

Uns Natur und Geisteswelt

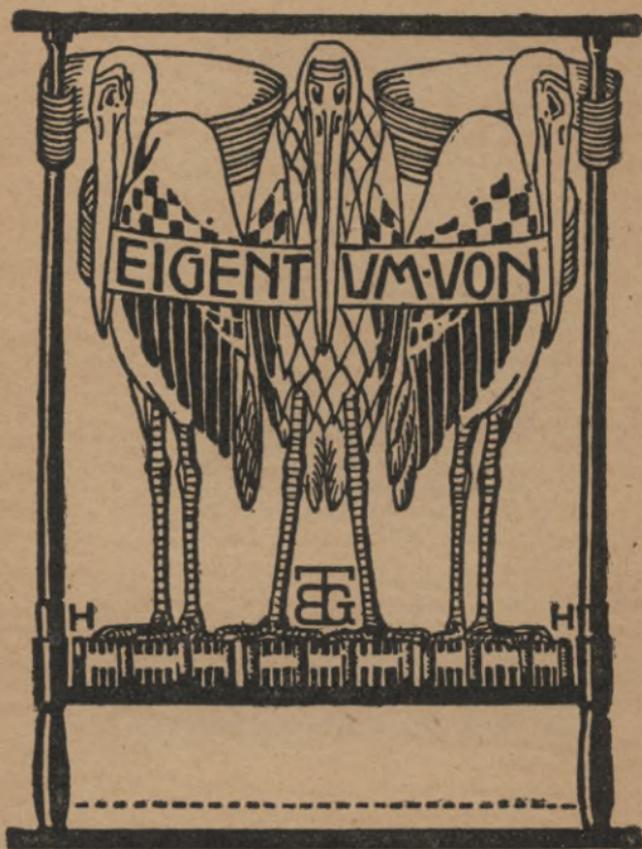
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

H. Keller

Werdegang
der modernen Physik



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296032

Ein vollst
und Geist

us Natur
Bandes.

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt“

verdankt ihr Entstehen dem Wunsche, an der Erfüllung einer bedeutenden sozialen Aufgabe mitzuwirken. Sie soll an ihrem Teil der unserer Kultur aus der Scheidung in Kasten drohenden Gefahr begegnen helfen, soll dem Gelehrten es ermöglichen, sich an weitere Kreise zu wenden, und dem materiell arbeitenden Menschen Gelegenheit bieten, mit den geistigen Errungenschaften in Fühlung zu bleiben. Der Gefahr, der Halbbildung zu dienen, begegnet sie, indem sie nicht in der Vorführung einer Fülle von Lehrstoff und Lehrsägen oder etwa gar unerwiesenen Hypothesen ihre Aufgabe sucht, sondern darin, dem Leser Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinstem Interesse Licht zu verbreiten, und ihn dadurch zu einem selbständigen Urteil über den Grad der Zuverlässigkeit jener Antworten zu befähigen.

Es ist gewiß durchaus unmöglich und unnötig, daß alle Welt sich mit geschichtlichen, naturwissenschaftlichen und philosophischen Studien befaßt. Es kommt nur darauf an, daß jeder an einem Punkte die Freiheit und Selbständigkeit des geistigen Lebens gewinnt. In diesem Sinne bieten die einzelnen, in sich abgeschlossenen Schriften eine Einführung in die einzelnen Gebiete in voller Anschaulichkeit und lebendiger Frische.

In den Dienst dieser mit der Sammlung verfolgten Aufgaben haben sich denn auch in dankenswertester Weise von Anfang an die besten Namen gestellt. Andererseits hat dem der Erfolg entsprochen, so daß viele der Bändchen bereits in neuen Auflagen vorliegen. Damit sie stets auf die Höhe der Forschung gebracht werden können, sind die Bändchen nicht wie die anderer Sammlungen stereotypiert, sondern werden — was freilich die Aufwendungen sehr wesentlich erhöht — bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet und völlig neu gesetzt.

So sind denn die schmucken, gehaltvollen Bände durchaus geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine kleine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt“ vereinigt.

Die meist reich illustrierten Bändchen sind
in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Ausführlicher illustrierter Katalog unentgeltlich.

Leipzig.

B. G. Teubner.

Bl. 157/145 292

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

343. Bändchen

Werdegang der modernen Physik

Von

Dr. Hans Keller

Mit 13 Figuren



D/342
Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1911



I 301561

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~I 369~~

Copyright 1911
by B. G. Teubner in Leipzig.

Akc. Nr. 3590/49

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

BPK-B-99/2017

Vorwort.

Wie viele Bändchen dieser Sammlung ist auch das vorliegende aus Volksbildungsvorträgen hervorgegangen, die ich im Winter 1909/10 in Chemnitz gehalten habe. Meine Absicht war nicht, durch viele Versuche die Richtigkeit der heutigen Ansichten zu erweisen, sondern vielmehr, das allmähliche Entstehen der physikalischen Hypothesen und Theorien darzustellen, um klar zu machen, wie man zu den gegenwärtigen Anschauungen gekommen ist. Natürlich mußte ich mich hierbei auf die Hauptpunkte beschränken und vieles Interessante, und auch Wichtige, für ein größeres Werk über die Geschichte der physikalischen Hypothesen und Theorien aufsparen. Trotzdem hoffe ich, daß auch dieser Auszug genügend Anregung und Belehrung bieten wird, selbst dem Studierenden und Fachmann, für den die genauen Angaben der Originaltitel oder der in Frage kommenden Zeitschriften bestimmt sind.

Chemnitz, Ende Juli 1910.

Hans Keller.

Inhalt.

Kapitel I.

Wellenlehre, Lehre vom Schall.

Einleitung. a) Wellenlehre; Reflexion, Interferenz. b) Lehre vom Schall. Resonanz, Schalleitung, Schallgeschwindigkeit, Schwebungen, Differenztöne, Obertöne, Klangfarbe . . .	Seite 1
--	------------

Kapitel II.

Lehre vom Licht.

Lichttheorien, Lichtgeschwindigkeit, Wellenlängen des Lichts, Beugung des Lichts, Doppelbrechung; Polarisation	21
--	----

Kapitel III.

Lehre vom Licht. (Fortsetzung.)

Drehung der Polarisationsebene, Spektralanalyse, Astrophysik, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Ultraviolette Strahlen	36
---	----

Kapitel IV.

