daß die beiden ersteren durch die beiden letzteren getrennt werden. Man gelangt nämlich von Rot durch Orange (Rotgelb) zu Gelb, sodann durch Gelbgrün zu Grün, ferner durch Grünblau zu Blau und schließlich durch Violett und Purpur zum anfänglich markierten Rot zurück. Die Farbtöne ordnen sich daher ebenso wie die reinen Helligkeiten in eine Reihe; aber an Stelle der beiderseits durch Weiß und Schwarz

begrenzten, als gerade Linie darstellbaren Reihe tritt hier eine in sich zurücklaufende, die in der Kreislinie ihre einfachste Veranschaulichung erhält.

Hierdurch wird ein wesentlicher Unterschied zwischen den Farbentönen und den Helligkeitsstufen vor Augen gestellt. Während nämlich der größtmögliche Helligkeitsgegensatz an die beiden Endpunkte der Weiß-Schwarzreihe gebunden ist, sind in der Reihe der Farbentöne alle diejenigen Paare, welche durch Gegenpunkte der Kreislinie markiert werden, in gleicher Weise mit dem höchsten Grade des Farbengegensatzes behaftet. Der letztere ist somit in vielfacher Auflage vorhanden.

Besitzen zwei Empfindungen solche entgegengesetzten Farbentöne, so werden sie als Gegenfarben aufeinander bezogen. Diese Beziehung trifft zunächst nur die einzelnen Glieder in der Reihe der eben merklich abgestuften Farbentöne. Sie wird aber dann auf mehr oder minder eng umgrenzte Bereiche übertragen. Darum können wir unter Verzicht auf eine weitergehende Spezialisierung sagen, daß Rot und Grün einerseits, Gelb und Blau andererseits Gegenfarben sind.

Der angegebene Unterschied könnte nicht bestehen, wenn eine Änderung des Farbentones ebenso wie die Änderung der grauen Schattierungen in der Weiß-Schwarzreihe notwendig mit einer Steigerung oder Schwächung der Helligkeit verknüpft wäre. Es hat hingegen ein Wachsen oder Abnehmen der Helligkeit auch für die eigentlichen Farben eine Änderung des Farbentones zur Folge. Sie tritt allerdings bei den mittleren Helligkeitsstufen weniger augenfällig hervor; sie zeigt sich aber bei den höchsten in einer dem reinen Weiß sich nähernden Aufhellung, bei den niedrigsten in einer bis zum reinen Schwarz gehenden Verdunkelung. Für

die Unterscheidung der Farbentöne sind darum die mittleren Helligkeitsgrade am günstigsten.

Indessen kann auch ohne Änderung der Helligkeit die Empfindung eines bestimmten Farbentones in größerem oder geringerem Maß den Gliedern der Weiß-Schwarzreihe ähnlich sein. Eine rote Farbe kann beispielsweise mehr oder weniger blaß oder weißlich aussehen, obwohl Farbenton und Helligkeitsgrad derselbe ist. Man spricht darum von den Sättigungsgraden der Farben. Mit der Abnahme der Sättigung ist bei der in der Regel vorhandenen mittleren Helligkeit eine Annäherung an eine der grauen Nuancen verbunden; mit der Zunahme der Sättigung wird der Farbenton deutlicher, der bei den stärksten Graden am vollkommensten zur Geltung kommt. Die besprochene Ordnung der Farbentöne in eine kreisförmige Reihe findet daher in den gesättigten Farbenempfindungen ihre Verwirklichung.

Die Reihe der gesättigten Farben bildet zusammen mit der Weiß-Schwarzreihe die feste Grundlage für die Ordnung der ganzen Farbenmannigfaltigkeit. Dabei wird angenommen, daß alle Glieder des Kreises der gesättigten Farben in gleicher Weise durch eben merkbare Abstufungen der Helligkeit und der Sättigung in jedes Glied der Weiß-Schwarzreihe übergeführt werden können. Dies wird dadurch zur Anschauung gebracht, daß man die Gerade der Helligkeitsstufen in senkrechter Richtung durch den Mittelpunkt des Kreises der Farbentöne gehen läßt. Werden sodann die Helligkeitsunterschiede der gesättigten Farben vernachlässigt, und setzt man ihre Helligkeit derjenigen des Mittelgliedes der Weiß-Schwarzreihe gleich, so können in der Kreisebene alle mit dieser Helligkeit behafteten Farben in ihren verschiedenen Sättigungsgraden und Farbentönen sich

ausbreiten. Die nämlichen Farben bei größerer oder geringerer, jedesmal konstant erhaltener Helligkeit lagern sich alsdann in parallelen Kreisflächen, deren Radius um so kleiner wird, je mehr sich die Helligkeit dem Maximum oder Minimum nähert, so daß schließlich der Kreis für den höchsten Helligkeitsgrad auf das Endglied Weiß, für den niedrigsten auf das Endglied Schwarz der Weiß-Schwarzreihe zusammenschrumpft. Die nebeneinander gereihten Kreise kann man sich zu einem Doppelkegel oder zu einer Kugel zusammengeschlossen denken, wodurch man ein ungefähres Bild von der Farbenmannigfaltigkeit erhält, das zwar im einzelnen nicht genau zutrifft, aber die Tatsache veranschaulicht, daß jede Farbe nach drei Hauptrichtungen, nämlich nach Farbenton, Sättigungsgrad und Helligkeit, verändert werden kann.

Zusammenfassend kann man daher sagen:

Die einfachen Qualitäten des Gesichtssinns sind die Farben. Sie bilden eine dreifach ausgedehnte, in sich zusammenhängende Mannigfaltigkeit, deren Glieder nach den drei Merkmalen des Farbentons, des Sättigungsgrades und der Helligkeit abgestuft werden können. Dabei ist aber jede Änderung der Helligkeit zugleich mit einer Änderung der Farbenbeschaffenheit verknüpft, derart, daß das Schwarz der niedrigsten Helligkeitsstufen sich bei zunehmender Helligkeit in die grauen und mit gesättigten Farbentönen behafteten Empfindungen entfaltet, die sich sodann bei noch weiter gesteigerter Helligkeit insgesamt dem reinen Weiß nähern.

b) Das objektive Licht und sein Zusammenhang mit den Lichtempfindungen.

Das objektive Licht ist von *Newton* auf kleine, von dem leuchtenden Körper ausströmende und in das Auge

eindringende Stoffteilchen, von *Huyghens* auf die Wellenbewegung des hypothetischen Weltäthers zurückgeführt worden. Die Huyghenssche, später allgemein angenommene Theorie setzt den Äther als ein elastisches, gewichtsloses, alle Körper durchdringendes Medium voraus, dessen letzte Bestandteile eine bestimmte Gleichgewichtslage wie die Moleküle der festen Körper haben und demgemäß transversale, zur Fortpflanzung senkrechte Schwingungen auszuführen imstande sind. Die moderne von *Faraday* und *Maxwell* entwickelte Auffassungsweise setzt an Stelle der mechanischen Schwingungen letzter Ätherteilchen elektromagnetische, periodisch wechselnde Zustände der Spannung und Entspannung in dem kontinuierlich den Raum erfüllenden Äther voraus. Auf solche periodische Zustandsänderungen oder Schwingungen des Äthers gründet die physikalische Optik die Erklärung der verschiedenen Lichterscheinungen.

Man unterscheidet homogenes (einfaches) und zusammengesetztes Licht. Das homogene Licht besteht aus einfachen Schwingungen von übereinstimmender Dauer, so daß innerhalb gleicher Zeiten auch gleiche Anzahlen von Schwingungen erfolgen. Seine Energie wird wie beim Schall durch die lebendige Kraft der Schwingungen bestimmt. Seine physikalische Beschaffenheit ändert sich mit der Schwingungsdauer oder der Anzahl der in der Zeiteinheit aufeinanderfolgenden Schwingungen. Da sich das Licht innerhalb eines und desselben Mediums mit gleichmäßiger Geschwindigkeit fortpflanzt, so ist bei konstanter Schwingungsdauer zugleich die Wellenlänge, d. h. der während des Vollzugs einer Schwingung zurückgelegte Weg, konstant. An Stelle der Schwingungsdauer oder Schwingungszahl kann daher auch die Angabe der Wellenlänge unter Voraussetzung

eines bestimmten Mediums, z. B. der atmosphärischen Luft, treten. Homogenes Licht von bestimmter Art kann folglich durch seine Schwingungszahl oder seine Wellenlänge charakterisiert werden.

Das zusammengesetzte Licht entsteht durch eine Vereinigung verschiedener Arten homogenen Lichtes, wobei jede Art in beliebiger Stärke auftreten kann.

Der Unterschied zwischen homogenem und zusammengesetztem Licht tritt insbesondere beim Durchgang durch ein Prisma augenfällig zutage. Die verschiedenen Arten homogenen Lichtes besitzen nämlich unter sonst gleichen Umständen eine verschiedene Brechbarkeit, so zwar, daß bei zunehmender Schwingungszahl oder abnehmender Wellenlänge die Brechung, d. h. die Ablenkung aus der ursprünglichen Fortpflanzungsrichtung, zunimmt. Das zusammengesetzte, aus einer Mischung homogener Lichtarten von verschiedener Brechbarkeit bestehende Licht wird daher beim Durchgang durch ein Prisma in seine einfachen Bestandteile zerlegt, die nach dem Austritt in räumlicher Sonderung nebeneinander verlaufen und in ihrer Aneinanderreihung das Spektrum des zusammengesetzten Lichtes bilden. Das homogene Licht dagegen wird nicht zerlegt; es charakterisiert sich durch seine Unzerlegbarkeit als einfaches Licht.

Die Beschaffenheit des objektiven Lichtes wird somit bestimmt:

1. durch die in der Zeiteinheit erfolgende Anzahl von Schwingungen oder durch die für ein bestimmtes Medium berechnete Wellenlänge der homogenen Lichtarten;

2. durch die Verhältnisse, in denen sich die verschiedenen homogenen Lichtarten zu zusammengesetztem Lichte mischen;

3. durch die Energie, die für den einzelnen Lichtstrahl dem Quadrate der Schwingungsamplitude proportional ist. Sie wird infolge der allseitigen Ausbreitung des Lichtes im Raume schwächer, wenn die Entfernung von der Lichtquelle zunimmt, und zwar wächst die Schwächung proportional mit dem Quadrate der Entfernung.

Um nun den Zusammenhang zwischen der objektiven Beschaffenheit und der subjektiven Auffassung des Lichtes in seinen Hauptzügen festzustellen, ist einesteils die Abhängigkeit der Helligkeitsempfindung von der wechselnden Energie der Beleuchtung zu untersuchen und anderenteils der Erfolg anzugeben, den die Zerlegung zusammengesetzten Lichtes in sein Spektrum und die Mischung homogener Lichtarten für die subjektive Wahrnehmung mit sich führt.

Daß überhaupt die Helligkeit der Gesichtsempfindung mit der objektiven Lichtstärke zunimmt, lehrt schon der Wechsel zwischen Nacht und Tag. Beim völligen Lichtmangel der Nacht versinkt alles in ununterscheidbarem Schwarz. Der Tag dagegen bringt uns außer der Entfaltung der Farbentöne alle Stufen wachsender Helligkeit bis zum blendenden Weiß der Sonne, die als die stärkste physische Lichtquelle beim unmittelbaren Anblick zugleich den höchsten Helligkeitsgrad der Empfindung erregt.

Dabei hält aber die subjektive Unterscheidbarkeit der Helligkeiten mit der Zunahme der objektiven Lichtstärke nicht gleichen Schritt, sondern je größer die physische Energie ist, um so schwieriger ist die Wahrnehmung gleich großer, tatsächlich vorhandener Lichtunterschiede. Beispielsweise verstärkt das Licht der Sterne das Mondlicht um den nämlichen Betrag wie

das Sonnenlicht; gleichwohl sieht man die Sterne am Tage nicht, obschon sie ebenso wie in der Nacht ihr Licht ausstrahlen. Der Zuwachs muß also für die Tagesbeleuchtung größer sein als für den Mondschein, soll er in beiden Fällen gleich merklich empfunden werden; und es gehört somit zu einem stärkeren Reizwerte r ein größeres Reizintervall i oder eine größere Unterschiedsschwelle als zu einem schwächeren. Man wird daher konstante Werte der Verhältnisse $i:r$ erwarten, wonach das Webersche Gesetz auch im Gebiete des Gesichtssinns Geltung hätte.

In der Tat zeigt es sich, daß in Übereinstimmung mit diesem Gesetze die Helligkeitsunterschiede im allgemeinen gleich merklich bleiben, wenn die objektiven Lichtstärken in demselben Verhältnisse geändert werden. So werden z. B. schwache Abstufungen in der Helligkeit der Wolken in gleicher Weise wahrgenommen, mag man sie mit bloßem Auge oder durch verdunkelnde Gläser betrachten. Im ersteren wie im letzteren Falle hat aber der relative Reizzuwachs, der von dem einen Helligkeitsgrade zu dem anderen führt, den nämlichen Wert, da die Verdunkelung jede der verglichenen Wolkennuancen im gleichen Verhältnisse trifft.

Indessen machen sich bei genauen, messenden Versuchen infolge der Beschaffenheit des Sehorgans störende Umstände geltend, die in Verbindung mit der Verschiedenheit der angewandten Methoden zu erheblich differierenden Ergebnissen geführt haben. Es schwanken nämlich die von verschiedenen Beobachtern gefundenen Werte der relativen Unterschiedsschwelle $i:r$ für die gewöhnlichen mittleren Intensitäten zwischen den Grenzen 0,02 und 0,004, wobei sich überdies die Konstanz dieses Wertes bei dem einen Beobachter in engere,

bei dem anderen in weitere Grenzen eingeschlossen zeigt.

Bei der Bestimmung der Reizschwelle macht sich die von inneren Reizen des Sehorgans herrührende schwache Erregung, das sogenannte Eigenlicht der Netzhaut, bemerklich. Man kann daher nur die Helligkeit ermitteln, die eben merklich von jenem Eigenlichte verschieden ist. Das eben merkliche Glühen eines Metalldrahts im Dunkeln ergab nach einer ungefähren Schätzung 1 : 300 von der Lichtstärke eines vom Vollmond beschienenen weißen Papiers.

Neben der Energie des physischen Lichtes ist, nach den obigen Angaben, seine Mischung aus homogenen Lichtarten und die Schwingungsdauer oder Wellenlänge der letzteren in Betracht zu ziehen. Andererseits besitzt die Lichtempfindung außer der Helligkeit noch die Eigenschaften des Farbentons und des Sättigungsgrades. Es werden demnach diese Eigenschaften der Empfindung mit den bezeichneten Merkmalen des physischen Lichtes zusammenhängen. Die Art des Zusammenhangs ergibt sich der Hauptsache nach durch die Betrachtung des Sonnenlichtes vor und nach dem Durchgange durch ein Prisma.

Das in seiner physikalischen Beschaffenheit noch nicht veränderte Sonnenlicht wird als weiß oder, je nach dem Grade der Abschwächung, als hell- oder dunkelgrau empfunden. Es ist aus allen möglichen homogenen Lichtarten zusammengesetzt, denn es zerlegt sich beim Durchgang durch ein Prisma in ein kontinuierliches Spektrum, das aus der Aneinanderreihung homogener Lichtstrahlen von stetig zunehmender Schwingungszahl oder entsprechend abnehmender Wellenlänge besteht. Innerhalb der Grenzen, welche durch die Strahlen mit 450 Billionen Schwingungen in der Sekunde

oder einer Wellenlänge von 688 Millionteilen eines Millimeters (für die Fortpflanzung in der atmosphärischen Luft) einerseits und durch solche mit 790 Billionen Schwingungen oder 393 Millionteilen eines Millimeters andererseits bestimmt werden, wird dieses Spektrum als ein Band stetig sich verändernder lebhafter Farben im höchsten, überhaupt herstellbaren Sättigungsgrade empfunden. Die Abstufungen, welche es zeigt, erfüllen die kreisförmige Reihe der gesättigten Farben von Rot bis Violett mit alleinigem Ausschluß der Purpurtöne. Dabei entspricht Rot der geringsten, Violett der größten Schwingungszahl.

Demnach erzeugt das zusammengesetzte Licht, in dem kein homogenes Licht von bestimmter Art vorherrscht, in seinen verschiedenen Stärkegraden die ungesättigten Empfindungen der Weiß-Schwarzreihe, die durchaus einfach sind und keine der physikalischen Zusammengesetztheit entsprechende psychologische Analyse zulassen. Das homogene Licht von bestimmter Wellenlänge dagegen erzeugt eine gesättigte Empfindung von bestimmtem Farbenton, der sich mit der Wellenlänge ändert.

Diese Änderung erfolgt jedoch keineswegs gleichmäßig. Denn der Anblick des Spektrums zeigt eine verschiedene Ausdehnung des roten, gelben, grünen, blauen und violetten Teils: Rot und Violett erfüllt ein großes, Gelb und Blau ein kleines Gebiet, der Bereich des Grünen besitzt eine mittlere Ausdehnung. Dementsprechend ändert sich der Farbenton im gelben und blauen Teil am raschesten, im roten und violetten Teil am langsamsten. Dort ergibt sich schon eine eben merkliche Abstufung, wenn der Unterschied der Wellenlängen nicht ganz ein Milliontel Millimeter beträgt,

während hier erst Unterschiede von 2 bis 5 Milliontel Millimeter im Farbentone sich bemerklich machen. Es ist somit keine einfache, gesetzmäßige Zuordnung von Farbenton und Wellenlänge nachweisbar.

Außerdem besitzen die Farben des Spektrums auch verschiedene Helligkeiten, die in keiner direkten Abhängigkeit von der Energie der Lichtstrahlen stehen. Denn die lebendige Kraft der Ätherschwingungen vermindert sich für die abnehmenden Wellenlängen von Rot bis Violett. Es müßte demnach Rot am hellsten, Violett am dunkelsten sein. In Wirklichkeit ist aber beim gewöhnlichen Tageslicht Gelb am hellsten, und die Helligkeit nimmt sowohl gegen Rot als auch gegen Violett hin mit wechselnder Raschheit ab. Schwächt sich hingegen die Beleuchtungsstärke für das Auge und für das Spektrum, wie das bei einbrechender Dämmerung der Fall ist, so verschiebt sich die am hellsten aussehende Stelle; sie rückt in das Gebiet der grünen Farben, wobei gleichzeitig die Farbentöne selbst verblassen. — Diese Verschiebung der Helligkeiten im Spektrum bei zunehmender Dunkelheit nennt man das Purkinjesche Phänomen.