Wärmelehre.

Ausdehnung durch Wärme. Wärme als Stoff und als Bewegung. Verflüssigung der Gase. Spezifische Wärme, Wärmestrahlung, Ultrarote Strahlen. Mechanische Wärme- und Gastheorie .	50
--	----

Kapitel V.

Magnetismus und Elektrizität.

a) Magnetismus, Kompaß, Erdmagnetismus. b) Elektrizität: 1. Reibungselektrizität. Elektrische Leiter und Nichtleiter. 2. Galvanismus. Atmosphärische und tierische Elektrizität	69
---	----

Kapitel VI.

Elektrizität. (Fortsetzung.)

Elektrochemie, Ablenkung der Magnetnadel, Faradays Gesetze, Atome und Moleküle.	84
---	----

Kapitel VII.

Elektrizität. (Schluß.)

Dielektrika, Maxwell'sche Theorie, Herz' elektromagnetische Lichttheorie, Elektronen, Kathoden-, Röntgen-, Becquerelstrahlen, radioaktive Substanzen	96
--	----



Kapitel I.

Wellenlehre, Lehre vom Schall.

Einleitung.

Wenn ich Ihnen hier in sieben Stunden den Werdegang der modernen Physik vorführen will, muß ich natürlich von vornherein darauf aufmerksam machen, daß in dieser kurzen Zeit nur ein Ausschnitt aus diesem umfangreichen Gebiete betrachtet werden kann. Wir wollen uns daher beschränken auf einen kurzen Überblick über die Entwicklungsgeschichte der physikalischen Hypothesen und Theorien. Ja, selbst diese können wir nicht im vollen Umfange berücksichtigen, wir wollen unsre Betrachtungen hauptsächlich auf die moderne Physik beschränken.

Es zeigt sich, daß das, was wir heute unter Physik verstehen, nur selten über das Jahr 1600 zurückreicht. Denn im Altertum gab es eine Physik als selbständige Wissenschaft noch nicht; es war vielmehr die Physik ein Zweig der Philosophie, also der Wissenschaft, die das Bild, was wir durch die Einzelwissenschaften von der Welt gewinnen, zu einer widerspruchsfreien Einheit zusammenfaßt. Heutzutage braucht jedoch ein Physiker nicht unbedingt Philosoph zu sein, — wenn dies auch vielfach der Fall sein wird. — Es hat nämlich die Physik die Aufgabe, die Veränderungen des äußeren Zustandes (Ort, Gestalt, Größe, Lage usw.) der Körper und ihrer Teile zu beobachten und zu erforschen, sowie den Zusammenhang der Naturerscheinungen zu ergründen. Ein solcher Zusammenhang wird dadurch hergestellt, daß auf einen bestimmten Vorgang ein bestimmter anderer folgt. Ist nun derselbe Zusammenhang viele Male ausnahmslos beobachtet worden, so kann man annehmen, daß der erste Vorgang den zweiten hervorruft, daß er die Ursache des zweiten, der zweite die Wirkung des ersten ist. Dann sagen wir: Auf die und die Ursache folgt stets die und die Wirkung und sprechen damit ein Gesetz aus. Z. B. wenn man eine Stimmgabel anschlägt, so klingt sie; auf den Schlag, der die Gabel trifft, folgt also stets ein Ton. Man hält sich für berechtigt, ein solches unerschütterliches Gesetz auszusprechen, trotz der verhältnis-

mäßig wenigen Beobachtungen, die man darüber hat anstellen können, weil auch andere Beobachter außer uns dieselbe Wahrnehmung gemacht haben. Trotzdem bleibt für dieses Gesetz nur eine mehr oder minder große Wahrscheinlichkeit bestehen, solange es nicht gelungen ist, für diese gesetzmäßige Aufeinanderfolge einen zureichenden Grund zu finden. Damit sind wir bei der zweiten Aufgabe der Physik und der Naturwissenschaften überhaupt angekommen, die uns hier näher beschäftigen soll.

Allerdings die letzten Ursachen der Erscheinungen zu erforschen, sind wir nicht imstande; diese uns unbekanntem Ursachen der Erscheinungen nennen wir Kräfte.

Wir kommen so zu Annahmen, die nicht unmittelbar durch die Erfahrung gegeben sind, die uns aber ermöglichen, von einfachen Voraussetzungen ausgehend, eine Anzahl Erscheinungen unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten. Solche Annahmen, die, wie wir sehen werden, durch bessere ersetzt werden müssen, wenn sie mit irgendeiner Erfahrung in Widerspruch geraten, solche Annahmen nennen wir Hypothesen.

Auf solchen Hypothesen baut sich dann eine Theorie auf. Darunter versteht man die Summe der Gesetze und Erscheinungen, die sich aus der Hypothese ergeben. Selbstverständlich müssen alle diese Hypothesen und Theorien von der Erfahrung ausgehen, die nicht ohne weiteres mit sinnlicher Beobachtung identisch ist; denn unsere Sinne sind trügerisch und offenbaren uns nicht immer die Wahrheit. Daher betont der große Engländer Francis Bacon von Verulam die Wichtigkeit des Versuches. „Es ist aber“, so schreibt er¹⁾, „nicht bloß die Zahl der Versuche zu vermehren und ihre Art gegen die bisherige zu ändern, sondern es muß durch eine andere Methode eine andere Ordnung und Regel bei der Fortsetzung und Beförderung der Erfahrung eingeführt werden.“ Außerdem aber hat Bacon eine übertragende Bedeutung erlangt dadurch, daß er die Wichtigkeit einer bisher vernachlässigten Forschungsmethode hervorhob. Denn: „Zwei Wege zur Erforschung und Entdeckung der Wahrheit sind möglich. Auf dem einen fliegt man von den Sinnen und dem Einzelnen gleich zu den allgemeinsten Sätzen hinauf und bildet und ermittelt aus diesen obersten Sätzen, als der unerschütterlichen Wahrheit, die mittleren Sätze; dieser Weg ist jetzt im Gebrauch. Der zweite zieht aus dem Sinnlichen und Einzelnen Sätze, steigt stetig und allmählich

1) Novum Organon, Buch I, Art. 100.

in die Höhe und gelangt erst zuletzt zu dem Allgemeinen. Dies ist der wahre, aber unbetretene Weg.“¹⁾ Den ersten Weg, vom Allgemeinen zum Einzelnen, bezeichnet man als Deduktion und den von Bacon vorgeschlagenen Weg als Induktion.

Daß diese induktive experimentelle Naturforschung, die Bacon zwar angab, aber nicht selbst durchführte, eink ganze Reihe überlieferter Irrtümer und Vorurteile zerstören mußte, ist wohl klar. Die Folge war ein Losreißen von der überlieferten Autorität, es erwachte das Mißtrauen, der Zweifel, und ohne Zweifel kein Fortschritt. Aber dieser Fortschritt war so gewaltig, daß er mit den Lehren der orthodoxen Kirche, die noch immer an den Lehren des Aristoteles festhielt, in einen erbitterten Kampf geriet, der allerdings nur mit der Niederlage der Kirche enden konnte.

Am bekanntesten ist ja der Kampf Galileis gegen die kirchlichen Gewalten; aber selbst sein Widerruf hat den Siegeslauf der Naturwissenschaften nicht aufzuhalten vermocht. Auf Galilei und Kepler, die etwa gleichzeitig lebten, folgte Isaac Newton, einer der größten Physiker aller Zeiten, und brachte damit die Erklärung des Weltsystems²⁾ zu einem gewissen Abschlusse.

Bis zu Copernicus hatte man nämlich geglaubt, die Erde stehe fest und die Sonne drehe sich um die Erde. Verschiedentlich waren schon Zweifel an dieser Anschauung laut geworden, aber erst Copernicus führte den neuen Gedanken folgerichtig durch. Da die Kreisbewegung, die Copernicus für die Planeten annahm, keine Übereinstimmung zwischen Theorie und Praxis ergab, versuchte Kepler die Bewegung des Mars zu berechnen und fand dabei, daß sich die Planeten in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen. Man war sich aber noch nicht klar, wie die Himmelskörper, einem Luftschiffe vergleichbar, majestätisch durch den Weltraum dahinschweben konnten. Da trat der große Engländer Isaac Newton auf, um auch hierfür eine Erklärung zu geben. Man hatte zwar schon vor Newton hie und da eine Anziehung der einzelnen Himmelskörper untereinander angenommen, dieser Gedanke stammt also keineswegs von Newton, wohl aber gelang es ihm, nachzuweisen, daß die Schwere mit dieser Anziehungskraft identisch ist, daß also alle Bewegungen der Erde und des Himmelstraumes ein und denselben Gesetzen gehorchen. Da diese Gesetze für alle Himmelskörper gelten und das Verhalten dieser

1) *Novum Organon*, Buch I, Art. 19.

2) Näheres s. diese Sammlung Bd. 110. Oppenheim, Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit.

Kraft dem der Magneten entsprach, schloß er, daß die Anziehung eine allgemeine Eigenschaft der Materie sei, des Stoffes, aus dem die Körper bestehen. Er erklärte sie deshalb als eine in die Ferne wirkende Kraft. Da wir nun stets auf eine Veranschaulichung der Erscheinungen und eine Vereinfachung der Erklärungen ausgehen, hat man diese Gravitation zu verschiedenen anderen Kräften in Beziehung zu setzen versucht. Ja, man hat sogar dafür eine materielle Grundlage gesucht und so die Newtonsche Fernwirkung durch die Faradaysche Nahewirkung ersetzt.

a) Wellenlehre.

Mit der Erklärung des Weltsystems hat aber Newtons Bedeutung noch nicht ihr Ende erreicht. Wir werden seinen Namen noch oft zu nennen haben. Hier interessiert uns vor allem seine Wellentheorie,

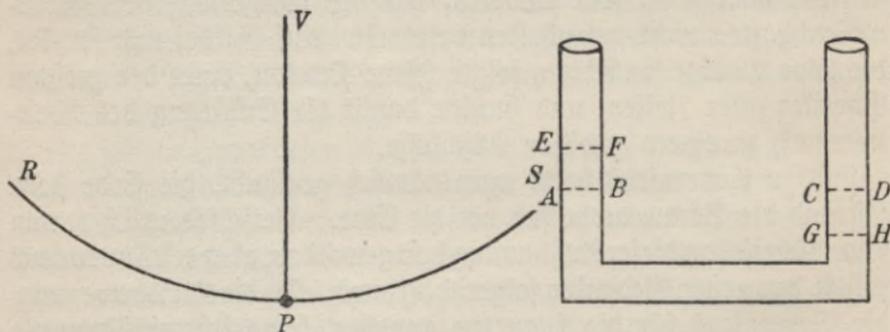


Fig. 1.

die wir voranstellen müssen, da man mit mehr oder weniger Erfolg alle physikalischen Vorgänge auf Wellenbewegungen zurückführen kann.

Beobachtungen über Wasserwellen, an denen die Gesetze über die Wellenbewegung abgeleitet worden sind, stammen allerdings nicht erst von Newton. So wußte z. B. der große Maler Lionardo da Vinci, der sich auch sehr viel mit physikalischen Fragen beschäftigt hat, bereits, daß die Wasserwelle, die entsteht, wenn man einen Stein ins Wasser wirft, sich nur scheinbar fortbewegt, daß vielmehr die einzelnen Wasserteilchen sich nur auf und ab bewegen. Als Beweis für diese Ansicht verwies er auf den Anblick eines, wie wir ja selbst sagen, „wogenden“ Kornfeldes. Auch über die gegenseitige Beeinflussung zweier Wellen, die wir als Interferenz bezeichnen, und über die Art, in der Wellen von anderen Körpern zurückgeworfen (reflektiert) werden, wußte Lionardo da Vinci Bescheid. Den Grund aber,

warum die Wellen einmal dieses und ein andermal jenes Verhalten zeigten, den Grund dafür gab uns erst Isaac Newton in seinen mathematischen Prinzipien der Naturlehre, die 1687 erschienen sind. In diesem Werke behandelt er u. a. das Fortschreiten der Wellenbewegung im Wasser, sowie der Schall- und Lichtwellen und ist dadurch der Begründer der Wellentheorie geworden. Zunächst beobachtete er die Bewegung des Wassers in einer horizontalen Glasröhre, auf der zwei Schenkel senkrecht aufstehen. Wird nun das Wasser, das diese Schenkel z. T. füllt, von AB bis EF gehoben (s. Fig. 1), so wird es im anderen Schenkel um ebensoviel von CD bis GH sinken. Überläßt man darauf die Wassersäule sich selbst, so wird jetzt der Spiegel nicht von EF nach AB zurücksinken, sondern um ebensoviel unter AB hinab, bis GH, sinken als er vorher über AB sich befand, im anderen Schenkel ist dann gerade der entgegengesetzte Vorgang zu beobachten. Konstruiert man nun ein Pendel, dessen Länge zwischen dem Aufhängungs- und Schwingungspunkte halb so groß ist, als die Länge der Wassersäule in der Röhre und den Schenkeln zusammengenommen, so wird das Wasser, wie Newton nachweist, in derselben