Überhaupt zeigt sich der Farbenton nicht bloß von der Wellenlänge, sondern auch von der Stärke des Lichtes abhängig. Zwar läßt eine mäßige Veränderung der Lichtstärke die Farben des Spektrums nur heller oder dunkler erscheinen. Aber bei einer beträchtlichen Steigerung werden die Gebiete des Gelben und Blauen breiter auf Kosten der Nachbarfarben und gewinnen dabei ein weißes Aussehen; bei einer entsprechenden Schwächung ferner verbreiten sich Rot, Grün und ein bläuliches Violett über die angrenzenden Bereiche, womit sich eine Annäherung an Grau verbindet.

Zugleich ist hieraus zu ersehen, daß nicht bloß gesättigte, sondern auch tonlose Farben durch homogenes Licht erzielt werden können.

Ebensowenig besteht für das zusammengesetzte Licht eine einfache Zuordnung der physikalischen Beschaffenheit zur Qualität der Empfindung.

Im allgemeinen hängt allerdings die Sättigung der Farbe von der Art und Weise der objektiven Zusammensetzung ab. Wird nämlich einfachheitshalber das Licht von bestimmter Wellenlänge durch den bei normaler Helligkeit entstehenden Farbenton bezeichnet, so kann man folgende Regel aufstellen:

Die objektive Mischung zweier Farbentöne (die mit der Mischung farbiger Substanzen, welche die Maler vornehmen, nicht verwechselt werden darf) erzeugt eine Empfindung, deren Ton im Kreise der gesättigten Farben zwischen den durch die Mischungsbestandteile markierten Stellen liegt, und deren Sättigungsgrad mit der Ähnlichkeit der gemischten Farbentöne wächst, mit der Unähnlichkeit derselben abnimmt. Gegensätzliche Farbentöne, die für den psychologischen Standpunkt Gegenfarben sind, ergeben bei geeigneten Mischungsverhältnissen völlig ungesättigte, unbetonte Empfindungen.

Daraus folgt aber, daß nicht nur durch die sehr starke oder sehr schwache Einwirkung homogener Lichtarten oder durch die im Sonnenlichte vorliegende Gesamtheit derselben, sondern auch durch die Mischung von je zwei homogenen Strahlen mit gegensätzlichen Farbentönen Glieder der Weiß-Schwarzreihe erzeugt werden können. Die beiden zusammenwirkenden Elemente heißen alsdann Komplementärfarben, wonach je zwei individuell bestimmte Gegenfarben zugleich

mit Rücksicht auf den Erfolg ihrer objektiven Mischung als Komplementärfarben sich darstellen. Da andererseits der Sättigungsgrad bei der Vereinigung geeignet gewählter Farbentöne von demjenigen der Spektralfarben nicht wahrnehmbar verschieden ist, so erhellt, daß auch eine und dieselbe gesättigte Empfindung durch zusammengesetztes Licht ebensowohl wie durch homogenes erregt werden kann.

Insbesondere ergibt die Mischung violetter und roter Strahlen die im Spektrum fehlenden Purpurtöne, die mithin physikalisch nur als zusammengesetztes Licht existieren, obschon sie den Spektralfarben im Kreise der gesättigten Farben psychologisch gleich stehen. Nimmt man sodann zu jenen kurz- und langwelligen Strahlen noch solche von mittlerer Wellenlänge aus dem grünen Teile des Spektrums, so kann man durch Variierung des Mischungsverhältnisses aus Rot und Grün jede dazwischenliegende rotgelbe, gelbe und gelbgrüne Farbe gewinnen und aus Grün und Violett die zwischen denselben sich abstufoenden Töne herstellen. Da überdies die Vereinigung aller drei Lichtarten zu weniger gesättigten und ganz tonlosen Empfindungen führt, so kann schließlich auf diesem Wege jedes Glied der Farbmännigfaltigkeit gewonnen werden. Mit Rücksicht hierauf nennt man Rot, Grün und Violett die Grundfarben. Indessen kann der nämliche Erfolg erzielt werden, wenn man an Stelle dieser drei Grundfarben andere oder eine größere Anzahl wählt. Es kann demnach aus der Beschaffenheit der Empfindung die objektive Grundlage derselben nicht mit Bestimmtheit erschlossen werden.

Auf Grund dieser Darlegungen resultiert die Erkenntnis, daß

Helligkeit, Farbenton und Sättigung der Gesichtsempfindungen zwar in der angegebenen Weise durch die Energie, die Wellenlänge und die Zusammensetzung der Ätherschwingungen bedingt sind, daß aber keine einfache und eindeutige Abhängigkeit zwischen der objektiven Beschaffenheit und der subjektiven Wahrnehmung des Lichtes besteht.

Es ist daher der im Sehorgan sich abspielende physiologische Reizvorgang in Betracht zu ziehen, der den Zusammenhang zwischen dem äußeren, physikalischen Reiz und der Empfindung vermittelt.

c) Das Sehorgan.

An dem kugelförmigen, innerhalb der Augenhöhle durch die drei Augenmuskelpaare (den inneren und äußeren geraden, den oberen und unteren geraden, den oberen und unteren schiefen Muskel) drehbaren Augapfel unterscheidet man die Hüllen und die ausfüllenden Teile.

Die Hüllen sind in der Aufeinanderfolge von außen nach innen: 1. Die harte, weiße Augenhaut, welche vorn in die durchsichtige Hornhaut übergeht. 2. Die von zahllosen Blutgefäßen durchzogene, auf der Innenfläche mit schwarzem Farbstoff bedeckte Aderhaut, die nach vorn zu dem Strahlenkörper sich faltet und vor demselben mit der farbigen, in der Mitte durch das Sehloch oder die Pupille durchbohrten Regenbogenhaut in Verbindung steht; die letztere, welche dem Auge seine Farbe gibt, kann unter dem Einflusse des Lichtes die Pupille verändern, die sich bei starkem Lichte verkleinert, bei schwachem vergrößert. 3. Die Netzhaut, welche den das Sehen vermittelnden Nervenendapparat enthält. Sie besteht aus mehreren Schichten,

deren äußerste, der Aderhaut zunächst liegende, von dünnen, durchsichtigen, auf der Schichtfläche senkrecht stehenden, zylinderförmigen Stäbchen gebildet wird, zwischen die sich flaschenförmige Zapfen schieben. Die Stäbchen und Zapfen gelten als die Vermittler der Nervenenerregung. Die Eintrittsstelle des Sehnerven, an welcher die Stäbchen- und Zapfenschicht fehlt, ist für Licht nicht empfänglich; sie heißt darum der blinde Fleck. Der daneben in der Netzhautmitte sich befindende gelbe Fleck ist die Stelle des deutlichsten Sehens; dort stehen die Zapfen am dichtesten.

Der von diesen Hüllen abgeschlossene Hohlraum wird in der Richtung von vorn nach hinten durch die wässerige Flüssigkeit, die Kristalllinse und den Glaskörper erfüllt. Der letztere ist eine glashelle, gallertartige Masse. Vor ihr, in sie eingedrückt, liegt der festere, elastische Körper der Linse, die durch den Strahlenmuskel beim Sehen in die Ferne abgeflacht, beim Sehen in der Nähe stärker gekrümmt wird. Das Auge kann sich daher den Entfernungen der betrachteten Objekte anpassen; es besitzt, wie man sagt, die Fähigkeit der Akkommodation. Zwischen der von der Regenbogenhaut umrandeten Linse und der Hornhaut, in der vorderen Augenkammer, befindet sich die wässerige Flüssigkeit.

Die Bedeutung dieser Substanzen für den Sehakt beruht auf ihrer Durchsichtigkeit und ihrem Brechungsvermögen. Die Brechung, bei welcher der Linse mit ihrer veränderlichen Wölbung die Hauptrolle zufällt, erfolgt in der Weise, daß die von einem fixierten Punkte aus divergierenden, in das Auge eindringenden Lichtstrahlen sich nahezu auf einem Punkte der Netzhaut wieder vereinigen, von wo der Reiz durch Vermittlung

der Stäbchen- und Zapfenschicht dem Sehnerven zugeleitet wird. Dem Nebeneinander der Punkte auf der Oberfläche eines betrachteten Objektes entspricht daher ein Nebeneinander gereizter Netzhautpunkte.

Der volle Reichtum der Farbenempfindungen entsteht allerdings nur beim unmittelbaren Betrachten der Objekte oder beim direkten Sehen, bei welchem der Reiz den zentralen Teil der Netzhaut trifft, welcher durch den gelben Fleck als die Stelle des deutlichsten Sehens gekennzeichnet ist. Die den gelben Fleck mit der Augenmitte verbindende „Gesichtslinie“ ist alsdann auf den gesehenen Gegenstand gerichtet.

Man kann jedoch auch den nicht fixierten Objekten die Aufmerksamkeit zuwenden, ohne den Blick auf sie zu richten. Bei einem solchen indirekten Sehen werden die auf die seitlichen Netzhautteile fallenden Lichtreize beachtet, die indessen auch beim direkten Sehen namentlich für die Orientierung (z. B. beim Gehen auf der Straße) von Bedeutung sind, ohne deutlich erfaßt zu werden.

Werden sie genauer geprüft, so findet man die am äußersten Rande der Netzhaut erregten Empfindungen nur hell oder dunkel, ohne Farbentöne. In dem von dieser Randzone und dem völlig farbentüchtigen zentralen Teile eingeschlossenen Gebiete dagegen werden wesentlich bloß sehr schwache, gelbliche und bläuliche Töne empfunden, jene bei langwelligen, diese bei kurzwelligen Strahlen. Es bestehen jedoch keine scharfen Grenzen zwischen diesen Gebieten, da die Farbentüchtigkeit der Netzhaut allmählich abnimmt, und überdies starke oder räumlich ausgedehnte Lichteindrücke in einem größeren Bereiche farbig erscheinen, als schwache oder enger umgrenzte. Erregt doch selbst beim direkten Sehen ein

Reiz, dessen Stärke und Ausdehnung unter einen gewissen Betrag sinkt, keinen Farbenton, sondern bloße Helligkeit. — Im Gegensatz zu dieser abnehmenden Unterscheidbarkeit der Farbentöne wächst von der Netzhautmitte aus zunächst die Empfindlichkeit für Helligkeiten, um erst bei noch weitergehender Annäherung an die Randzone auch ihrerseits abzunehmen.

Der im normalen Auge nur an den seitlichen Netzhautstellen vorhandene Mangel an Farbenempfindlichkeit dehnt sich bei manchen Menschen über die ganze Netzhaut aus. Man bezeichnet diesen Zustand als Farbenblindheit. Sie kann in den verschiedensten Abstufungen, z. B. als Unempfindlichkeit gegen Rot, Violett oder einen mittleren Teil des Spektrums, bis zu der selten vorkommenden totalen Farbenblindheit auftreten, bei welcher, wie am Rande der Netzhaut, bloß noch Helligkeiten wahrgenommen werden.

Der Charakter der Netzhauterregung zeigt sich in ihrer Nachdauer und in der wechselseitigen Beeinflussung zweier Reize, die auf verschiedene, insbesondere aneinandergrenzende Stellen gleichzeitig wirken. Die Nachdauer wird als das Nachbild des betrachteten Objekts bemerkt. Es ist zunächst dem Urbilde gleich, indem der Reiz unmittelbar fortwirkt, so daß die Beschaffenheit des Farbentons und der Helligkeit erhalten bleibt. Dasselbe wird als positives oder gleichfarbiges Nachbild bezeichnet. Dann aber geht es in die gegensätzlichen Farben über: Weiß in Schwarz, Rot in Grün, Blau in Gelb und umgekehrt. Es heißt nunmehr das negative oder komplementäre Nachbild. Demzufolge bewirkt die Einwirkung eines Reizes eine Veränderung des Zustandes der gereizten Netzhautstelle, wodurch

sie für die Erregung von Empfindungen entgegengesetzter Qualität disponiert wird.

Die Einwirkung der Netzhautelemente aufeinander zeigt sich in den Kontrasterscheinungen. Das Helle erscheint auf dunklem Grunde heller, auf noch hellerem dunkler; ein Farbenton wird durch einen anderen von gegensätzlicher Beschaffenheit gehoben, wenn beide gleichzeitig an benachbarten Netzhautstellen erregt werden. Man zieht hieraus den Schluß, daß durch einen Reiz auch die Nachbarschaft der gereizten Netzhautstelle in Mitleidenschaft gezogen wird, in welcher hierdurch die Erregbarkeit gegensätzlicher Empfindungen verstärkt wird.

Eine Kenntniss von der Beschaffenheit der Netzhautprozesse, welche alle diese Erscheinungen verursachen, hat man noch nicht gewonnen. Man charakterisiert den Reizvorgang nur im allgemeinen als einen chemischen. Es wurden indessen Hypothesen ersonnen, um so zu einer Erklärung zu gelangen.

Auf Grund der Möglichkeit, die Mannigfaltigkeit der Farbenempfindungen durch die Mischung dreier homogener Lichtarten (des roten, grünen und violetten Lichtes) zu erzeugen, wurde die von *Young* aufgestellte und von *Helmholtz* durchgeführte Annahme gemacht, daß jedes Netzhautelement drei Grunderregungen zugänglich sei, die einzeln die Empfindungen des Roten, Grünen, Violetten auslösen und durch ihr verschiedenartiges Zusammenwirken die Gesamtheit aller Farben ergeben. *Hering* hingegen nimmt drei Sehsubstanzen an, von welchen jede der Träger zweier gegensätzlicher Prozesse, einer Dissimilation und einer Assimilation sein kann: eine weiß-schwarze, rot-grüne, gelb-blaue Substanz, deren Dissimilation die Empfindung des Weißen, Roten,

Gelben und deren Assimilation die Empfindung des Schwarzen, Grünen, Blauen erregt, während die Vereinigung der sechs Prozesse die übrigen Empfindungen als Mischungen dieser Urempfindungen entstehen läßt. Es tritt somit hier Schwarz-Weiß völlig gleichartig mit Rot-Grün und Gelb-Blau auf. Demgegenüber legt *Wundt* zwei selbständige photochemische Prozesse zugrunde, von welchen der eine, der farblose Helligkeitsempfindungen erzeugt, aus einer Zersetzung und Restitution besteht, während der andere, als Erzeuger der Farbenempfindungen, einer stufenweisen Veränderung fähig ist, so daß es zu jeder Stufe, den Gegenfarben entsprechend, eine entgegengesetzte gibt, welche die Wirkung der ersteren neutralisiert. *v. Kries* schließlich macht die Stäbchen zu Trägern des farbentüchtigen Sehens bei Tageshelle, die Zapfen zu Vermittlern des farblosen Sehens bei geminderter Helligkeit.

Statt in dieser Weise Hypothesen über den Netzhautprozeß zu ersinnen, scheint es erspriesslicher, den Erregungszustand der Nervenfasern zu beachten, um ebenso wie bei der Gehörsempfindung Systeme von bald stärker, bald schwächer erregbaren Fasern für die im Bewußtsein hervortretenden Qualitäten verantwortlich zu machen.

Mit Rücksicht auf die flächenhafte Ausbreitung der Sehnervenendigungen in der Netzhaut des Auges muß nun ein System benachbarter Fasern als Träger der verschiedenen Qualitäten vorausgesetzt werden, die in wechselnder Stärke der Erregung zugänglich sind. Um dies verständlich zu machen, nehme ich an, daß nicht alle Fasern unmittelbar durch die Einwirkung der Lichtstrahlen erregt werden, daß aber die Erregung auf die benachbarten Fasern sich ausbreitet, so zwar, daß die Ausbreitung bei langwelligem Lichte in stärkerem Maße

erfolgt als bei kurzwelligem. Es wird so schließlich jede Faser gereizt, die Reizung erfolgt aber für benachbarte Fasern in verschiedenem Maße, indem die unmittelbar erregten Fasern bei langwelligem Lichte schwächer, bei kurzwelligem Lichte stärker als die mittelbar erregten Fasern in Mitleidenschaft gezogen werden, während bei einem aus allen Wellenarten gemischten Lichte eine gleichmäßige, stärkere oder schwächere Erregung aller Fasern eintritt. Je nachdem die Fasern in größerer oder geringerer Anzahl dem Lichtreize zugänglich sind, kann auf diese Weise der volle Reichtum des mit allen Farbenqualitäten begabten farbentüchtigen Auges oder die verminderte Mannigfaltigkeit der Empfindungen für das partiell oder total farbenblinde Auge abgeleitet werden. Es läßt sich ferner begreiflich machen, daß der Übergang zu einer wesentlich stärkeren oder zu einer wesentlich schwächeren Reizung mit einer Änderung des Farbentones verknüpft ist, und daß sowohl bei sehr starken und sehr schwachen Erregungen wie auch bei einer zu geringen Ausbreitung des Erregungszustandes der Farbenton zugunsten einer bloßen Helligkeitsempfindung zurücktritt.

V. Gefühl und Gefühlsausdruck.

§ 18. Die Gefühle.

Die dem Bewußtsein (unserer Annahme nach) unmittelbar zugrunde liegenden Größen bilden in ihrer Gesamtheit die objektive Unterlage der Gefühle. Sie sind ebensowohl von den Einwirkungen, die wir als Empfindungen erfassen und unterscheiden, wie auch von früher erlebten, neu auflebenden oder nachwirkenden Zuständen abhängig und finden in gewissen Folgezuständen ihren Ausdruck.

a) Der Zusammenhang zwischen Gefühl
und Empfindung.

Die Gefühle sind demnach nicht unabhängig von den Empfindungen. Wären sie unabhängig, so müßte jedes Gefühl im Verein mit jeder Empfindung auftreten können. Es zeigt sich aber vielmehr eine weitgehende Beschränkung.