Zeit steigen und sinken, in der das Pendel schwingt. Diese Bewegung übertrug

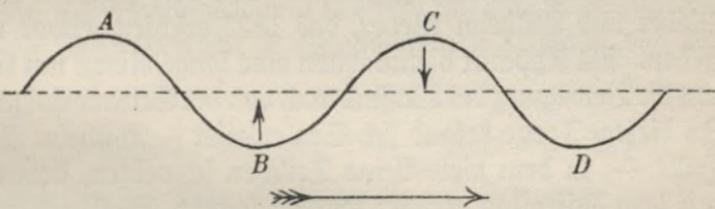


Fig. 2.

auf eine Wasseroberfläche, deren Bewegung von einer Seite zur anderen etwa von links nach rechts fortschreitet. (Fig. 2.)

Ist C der höchste Punkt, und D (und B) der tiefste, so muß beim Fortschreiten der Bewegung C sinken und D steigen genau wie in der Röhre; denn die Bewegung geht, wie Newton annimmt, im wesentlichen nach denselben Gesetzen vor sich wie in der Röhre, obwohl jetzt die Wassersäule keine bestimmte vorgeschriebene Form hat. Der Größe der Verschiebung der Wassersäule entspricht dann der vertikale Abstand der Punkte C und D; ihre horizontale Entfernung, also die einer höchsten Stelle, Wellenberg genannt, von einer tiefsten Stelle, Wellental genannt, heißt eine halbe Wellenlänge, und die Entfernung zweier Wellenberge (A und C) oder zweier Wellentäler (B und D) voneinander nennt man eine ganze Wellenlänge. Ist nun C nach unten gekommen, so sind B und D am höchsten Punkte

angelangt, die Welle ist also um eine halbe Wellenlänge fortgeschritten; ist C wieder am höchsten Punkte angelangt, so ist die Bewegung natürlich von D an abermals um eine halbe Wellenlänge fortgeschritten. Es schreiten also die Wellen auf einer Flüssigkeit um eine ganze Wellenlänge in derselben Zeit fort, in der ein Teilchen einen Hin- und Hergang ausführt oder in der ein Pendel von der Länge der Wellenlänge eine einzelne Schwingung macht.

Allerdings wies Newton nicht darauf hin — bemerkt hat er es jedenfalls —, daß bei der Bewegung im Rohre Wellenberg und Wellental nicht fortschritten und Wellenberge und Wellentäler nicht wie bei der freien Wellenbewegung hintereinander herliefen. Er vermochte deshalb nichts über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen auszusagen, und das war ein Mangel seiner Theorie, der verschiedene andere Physiker zur Aufstellung neuer Theorien veranlaßt hat. Wir können hier alle diese Versuche von Lagrange, Laplace, Flaugergue, Gerstner, Poisson, Cauchy u. a. wegen der Kürze der Zeit, die uns zur Verfügung steht, nur erwähnen.

Doch kann ich mir nicht versagen, auf das klassische Werk: „Wellenlehre auf Experimente gegründet“ von den Brüdern Ernst Heinrich Weber und Wilhelm Weber, das 1825 erschien, etwas näher einzugehen. Als Apparat diente ihnen eine lange Rinne mit Glaswänden, um die Bewegung des Wassers auch von der Seite verfolgen zu können. In diesem Troge befand sich Saalewasser — Wilhelm Weber war in Halle —, in dem viele kleine Teilchen schwebten, deren Bewegung mit dem Mikroskop verfolgt werden konnte. Wellen wurden erzeugt, indem man durch ein Glasrohr am Ende der Rinne etwas Flüssigkeit — zu manchen Versuchen wurde auch Quecksilber benutzt — emporzog und wieder herabfallen ließ. Die Bahn, die jedes einzelne Teilchen bei dieser Wellenbewegung beschreibt, ist nahezu kreisförmig, wird dann nach dem Innern der bewegten Flüssigkeit zu elliptisch und fällt endlich mit einer horizontalen geraden Linie zusammen. Dabei rücken aber die Teilchen niemals dauernd von ihrer Stelle fort, es findet also nicht ein Fortschreiten der Teilchen, sondern nur eine Fortpflanzung der Bewegung statt. Jedes Teilchen aber, auf das die Bewegung übertragen wird, zieht jedesmal das neben ihm befindliche in die Bewegung hinein. Somit beginnt jedes Teilchen seine Bewegung etwas später als das vorhergehende, von dem es seinen Bewegungsantrieb erhalten hat. Die vertikale Entfernung eines Teilchens von der Ruhelage heißt seine Schwingungsweite oder Amplitude; die Zeit, die das Teilchen braucht, um wieder

zum Ausgangspunkt zurückzukehren, die Schwingungsdauer, und den augenblicklichen Bewegungszustand des Teilchens, also jeden zwischen Wellenberg und -tal denkbaren Schwingungszustand, nennt man kurz die Phase des Teilchens.

Als Wellenlänge (λ) können wir dann auch die gegenseitige Entfernung zweier Punkte von gleicher Phase bezeichnen; die Anzahl der Wellenlängen, um welche die Bewegung in einer Sekunde fortschreitet oder, wie man besser sagt, die Anzahl der Schwingungen, die ein Wellenteilchen in einer Sekunde macht, nennt man die Schwingungszahl (n). Der Weg, den die Bewegung in einer Sekunde zurücklegt, gibt uns ein Maß für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit (v). Diese Wegstrecke erhalten wir aber, wenn wir die Länge einer Welle (λ) sovielmals aneinandersetzen als Schwingungen in der Sekunde (n) erfolgen. Es ist demnach:

$$1) \quad v = n \cdot \lambda \text{ oder } n = \frac{v}{\lambda} \text{ oder endlich } \lambda = \frac{v}{n}.$$

Sobald wir also zwei von diesen drei Größen kennen, vermögen wir sofort die dritte zu berechnen. Und das ist, wie wir sehen werden, oft von großem Vorteil.

Auch für die Schwingungsdauer (T) ergibt sich eine solche Formel; denn wenn in einer Sekunde n Schwingungen erfolgen von der Dauer T , so muß eine Schwingung von der Dauer T in $\frac{1}{n}$ Sekunde erfolgen oder mit anderen Worten: $T = \frac{1}{n}$ Sekunde. Setzen wir aber diesen Wert in die Formeln 1) ein, so erhalten wir:

$$2) \quad v = \frac{\lambda}{T} \text{ oder } T = \frac{\lambda}{v} \text{ oder endlich } \lambda = v \cdot T.$$

Während nun bei den Wasserwellen die Schwere der Wasserteilchen als bewegende Kraft wirkt, beruhen die Schallwellen in der Luft und die Lichtwellen im Äther, von denen später die Rede sein wird, auf der Elastizität, der Federkraft des Fortpflanzungsmittels. Deshalb muß die Geschwindigkeit dieselbe bleiben, solange die Wellen durch dasselbe Medium fortschreiten.

Trotzdem werden natürlich für Wasser-, Luft- und Ätherwellen im allgemeinen dieselben Gesetze zu gelten haben.

Wichtig ist z. B. für alle drei Medien die Betrachtung des Verlaufes der Wellenbewegung, wenn diese an die Grenze zweier verschiedener Medien gelangt. Dabei haben wir verschiedene Fälle zu unterscheiden. Wenn nämlich in einem elastischen Mittel ein bewegtes Teilchen gegen ein ruhendes von gleicher Masse stößt, so gibt es diesem seine

ganze Geschwindigkeit ab und kommt selbst zur Ruhe; sind die Massen ungleich, so gibt es nur einen Teil seiner Energie ab und bleibt selbst in Bewegung. Solange daher eine Wellenbewegung in einem homogenen d. h. überall gleich beschaffenen Mittel fortschreitet, wird jedes bewegte Teilchen seine ganze Bewegung an das folgende abgeben und dann wieder zur Ruhe kommen. Findet dagegen ein Übergang von einem dichteren in ein dünneres Mittel statt, so stoßen schwingende elastische Teilchen von größerer Masse auf solche von kleinerer Masse. Alsdann bewegen sich beide Massen nach dem Stoße mit verminderter Geschwindigkeit in der Richtung der größeren. In diesem Falle wird also die Phase der Grenzteilchen dieselbe bleiben, d. h. die Welle kehrt mit derselben Phase zurück. Die in das dünnere Mittel eintretende Welle und die zurückgeworfene oder reflektierte Welle sind symmetrisch zur Grenzfläche.

Geht aber die Wellenbewegung aus einem dünneren in ein dichteres Mittel über, so trifft an der Grenze die kleinere Masse auf die größere; dann wird mit verminderter Geschwindigkeit die größere in der Richtung der stoßenden Masse in Bewegung gesetzt, und die kleinere prallt an der größeren zurück, die Phase der kleineren wird also umgekehrt. Da die in das neue Mittel eintretende und die reflektierte Welle mit entgegengesetzten Phasen beginnen, so sind sie symmetrisch zum Mittelpunkt der Reflexion.

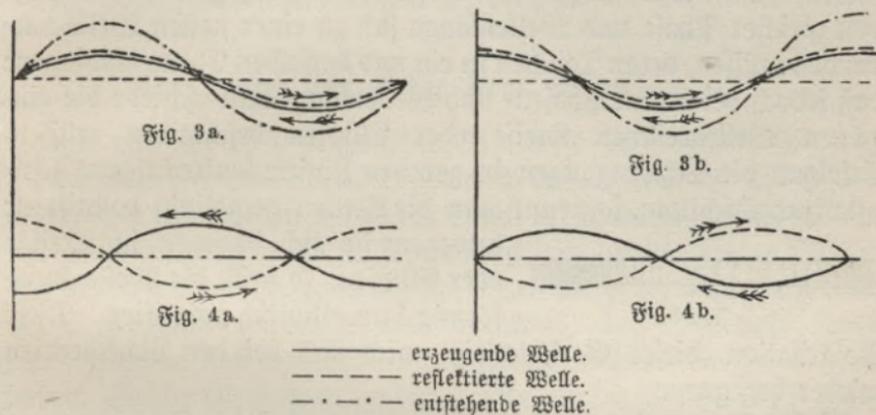
Es ergibt sich somit der zuerst von Thomas Young aufgestellte Satz: Wenn eine Welle an der Grenzfläche, die zwei Mittel von ungleicher Dichte voneinander trennt, zurückgeworfen wird, so wird sie, falls sie sich vor der Reflexion in dem Mittel von geringerer Dichte bewegte, bei der Reflexion (dem Zurückwerfen) an dem dichtern Mittel um eine halbe Wellenlänge verschoben; diese Verschiebung tritt nicht ein, wenn die Welle sich vor der Reflexion in dem dichtern Mittel bewegte und an der Grenze von dem dünneren zurückgeworfen wurde.

Hierbei kann noch der besondere Fall eintreten, daß die Bewegung senkrecht auf das andere Mittel auftrifft. Dann wird nämlich die Bewegung in derselben Richtung reflektiert, und dabei werden sich die beiden Wellenbewegungen gegenseitig beeinflussen; es tritt, wie man diese Beeinflussung nennt, Interferenz auf.

Betrachten wir zunächst die Reflexion einer in einem dichteren Mittel fortschreitenden Welle an der Grenze einer dünneren. Diese Bedingung habe ich, wie Sie sehen, hier dadurch hergestellt, daß ich das eine Ende eines Seiles mit einem dünnen Faden, der allerdings

nicht zu kurz sein darf, an der Wand befestigt habe. Versetze ich jetzt das Seil in Schwingungen, so sehen Sie, es bilden sich Wellenberge und Wellentäler nur an bestimmten Punkten, während andere Punkte dazwischen völlig in Ruhe bleiben. Befestige ich jetzt das Seil direkt an der Wand, so geht die Bewegung aus dem dünneren in das dichtere Mittel über, so sehen Sie etwas ganz ähnliches wie vorhin, nur bleibt jetzt der Befestigungspunkt an der Mauer in Ruhe.