Manche Empfindungen sind nämlich vorwiegend mit einem Gefühl der Lust oder Unlust behaftet, so daß sie ohne weiteres als lust- oder unlusterregend gelten. Dies zeigt sich vor allem bei den Gerüchen, die man in wohl- und übelriechende scheidet. Unter den Geschmacksqualitäten tritt insbesondere das Süße als angenehm zu den übrigen in einen Gegensatz. Tiefen Tönen wird im allgemeinen ein ernster, hohen ein heiterer Gefühlscharakter zugeschrieben. Die mit den Farben zusammenhängenden Gemütsstimmungen erörtert *Goethe* in seiner Farbenlehre bei der Untersuchung der „sinnlich-sittlichen Wirkung“ der Farbe. Er unterscheidet eine Plusseite und eine Minusseite. „Die Farben von der Plusseite sind Gelb, Rotgelb (Orange), Gelbroth (Mennig, Zinnober). Sie stimmen regsam, lebhaft, strebend.“ Das Gelb macht „einen durchaus warmen und behaglichen Eindruck“, der sich beim Rotgelben und noch mehr beim Gelbroten (hier „bis zum unerträglich Gewalt-samen“) steigert. „Die Farben von der Minusseite sind Blau, Rotblau und Blauroth. Sie stimmen zu einer unruhigen, weichen und sehnenden Empfindung.“ Die blaue Farbe „macht für das Auge eine sonderbare und fast unaussprechliche Wirkung“. Es ist „etwas Widersprechendes von Reiz und Ruhe im Anblick“. Das Rotblau dagegen macht unruhig, und die Unruhe steigert

sich noch beim Blaurot. Das von Gelb und Blau in gleicher Weise entfernte Rot (der Purpur) gibt „einen Eindruck sowohl von Ernst und Würde als von Huld und Anmut“. Im Grünen schließlich findet unser Auge „eine reale Befriedigung“.

Man kann auch darauf hinweisen, daß manche Empfindungsreize, solange sie schwach bleiben, angenehm empfunden werden, während sie bei hinreichender Verstärkung unangenehm wirken. So sind der süße und der bittere Geschmack, der Blumenduft, der brenzlige Geruch bei geringer Reizstärke angenehm, bei starker Reizwirkung dagegen unangenehm oder unerträglich.

Es ist ferner die Verknüpfung mit anderen Vorstellungen, wie sie das tägliche Leben mit sich bringt, von wesentlichem Einfluß auf die begleitenden Gefühle. Beispielsweise stimmen Orgelton und Glockenklang nicht an sich, sondern durch ihre gewohnheitsmäßige Verbindung mit religiösen Übungen ernst und feierlich. Auch die Laute eines Dialekts sind für sich betrachtet weder schön noch häßlich; sie werden das eine oder das andere, von anderen Faktoren abgesehen, erst durch die Kenntnis von Land und Leuten.

Dem ist hinzuzufügen, daß die Gefühle nicht bloß mit Empfindungen in der angedeuteten Weise zusammenhängen, sondern auch von dem Inhalte oder der Form von Vorstellungen und von den zwischen Vorstellungen bestehenden Beziehungen abhängen.

Ein Beispiel möge dies erläutern. Man stelle eine Anzahl von Rechtecken her, deren Seiten in bestimmten Verhältnissen stehen, so daß von der Gleichheit der Seiten, d. i. dem Quadrate, ausgehend, die kleinere Seite beispielsweise das 0,9fache, das 0,8fache, das 0,7fache usw. der größeren ist. Dann kann zwar beim Betrachten dieser Figuren je nach

Umständen weder ein Wohlgefallen noch ein Mißfallen sich bemerklich machen. Im allgemeinen wird man jedoch in der Lage sein, irgendeiner unter den zur Auswahl vorgelegten Gestalten den Vorzug zu geben und sie wohlgefälliger als die anderen zu finden. Befragt man nun zahlreiche Personen, so läßt sich aus der tabellarischen Übersicht ihrer Aussagen eine empirische Kenntniss der im Durchschnitt wohlgefälligsten oder mißfälligsten Form gewinnen. — Solche Versuche führte *Fechner* mit zehn Rechtecken aus, deren Seitenverhältnisse durch die Werte 1; 0,83; 0,80; 0,75; 0,69; 0,67; 0,62; 0,57; 0,50; 0,40 bestimmt waren. Von 347 Männern und Frauen, denen diese Figuren zur Wahl vorgelegt wurden, fand ein größerer Teil (35%) das Rechteck 0,62 (dessen Seiten das Verhältnis 21 : 34 hatten) am wohlgefälligsten, während auf die beiden benachbarten Rechtecke 0,67 und 0,57 (mit den Seitenverhältnissen 2 : 3 und 13 : 23) ungefähr je 20% der Vorzugsurteile fielen, und der Rest von 25% sich auf die übrigen Rechtecke verteilte. Das verhältnismäßig am besten gefallende Rechteck war sonach dasjenige mit den Dimensionen 21 auf 34. Seine Seiten sind die Abschnitte einer nach dem sogenannten Goldenen Schnitt getheilten Strecke, denn es verhält sich mit hinreichender Annäherung die kleinere Seite zur größeren, wie die größere zur Summe der beiden Seiten ($21 : 34 = 34 : 55$). Hiermit steht im Einklang, daß in der Architektur und der Artistik in ähnlicher Weise das Verhältnis des Goldenen Schnitts bevorzugt wird: bei Fensteröffnungen, Kreuzgestalten, Formaten von Büchern, Geschäftsanzeigen, Visitenkarten.

Es ist somit nicht jede räumliche Form in gleicher Weise wohlgefällig oder mißfällig. Es lassen sich vielmehr bestimmte Formen ermitteln, die vorzugsweise gefallen oder mißfallen. Dasselbe gilt von der Auffassung der Rhythmen und Tonharmonien. Und auch durch die Werke der Kunst, durch das logische Denken und durch das sittliche Handeln werden entsprechende Gefühle des Gefallens oder Mißfallens erregt.

b) Die Einteilung der Gefühle.

Infolge davon werden die Gefühle am einfachsten eben durch die Bedingungen, die normalerweise die Voraussetzung für ihr Auftreten bilden, bezeichnet. Man unterscheidet demgemäß die sinnlichen Gefühle, die mit den Sinnesempfindungen zusammenhängen, von den intellektuellen (ästhetischen, logischen, sittlichen) Gefühlen, die sich von den Vorstellungen und deren Verbindungen und Beziehungen abhängig zeigen, und rechnet jeder dieser beiden Hauptklassen eine unbegrenzte Mannigfaltigkeit unterscheidbarer Gefühlszustände zu. Dabei geht man offenbar von dem Grundsatz aus, daß die Verschiedenheit der normalen Bedingungen auch eine Verschiedenheit der Gefühle selbst zur Folge habe.

Hiergegen wird eingewendet, daß eine derartige Unterscheidung und Einteilung auf dem Hereinziehen fremdartiger Bestandteile beruhe, und daß die von solchen absehende Untersuchung nichts weiter als verschiedene Grade der Lust und Unlust konstatieren könne. Die unbegrenzte Mannigfaltigkeit der Gefühle müßte somit auf die eine Reihe der Lust- und Unlustgrade, die durch einen Nullpunkt des Fühlens ineinander übergehen, reduziert werden.

Von anderer Seite wird dem jedoch widersprochen. So unterscheidet *Wundt* drei Hauptrichtungen der Gefühle: die Richtungen der Lust und Unlust, der erregenden und beruhigenden, der spannenden und lösenden Gefühle. Er sagt (*Grundriß der Psychologie*, 1907): „Als Beispiele reiner Lust- und Unlustformen können wohl die an die Empfindungen des allgemeinen Sinnes, sowie die an Geruchs- und Geschmacks-

eindrücke gebundenen Gefühle angesehen werden. Bei einer Schmerzempfindung z. B. nehmen wir ein Unlustgefühl in der Regel ohne jede Beimischung einer der anderen Gefühlsformen wahr. Erregende und niederdrückende Gefühle lassen sich in Verbindung mit reinen Empfindungen besonders bei Farben- und Klangeindrücken beobachten: so wirkt die rote Farbe erregend, die blaue beruhigend. Spannende und lösende Gefühle endlich sind durchweg an die Vorgänge der Aufmerksamkeit gebunden: so ist bei der Erwartung eines Sinneseindrucks ein Gefühl der Spannung, bei dem Eintritt eines erwarteten Ereignisses ein Gefühl der Lösung zu bemerken. Daher kann allerdings sowohl die Erwartung wie ihre Erfüllung zugleich vom Gefühle der Erregung, oder sie können je nach besonderen Bedingungen von Lust- und Unlustgefühlen begleitet sein; aber diese anderen Gefühle können auch ganz fehlen, wo sich dann die Spannungs- und Lösungsgefühle ähnlich wie die vorhin genannten Hauptrichtungen als eigenartige Formen zu erkennen geben, die nicht auf andere zurückzuführen sind.“

Es hebt hingegen *Th. Lipps* (Leitfaden der Psychologie, 1906) das Gefühl des Großen und Kleinen hervor, das mit einem Gefühle der Lust oder der Unlust sich verbinden kann. Dieser Größencharakter zeigt sich im Gefühl „der eigentümlichen Aufdringlichkeit intensiver Vorstellungen“, des „Vollen“ obertonreicher Klänge, insbesondere auch „der Tiefe“, die zu der ästhetischen und ethischen Lust hinzutritt. „Jedes ästhetische und ethische Wertgefühl hat einen Charakter des Innerlichen oder des in die Tiefe Gehenden, der es von dem Gefühl der bloß sinnlichen Lust, etwa an einer Geschmacksempfindung, spezifisch unterscheidet.“

Aus diesem Zwiespalt der Ansichten scheint hervorzugehen, daß es ein vergebliches Bemühen ist, die Gefühle auf wenige Grundformen zurückführen zu wollen. Darin können wir aber nur eine Bestätigung unserer Grundauffassung sehen, derzufolge die Gefühle in der Gesamtheit aller dem Bewußtsein zugrunde liegenden Größen ihre objektive Unterlage erhalten. Sie sind demnach als Färbungen oder Abtönungen der Gesamtzustände anzusehen, die sich zwar in mannigfacher Weise charakterisieren lassen, im übrigen jedoch so unerschöpflich sind wie das in steter Entwicklung fortschreitende und zu immer größerem Reichtum sich entfaltende Leben.

§ 19. Der Ausdruck der Gefühle.

Tritt der Gesamtzustand des Menschen in seinen Gefühlen zutage, so ist sein ganzes objektives Sein als Ausdruck des jeweiligen Gefühlszustandes zu betrachten. Es lassen sich jedoch in der Regel, wenigstens bei heftigen Gemütsbewegungen, besondere Bewegungen und sonstige Zustandsänderungen der Leibesorgane namhaft machen, die vor allem als objektive Merkmale der subjektiven Gefühlszustände in Anspruch zu nehmen sind.

Wir lachen vor Freude und wir weinen, wenn wir traurig sind. Wir erröten aus Scham und erblassen, wenn wir erschrecken. Bei einer unvermutet uns bedrohenden Gefahr spüren wir das stürmische Pochen des Herzens. Im Zustande der Furcht tritt kalter Schweiß aus den Poren der Haut und Zusammenschnürungen der Organe des Unterleibs führen zu den bekannten, unangenehmen Folgeerscheinungen. In schreckhafter und freudiger Erregung zittern die Knie, und es befällt uns plötzliche Schwäche.

Solche Ausdrucksweisen der Gefühlszustände mußten das wissenschaftliche Interesse in Anspruch nehmen, sobald in der modernen Zeit das Bewußtsein dem objektiven Sein gegenübergestellt wurde, und das Problem vom Zusammenbestehen des Bewußtseins und des objektiven Seins in den Vordergrund trat.

Demgemäß erörtert schon *Descartes* die mit den Leidenschaften zusammenhängenden Bewegungen des Blutes und der (nach der Ansicht des *Descartes* aus den beweglichsten und feinsten Teilchen des Blutes gebildeten) Lebensgeister. Er sagt („Über die Leidenschaften der Seele“): „Betrachtet man die Veränderungen, welche sich an unserem Körper zeigen, während die Seele von den Leidenschaften bewegt ist, so bemerkt man bei der Liebe, wenn sie allein ist, d. h. ohne Begleitung einer großen Freude, eines Verlangens oder einer Traurigkeit, daß der Puls gleichmäßig, aber stärker und kräftiger als gewöhnlich schlägt, daß man eine angenehme Wärme in der Brust fühlt, und daß die Verdauung der Speisen in dem Magen schnell erfolgt. Diese Leidenschaft ist daher der Gesundheit zuträglich. — Dagegen ist bei dem Haß der Puls ungleich schwächer und oft schneller; in der Brust fühlt man einen Wechsel von Kälte mit einer trockenen und stechenden Hitze; der Magen verrichtet seinen Dienst nicht, neigt zum Brechen und Auswerfen der genommenen Speisen, oder er verdirbt sie und verwandelt sie in schlechte Dünste. — Bei der Freude geht der Puls gleichmäßig, nur schneller als gewöhnlich, aber er ist nicht so stark und kräftig wie bei der Liebe; man fühlt nicht bloß in der Brust eine angenehme Wärme, sondern in allen Teilen des Körpers durch das in Menge strömende Blut verbreitet. Mitunter verliert man den Appetit, weil die Verdauung schwächer als gewöhnlich

ist. — Bei der Traurigkeit ist der Puls schwach und langsam; um das Herz fühlt man gleichsam ein Band, das es klemmt, und Eisstücke, die es erkälten und ihre Kälte dem übrigen Körper mitteilen. Trotzdem behält man mitunter guten Appetit und spürt, daß der Magen seinen Dienst gut verrichtet, wenn kein Haß sich mit der Traurigkeit verbindet. — Bei dem Begehren ist das Besondere, daß es das Herz stärker als die übrigen Leidenschaften bewegt; dadurch erhält das Gehirn mehr Lebensgeister, welche in die Muskeln dringen, alle Sinne schärfen und alle Teile des Körpers beweglicher machen.“

Eine eingehende, durch experimentelle Hilfsmittel unterstützte Erforschung des Ausdrucks der Gefühlszustände hat indessen erst die experimentelle Psychologie in unseren Tagen unternommen. Es wurden insbesondere in der Energie der Muskelbewegungen, in den Schwankungen des Pulses und des Volumens der Leibesorgane, sowie in den Veränderungen der Atmung physische Begleiterscheinungen für die Gefühle der Lust und Unlust festgestellt.

Die Darstellung willkürlicher Bewegungen mittels eines Dynamometers oder Kraftmessers ergab, daß mit dem Gefühle der Lust eine Steigerung der Muskeltätigkeit, mit dem Gefühle der Unlust eine Schwächung derselben verknüpft sei.

Als Hilfsmittel für die Untersuchung des Pulses und der Atmung dient der Sphygmograph oder Pulsschreiber und der Pneumatograph oder Atmungsschreiber. Es sind dies Instrumente, die eine graphische Darstellung der Pulsschläge und der Atemzüge in Form einer Wellenlinie liefern, deren Wellenzüge in ihrer Anzahl und in ihrer Höhe oder Tiefe den raschen oder langsamen Verlauf und die Stärke oder Schwäche des Pulses bzw. der

Atmung vor Augen stellen. Die Feststellung der Vergrößerung oder Verringerung des Volumens eines Leibesorgans ermöglicht der Plethysmograph, dessen Kurve durch ihre höhere oder niedrigere Lage die Schwankungen des Volumens angibt und zugleich die Wellenzüge des Pulses für den betreffenden Körperteil aufzeichnet. Er kann daher den Sphygmographen ersetzen. Mit Hilfe dieser Instrumente fand man als Kennzeichen von Lustgefühlen eine Verstärkung des Pulses, eine Vertiefung des Atemholens, eine Erweiterung der Blutgefäße, und als Merkmale von Unlustgefühlen eine Schwächung des Pulses, wechselnde Respirationstiefe, eine Herabsetzung des Volumens von Körperteilen.

Man wird jedoch in diesen Feststellungen keine streng gültigen Gesetzmäßigkeiten suchen, wenn man erwägt, daß der Gefühlsausdruck überhaupt individuelle Schwankungen zeigt: beispielsweise verstummen manche Menschen vor Freude, statt daß sie erregt werden, und die Trauer kann sich gelegentlich in Erregungszuständen statt in niedergedrückter Tatlosigkeit zeigen.

VI. Die subjektive Auffassung und die objektive Bestimmung der räumlichen und zeitlichen Formen.

§ 20. Die Verschiedenheit zwischen der subjektiven Auffassung und der objektiven Bestimmung.

Jeder Zustand des Bewußtseins ist ebensowohl ein Fühlen wie auch ein Empfinden. Dies bestätigt die unmittelbare Beobachtung, die in den Erlebnissen stets einen bald größeren, bald geringeren Reichtum an

Empfindungen zusammen mit wechselnden Gefühlszuständen erkennen läßt. Und dies kann nicht anders sein, da die als objektive Unterlage des Bewußtseins vorauszusetzenden Größen gar nicht in ihrer Gesamtheit als Gefühle erfaßbar sind, wenn nicht in dem einen Gesamtzustande ein anderer hervortritt und einerseits von jenem unterschieden, andererseits mit ihm verknüpft wird. In dem Unterscheiden zusammenbestehender Größensysteme vollzieht sich aber das Empfinden.

Daraus folgt, daß es keinen Zustand des Bewußtseins gibt, in dem nicht eine Vielheit unterschiedener und zusammenbestehender Qualitäten vorliegt. Auf der Vielheit zusammenbestehender Glieder beruht aber das Erfassen der räumlichen und zeitlichen Formen, in denen sich uns die Körperwelt darbietet.

Ebensowenig können wir von der im Raume sich ausbreitenden und in der Zeit sich verändernden objektiven Körperwelt reden, ohne eine Vielheit zusammenbestehender Glieder anzunehmen. Und diese Glieder könnten nicht zusammen bestehen und dabei doch als eine Vielheit sich behaupten, wenn sie nicht, mit unterscheidbaren Qualitäten behaftet, im Bewußtsein zutage treten würden.

Hiernach bedingen sich die ursprünglichen Unterscheidungen des Bewußtseins und die Größenbeziehungen, in denen wir die Körperwelt erkennen, wechselweise. Und da ebensowohl jene Unterscheidungen wie auch diese Beziehungen Vielheiten voraussetzen, die zu einer Einheit sich zusammenschließen, so hängt die subjektive Auffassung nicht minder wie die objektive Bestimmung an den Formen des Raumes und der Zeit.

Dieser Zusammenhang läßt aber zugleich die prinzipielle Verschiedenheit zwischen dem subjektiven

Erfassen und dem objektiven Bestimmen hervortreten. Die objektive Beschaffenheit des im Raume Bestehenden und in der Zeit sich Verändernden kann nämlich durch Messen mit unveränderlichen Einheiten bestimmt werden. Die subjektive Auffassung hingegen vermag sich nur auf die jeweils erlebten Empfindungen und Gefühle zu stützen, wobei zugleich frühere, neu auflebende Auffassungsweisen Einfluß gewinnen. Die so vollziehbaren Unterscheidungen ermöglichen aber nur ein Ordnen, nicht ein an die Benutzung unveränderlicher Einheiten gebundenes Messen.