Diese beiden Arten der Wellenbewegung stimmen insofern überein, als alle Punkte der Wellen zu gleicher Zeit dieselbe Phase durchlaufen, insbesondere zu der einen Zeit sämtlich ihre größte Abweichung von der Ruhelage erreichen und ebenso zu einer andern Zeit gemeinsam durch die Gleichgewichtslage hindurchgehen. Solche Wellen



nennt man, da ihre Wellenberge und Wellentäler nicht fortschreiten, stehende Wellen; bei diesen vollzieht sich eine vollständige stehende Schwingung in derselben Zeit, in der sich die entsprechende fortschreitende Welle um eine Wellenlänge vorwärts bewegt. Wie ist nun aber die Bildung solcher stehender Wellen zu erklären? Da alle die Wellenbewegungen ja in einer Ebene stattfinden, so werden, weil auch die reflektierte Welle auf jedes Teilchen wirkt, die Anstöße sich addieren, wenn beide in derselben Richtung (beide nach oben oder beide nach unten) erfolgen, dagegen sich subtrahieren, wenn beide entgegengesetzte Richtung haben. Wie auf diese Weise Stellen größter Abweichung, sogenannte Schwingungsbäuche, und Ruhepunkte, Schwingungsknoten entstehen können, zeigen Ihnen hier diese beiden Zeichnungen (Fig. 3 a, b). Die beiden Figuren darunter (Fig. 4 a, b) zeigen Ihnen, daß sich zwei Wellenzüge auch völlig auslöschen können, ein Fall, der für uns später noch wichtig werden

wird. Wenn Sie den Youngschen Satz berücksichtigen, werden Ihnen diese Figuren sofort verständlich sein.

Wenn nun aber die interferierenden Wellen längs derselben Geraden verlaufen, aber die beiden Schwingungsebenen verschieden sind, etwa die eine horizontal, die andere vertikal, so werden sich hierbei die Wellen niemals vernichten können. Es ist nämlich hierbei der Satz vom Parallelogramm der Kräfte anzuwenden, der von Galilei aufgestellt worden ist; dieser lautet: Wenn zwei auf einen Punkt wirkende Kräfte einen Winkel einschließen, so hat man aus den Kräften, die durch Strecken dargestellt werden, und dem Winkel das Parallelogramm zu bilden. Dann gibt die durch den Winkel gehende Diagonale die Richtung und Größe der resultierenden Kraft an.

Mit Hilfe dieses Satzes sehen wir sofort, daß zwei Wellenzüge von gleicher Phase und Wellenlänge sich zu einer neuen Welle vereinigen müssen, deren Teilchen in ein und derselben Ebene schwingen; daß jedoch bei einem Phasen- und Wellenlängenunterschiede die einzelnen Wellenteilchen Kreise oder Ellipsen beschreiben müssen. Erfolgen die Schwingungen in geraden Linien senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung, so nennt man die Wellen geradlinig polarisiert;

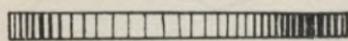


Fig. 5.

bewegen sie sich dagegen in Kreisen oder Ellipsen, so heißt die Welle kreisförmig bzw. elliptisch polarisiert. Diese Polarisation, dieses Gerichtetsein, wird uns bei den Lichttheorien wieder begegnen.

Bisher haben wir nun stets angenommen, daß die Schwingungen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung erfolgen. Solche Wellen, wie sie z. B. scheinbar an der Oberfläche eines Wasserspiegels erfolgen, nennt man Transversalwellen. Wir haben aber gesehen, daß am Boden der Wellenrinne auch Schwingungen der Fortpflanzungsrichtung der Wellenbewegung stattfinden, so daß an manchen Stellen die Teilchen sehr dicht aneinanderrücken (Verdichtung), an andern sehr weit auseinanderliegen (Verdünnungen). Dann erhalten wir Longitudinalwellen. (Fig. 5.)

Bei einem Übertritt aus dem dichteren Medium in das dünnere findet aber, falls die Welle nicht senkrecht auf die Grenze beider Medien auftrifft, auch eine Richtungsänderung der Bewegung statt, die man als Brechung bezeichnet. Sie ist dadurch zu erklären, daß in dem dichteren Mittel die Bewegung erschwert, im dünneren erleichtert wird. Eine solche Brechung können Sie z. B. beobachten, wenn eine Abteilung Militär in langer Front so von einem harten Boden

auf einen lockeren, etwa Sand, übertritt, daß zunächst der eine Flügelmann auf Sand marschiert, dann sein Nachbar usw. Je weiter nach dem andern Flügel zu der Mann steht, um so später tritt er auf den Sand über. Sobald nun der erste Mann den Sand betritt, wird die gerade Linie gestört, denn auf dem Sande kommt man langsamer vorwärts. Es tritt somit schließlich zunächst eine Knickung in der Front ein, an der Stelle, wo gerade der Übertritt auf den Sand erfolgt. Sind alle auf den Sand übergetreten, so ist die Front wieder vorhanden, aber die Richtung ist jetzt eine andere.

Schließlich wäre noch die Beugung zu erwähnen, da diese jedoch erst in den Lichttheorien eine Rolle spielt, sei ihre Behandlung bis dahin verschoben.

Wir wollen uns jetzt vielmehr der Lehre vom Schall zuwenden.

b) Die Lehre vom Schall

begann erst um 1600 allgemeines Interesse zu erwecken. Es war zwar bereits Aristoteles bekannt gewesen, daß die Luft den Schall vermittelnd in das Ohr leitet, daß der Schall bei Nacht besser als bei Tage und im Winter besser als im Sommer gehört werde. Seine Ansicht, daß sich tiefe Töne langsamer fortpflanzen als hohe, wurde erst durch Pierre Gassendi widerlegt, der nachwies, daß der tiefe Knall einer Kanone und der helle einer Flinte dieselbe Geschwindigkeit haben. Solche Messungen fanden gerade um die Mitte des 17. Jahrhunderts sehr viele statt, die alle nach einer von Bacon von Verulam vorgeschlagenen Methode veranstaltet wurden. Da die Lichtgeschwindigkeit, wie wir sehen werden, sehr groß ist, so ließ man diese unbeachtet und stellte nur die Zeit fest, die zwischen Blitz und Knall einer Kanone verstreicht, falls man einige hundert Meter von der Kanone entfernt steht. Kennt man die Entfernung vom Standort bis zur Kanone (etwa 1 km) und die Zeit zwischen der Ankunft von Blitz und Knall (etwa 3 Sekunden), so kann man berechnen, welche Strecke der Schall in einer Sekunde zurücklegt. Im übrigen sind unsere Kenntnisse über die allmähliche Entwicklung der Wellentheorie des Schalles und der akustischen Kenntnisse überhaupt auffallend mangelhaft. Wir wissen nur, daß dem schon erwähnten Leonardo da Vinci bekannt war, daß beim Anzupfen einer Saite eine andere auf den gleichen Ton gestimmte miltönt, daß auch bei zwei Glocken eine solche „Resonanz“ zu beobachten ist, und daß das Wasser den Schall besser fortleitet als die Luft. Leider gingen aber seine Schriften verloren und wurden

erst 1797 veröffentlicht. Deshalb konnte der Jesuitenpater Mersenne 1636 diese Resonanz neu entdecken. Er war zum Studium der Akustik durch eine Bemerkung Galileis veranlaßt worden, daß die Höhe eines Tones nur von der Zahl der Schwingungen abhängt, die der tönende Körper in einer bestimmten Zeit (etwa 1 Sekunde) ausführe, daß man sich also bei akustischen Untersuchungen der physikalisch meßbaren Schwingungszahl statt der physiologisch wahrnehmbaren Tonhöhe mit Vorteil bedienen könne. Mersenne vermochte tatsächlich den Nachweis für diese Behauptung zu liefern, ja er fand sogar eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Länge, dem Gewichte und der Dicke der Saite. Wenn nämlich eine Saite $2=$ ($3=$, $4=$. . .) mal so viel Schwingungen machen soll als eine andere, so kann ich diese erste Saite entweder $\frac{1}{2}$ ($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$. . .) so lang machen oder $4=$ ($9=$, $16=$. . .) mal so leicht, oder ich kann sie endlich mit dem $4=$ ($9=$, $16=$. . .) fachen Gewichte spannen. Abgesehen von der Änderung einer dieser drei Bedingungen müssen alle übrigen Verhältnisse natürlich ungeändert bleiben.¹⁾

Für Pfeifen fand Mersenne das gleiche Gesetz wie für Saiten und wußte auch bereits, daß eine offene Pfeife den gleichen Ton gibt wie eine geschlossene von der halben Länge.

Außer diesen Schwingungsgesetzen erhielt man in dieser Zeit auch sehr bemerkenswerte Ergebnisse über die Schalleitung im luftleeren Raume, mit der sich besonders die Academia del Cimento (Akademie des Versuchs), eine Florentiner Gelehrtenvereinigung, beschäftigt hatte, wenn auch ohne Erfolg, da ihr nur das Toricellische Vakuum zur Verfügung stand. Wenn man nämlich eine z. B. 1 m lange Röhre mit Quecksilber füllt, das offene Ende mit dem Finger verschließt, die ganze Röhre in ein Gefäß mit Quecksilber stülpt und unter Quecksilber das offene Ende freigibt, so sinkt das Quecksilber in der Röhre auf etwa 760 mm, je nach der Höhe des Luftdruckes verschieden weit. Die 240 mm über der Quecksilbersäule von 760 mm stellen einen luftleeren Raum dar, der nach seinem Entdecker als das Toricellische Vakuum bezeichnet wird. Daß man mit einem so kleinen Raume keine Erfolge erzielte, wird niemand in Erstaunen setzen. Ein größerer luftleerer Raum wurde aber erst durch Otto von Guericke's Erfindung der Luftpumpe geschaffen. Untersuchungen über die Schalleitung in diesem Raume stellte sogar

1) Erwähnt sei noch, daß Mersenne anstelle des Gewichtes fälschlicherweise die Dicke gesetzt hatte. — Harmonie universelle 1636.

der Magdeburger Bürgermeister selbst an, indem er unter den Recipienten, das Gefäß, das luftleer gepumpt wird, eine Glocke setzte, die durch ein Uhrwerk in bestimmten Zwischenräumen zum Tönen gebracht wurde. Je mehr Luft herausgezogen wurde, um so schwächer wurde der Ton; nach völligem Auspumpen wurde kein Ton mehr gehört. Näherte man aber das Ohr dem Glase, so nahm man ein dumpfes Geräusch wahr, das durch den Schlag des Hammers hervorgerufen wurde. Ließ man wieder Luft hinein, so wurde mit deren Ankunft das Geräusch sogleich wiederum zu einem Tone. Trotzdem entging Guericke die Bedeutung der Luft für die Leitung des Schalles; denn er wiederholte den Versuch mit einer Holzklapper, deren Schlag er nach dem Luftleerpumpen ebenso stark vernahm, weil er die Schallübertragung durch das Holz, und feste Körper überhaupt, nicht beachtete. Deshalb kam Guericke zu dem Schlusse, daß tönende Körper einen Ton unter Beihilfe der Luft ausenden, nämlich vermöge der Erschütterung, mit der sie die Luft treffen, daß dagegen Geräusche oder Laute, die nur durch Reibung oder den Zusammenstoß von Gegenständen hervorgerufen werden, nicht vermittels der Luft entstehen. Deshalb dauern Geräusche fort, ob nun Luft vorhanden oder diese ausgepumpt ist.¹⁾

Den Irrtum Guericke's, Töne und Geräusche nach ihrer Fortpflanzung in der Luft zu unterscheiden, soll erst der Arzt Christian Günther Schellhammer im Jahre 1690 beseitigt haben; er soll auch zuerst ausgesprochen haben, daß jeder Ton durch Schallwellen entsteht. Wenn aber der Schall eine Wellenbewegung ist, dann wird er sich, genau wie die Flüssigkeitswellen, um so schneller fortpflanzen, je größer der Widerstand ist, den das leitende Mittel einer Zusammendrückung entgegensetzt und je leichter das Medium ist.