Da es nämlich Körper gibt, die wenn auch nicht in voller Strenge, so doch mit hinreichender Genauigkeit als starr betrachtet werden dürfen, so kann man Raummaße herstellen und aufbewahren. Ein solches Maß ist das Meter, das man als den zehnmillionten Teil des Erdquadranten bestimmt hat. Das Vorkommen gleichförmiger Bewegungen in der Natur ermöglicht ferner die Einführung und Benützung von Zeitmaßen. Ein solches Maß bietet sich in der gleichförmigen Rotation der Erde um ihre Achse dar, auf die sich die Bestimmung des Tages und seiner Teile (Stunde, Minute, Sekunde) gründet. Alle sonstigen, zur Bestimmung des Naturgeschehens notwendigen Einheiten stützen sich auf die in der Zeit vor sich gehenden Änderungen in der räumlichen Beschaffenheit der Körper.

Die subjektive Auffassung der räumlichen und zeitlichen Beschaffenheit ist dagegen an eine im Bewußtsein hervortretende Vielheit von Gliedern, und somit an die als Empfindungen und Gefühle sich darbietenden Unterscheidungen gebunden. Sie besteht jedoch keineswegs im Empfinden oder Fühlen, weshalb man auch nicht von einem Raumsinne oder einem Zeitsinne reden sollte.

Sie beruht vielmehr lediglich auf dem Zusammen und Nacheinander des in verschiedener Weise Empfundenen und Gefühlten. Das Zusammen und Nacheinander ist aber durch das Empfinden und Fühlen bedingt und somit von früheren, neu auflebenden Bewußtseinszuständen abhängig. Es kommt demgemäß der gesamte subjektive Zustand des Beobachters zur Geltung.

In Übereinstimmung damit lehrt denn auch die Erfahrung, daß wir die Gestalt und Lage von Objekten, die Dauer und Aufeinanderfolge von Ereignissen nicht so wahrnehmen, wie sie in Wirklichkeit sind oder vielmehr auf Grund unserer Erkenntnis als objektiv bestehend gedacht werden.

So ist für unsere unmittelbare Wahrnehmung die Sonne und der Mond eine flache Scheibe an dem nicht sehr fernen Himmelsgewölbe, während wir die wirkliche Sonne und den wirklichen Mond, infolge unserer Naturerkenntnis, uns als Körper denken, die in überaus verschiedener Entfernung und Größe im unbegrenzten Weltraum existieren. Die ebene Zeichnung einer Landschaft dagegen stellt sich uns in der nämlichen Form dar, in der wir eine wirkliche Landschaft zu erblicken gewöhnt sind. — Andererseits dünkt uns die Zeit bei einer ermüdenden Arbeit oder im Zustande ungeduldiger Erwartung ins Endlose sich zu dehnen, wogegen bei angenehm wechselnder Beschäftigung oder anregender Unterhaltung die Stunden wie im Fluge entschwinden.

Hiernach ist unsere Bestimmung objektiver Zustände und Vorgänge jederzeit durch subjektive Einflüsse getrübt. Der Zustand des Beobachters und die Beobachtungsweise hindern im Verein mit zufälligen Umständen die volle Genauigkeit und haben das Auftreten der unvermeidlichen Beobachtungsfehler zur Folge

(vgl. S. 34). Daß man trotzdem die Kenntnis der objektiven Beschaffenheit der subjektiven Auffassung derselben gegenüberstellen kann, hängt an der Möglichkeit, den gesetzmäßigen Zusammenhang der Naturerscheinungen sich zunutze zu machen und so durch geeignete Untersuchungsmethoden jene subjektiven Einflüsse möglichst einzuschränken. Dies gelingt in solchem Maße, daß man die subjektiven Faktoren, die sich bei der naturwissenschaftlichen Forschung geltend machen, außer acht lassen und von einer wahren objektiven Beschaffenheit reden darf.

§ 21. Die Raumformen.

Von der räumlichen Beschaffenheit unserer Umgebung erhalten wir durch das Sehen und das Tasten Kunde. Das letztere dient normalerweise unter der Vorherrschaft des Gesichts nur zur Ergänzung und Aushilfe; beim Blinden und namentlich beim Blindgeborenen ist es dagegen das Hauptmittel zur Bildung räumlicher Vorstellungen. Auf der Vielheit zusammenbestehender Qualitäten des Gesichtssinns und des allgemeinen Sinns beruht somit die subjektive Auffassung der räumlichen Form der Objekte, die wir betrachten und betasten.

Da das Erfassen der räumlichen Beschaffenheit eine Vielheit unterscheidbarer Qualitäten voraussetzt, so muß mindestens eine Zweiheit von Empfindungen vorliegen. Hierzu ist ferner erforderlich, daß die eine Empfindung sich im Bewußtsein behauptet, wenn die andere in dasselbe eintritt, so daß beide Empfindungen nebeneinander bestehen. Diese Bedingungen gelten indessen in gleicher Weise für die zeitliche Ordnung: auch diese setzt mindestens eine Zweiheit unterscheidbarer und zusammenfaßbarer Elemente des Bewußtseins

voraus. Das Charakteristische der räumlichen Ordnung tritt dagegen hervor, wenn das Zusammenfassen nicht wie beim zeitlichen Geschehen in einer durch die Art des Erlebens bedingten, unveränderlich festliegenden Folge, sondern in einem vom zusammenfassenden Subjekte unabhängigen Wechsel möglich ist. Es wird alsdann das von uns Unterschiedene als ein räumliches Nebeneinander aufgefaßt.

Diesen Forderungen entspricht die Einrichtung des Sinnesorgans, das für die Tastempfindungen aus der Oberfläche des Leibes, für die Gesichtsempfindungen aus der Netzhaut des Auges besteht. Es ist demgemäß in jedem Falle eine flächenhafte Ausbreitung vorhanden, so zwar, daß an jeder Stelle im allgemeinen die ganze Mannigfaltigkeit der dem Sinne angehörenden Empfindungen ausgelöst werden kann, und die an verschiedenen Stellen erregten Empfindungen selbst bei sonst gleicher Qualität unterscheidbar sind. Sodann wird die Zusammenfaßbarkeit der unterschiedenen Empfindungen in mannigfach wechselnder Folge durch die Beweglichkeit der Sinnesflächen ermöglicht oder mindestens wesentlich unterstützt. So ist zunächst das Sinnesorgan der Haut durch seine Verbindung mit den (beim Tasten in Betracht kommenden) Gelenken als Ganzes oder in seinen einzelnen Teilen beweglich, was in besonderem Maße bei den vorzugsweise zum Tasten benützten Fingern der Hand zutrifft. Ferner sind die beim Sehakte zusammenwirkenden Augen durch vollkommen ausgebildete und einer feinen Abstufung fähige Bewegungsmechanismen ausgezeichnet. Dementsprechend wird dem Einflusse der Augenbewegungen auf das Erfassen der räumlichen Gestalten und Entfernungen von seiten der Physiologen und Psychologen ein eingehendes Studium

gewidmet. Da sich aber die Resultate dieses Studiums in kurzen Andeutungen nicht wohl verständlich machen lassen, so erwähne ich nur, daß hierbei die Leistungen des einzelnen Auges für sich allein und beider Augen in ihrem Zusammenwirken, und zwar jedesmal sowohl im ruhenden als auch im bewegten Zustande, sowie die Akkomodationsfähigkeit des Auges für wechselnde Entfernungen ihre Berücksichtigung finden. Im übrigen begnüge ich mich damit, ganz allgemein hervorzuheben, daß in der bezeichneten flächenhaften Ausdehnung und in der Beweglichkeit die physiologischen Grundbedingungen für die Entstehung räumlicher Vorstellungen erfüllt sind, und daß in diesen Besonderheiten, die sich beim Tasten in roher, beim Sehen in fein ausgebildeter Weise zeigen, der Grund für die Beschränkung der unmittelbaren räumlichen Auffassung auf Tast- und Gesichtsempfindungen liegt. Denn die Empfindungen der übrigen Sinne, die keine solche Organisation haben, vermitteln erfahrungsgemäß nur durch Vergesellschaftung mit Tast- und Gesichtsempfindungen eine räumliche Auffassung.

Gehen wir nun in Kürze auf den Zusammenhang zwischen der objektiven Beschaffenheit und der subjektiven Auffassung der räumlichen Formen ein, so ist zunächst zu erwähnen, daß die Unterscheidbarkeit der auf verschiedene Stellen der Sinnesfläche fallenden Reize ihre Grenzen hat. Man spricht darum von einer Raumschwelle (in Analogie mit der Reizschwelle) und versteht darunter den Betrag, um den zwei Reize auf der Fläche des Sinnesorgans entfernt sein müssen, um eine eben merkliche Zweiheit von Empfindungen auszulösen.

Es läßt sich nämlich für jede Stelle der Haut ein im allgemeinen kreisförmiger Bereich abgrenzen, innerhalb

dessen zwei räumlich getrennte, beispielsweise durch Aufsetzen zweier abgestumpfter Zirkelspitzen erzeugte Druckreize nicht unterschieden werden, sondern als eine Empfindung ins Bewußtsein treten. Man nennt diese Bereiche nach *E. H. Weber* Empfindungskreise. Sie sind je nach der Körperstelle an Ausdehnung verschieden. Ihr Durchmesser ist am kleinsten an der Zungenspitze (1 mm) und der Volarseite des letzten Fingergliedes (2 mm), größer an den übrigen Teilen der Hand und im Antlitze (5—30 mm), am größten am Rücken, Oberarm und Oberschenkel (68 mm). Dem ist jedoch beizufügen, daß bei Anwendung feiner berührender Spitzen und in der Nähe der Druckpunkte der Haut erheblich kleinere Werte gefunden werden, die sich zwischen 0,1 mm am Finger und 4—6 mm am Rücken halten. Solche Bereiche existieren auch für Kälte- und Wärmereize; ihre Ausdehnung ist an den Kältepunkten wesentlich geringer als an den Wärmepunkten.

Auch die bei weitem feiner organisierte Netzhaut des Auges besitzt ihre Empfindungskreise. Denn man kann zwei leuchtende Punkte so weit einander nähern, daß sie, ohne zusammenzufallen, bei einer bestimmten Entfernung vom Auge als ein Punkt wahrgenommen werden. Der Winkel, den die nach den leuchtenden Punkten gehenden Richtungsstrahlen miteinander bilden, bestimmt dann, da die Dimensionen und Brechungsverhältnisse der Augenmedien bekannt sind, die Entfernung der gereizten Stellen auf der Netzhaut. Er dient als Maß für die Sehschärfe. Sie ist am größten für das direkte Sehen, bei welchem die Reize auf den im Netzhautzentrum liegenden gelben Fleck einwirken, der somit die Stelle des deutlichsten Sehens ist. Dort werden

zwei Lichtstrahlen nicht mehr getrennt empfunden, wenn sie unter einem Winkel von $60''$ bis $90''$ in das Auge eintreten; die gereizten Netzhautpunkte haben dann eine Entfernung von 0,004 bis 0,006 mm. Indessen kann durch Übung ein geringerer Wert erreicht werden. Beim indirekten Sehen, für die seitlichen Teile der Netzhaut müssen dagegen die gereizten Stellen weiter auseinander liegen, um unterscheidbar zu sein. Denn die Sehschärfe nimmt mit der Entfernung von der Netzhautmitte nach dem Rande zu ab. Sie hängt offenbar mit der Häufigkeit der Zapfen zusammen, die im gelben Fleck am dichtesten gedrängt stehen. Da sie einen Durchmesser von 0,0015 bis 0,0030 mm haben, so bezeichnet der Zapfendurchmesser das erreichbare Maximum der Sehschärfe oder die Ausdehnung des kleinsten Empfindungskreises der Netzhaut.

Wird die Raumschwelle überschritten, so entspricht der objektiv vorhandenen Gestalt eine tatsächlich erlebte räumliche Form ganz ebenso, wie dem Reize eine Empfindung zur Seite tritt. Während aber die Empfindungen der einzelnen Sinnesgebiete abgeschlossene Mannigfaltigkeiten eben merklich verschiedener Qualitäten bilden, denen wiederum begrenzte Gebiete von Reizwerten zugehören, läßt der in Wirklichkeit unerschöpfliche und unübersehbare Reichtum möglicher Gestalten mit ihren unbegrenzt variablen Bestimmungsstücken weder objektiv noch subjektiv eine bestimmte, übersichtliche Ordnung zu. Man begnügt sich darum mit einfachen typischen Gestalten, um die Besonderheiten in der Abhängigkeit der räumlichen Auffassung von der objektiven Beschaffenheit der Raumformen festzustellen.

Aus der Fülle der diesbezüglich beobachteten und untersuchten Tatsachen teile ich unter Beschränkung

auf den hauptsächlich in Betracht kommenden Gesichtssinn folgende Einzelheiten beispielsweise mit.

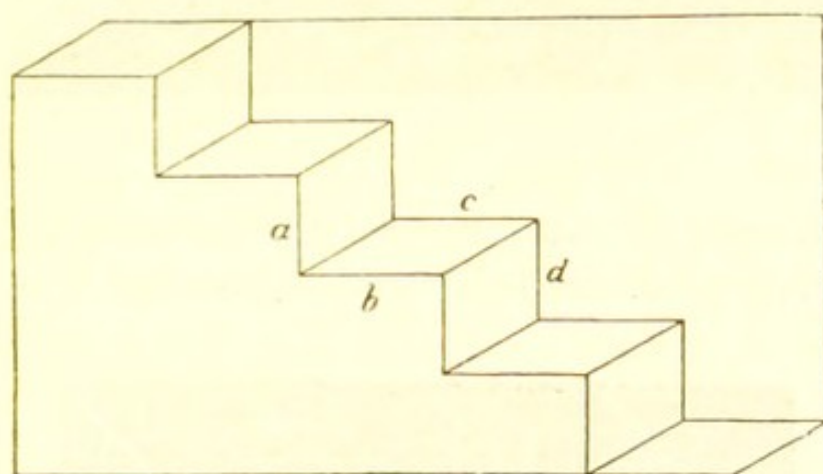
Zur Prüfung der Unterscheidbarkeit räumlicher Formen wählt man gerade Strecken, die nur durch ihre objektiv gemessenen Längen verschieden sind, in ihrer sonstigen Beschaffenheit jedoch übereinstimmen und in der nämlichen Richtung und Entfernung dem Auge so dargeboten werden, daß nicht etwa (wie beim Übereinanderliegen) ihre Differenzen unmittelbar erfaßt, sondern die Längen selbst direkt verglichen werden. Es zeigt sich nun, daß eine Strecke von der Länge r um einen gewissen Betrag i vergrößert oder verkleinert werden muß, wenn die Vergrößerung oder Verkleinerung merklich sein soll, und zwar scheint der relative Wert $i : r$ für Strecken von mittlerer Länge einen annähernd konstanten, etwa gleich $1 : 50$ zu setzenden Wert zu besitzen.

Vergleichbare und übereinstimmende Resultate können aber nur bei gleichen Versuchsbedingungen gewonnen werden. Denn leere, durch Punkte begrenzte Strecken erscheinen kleiner als ausgezogene, und diese wieder kleiner als punktierte oder gestrichelte von gleicher Länge. Strecken in vertikaler Richtung werden gegenüber solchen von horizontaler Richtung und entferntere im Vergleich zu näheren überschätzt. Die Schätzung ist ferner ungenauer bei starrem Fixieren und bei bloß momentaner Beleuchtung; sie ist genauer beim zweiäugigen als beim einäugigen Sehen.

Die mannigfachen Einflüsse, die sich bei der Auffassung räumlicher Formen geltend machen, zeigen sich aber besonders deutlich darin, daß eine und dieselbe objektive Gestalt verschieden erscheinen kann je nach der Art ihrer Betrachtung, ihrer Lage oder dem

Beiwerk, mit dem sie ausgestattet ist. Man bezeichnet solche Abweichungen der Auffassungsweise als Täuschungen und nennt sie, da sie an einfachen geometrischen Figuren studiert zu werden pflegen, geometrisch-optische Täuschungen.

So erscheint z. B. (insbesondere bei einäugigem Sehen) die Konfiguration von Parallelogrammen in der nachstehenden Figur 1, je nachdem der untere gebrochene



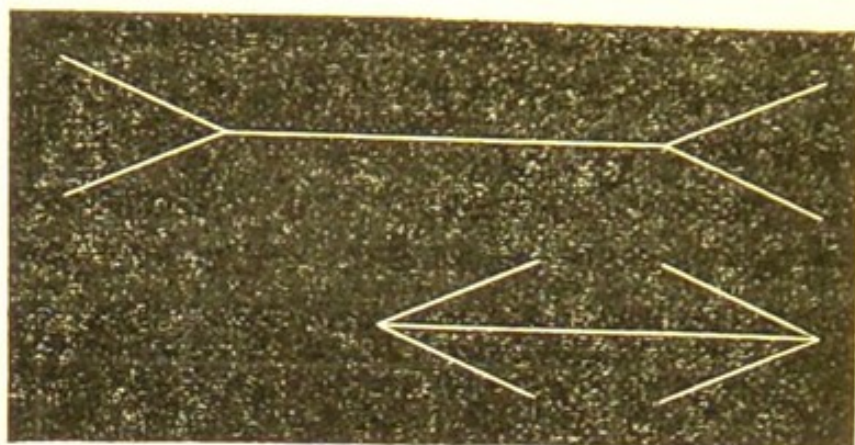
Figur 1.

Linienzug ab oder der obere cd für das Auge in den Vordergrund tritt, entweder wie eine Treppe oder wie überhängendes, ausgebrochenes Mauerwerk.

Wird über einer horizontalen Geraden ein Quadrat konstruiert, so stellt es sich als ein Rechteck dar, dessen vertikale Seite die größere ist. Es beruht dies auf der bereits erwähnten Überschätzung vertikaler Strecken gegenüber horizontalen.

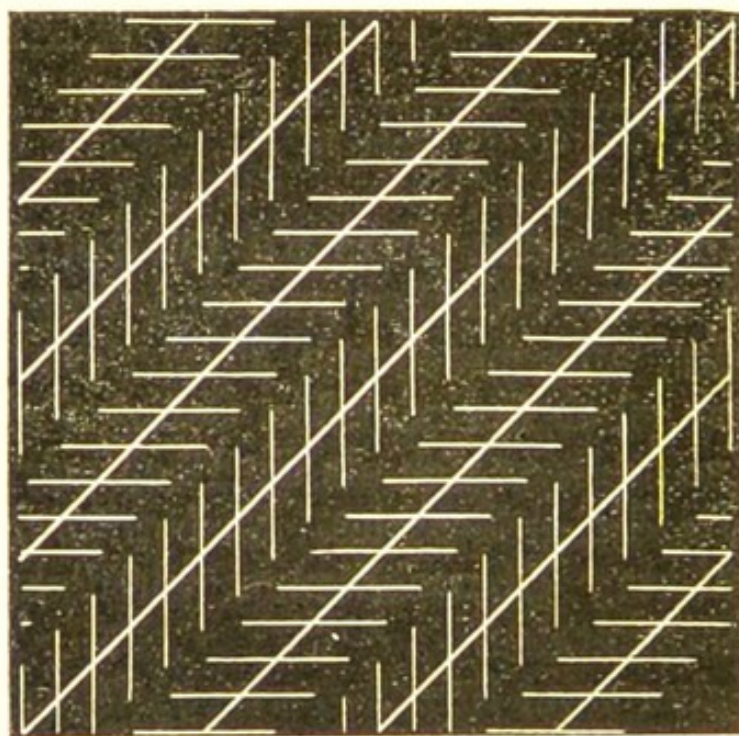
Werden aber zwei Strecken von gleicher Länge und Beschaffenheit in gleicher Richtung dem Auge dargeboten, so scheinen sie trotzdem verschieden lang zu sein, wenn sie, wie in der folgenden Figur 2, mit Ansätzen versehen sind, die im einen Falle verlängernd, im anderen verkürzend wirken und mit dem gleichen

152 VI. Subjektive Auffassung und objektive Bestimmung.
Erfolge in mannigfacher Abänderung angebracht werden können.



Figur 2.

Andererseits werden durch die Zutat von Strichen in abwechselnd horizontaler und vertikaler Richtung die



Figur 3.

parallelen Geraden der vorstehenden Figur 3, die ohne dieses Beiwerk in der Tat parallel erscheinen würden, aus ihrer Richtung verschoben. Es treten auch per-

spektivische Täuschungen, namentlich bei einäugigem Betrachten, auf.

§ 22. Die Zeitformen.

Die subjektive Auffassung der Zeit ist nicht wie diejenige des Raumes an die Unterscheidungen bestimmter Sinnesgebiete gebunden, da die Möglichkeit, sukzessive Eindrücke zu unterscheiden und zusammenzufassen, keine besonderen, diesem Zwecke dienenden Einrichtungen am Sinnesorgan voraussetzt. Es sind aber der zeitlichen Unterscheidung, ebenso wie der räumlichen, Grenzen gezogen, die von der Beschaffenheit des physiologischen Reizvorgangs abhängen. Denn die Aufeinanderfolge zweier Reize kann stets bis zu dem Grade beschleunigt werden, daß eine Verschmelzung eintritt und von einer zeitlichen Ordnung natürlich nicht die Rede sein kann. Es gibt darum der Raumschwelle entsprechend auch eine Zeitschwelle, d. h. ein kleinstes Intervall, in dem zwei Reize nacheinander einwirken müssen, um eine eben merkliche Zweiheit von Empfindungen zu erregen.

Während nun die Raumschwelle je nach der Stelle der Leibeshaut oder der Netzhaut des Auges unterschiedliche Werte annimmt, ist die Zeitschwelle je nach dem Sinnesgebiete und innerhalb eines solchen je nach der Art und Stärke des Reizes verschieden. Die günstigsten Verhältnisse bieten die mechanischen Sinne, insbesondere die Druckreize (vgl. S. 83), da hier momentane Reize auch momentan empfunden werden und darum die Fähigkeit zur Unterscheidung am größten ist.

Das tatsächliche Erfassen der Zeitformen ist abhängig von ihrem Inhalte. Beispielsweise scheint eine Reihe von Schallempfindungen schneller oder langsamer

abzulaufen, wenn die Intensität der Reize größer oder kleiner wird. Wird ferner für eine Reihe in gleichen Intervallen aufeinanderfolgender Reize der eine oder der andere verstärkt, so wird das unmittelbar vorangehende und nachfolgende Intervall überschätzt. Auch erscheinen im allgemeinen Zeitstrecken, die durch zwei Reize begrenzt werden, größer oder kleiner, je nachdem sie durch Einschieben von Zwischenreizen eingeteilt werden oder leer bleiben, so daß hier eine ähnliche, aber in stärkerem Maße bemerkliche Erscheinung auftritt als bei der räumlichen Anschauung.

Bei der Untersuchung der Empfindlichkeit gegen Zeitunterschiede hat man die unmittelbare Zeitschätzung von der bei der Beurteilung größerer Zeitlängen eintretenden mittelbaren zu unterscheiden. Man muß ferner die Art und Weise, in der die Zeitstrecken ausgefüllt werden, und deren Einfluß für kleine, mittlere und große Zeiten verschieden ist, beachten.

Es zeigt sich die eben merkliche Zunahme oder Abnahme i einer Zeitschwelle r am kleinsten bei etwa 0,3 Sekunden; der relative Wert $i:r$ war zwischen 0,7 und 9 Sekunden und in einiger Annäherung auch für größere Zeiten konstant; dabei sind aber Übung und Ermüdung von wesentlichem Einfluß. Kleine Zeiten werden überschätzt; große Zeiten werden unterschätzt. Für eine mittlere Zeit, die „Indifferenzzone“, die bei 0,5 bis 0,6 Sekunden gefunden wurde, trifft die Schätzung den wahren Wert.

Register.

Abhängigkeitsbestimmung 74.
 Adaptation 85.
 Akkommodation 127.
 Allgemeiner Sinn 78.
 Analgesie 80.
 Anästhesie 80.
 Anaximander 7.
 Anaximenes 7.
 Aristoteles 9, 12.
 Arithmetisches Mittel 70, 72.
 Ausdruck d. Gefühle 138.
 Beobachtungsfehler 34.
 Berkeley 18, 19.
 Bernoulli 35.
 Bessel 41, 50.
 Bewußtsein 10, 21; obj. Unterlage 25.
 Bewußtseinsinhalte 20; obj. Grundlage 32.
 Blinder Fleck 127.
 Bouguer 37, 39.
 Bradley 41, 42.
 Demokrit 8, 12.
 Descartes 10, 11, 15, 39, 42, 139.
 Druckempfindungen 78, 82.
 Druckpunkte 81.
 Dynamometer 140.
 Eigenlicht d. Netzhaut 121.
 Eleaten 7.
 Empfindungen 22, 32; Arten ders. 59; Zusammenh. mit d. Reiz 62, 78.
 Empfindungskreise 148.
 Energie, spezifische 29.
 Faraday 117.

Farben 110; Mannigfaltigkeit ders. 116.
 Farbenblindheit 129.
 Farbenton 113.
 Fechner 42f., 48f., 135.
 Fehlergesetz 35.
 Fehlerquellen 34.
 Galilei 13f.
 Gauß 35f.
 Gefühle 22, 32, 59; Einteilung ders. 136; Ausdruck ders. 138.
 Gegenfarben 114.
 Gehirn 26f.
 Gehör 96f.; Erregung dess. 104.
 Gelber Fleck 127.
 Gemeinempfindungen 78.
 Geometrisch-optische Täuschungen 151.
 Geräusche 96.
 Geruch 91f.
 Geschmack 86f.
 Gesichtslinie 128.
 Gesichtssinn 110f.; Erregung dess. 131.
 Gleichung, persönliche 41.
 Goldener Schnitt 135.
 Goethe 112, 133.
 Grundfarben 125.
 Grundmembran 104.
 Grundton 99.
 Haller 39.
 Hauptfarben 111.
 Hauptgerüche 92.
 Helligkeit 113f.
 Helmholtz 104, 130.
 Heraklit 7.
 Hering 130.
 Homogenes Licht 117.
 Hume 19.
 Huyghens 15, 117.

Indifferenzzone 154.
 Intervalle 53, 68, 108.
 Kälteempfindungen 78, 84f.
 Kältepunkte 81.
 Kant 43.
 Kepler 13, 14.
 Klang, Klangfarbe 97f.
 Kompensation 91, 96.
 Komplementärfarben 124.
 Kontrast 90, 130.
 Kopernikus 13.
 v. Kries 131.
 Kritisches Verhalten 5, 23.
 Lambert 34, 36f.
 Laplace 35, 36.
 Leibniz 11, 22, 42.
 Licht 116f.
 Lipps, Th. 137.
 Locke 17, 18.
 Lustgefühle 59, 136, 141.
 Maßmethoden, Fechners 48f.
 Maßzahl d. Reizes 53.
 Maxwell 117.
 Mayer, R. 15, 16.
 Meßmethode 63f.
 Methode d. ebenmerkl. Untersch. 48; d. mittleren Fehler 49; d. richtigen u. falschen Fälle 48.
 Mittelwerte 68f.
 Monade 11, 23.
 Müller, Joh. 39.
 Nachbild 129.
 Naives Verhalten 5, 23.
 Naturgeschehen 12f.
 Naturphilosophen, ionische 7.

- Nervensystem 26.
 Neuron 27.
 Newton 14, 44, 116.
 Nullpunkt, physiolog. 84.

Obertöne 99.
 Olfaktometer 95.
 Ordnungszahlen d. Empfindungen 52.
 Organ d. allgemeinen Sinnes 80; d. Gehörs 102; d. Geruchs 94; d. Geschmacks 89; d. Gesichtssinnes 126f.

Parallelismus, psychophysischer 25.
 Parmenides 8.
 Physik 25.
 Platon 9.
 Plethysmograph 141.
 Pneumatograph 140.
 Protagoras 8.
 Psychisches Maß 46f.
 Psychologie 25.
 Psychophysik 25, 33, 34, 42.
 Psychophysisches Grundgesetz 44f.
 Purkinjesches Phänomen 123.
 Pythagoras 7.

Qualitäten d. allgemeinen Sinnes 80; d. Gehörs 99; d. Geruchs 92; d. Geschmacks 88; d. Gesichtssinnes 115.
Raumformen 144f.
 Raumschwelle 146.
 Reiz 33, f. Druckempfindungen 82; f. Wärme u. Kälteempf. 84; f. Geschmacksempf. 89; f. Geruchsempf. 94; f. Gehörsempf. 102; f. Gesichtsempf. 129.
 Reizschwelle f. Druck 82; f. Geruch 95; f. Geräusche u. Töne 106; f. Tonhöhe 107; f. Licht 121.
 Riechkraft 93.
 Riechmesser 95.
 Rindenfelder 30.

Sättigungsgrade 115.
 Schall 101f.
 Schmerzempfindungen 79.
 Schmerzpunkte 81.
 Sehorgan 126f.
 Sehschärfe 148.
 Sextus Empiricus 9.
 Skeptiker 9, 85, 90.
 Sokrates 8.
 Sophisten 8.
 Spektrum 118.
 Sphygmograph 140.
 Spinoza 11, 42.
 Steinheil 38.
 Subjektive Faktoren 34f.

Tastempfindungen 78.
 Thales von Milet 7.
 Tonhöhe 97, 107.
 Tonskala 97.
 Tonverwandtschaft I 99, 108.

Unlustgefühle 59, 136, 141.
 Unsicherheit d. Auges 36.
 Unterschiedsschwelle I 54, 76; für Druck 83; für Temperatur 86; für Schall 107; für Licht 120; für Raumformen 150; für Zeitformen 154.

 Walbeck 41.
 Wärmeempfindungen 78, 84f.
 Wärmepunkte 81.
 Weber, E. H. 40, 50, 83, 86, 148.
 Webersches Gesetz I 50, 55.
 Wirklichkeit, Auffassung ders. 21.
 Wundt 50, 131, 136.

 Young 130.

Zählmethoden 63f.
 Zeitformen 153.
 Zeitschwelle 153.

Sammlung

Jeder Band
eleg. geb.

80 Pf.

Böfchen

Verzeichnis der bis jetzt erschienenen Bände.

Bibliothek der Philosophie.

Hauptprobleme der Philosophie v. Dr. Georg Simmel, Professor an der Universität Berlin. Nr. 500.

Einführung in die Philosophie von Dr. Max Wentscher, Professor an der Universität Bonn. Nr. 281.

Geschichte der Philosophie IV: Neuere Philosophie bis Kant von Dr. Bruno Bauch, Professor a. d. Universität Halle a. S. Nr. 394.

— **V: Immanuel Kant** von Dr. Bruno Bauch, Prof. a. d. Univ. Halle. Nr. 536.

Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Professor Dr. Th. Elsenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.

Grundriß der Psychophysik von Professor Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.

Ethik von Professor Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 90.

Allgemeine Ästhetik von Professor Dr. Max Diez, Lehrer an der kgl. Akademie der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.

Bibliothek der Sprachwissenschaft.

Indogerman. Sprachwissenschaft v. Dr. R. Meringer, Professor an der Universität Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.

Germanische Sprachwissenschaft v. Dr. Rich. Loewe in Berlin. Nr. 238.

Romanische Sprachwissenschaft von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent a. d. Univers. Wien. 2 Bde. Nr. 128, 250.

Semitische Sprachwissenschaft von Dr. C. Brockelmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.

Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft von Dr. Josef Sztinyei, Prof. an der Universität Budapest. Nr. 463.

Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache v. Schult. Prof. Dr. O. Lyon i. Dresden. Nr. 20.

Deutsche Poetik von Dr. K. Borinski, Prof. a. d. Univers. München. Nr. 40.

Deutsche Redelehre von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.

Aufsatzentwürfe von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnas. i. Stuttgart. Nr. 17.

Wörterbuch nach der neuen deutsch. Rechtschreib. v. Dr. Heinrich Alenz. Nr. 200.

Deutsches Wörterbuch v. Dr. Richard Loewe in Berlin. Nr. 64.

Das Fremdwort im Deutschen von Dr. Rudolf Kleinpaul, Leipzig. Nr. 55.

Deutsches Fremdwörterbuch von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.

Plattdeutsche Mundarten von Professor Dr. Hub. Grimme in Freiburg (Schweiz). Nr. 461.

Die deutschen Personennamen von Dr. Rudolf Kleinpaul, Leipzig. Nr. 422.

Länder- und Völkernamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 478.

Engl.-deutsch. Gesprächsbuch v. Prof. Dr. E. Hausknecht, Lausanne. Nr. 424.

Geschichte der griechischen Sprache I: Bis zum Ausgange der klassischen Zeit von Dr. Otto Hoffmann, Prof. an der Univ. Münster. Nr. 111.

— **der lateinischen Sprache** von Dr. Friedrich Stolz, Professor an der Universität Innsbruck. Nr. 492.

- Grundriß der lateinischen Sprachlehre** von Professo Dr. W. Volsch in Magdeburg. Nr. 82.
- Russische Grammatik** von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 66.
- Kleines russisches Vokabelbuch** von Dr. Erich Boehme, Lektor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 475.
- Russisch-deutsches Gesprächsbuch** v. Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 68.
- Russisches Lesebuch** mit Glossar von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität München. Nr. 67.
- Geschichte der klassischen Philologie** von Dr. Wilh. Kroll, ord. Prof. an der Universität Münster. Nr. 367.

Literaturgeschichtliche Bibliothek.

- Deutsche Literaturgeschichte** von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.
- Deutsche Literaturgeschichte der Klassikerzeit** von Professor Carl Weitbrecht Durchgesehen und ergänzt von Prof. Dr. Karl Berger. Nr. 161.
- Deutsche Literaturgeschichte des 19. Jahrhunderts** von Prof. Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt v. Dr. Richard Weitbrecht in Wimpfen. 2 Teile. Nr. 134 und 135.
- Geschichte des deutschen Romans** von Dr. Hellmuth Mielke. Nr. 229.
- Die deutsche Heldensage** von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 32.
- Gotische Sprachdenkmäler** m. Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Herm. Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.
- Althochdeutsche Literatur** mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schausfler, Professor am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.
- Eddalieder** mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilh. Ranisch, Gymnasialoberlehrer in Os nabrück. Nr. 171.

Das Walthari-Vied. Ein Heldenlied aus dem 10. Jahrhundert im Versmaße der Urschrift überseht und erläutert von Professor Dr. H. Althof in Weimar. Nr. 46.

Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl mit Einleitungen und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.

Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik m. kurz. Wörterbuch v. Dr. W. Goltzer, Prof. a. d. Univ. Rostock. Nr. 1.

Kudrun und Dietrichepen. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 10.

Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch von Dr. K. Marold, Professor am kgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.

Walther von der Vogelweide mit Auswahl a. Minnefang u. Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von O. Günter, Prof. a. d. Oberrealschule u. a. d. Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.

Die Epigonen des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junk, Aktuar der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.

Deutsche Literaturdenkmäler des 14. und 15. Jahrhunderts, ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenlied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolaigymnasium zu Leipzig. Nr. 7.

— II: **Hans Sachs.** Ausgewählt u. erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 24.

Deutsche Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tier-epos und Fabel. Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 36.

— **des 17. und 18. Jahrhunderts** von Dr. Paul Vegband in Berlin. 1. Teil. Nr. 364.

Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Professor Dr. F. Bobertag in Breslau. Nr. 138.

Das deutsche Volkslied. Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25 und 132.

Englische Literaturgeschichte von Dr. Carl Weiser in Wien. Nr. 69.

Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröder, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286 und 287.

Italienische Literaturgeschichte von Dr. Karl Vohler, Professor an der Universität München. Nr. 125.

Spanische Literaturgeschichte v. Dr. Rudolf Beer, Wien. 2 Bde. Nr. 167, 168.

Portugiesische Literaturgeschichte v. Dr. Karl von Reinhardtsoeltner, Professor an der Königl. Technischen Hochschule München. Nr. 213.

Russische Literaturgeschichte v. Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.

Russische Literatur von Dr. Erich Boehme, Rektor an der Handelshochschule Berlin. 1. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführl. Anmerk. u. Akzentbezeichnung. Nr. 403.

— II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.

Slavische Literaturgeschichte von Dr. Josef Karásek in Wien. 1: Ältere Literatur b. z. Wiedergeburt. Nr. 277.

— II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.

Nordische Literaturgeschichte. 1: Die isländische u. norwegische Literatur des Mittelalters v. Dr. Wolfgang Gölther, Prof. an der Univ. Rostock. Nr. 254.

Die Hauptliteraturen des Orients von Dr. Mich. Haberlandt, Privatdoz. a. d. Univerf. Wien. 1: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.

Die Hauptliteraturen des Orients II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.

Die christlichen Literaturen des Orients von Dr. Anton Baumstark.

I: Einleitung. — Das christlich-aramäische u. d. koptische Schrifttum. Nr. 527.

— II: Das christlich-arabische u. d. äthiopische Schrifttum. — Das christliche Schrifttum der Armenier und Georgier. Nr. 528.

Griechische Literaturgeschichte mit Berücksichtigung der Wissenschaften von Dr. Alfred Gerke, Professor an der Universität Greifswald. Nr. 70.

Römische Literaturgeschichte von Dr. Herm. Joachim, Hamburg. Nr. 52.

Die Metamorphosen des P. Ovidius Naso. In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 442.

Vergil, Aeneis. In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 497.

Geschichtliche Bibliothek.

Einleitung in die Geschichtswissenschaft v. Dr. Ernst Bernheim, Prof. a. d. Universität Greifswald. Nr. 270.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. a. d. Universität Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.

Geschichte des alten Morgenlandes von Dr. Fr. Hommel, o. ö. Prof. der semitischen Sprachen an der Universität München. Mit 9 Voll- u. Teiltbildern u. 1 Karte des Morgenlandes. Nr. 43.

Geschichte Israels bis auf die griech. Zeit v. Lic. Dr. F. Benzinger. Nr. 231.

Neutestamentliche Zeitgeschichte v. Lic. Dr. W. Glaerk, Prof. an der Universität Jena. 1: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Mit 3 Karten. Nr. 325.

— II: Die Religion d. Judentums i. Zeitalter des Hellenismus u. d. Römerherrschaft. Mit 1 Planskizze. Nr. 326.

Archäologie von Dr. Friedrich Koepp, Professor a. d. Universität Münster i. W. 3 Bändchen. Mit 21 Abbildungen im Text und 40 Tafeln. Nr. 538, 40.

Griechische Geschichte von Dr. Heinrich Swoboda, Professor a. d. Deutschen Universität Prag. Nr. 49.

Griechische Altertumskunde v. Prof. Dr. Rich. Maiß, neu bearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.

Römische Geschichte von Realgymnasialdirektor Dr. Julius Koch in Brunewald. Nr. 19.

Römische Altertumskunde v. Dr. Leo Bloch, Wien. Mit 8 Vollbild. Nr. 45.

Geschichte d. byzantinischen Reiches v. Dr. A. Roth in Kempten. Nr. 190.

Deutsche Geschichte von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Königl. Luisengymnasium in Berlin. I: **Mittelalter** (bis 1519). Nr. 33.

— II: **Zeitalter der Reformation und der Religionskriege** (1500 bis 1648). Nr. 34.

— III: **Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs** (1648—1806). Nr. 35.

Deutsche Stammeskunde von Dr. Rudolf Much, Prof. a. d. Univ. Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.

Die deutschen Altertümer von Dr. Franz Fuhse, Dir. d. Städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abb. Nr. 124.

Umriss der Burgenkunde von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbildungen. Nr. 119.

Deutsche Kulturgeschichte von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.

Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher i. Freiburg i. B. Realkommentar zu den Volks- und Kunstepen und zum Minnesang. I: **Öffentliches Leben**. Mit 1 Tafel und Abbildgn. Nr. 93.

— II: **Privatleben**. M. Abb. Nr. 328.

Quellenkunde der Deutschen Geschichte von Dr. Carl Jacob, Prof. a. d. Univ. Tübingen. 1. Bd. Nr. 279.

Österreichische Geschichte von Prof. Dr. Franz von Krones, neu bearbeitet von Dr. Karl Uhlirz, Prof. an der Universität Graz. I: **Von der Urzeit bis z. Tode König Albrechts II.** (1439). Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.

— II: **Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westfälischen Frieden** (1440 bis 1648). Mit 2 Stammtaf. Nr. 105.

Englische Geschichte von Professor L. Gerber in Düsseldorf. Nr. 375.

Französische Geschichte von Dr. R. Sternfeld, Professor an der Universität Berlin. Nr. 85.

Russische Geschichte von Dr. Wilhelm Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.

Polnische Geschichte von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.

Spanische Geschichte von Dr. Gust. Diercks. Nr. 266.

Schweizerische Geschichte von Dr. A. Dändliker, Professor an der Universität Zürich. Nr. 188.

Geschichte der christlichen Balkanstaaten (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland) von Dr. A. Roth in Kempten. Nr. 331.

Bayerische Geschichte von Dr. Hans Ockel in Augsburg. Nr. 160.

Geschichte Frankens v. Dr. Christian Meyer, kgl. preuß. Staatsarchivar a. D. in München. Nr. 434.

Sächsische Geschichte von Professor Otto Kaemmel, Rektor des Nikolai-gymnasiums zu Leipzig. Nr. 100.

Thüringische Geschichte v. Dr. Ernst Devrient in Leipzig. Nr. 352.

Badische Geschichte von Dr. Karl Brunner, Professor am Gymnasium zu Pforzheim und Privatdozent der Geschichte an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.

Württembergische Geschichte v. Dr. Karl Weller, Professor am Karls-gymnasium in Stuttgart. Nr. 462.

Geschichte Lothringens von Geheim. Regierungsrat Dr. Herm. Derichsweiler in Straßburg. Nr. 6.

Die Kultur der Renaissance. Gefittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.

Geschichte des 19. Jahrhunderts v. Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an der Universität Bonn. 1. Bändchen: 1800—1852. Nr. 216.

— 2. Bändchen: 1853 bis Ende d. Jahrhunderts. Nr. 217.

Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Professor der Geschichte an der Universität Berlin. Nr. 156.

Die Seemacht in der deutschen Geschichte von Wirkl. Admiralsratsrat Dr. Ernst von Halle, Professor an der Universität Berlin. Nr. 370.

Geographische Bibliothek.

- Physische Geographie** v. Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Astronomische Geographie** von Dr. Siegm. Günther, Professor an der kgl. Technisch. Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre** von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln u. 2 Figuren. Nr. 114.
- Paläoklimatologie** von Dr. Wilh. R. Eckardt in Weisburg a. Lahn. Nr. 482.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert, Prof. an der Univerf. in Innsbruck. Mit 49 Abbild. u. 7 Tafeln. Nr. 54.
- Physische Meereskunde** v. Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsleiter a. der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abb. im Text u. 8 Taf. Nr. 112.
- Paläogeographie.** Geologische Geschichte der Meere u. Festländer v. Dr. Fr. Kossinat, Wien. M. 6 Kart. Nr. 406.
- Das Eiszeitalter** von Dr. Emil Werth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 431.
- Die Alpen** v. Dr. Robert Sieger, Prof. an der Universität Graz. Mit 19 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 129.
- Gletscherkunde** v. Dr. Fritz Machacek in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text und 11 Tafeln. Nr. 154.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels in Marburg (Hessen). Nr. 389.
- Tiergeographie** v. Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie a. d. kgl. Forstak. zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Länderkunde von Europa** von Dr. Franz Heiderich, Prof. an der Exportakademie in Wien. Mit 10 Textkärtchen und Profilen und einer Karte der Alpeneinteilung. Nr. 62.
- Länderkunde der außereurop. Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Prof. an der Exportakademie in Wien. Mit 11 Textkärtchen und Profilen. Nr. 63.
- Landeskunde und Wirtschaftsgeographie d. Festlandes Australiens** von Dr. Kurt Hassert, Prof. an der Handelshochschule i. Köln. Mit 8 Abb., 6 graph. Tabell. u. 1 Karte. Nr. 319.

- Landeskunde von Baden** von Prof. Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbild. u. 1 Karte. Nr. 199.
- **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Böhl, Professor an der kgl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 176.
- **der Republik Brasilien** von Rodolpho von Thering. Mit 12 Abb. und einer Karte. Nr. 373.
- **von Britisch-Nordamerika** von Professor Dr. A. Doppel in Bremen. Mit 13 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 284.
- **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 215.
- **von Frankreich** von Dr. Richard Neuse, Direktor der Oberrealschule in Spandau. 1. Bändchen. Mit 23 Abbildungen im Text und 16 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln. Nr. 466.
- — 2. Bändchen. Mit 15 Abbildungen im Text, 18 Landschaftsbildern auf 16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 467.
- **des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbild. u. 1 Karte. Nr. 376.
- **der Iberischen Halbinsel** von Dr. Fritz Regel, Professor an der Universität Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbildungen im Text und 1 Karte in Farbendruck. Nr. 235.
- **der Großherzogtümer Mecklenburg u. d. Freien u. Hansestadt Lübeck** von Dr. Sebald Schwarz, Direktor der Realschule zum Dom in Lübeck. Mit 17 Abbildungen und Karten im Text, 16 Tafeln und einer Karte in Lithographie. Nr. 487.
- **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Prag. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.
- **der Rheinprovinz** von Dr. V. Steinecke, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abbildungen, 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 308.
- **des Europäischen Rußlands nebst Finnlands** von Dr. Alfred Philippson, ord. Prof. der Geographie an der Univ. Halle a. S. Mit 9 Abb., 7 Textkarten und 1 lithogr. Karte. Nr. 359.

Landeskunde des Königreichs Sachsen von Dr. J. Ziemrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.

— **der Schweiz** von Professor Dr. H. Walser in Bern. Mit 16 Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.

— **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Kreis-
schulinspektor Heinrich Kerp in Kreuz-
burg. Mit 11 Abbildungen und
1 Karte. Nr. 202.

— **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fischer, Oberlehrer am Luisenstädtischen Realgymnas. in Berlin. Mit Karten, Fig. u. Taf. 2 Bde. Nr. 381. 382.

— **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Prof. an der Handelshochschule in Köln. M. 16 Voll-
bildern und 1 Karte. Nr. 157.

Die deutschen Kolonien I: Togo und Kamerun von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithogra-
phischen Karte. Nr. 441.

— **II: Das Südseegebiet und Kiau-
tschou** von Prof. Dr. K. Dove. Mit
16 Tafeln u. 1 lithogr. Karte. Nr. 520.

Landes- u. Volkskunde Palästinas
v. Privatdoz. Dr. G. Hölscher, Halle a. S.
Mit 8 Vollbildern u. 1 Karte. Nr. 345.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität
Wien. Mit 56 Abbildung. Nr. 73.

Kartenkunde, geschichtlich dargestellt v.
E. Gelcich, Direktor der k. k. Nautischen Schule, Lussinpiccolo, F. Sauter,
Prof. am Realgymnasium in Ulm und
Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesell-
schaft für Erdkunde in Berlin, neu be-
arbeitet v. Dr. M. Groll, Kartograph
in Berlin. Mit 71 Abbild. Nr. 30.

Mathematische und astronomische Bibliothek.

Geschichte der Mathematik von Dr.
H. Sturm, Prof. am Obergymnasium
in Seltenssteden. Nr. 226.

Arithmetik und Algebra von Dr.
Hermann Schubert, Professor an der
Gelehrtenschule des Johanneums in
Hamburg. Nr. 47.

**Beispielsammlung zur Arithmetik
und Algebra** von Dr. Hermann
Schubert, Prof. a. d. Gelehrtenschule
des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.

Algebraische Kurven v. Eugen Beutel,
Oberreallehrer in Baihingen = Enz.
I: Kurvendiskussion. Mit 57 Figuren
im Text. Nr. 435.

— **II: Theorie und Kurven dritter
und vierter Ordnung.** Mit 52 Figuren
im Text. Nr. 436.

Determinanten von Paul B. Fischer,
Oberlehrer an der Oberrealschule zu
Groß-Lichterfelde. Nr. 402.

Koordinatensysteme v. Paul B. Fischer,
Oberlehrer an der Oberrealschule zu
Groß-Lichterfelde. Mit 8 Fig. Nr. 507.

Ebene Geometrie mit 110 zweifarbig.
Figuren von G. Mahler, Professor
am Gymnasium in Ulm. Nr. 41.

Darstellende Geometrie von Dr. Rob.
Hausner, Prof. an der Univerf. Jena.
I: Mit 110 Figuren. Nr. 142.

— **II: Mit 40 Figuren.** Nr. 143.

Wahrscheinlichkeitsrechnung von Dr.
Franz Sack, Professor am Eberhard-
Ludwigs-Gymnasium i. Stuttgart. Mit
15 Figuren im Text. Nr. 508.

Ebene u. sphärische Trigonometrie
mit 70 Figuren von Professor Dr.
Gerhard Hessenberg in Breslau. Nr. 99.

Stereometrie mit 66 Figuren von Dr.
R. Glafer in Stuttgart. Nr. 97.

Niedere Analysis mit 6 Figuren von
Professor Dr. Benedikt Sporer in
Ehingen. Nr. 53.

**Vierstellige Tafeln u. Gegentafeln
für logarithmisches und trigono-
metrisches Rechnen** in zwei Farben
zusammengestellt von Dr. Hermann
Schubert, Prof. an d. Gelehrtenschule
d. Johanneums in Hamburg. Nr. 81.

Fünfstellige Logarithmen von Prof.
Aug. Adler, Direktor der k. k. Staats-
oberrealschule in Wien. Nr. 423.

Analytische Geometrie der Ebene
mit 57 Figuren von Professor Dr.
M. Simon in Straßburg. Nr. 65.

**Aufgabensammlung zur analytisch.
Geometrie der Ebene** mit 32 Fig.
von D. Th. Bürklen, Prof. am Real-
gymnas. in Schwäb.-Gmünd. Nr. 256.

Analytische Geometrie des Raumes
mit 28 Abbildungen von Professor Dr.
M. Simon in Straßburg. Nr. 89.

Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie des Raumes mit 8 Fig. von D. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnas. in Schwäb.-Gmünd. Nr. 309.

Höhere Analysis von Dr. Friedrich Junker, Rektor d. Realgymnas. u. d. Oberrealsch. i. Göppingen. I: **Differentialrechnung** mit 68 Fig. Nr. 87.

— II: **Integralrechnung** mit 89 Figuren. Nr. 88.

Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung mit 46 Fig. von Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Nr. 146.

Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung mit 52 Fig. v. Dr. Friedr. Junker, Rektor des Realgymnasiums und der Oberrealschule in Göppingen. Nr. 147.

Projektive Geometrie in synthetischer Behandlung mit 91 Fig. von Dr. K. Doeblemann, Professor an der Universität München. Nr. 72.

Mathematische Formelsammlung u. Repetitorium der Mathematik, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, mathem. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, der Differential- und Integralrechnung von D. Th. Bürklen, Professor a. Königl. Realgymnasium in Schwäb.-Gmünd. Mit 18 Fig. Nr. 51.

Einführung in die geometrische Optik von Dr. W. Hinrichs in Wilmsdorf-Berlin. Nr. 532.

Versicherungsmathematik von Dr. Alfred Loewy, Professor an der Universität Freiburg i. Br. Nr. 180.

Geometrisches Zeichnen v. H. Becker, neu bearbeitet v. Prof. J. Vonderlinn, Direktor der kgl. Baugewerkschule zu Münster i. W. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Vektoranalysis von Dr. Siegf. Valentin, Professor an der Bergakademie in Clausthal. Mit 11 Fig. Nr. 354.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. J. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Prof. an der Universität Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.

Astronomie II: Kometen, Meteore und das Sternsystem. Mit 15 Figuren und 2 Sternkarten. Nr. 529.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper v. Dr. Walter J. Wislicenus, neu bearb. von Dr. H. Lüdendorff, Potsdam. Mit 15 Abb. Nr. 91.

Astronomische Geographie mit 52 Fig. von Dr. Siegm. Günther, Prof. a. d. Techn. Hochschule in München. Nr. 92.

Vermessungskunde von Dipl.-Ingen. P. Werkmeister, Oberlehrer an der Kaiserl. Techn. Schule i. Straßburg i. E. I: Feldmessen und Nivellieren. Mit 146 Abbildungen. Nr. 468.

— II: Der Theodolit. Trigonometrische u. barometrische Höhenmessung. Tachymetrie. Mit 109 Abbild. Nr. 469.

Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate mit 15 Fig. und 2 Tafeln von Wilh. Weitbrecht, Professor der Geodäsie in Stuttgart. Nr. 302.

Naufik. Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde mit 56 Abbild. von Dr. Franz Schulze, Direktor d. Navigationschule zu Lübeck. Nr. 84.

Naturwissenschaftliche Bibliothek.

Paläontologie und Abstammungslehre von Professor Dr. Karl Diener in Wien. Mit 9 Abbild. Nr. 460.

Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. M. 47 Abb. u. 1 Taf. Nr. 18.

Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moritz Hoernes, Prof. an der Universität Wien. Mit 53 Abb. Nr. 42.

Völkerkunde von Dr. Michael Haberlandt, k. u. k. Kustos der ethnogr. Sammlung des naturhistor. Hofmuseums und Privatdozent an der Universität Wien. Mit 51 Abbildungen. Nr. 73.

Tierkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.

Abriss der Biologie der Tiere von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Nr. 131.

Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

Das Tierreich. I: Säugetiere von Oberstudienrat Professor Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Königl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.

— **III: Reptilien und Amphibien** von Dr. Franz Werner, Professor an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.

— **IV: Fische** v. Prof. Dr. Max Rauther in Neapel. Mit 37 Abb. Nr. 356.

— **VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Professor der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.

— **II: Krebse, Spinnentiere, Tausendfüßer, Weichtiere, Moostierchen, Armfüßer, Stachelhäuter und Manteltiere.** Mit 97 Figuren. Nr. 440.

Entwicklungsgeschichte der Tiere von Dr. Johannes Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Jena. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Figuren. Nr. 378.

— **II: Organbildung.** Mit 46 Fig. Nr. 379.

Schmarözer und Schmarözertum in der Tierwelt. Erste Einführung in die tierische Schmarözerekunde von Dr. Franz von Wagner, Prof. an der Univ. Graz. Mit 67 Abb. Nr. 151.

Geschichte der Zoologie von Dr. Rud. Burdhardt, weil. Direktor der Zoologischen Station des Berliner Aquariums in Rovigno (Istrien). Nr. 357.

Die Pflanze, ihr Bau und ihr Leben von Professor Dr. E. Dennert in Godesberg. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.

Das Pflanzenreich. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reinede in Breslau und Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Figuren. Nr. 122.

Die Stämme des Pflanzenreichs von Privatdozent Dr. Rob. Pilger, Kustos am Königl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 22 Abbildungen. Nr. 485.

Pflanzenbiologie von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.

Pflanzengeographie von Prof. Dr. Ludwig Diels in Marburg. Nr. 389.

Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbild. Nr. 141.

Die Pflanzenwelt der Gewässer von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen d. häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen von Dr. W. Migula, Professor an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.

Die Nadelhölzer von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbild., 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.

Nutzpflanzen von Professor Dr. J. Behrens, Vorst. der Großh. landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

Das System der Blütenpflanzen mit Ausschluß der Gymnospermen von Dr. R. Pilger, Kustos am Königl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 31 Figuren. Nr. 393.

Pflanzenkrankheiten von Dr. Werner Friedrich Bruch in Gießen. Mit 1 farb. Tafel und 45 Abbildungen. Nr. 310.

Mineralogie von Dr. Robert Brauns, Professor an der Universität Bonn. Mit 132 Abbildungen. Nr. 29.

Geologie in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Professor Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen u. 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.

Paläontologie von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.

Petrographie von Dr. W. Bruhns, Professor an der Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.

Kristallographie von Dr. W. Bruhns, Prof. an der Universität Straßburg i. E. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.

Geschichte der Physik von Professor A. Kistner in Wertheim a. M. I: Die Physik bis Newton. M. 13 Fig. Nr. 293.

— **II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart.** Mit 3 Fig. Nr. 294.

Theoretische Physik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Techn. Hochschule in Wien. I. Teil: Mechanik u. Akustik. M. 19 Abb. Nr. 76.
 — II. Teil: Licht und Wärme. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
 — III. Teil: Elektrizität u. Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.
 — IV. Teil: Elektromagnet. Lichttheorie u. Elektronik. Mit 21 Fig. Nr. 374.
Radioaktivität von Dipl.-Ing. Wilh. Frommel. Mit 21 Figur. Nr. 317.
Physikalische Messungsmethoden von Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
Physikalische Aufgabensammlung von G. Mahler, Prof. am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
Physikalische Formelsammlung von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben von Prof. Dr. R. Abegg und Privatdozent Dr. D. Sackur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
Vektoranalysis von Dr. Siegf. Valentiner, Professor an der Bergakademie in Clausthal. Mit 11 Fig. Nr. 354.
Geschichte der Chemie von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chemischen Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.
 — II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
Anorganische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.
Metalloide (Anorganische Chemie I. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Königl. Bau-gewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
Metalle (Anorganische Chemie II. Teil) von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Königl. Bau-gewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.
Organische Chemie von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.
Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule Stuttgart. I. II. Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.
 — III: Aromatische Verbindungen. Nr. 193.

Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. Hugo Bauer. IV: Heterocyklische Verbindungen. Nr. 194.
Analytische Chemie von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.
 — II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.
Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Figuren. Nr. 221.
Technisch-Chemische Analyse von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgen. Polytechnischen Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
Stereochemie von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.
Allgemeine u. physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.
Elektrochemie von Dr. Heinrich Danneel in Bens. I. Teil: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
 — II: Experimentelle Elektrochemie, Messmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
Pharmazeutische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 2 Bändchen. Nr. 543/44.
Toxikologische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung v. Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
Das agrikulturchemische Kontrollwesen von Dr. Paul Kriehle in Leopoldshall-Stahlfurt. Nr. 304.
Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden von Professor Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftl. Versuchsstation in Marburg. Nr. 470.
Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
 — II: Dissimilation. M. 1 Taf. Nr. 241.
Meteorologie von Dr. W. Traberl, Professor an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbild. u. 7 Tafeln. Nr. 54.
Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von Dr. A. Rippoldt jr., Mitglied des Königl. Preuß. Meteorologischen Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abbildungen und 3 Taf. Nr. 175.

Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. J. Möbius, neu bearbeitet von Dr. Herm. Kobold, Professor an der Universität Kiel. I: Das Planetensystem. Mit 33 Abbildungen. Nr. 11.

— II: Kometen, Meteore u. d. Sternsystem. Mit 15 Figuren und 2 Sternkarten. Nr. 529.

Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Professor Dr. Walter J. Wislicenus. Neu bearbeitet von Dr. H. Ludendorff, Potsdam. Mit 15 Abbildungen. Nr. 91.

Astronomische Geographie von Dr. Siegmund Günther, Professor an der Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.

Physische Geographie von Dr. Siegmund Günther, Professor an der kgl. Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.

Physische Meereskunde von Professor Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 39 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.

Klimakunde I: Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln und 2 Figuren. Nr. 114.

Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Eckardt in Weilburg an der Lahn. Nr. 482.

Bibliothek der Physik.

Siehe unter Naturwissenschaften.

Bibliothek der Chemie.

Siehe unter Naturwissenschaften und Technologie.

Bibliothek der Technologie.

Chemische Technologie.

Allgemeine chemische Technologie von Gustav Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.

Die Felle und Öle sowie die Seifen- und Kerzenfabrikation und die **Harze, Lache, Firnisse** mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun. I: Einführung in die Chemie, Besprechung einiger Salze und der Felle und Öle. Nr. 335.

Die Felle und Öle sowie die Seifen- und Kerzenfabrikation und die **Harze, Lache, Firnisse** mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun. II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbild. Nr. 336.

— III: Harze, Lache, Firnisse. Nr. 337.

Ätherische Öle und Riechstoffe von Dr. J. Rochussen in Miltitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.

Die Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. H. Brunswig in Steglitz-Berlin. Mit 16 Abbildungen. Nr. 333.

Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor der Brauer- und Mälzerschule in Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.

Das Wasser und seine Verwendung in Industrie u. Gewerbe v. Dipl.-Ing. Dr. Ernst Leher. Mit 15 Abb. Nr. 261.

Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung und Untersuchung von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtsch. Versuchsstation in Marburg in Hessen. Nr. 473.

Zündwaren von Direktor Dr. Alfons Bujard, Vorstand des Städt. Chem. Laboratoriums in Stuttgart. Nr. 109.

Anorganische chemische Industrie von Dr. Gustav Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancsodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Taf. Nr. 205.

— II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.

— III: Anorganische chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.

Metallurgie v. Dr. Aug. Geiß, Kristiansand. 2 Bde. M. 21 Fig. Nr. 313, 314.

Elektrometallurgie von Regier.-Rat Dr. Fr. Regelsberger in Steglitz-Berlin. Mit 16 Figuren. Nr. 110.

Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- und keramische Industrie. Mit 12 Tafeln. Nr. 233.

— II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Tafeln. Nr. 234.

Die Teerfarbstoffe mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Prof. an der kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

Mechanische Technologie.

Mechanische Technologie von Geh. Hofrat Professor A. Lüdiche in Braunschweig. 2 Bände. Nr. 340, 341.

Textil-Industrie I: Spinnerei und Zwirnerei von Prof. Mag. Gürtler, Geh. Regierungsrat im kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Fig. Nr. 184.

— **II:** Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Filzfabrikation von Professor Mag. Gürtler, Geh. Regierungsrat im kgl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 29 Figuren. Nr. 185.

— **III:** Wäscherei, Bleicherei, Färberei u. ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Professor an der Preuß. höheren Fachschule für Textil-Industrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.

Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik von Ingenieur Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 3 Abbildungen. Nr. 476.

Das Holz. Aufbau, Eigenschaften und Verwendung von Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 33 Abbild. Nr. 459.

Das aufogene Schweiß- u. Schneidverfahren von Ingenieur Hans Niese in Kiel. Mit 30 Figuren. Nr. 499.

Bibliothek der

Ingenieurwissenschaften.

Das Rechnen in der Technik und seine Hilfsmittel (Rechenschieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh. Eugen Mayer in Freiburg i. Br. Mit 30 Abb. Nr. 405.

Materialprüfungsweisen. Einführung in die moderne Technik der Materialprüfung von A. Memmler, Diplom-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am kgl. Materialprüfungsamte zu Groß-Vichterfelde. **I:** Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. M. 58 Fig. Nr. 311.

— **II:** Metallprüfung u. Prüfung v. Hilfsmaterialien des Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelprüfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.

Metallographie. Kurze, gemeinfaßliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen, unter besonderer Berücksichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Heyn und Prof. D. Bauer am kgl. Materialprüfungsamt (Groß-Vichterfelde) der kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. **I:** Allgemeiner Teil. Mit 45 Abbildungen im Text und 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.

— **II:** Spezieller Teil. Mit 49 Abbildungen im Text und 37 Lichtbildern auf 19 Tafeln. Nr. 433.

Statik von W. Hauber, Dipl.-Ingenieur. **I:** Die Grundlehren der Statik starrer Körper. Mit 82 Figuren. Nr. 178.

— **II:** Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.

Festigkeitslehre von W. Hauber, Dipl.-Ingenieur. Mit 56 Figuren. Nr. 288.

Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen von R. Haren, Diplom-Ingenieur in Mannheim. Mit 42 Figuren. Nr. 491.

Hydraulik von W. Hauber, Diplom-Ingenieur in Stuttgart. Mit 44 Figuren. Nr. 397.

Elastizitätslehre für Ingenieure I: Grundlagen und Allgemeines über Spannungszustände, Zylinder, Ebene Platten, Torsion, Gekrümmte Träger. Von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin an der kgl. Baugewerkschule Stuttgart und Privatdozent an der Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 60 Abbild. Nr. 519.

Geometrisches Zeichnen von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Schattenkonstruktionen von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 114 Figuren. Nr. 236.

Parallelperspektive. Rechtwinklige und schiefwinklige Anometrie von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

Zentral-Perspektive von Architekt Hans Freyberger, neu bearbeitet von Professor J. Vonderlinn, Direktor der kgl. Baugewerkschule, Münster i. W. Mit 132 Figuren. Nr. 57.

Technisches Wörterbuch, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin. I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.

— II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.

— III. Teil: Deutsch-Französl. Nr. 453.

— IV. Teil: Französl.-Deutsch. Nr. 454.

Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 42 Fig. und 10 Tafeln. Nr. 196.

— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 103 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 197.

— III: Die Wechselstromtechnik. Mit 126 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 198.

Die elektrischen Meßinstrumente.

Darstell. d. Wirkungsweise d. gebräuchl. Meßinstrum. d. Elektrotechnik u. kurze Beschreib. ihres Aufbaues v. J. Herrmann, Prof. a. d. Königl. Techn. Hochschule Stuttgart. Mit 195 Figuren. Nr. 477.

Radioaktivität von Dipl.-Ing. Wilhelm Frommel. Mit 21 Abbild. Nr. 317.

Die Gleichstrommaschine v. Ingenieur Dr. C. Kinzbrunner in London. Mit 78 Figuren. Nr. 257.

Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen von Diplom-Elektroing. Josef Herzog in Budapest u. Prof. Feldmann in Delft. Mit 68 Fig. Nr. 456.

Die elektrische Telegraphie von Dr. Ludwig Kellstab. Mit 19 Fig. Nr. 172.

Das Fernsprechwesen von Dr. Ludwig Kellstab in Berlin. Mit 47 Figuren und 1 Tafel. Nr. 155.

Vermessungskunde von Dipl.-Ing. Oberlehrer P. Werkmeister. 2 Bändchen. Mit 255 Abb. Nr. 468, 469.

Die Baustoffkunde v. Prof. H. Haberstroh, Oberl. a. d. Herzogl. Baugewerkschule Holzminden. M. 36 Abb. Nr. 506.

Maurer- und Steinhauerarbeiten Prof. Dr. phil. und Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbild. Nr. 419—421.

Zimmerarbeiten von Carl Opitz, Oberlehrer an der Kais. Technischen Schule in Straßburg i. E. I: Allgemeines, Balkenlagen, Zwischendecken und Deckenbildungen, hölzerne Fußböden, Fachwerkwände, Hänge- und Sprengwerke. Mit 169 Abbildung. Nr. 489.

Zimmerarbeiten von Carl Opitz, Oberlehrer a. d. Kais. Techn. Schule i. Straßburg i. E. II: Dächer, Wandbekleidungen, Simsfalungen, Block-, Bohlen- u. Bretterwände, Säune, Türen, Tore, Tribünen u. Baugerüste. Mit 167 Abbildungen. Nr. 490.

Tischler- (Schreiner-) Arbeiten I: Materialien, Handwerkszeuge, Maschinen. Einzelverbindungen. Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Aborte von Prof. C. Viehweger, Architekt in Köln. Mit 628 Fig. auf 75 Tafeln. Nr. 502.

Eisenkonstruktionen im Hochbau. Kurzgefaßtes Handbuch mit Beispielen von Ingen. Karl Schindler in Meissen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.

Der Eisenbetonbau von Reg.-Baumeister Karl Köhle in Berlin-Steglitz. Mit 77 Abbildungen. Nr. 349.

Heizung und Lüftung von Ingenieur Johannes Körting, Direktor der Akt.-Ges. Gebrüder Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 31 Figuren. Nr. 342.

— II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 195 Figuren. Nr. 343.

Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen von Professor Dr. phil. u. Dr.-Ingenieur Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbildungen. Nr. 412.

Das Veranschlagen im Hochbau. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit vielen Figuren. Nr. 385.

Bauführung. Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Bauführung von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 25 Fig. u. 11 Tabellen. Nr. 399.

Die Baukunst des Schulhauses von Professor Dr.-Ingenieur Ernst Vetterlein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. Nr. 443.

— II: Die Schulräume. — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 444.

Industrielle u. gewerbliche Bauten (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmänn in Düsseldorf 1: Allgemeines über Anlage und Konstruktion der industriellen und gewerblichen Bauten. Nr. 511.

— II: Speicher und Lagerhäuser. Mit 121 Figuren. Nr. 512.

Öffentliche Bade- und Schwimm- anstalten von Dr. Karl Wolff, Stadt- Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Figuren. Nr. 380.

Gasthäuser und Hotels von Architekt Max Wöhler in Düsseldorf. 1: Die Bestandteile und die Einrichtung des Gasthauses. Mit 70 Figuren. Nr. 525.

— II: Die verschiedenen Arten von Gasthäusern. Mit 82 Fig. Nr. 526.

Wasserversorgung der Ortschaften von Dr.-Ingenieur Robert Weyrauch, Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart. Mit 85 Figuren. Nr. 5.

Die Kalkulation im Maschinenbau von Ingenieur H. Bethmann, Dozent am Technikum Alfenburg. Mit 61 Abbildungen. Nr. 486.

Die Maschinenelemente. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Obering. in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.

Metallurgie von Dr. Aug. Geiß in Kristiansand. I. II. Mit 21 Figuren. Nr. 313, 314.

Eisenhüttenkunde von A. Krauß, dipl. Hüttening. 1: Das Roheisen. Mit 17 Figuren und 4 Tafeln. Nr. 152.

— II: Das Schmiedeeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.

Lötrohrprobierkunde. Qualitative Analyse mit Hilfe des Lötrohrs von Dr. Martin Henglein in Freiberg. Mit 10 Figuren. Nr. 483.

Technische Wärmelehre (Thermodynamik) von A. Walthert und M. Röttinger, Diplom-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.

Die thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraft- und Kältemaschinen v. M. Röttinger, Dipl.-Ing. in Mannheim. Mit 73 Fig. Nr. 2.

Die Dampfmaschine. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Oberingenieur, Nürnberg. Mit 48 Figuren. Nr. 8.

Die Dampfkessel. Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Oberingenieur Friedrich Barth in Nürnberg. 1: Kesselsysteme u. Feuerungen. Mit 43 Figuren. Nr. 9.

— II: Bau und Betrieb der Dampfkessel. Mit 57 Figuren. Nr. 521.

Gaskraftmaschinen. Kurzgefaßte Darstellung der wichtigsten Gasmaschinen-Bauarten von Ingenieur Alfred Kirschke in Halle a. S. Mit 55 Figuren. Nr. 316.

Die Wasserturbinen von Dipl.-Ing. B. Holl in Berlin. 1: Allgemeines. Die Freistrahlturbinen. Mit 113 Abbildungen. Nr. 541.

— II: Die Überdruckturbinen. Die Wasserkraftanlagen. Mit 102 Abbildungen. Nr. 542.

Die Dampfturbinen, ihre Wirkungsweise und Konstruktion von Ing. Herm. Wilda, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 104 Abbild. Nr. 274.

Die zweckmäßigste Betriebskraft von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. 1: Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschiedene Kraftmaschinen. Mit 27 Abbildungen. Nr. 224.

— II: Gas-, Wasser- u. Windkraftanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 225.

— III: Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graphische Darstellungen. Wahl der Betriebskraft. Mit 27 Abbildungen. Nr. 474.

Hochbauten der Bahnhöfe von Eisenbahnbauinspektor E. Schwab, Vorstand d. kgl. E.-Hochbauinspektion Stuttgart II. 1: Empfangsgebäude. Nebengebäude. Güterschuppen. Lokomotivschuppen. Mit 91 Abbildungen. Nr. 515.

Eisenbahnfahrzeuge von H. Sinnen-thal, kgl. Regierungsbaumeister und Oberingenieur in Hannover. 1: Die Lokomotiven. Mit 89 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. Nr. 107.

— II: Die Eisenbahnwagen und Bremsen. Mit 56 Abbildungen im Text und 3 Tafeln. Nr. 108.

Schmalspurbahnen (Klein-, Arbeits- und Feldbahnen) v. Dipl.-Ing. August Boshart in Charlottenburg. Mit 99 Abbildungen. Nr. 524.

Die Sebezeuge, ihre Konstruktion und Berechnung von Ingenieur Hermann Wilda, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 399 Abb. Nr. 414.

Pumpen, Druckwasser- und Druckluft-Anlagen. Ein kurzer Überblick von Dipl.-Ing. Rudolf Bogdt, Regierungsbaumeister a. D. in Aachen. Mit 87 Abbildungen. Nr. 290.

Die landwirtschaftlichen Maschinen von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Essen. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 407—409.

Die Preßluftwerkzeuge von Diplom-Ingenieur P. Iltis, Oberlehrer an der Kaiserl. Technischen Schule in Straßburg. Mit 82 Figuren. Nr. 493.

Nautilk. Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Teils der Schiffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationsch., Lübeck. Mit 56 Abb. Nr. 84.

Bibliothek der Rechts- und Staatswissenschaften.

Allgemeine Rechtslehre von Professor Dr. Th. Sternberg in Berlin. I: Die Methode. Nr. 169.

— II: Das System. Nr. 170.

Recht d. Bürgerlichen Gesetzbuches.
Erstes Buch: Allgemeiner Teil. I: Einleitung — Lehre von den Personen und von den Sachen von Dr. Paul Vertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 447.

— II: Erwerb und Verlust, Geltendmachung und Schutz der Rechte von Dr. Paul Vertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 448.

— **Zweites Buch:** Schuldrecht. I. Abteil.: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Vertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.

— II. Abteil.: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Vertmann, Prof. an der Univ. Erlangen. Nr. 324.

— **Drittes Buch:** Sachenrecht von Dr. F. Krehlschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. I: Allgemeine Lehren. Besitz und Eigentum. Nr. 480.

— II: Begrenzte Rechte. Nr. 481.

— **Viertes Buch:** Familienrecht von Dr. Heinrich Titz, Professor an der Universität Göttingen. Nr. 305.

Deutsches Handelsrecht von Professor Dr. Karl Lehmann in Göttingen. 2 Bändchen. Nr. 457 und 458.

Das deutsche Seerecht von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. 2 Bände. Nr. 386, 387.

Postrecht von Dr. Alfred Woldie Postinspektor in Bonn. Nr. 425.

Telegraphenrecht von Postinspektor Dr. jur. Alfred Woldie in Bonn. I: Einleitung. Geschichtliche Entwicklung. Die Stellung des deutschen Telegraphenwesens im öffentlichen Rechte, allgemeiner Teil. Nr. 509.

— II: Die Stellung des deutschen Telegraphenwesens im öffentlichen Rechte, besond. Teil. Das Telegraphen-Strafrecht. Rechtsverhältnis der Telegraphie zum Publikum. Nr. 510.

Allgemeine Staatslehre von Dr. Hermann Rehm, Prof. an d. Universität Straßburg i. E. Nr. 358.

Allgemeines Staatsrecht von Dr. Julius Hatschek, Prof. an der Univ. Göttingen. 3 Bändch. Nr. 415—417.

Preussisches Staatsrecht von Dr. Fritz Stier-Somlo, Professor an der Univ. Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.

Deutsches Zivilprozeßrecht v. Prof. Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.

Die Zwangsversteigerung und die Zwangsverwaltung von Dr. F. Krehlschmar, Oberlandesgerichtsrat in Dresden. Nr. 523.

Kirchenrecht v. Dr. Emil Sehling, ord. Prof. d. Rechte in Erlangen. Nr. 377.

Das deutsche Urheberrecht an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.

Der internationale gewerbl. Rechtsschutz von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.

Das Urheberrecht an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie von Staatsanwalt Dr. J. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.

Das Warenzeichenrecht. Nach dem Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894 von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserlich. Patentamtes zu Berlin. Nr. 360.

- Der unlautere Wettbewerb** v. Rechtsanwalt Dr. Martin Wassermann in Hamburg. I: Generalklausel, Reklameauswüchse, Ausverkaufswesen, Angestelltenbestechung. Nr. 339.
- II: Kreditschädigung, Firmen- und Namenmißbrauch, Verrat von Geheimnissen, Ausländerschutz. Nr. 535.
- Deutsches Kolonialrecht** von Dr. H. Edler v. Hoffmann, Professor an der kgl. Akademie Posen. Nr. 318.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Das Disziplinar- und Beschwerderecht für Heer und Marine** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. Nr. 517.
- Deutsche Wehrverfassung** von Geh. Kriegsrat Karl Endres, München. Nr. 401.
- Forensische Psychiatrie** von Professor Dr. W. Wengandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 und 411.
- Kaufmännische Rechtskunde. I: Das Wechselwesen** von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes, Leipzig. Nr. 103.
- II: **Der Handelsstand** von Rechtsanwalt Dr. jur. Bruno Springer in Leipzig. Nr. 545.

Volkswirtschaftliche Bibliothek.

- Volkswirtschaftslehre** von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an d. Univ.-Tübingen. Nr. 133.
- Volkswirtschaftspolitik** von Präsident Dr. R. v. d. Borgh, Berlin. Nr. 177.
- Geschichte der deutschen Eisenbahnpolitik** v. Betriebsinspektor Dr. Edwin Kech in Karlsruhe i. B. Nr. 533.
- Gewerbewesen** v. Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule in Berlin. 2 Bände. Nr. 203, 204.
- Das Handelswesen** von Dr. Wilh. Veris, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.
- II: Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.

- Kartell und Trust** v. Dr. S. Tschierschky in Düsseldorf. Nr. 522.
- Auswärtige Handelspolitik** von Dr. Heinrich Sieveking, Professor an der Universität Zürich. Nr. 245.
- Das Versicherungswesen** von Dr. iur. Paul Moldenhauer, Professor der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. I: Allgemeine Versicherungslehre. Nr. 262.
- Versicherungsmathematik** von Dr. Alfred Loewy, Professor an der Universität Freiburg i. B. Nr. 180.
- Die gewerbliche Arbeiterfrage** von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Die Arbeiterversicherung** v. Prof. Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Finanzwissenschaft** von Präsident Dr. R. van der Borgh, Berlin. I. Allgemeiner Teil. Nr. 148.
- II. Besonderer Teil (Steuerlehre). Nr. 391.
- Die Steuersysteme des Auslandes** von Geh. Oberfinanzrat D. Schwarz in Berlin. Nr. 426.
- Die Entwicklung der Reichsfinanzen** von Präsident Dr. R. van der Borgh in Berlin. Nr. 427.
- Die Finanzsysteme der Großmächte.** (Internat. Staats- u. Gemeinde-Finanzwesen.) Von D. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat, Berlin. 2 Bde. Nr. 450, 451.
- Kommunale Wirtschaftspflege** von Dr. Alfons Rieß, Magistratsassessor in Berlin. Nr. 534.
- Soziologie** von Professor Dr. Thomas Alchelis in Bremen. Nr. 101.
- Die Entwicklung der sozialen Frage** von Professor Dr. Ferd. Tönnies in Göttingen. Nr. 353.
- Armenwesen und Armenfürsorge.** Einführung in die soziale Hilfsarbeit von Dr. Adolf Weber, Professor an der Handelshochschule in Köln. Nr. 346.
- Die Wohnungsfrage** v. Dr. L. Pöhl, Professor der Staatswissenschaften zu Frankfurt a. M. I: Das Wohnungswesen in der modernen Stadt. Nr. 495.
- II: Die städtische Wohnungs- und Bodenpolitik. Nr. 496.
- Das Genossenschaftswesen in Deutschland** von Dr. Otto Lindstedt, in Düsseldorf. Nr. 384.

Theologische und religions- wissenschaftliche Bibliothek.

Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk, Professor an der Universität in Jena. Nr. 272.

Alttestamentl. Religionsgeschichte von D. Dr. Max Vöhr, Professor an der Universität Königsberg i. Pr. Nr. 292.

Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

Landes- u. Volkskunde Palästinas von Lic. Dr. Gustav Hölcher in Halle. Mit 8 Vollbildern u. 1 Karte. Nr. 345.

Die Entstehung d. Neuen Testaments von Professor Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.

Die Entwicklung der christlichen Religion innerhalb des neuen Testaments von Professor Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 388.

Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk, Professor an der Universität in Jena. I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Nr. 325.

— II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Nr. 326.

Die Entstehung des Talmuds von Dr. S. Funk in Boskowitz. Nr. 479.

Abriß der vergleichenden Religionswissenschaft von Professor Dr. Th. Uehlis in Bremen. Nr. 208.

Die Religionen der Naturvölker im Umriß von Professor Dr. Th. Uehlis in Bremen. Nr. 449.

Indische Religionsgeschichte von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.

Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.

Griechische und römische Mythologie v. Prof. Dr. Hermann Steuding, Rektor des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.

Germanische Mythologie von Dr. E. Mogk, Prof. a. d. Univ. Leipzig. Nr. 15.

Die deutsche Heldensage von Dr. Otto Luitpold Siriczek, Professor an der Universität Würzburg. Nr. 32.

Pädagogische Bibliothek.

Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor d. Pädagogischen Seminars a. d. Universität Jena. Nr. 12.

Geschichte der Pädagogik von Oberl. Dr. H. Weimer, Wiesbaden. Nr. 145.

Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. R. Senfert, Seminardirektor in Zschopau. Nr. 50.

Zeichenschule von Prof. A. Kimmich, Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- u. Gold- druck u. 200 Voll- u. Teiltbildern. Nr. 39.

Bewegungsspiele v. Dr. E. Kohlrausch, Professor am kgl. Kaiser Wilhelms- Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbildungen. Nr. 96.

Geschichte der Turnkunst von Dr. Rudolf Gasch, Prof. a. König Georg- Gymnas. Dresden. M. 17 Abb. Nr. 504.

Geschichte des deutschen Unterrichtswesens v. Prof. Dr. Friedrich Seiler, Direktor des Königl. Gymnasiums zu Ludlau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.

— II: Vom Beginn des 19. Jahr- hundert bis a. d. Gegenwart. Nr. 276.

Das deutsche Fortbildungsschulwesen nach seiner geschichtlichen Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Gestalt v. H. Sierds, Revisor gewerbl. Fort- bildungsschulen in Schleswig. Nr. 392.

Die deutsche Schule im Auslande von Hans Amrhein, Direktor d. deutschen Schule in Lüttich. Nr. 259.

Bibliothek der Kunst.

Stilkunde von Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.

Baukunst des Abendlandes von Dr. A. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum Bremen. Mit 22 Abbildungen. Nr. 74.

Die Plastik des Abendlandes von Dr. Hans Stegmann, Direktor des Bayr. Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.

Die Plastik seit Beginn des 19. Jahr- hundert von A. Heilmeyer, München. Mit 42 Vollbildern auf amerikanischem Kunstdruckpapier. Nr. 321.

Die graphischen Künste von Carl Kamp- mann, k. k. Lehrer an der k. k. Gra- phischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbildungen und Beilagen. Nr. 75.

Die Photographie von H. Kehler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Ver- suchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbildungen. Nr. 94.

Bibliothek der Musik.

- Allgemeine Musiklehre** von Professor Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.
- Musikalische Akustik** von Professor Dr. Karl V. Schäfer in Berlin. Mit 35 Abbildungen Nr. 21.
- Harmonielehre** von A. Salm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.
- Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre)** v. Stephan Krehl. I. II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149, 150.
- Kontrapunkt.** Die Lehre von der selbstständigen Stimmführung von Professor Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 390.
- Fuge.** Erläuterung und Anleitung zur Komposition derselben von Professor Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 418.
- Instrumentenlehre** von Musikdirektor Franz Mauerhoff in Chemnitz. I: Text. II: Notenbeispiele. Nr. 437, 438.
- Musikästhetik** von Dr. A. Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.
- Geschichte der alten und mittelalterlichen Musik** von Dr. A. Möhler. Mit zahlreichen Abbildungen u. Musikbeilagen. I. II. Nr. 121, 347.
- Musikgeschichte des 18. u. 19. Jahrhunderts** von Dr. A. Grunsky in Stuttgart. Nr. 239.
- Musikgeschichte seit Beginn des 19. Jahrhunderts** von Dr. A. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.

Bibliothek der Land- und Forstwissenschaft.

- Bodenkunde** von Dr. P. Vageler in Königsberg in Preußen. Nr. 455.
- Ackerbau- und Pflanzenbaulehre** von Dr. Paul Rippert in Essen u. Ernst Langenbeck, Groß-Vichterfelde. Nr. 232.
- Landwirtschaftliche Betriebslehre** v. Ernst Langenbeck, Groß-Vichterfelde. Nr. 227.
- Allgem. und spezielle Tierzuchtlehre** von Dr. Paul Rippert, Essen. Nr. 228.
- Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Brauer. Nr. 329.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** von Dr. Paul Krißche in Leopoldshall-Stahlfurt. Nr. 304.

Fischerei und Fischzucht von Dr. Karl Eckstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.

Forstwissenschaft v. Dr. Ad. Schwappach, Prof. a. d. Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation d. forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.

Die Nadelhölzer von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen u. 3 Karten. Nr. 355.

Handelswissenschaftliche Bibliothek.

Buchführung in einfachen und doppelten Posten von Professor Robert Stern, Oberlehrer d. Öffentlichen Handelslehranstalt und Dozent der Handelshochschule zu Leipzig. Mit Formularen. Nr. 115.

Deutsche Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaur, Officier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.

Französische Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaur, Officier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.

Englische Handelskorrespondenz v. E. E. Whitfield, M. A., Oberlehrer an King Edward VII Grammar School in King's Lynn. Nr. 237.

Italienische Handelskorrespondenz von Professor Alberto de Beaur, Oberlehrer am Königlichen Institut SS. Annunziata zu Florenz. Nr. 219.

Spanische Handelskorrespondenz von Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrena. Nr. 295.

Russische Handelskorrespondenz v. Dr. Th. v. Sawrasky, Leipzig. Nr. 315.

Kaufmännisches Rechnen von Prof. Richard Just, Oberlehrer a. d. Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. 3 Bde. Nr. 139, 140, 187.

Warenkunde von Dr. Karl Hassak, Professor an der Wiener Handelsakademie. I: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.

- Warenkunde** von Dr. Karl Hassak, Professor an der Wiener Handelsakademie. II: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.
- Drogenkunde** v. Rich. Dorstewitz, Leipzig u. Georg Ottersbach, Hamburg. Nr. 413.
- Maß-, Münz- und Gewichtswesen** von Dr. Aug. Blind, Professor an der Handelschule in Köln. Nr. 283.
- Technik des Bankwesens** von Dr. Walter Conrad in Berlin. Nr. 484.
- Kaufmännische Rechtskunde. I: Das Wechselwesen** von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes, Leipzig. Nr. 103.
- **II: Der Handelsstand** von Rechtsanwalt Dr. jur. Bruno Springer in Leipzig. Nr. 545.

Militär- und marine- wissenschaftliche Bibliothek.

- Das moderne Feldgeschütz** von Oberstleutnant W. Heydenreich, Militärlehrer a. d. Militärtechn. Akademie, Berlin. I: Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850-1890. Mit 1 Abb. Nr. 306.
- — II: Die Entwickl. des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart. Mit 11 Abb. Nr. 307.
- Die modernen Geschütze der Fußartillerie** von Mummenhoff, Major und Lehrer an der Fußartillerie-Schießschule in Güterbog. I: Vom Austreten der gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850-1890. Mit 50 Textbildern. Nr. 334.
- — II: Die Entwickl. der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbild. Nr. 362.
- Die Entwicklung der Handfeuerwaffen** seit der Mitte des 19. Jahrhunderts und ihr heutiger Stand von G. Wrzodek, Hauptmann u. Kompagniechef im Inf.-Regt. Freiherr Hiller von Gärtringen (4. Pos.) Nr. 59 in Soldau. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.

- Die Entwicklung der Gebirgsartillerie** von Klusmann, Oberst und Kommandeur der 1. Feldartillerie-Brigade in Königsberg i. Pr. Mit 78 Bildern und 5 Übersichtstafeln. Nr. 531.
- Geschichte d. gesamten Feuerwaffen bis 1850.** Die Entwicklung der Feuerwaffen von ihrem ersten Auftreten bis zur Einführung der gezogenen Hinterlader, unter besonderer Berücksichtigung der Heeresbewaffnung v. Hauptmann a. D. W. Gohlke, Steglitz-Berlin. Mit 105 Abbildungen. Nr. 530.
- Strategie** von Löffler, Major im Regl. Sächsl. Kriegsmin. in Dresden. Nr. 505.
- Das Armeepferd** und die Versorgung der modernen Heere mit Pferden von Felix von Damitz, General der Kavallerie z. D. und ehemal. Preuß. Remonteinspekteur. Nr. 514.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. a. d. Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Das Disziplinar- und Beschwerderecht für Heer und Marine** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. Nr. 517.
- Deutsche Wehrverfassung** von Geh. Kriegsrat Karl Endres, Vortrag. Rat im Kriegsministerium in München. Nr. 401.
- Geschichte des Kriegswesens** von Dr. Emil Daniels in Berlin. I: Das antike Kriegswesen. Nr. 488.
- — II: Das mittelalterliche Kriegswesen. Nr. 498.
- — III: Das Kriegswesen der Neuzeit. Erster Teil. Nr. 518.
- — IV: Das Kriegswesen der Neuzeit. Zweiter Teil. Nr. 537.
- Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues** vom Altertum bis zur Neuzeit. I. Teil: Das Zeitalter der Ruderfahrzeuge und der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum bis 1840. Von Tjard Schwarz, Geh. Marinebaurat und Schiffbau-Direktor. Mit 32 Abbildungen. Nr. 471.
- Die Seemacht in der deutschen Geschichte** von Wirkl. Admiralitätsrat Dr. Ernst von Halle, Professor an der Universität Berlin. Nr. 370.

Verschiedenes.

Bibliotheks- und Zeitungswesen.

Volksbibliotheken (Bücher- und Lesehallen), ihre Einrichtung u. Verwaltung von Emil Jäschke, Stadtbibliothekar in Elberfeld. Nr. 332.

Das deutsche Zeitungswesen von Dr. Robert Brunhuber. Nr. 400.

Das moderne Zeitungswesen (System der Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber. Nr. 320.

**Allgemeine Geschichte d. Zeitungs-
wesens** von Dr. Ludwig Salomon
in Sena. Nr. 351.

Hygiene, Medizin und Pharmazie.

Bewegungsspiele von Dr. E. Kohlrausch, Professor am kgl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 15 Abbildungen. Nr. 96.

**Der menschliche Körper, sein Bau
und seine Tätigkeiten** von E. Rebmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre v. Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbild. u. 1 Tafel. Nr. 18.

Ernährung und Nahrungsmittel von Oberstabsarzt Professor Dr. Bischoff in Berlin. Mit 4 Figuren. Nr. 464.

**Die Infektionskrankheiten und ihre
Verhütung** von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.

Desinfektion v. Dr. M. Christian, Oberarzt am kgl. Institut für Infektionskrankheiten in Berlin. Mit 18 Abbildungen. Nr. 546.

Tropenhygiene von Med.-Rat Prof. Dr. Nocht, Direktor des Instituts für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.

Die Hygiene des Städtebaus von H. Chr. Nussbaum, Professor an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.

Die Hygiene des Wohnungswezens von H. Chr. Nussbaum, Professor an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 20 Abbildungen. Nr. 363.

Gewerbehygiene von Geh. Medizinalrat Dr. Roth in Potsdam. Nr. 350.

Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmittthener, Assistent am Botanischen Institut der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Nr. 251.

Pharmazeutische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. 3 Bändchen. Nr. 543/44.

Toxikologische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.

Drogenkunde v. Rich. Dorstewitz, Leipzig u. Georg Oltersbach, Hamburg. Nr. 413.

Photographie.

Die Photographie. Von H. Kehler, Prof. an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln u. 52 Abbildungen. Nr. 94.

Stenographie.

Stenographie nach dem System von F. F. Gabelsberger von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 246.

**Die Redeschrift des Gabelsberger-
schen Systems** v. Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor, Dresden. Nr. 368.

**Lehrbuch der Vereinfachten Steno-
graphie** (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Leseblätter und einem Anhang von Dr. Umsel, Studienrat des Kadettenkorps in Bensberg. Nr. 86.

Redeschrift. Lehrbuch der Redeschrift des Systems Stolze-Schrey nebst Kürzungsbeispielen, Leseblättern, Schlüssel und einer Anleitung zur Steigerung der stenographischen Fertigkeit von Heinrich Dröse, aml. bad. Landtagsstenograph in Karlsruhe i. B. Nr. 494.

Geschichte der Stenographie von Dr. Arthur Menz in Königsberg i. Pr. Nr. 501.