Es sagte sich daher Isaac Newton, die Geschwindigkeit des Schalles wird um so größer sein, je geringer die Zusammendrückung ist, die das leitende Medium durch sein eigenes Gewicht erleidet, und fand durch diese Überlegung eine Formel, die uns rein theoretisch, ohne Experimente die Schallgeschwindigkeit in jedem beliebigen Mittel berechnen läßt, sobald man nur die Größe der Zusammendrückung des Körpers kennt, die eine Säule von 1 m Höhe dieses Mittels²⁾ verursacht. Durch diese Formel fand Newton als Schallgeschwindigkeit in der Luft 283 m. Dieser Wert beträgt jedoch nur etwa $\frac{5}{6}$ des durch Beobachtung gefundenen Wertes. Um diese Abweichung zu

1) Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio 1672.

2) Mathem. Prinzipien der Naturlehre II. Buch § 70

erklären, nahm er an, daß die Luftatome nur etwa $\frac{1}{9}$ des Raumes ausfüllen und daß der Schall keine Zeit braucht, um sich durch die Atome selbst fortzupflanzen. Der Schall sollte also in 1 Sekunde die 979 Fuß (283 m) zwischen den Atomen und die 109 Fuß in den Atomen, also im ganzen 1088 Fuß (346 m), durchlaufen.¹⁾ Auch anderen Forschern hat diese Verschiedenheit viel Kopfzerbrechen gemacht. Euler, ein bekannter Physiker des 18. Jahrhunderts, meinte zunächst, man betrachte gewöhnlich den Schall als einen einzelnen der Luft mitgetheilten Stoß, wenn aber mehrere aufeinander folgen, so werde vielleicht ein jeder durch die nächstfolgenden beschleunigt²⁾ (später gab er jedoch diese Ansicht wieder auf)³⁾, oder man nahm an, mit der Schallstärke wachse auch die Schallgeschwindigkeit. Lagrange erklärte diese Abweichung durch die verschiedene Dichte der Luft⁴⁾, und der Akustiker Chladni vermutete: Eine Mischung von Stickstoff und Sauerstoff macht ihre Schwingungen schneller, als es nach der gewöhnlichen Theorie geschehen sollte, und schneller als jede dieser beiden Flüssigkeiten für sich.⁵⁾

Die richtige Erklärung vermochte jedoch erst Pierre Simon Laplace 1816 zu geben. Die Schallwellen sind ja, wie wir wissen, Longitudinalwellen; es wird also an verschiedenen Stellen die Luft verdichtet, zusammengedrückt und dadurch wärmer, an anderen Stellen verdünnt und dadurch kühler. Da nun Verdichtungs- und Verdünnungsstellen in gleicher Zahl auftreten, wird die Mitteltemperatur der Luft nicht höher, wohl aber infolge der Erwärmung die Elastizität. Indem Laplace diesen Umstand mit in Rechnung zog, fand er für die Schallgeschwindigkeit einen Wert, der mit der Erfahrung vollständig im Einklang steht. Eine Prüfung der Newtonschen Formel unternahm bereits der schon erwähnte Chladni.⁵⁾ Er maß in interessanter, aber nicht sonderlich genauer Weise die Schallgeschwindigkeit in Gasen. Wir wissen ja, daß die Tonhöhe mit der Schallgeschwindigkeit wächst. Chladni blies nun eine offene Orgelpfeife aus Zinn durch die bekanntesten Gase an und schloß dann aus der Tonhöhe auf die jeweilige Geschwindigkeit des Schalles. Er fand sie am größten für Wasserstoff, am kleinsten für Kohlensäure, ganz entsprechend der Newtonschen Formel.

1) Mathem. Prinzipien der Naturlehre II. Buch § 72.

2) *Conjectura physica circum propagationem soni et luminis* 1750.

3) *De la propagation du son.* Mém. de l'Acad. de Berlin 1759.

4) *Nouvelles recherches sur le son.* Mélanges de philos. et de mathem. de la soc. de Turin.

5) Chladni, die Akustik. 1802.

Seit dem Jahre 1865 benutzt man hierzu eine allerdings wesentlich genauere Methode, die zugleich die Bildung von Schwingungsknoten und Schwingungsbäuchen sehr deutlich zeigt. Ein elastischer Stab läßt sich nämlich dadurch zum Tönen bringen, daß man ihn durch kräftiges Reiben in Longitudinalschwingungen versetzt; verbindet man nun den Stab mit einem Kork, der eine lange, nicht zu enge Glasröhre abschließt, die am andern Ende ebenfalls durch einen Kork verschlossen ist, so nehmen die verschließenden Korkteile an der schwingenden Bewegung des Stabes teil und versetzen dadurch die eingeschlossene Luftsäule ebenfalls in Schwingungen, so daß diese denselben Ton hervorbringt, wie der geriebene Stab. Hierbei entstehen in der Luftsäule eine Anzahl Schwingungsknoten. Hat man nun in das Glasrohr ein lockeres Pulver, etwa Korkfeile, gestreut und bringt man das Rohr dann in wagerechter Lage, nachdem das Pulver darin gleichmäßig verstreut worden ist, zum Tönen, so ordnet sich dieses in zier-



Fig. 6.

lichen Staubfiguren an (Fig. 6), welche die Lage der Schwingungsknoten und -Bäuche deutlich erkennen und damit die Wellenlängen messen lassen. Da nun die Schwingungszahl (n) des Stabes stets dieselbe ist und die Wellenlänge (λ) gemessen werden kann, die natürlich je nach dem in der Röhre enthaltenen Gase verschieden sein wird, so kann man an unserer obigen Formel $v = n \cdot \lambda$ stets die Schallgeschwindigkeit (v) in dem betreffenden Gase finden. Diese Staubfiguren bezeichnet man nach Kundt, der sie zuerst dargestellt hat, als Kundtsche Staubfiguren.

Ferner wurde 1827 von Colladon und Sturm auf dem Genfer See eine sorgfältige Messung der Schallgeschwindigkeit im Wasser ausgeführt. Jeder der beiden Beobachter begab sich zur Ausführung des Versuchs in ein Boot. Von dem einen der beiden Boote hing eine Glocke ins Wasser hinab, die mit einem Hammer angeschlagen werden konnte. Gleichzeitig wurde durch die Bewegung eines den Hammerstiel bildenden Winkelhebels eine brennende Lunte in ein Häufchen Pulver gesenkt. So erhielt man im zweiten Boote ein Lichtsignal durch die Luft und mit einem ins Wasser gesenkten Hörrohr ein Schallsignal durch das Wasser. Als Schallgeschwindigkeit im Wasser ergab sich 1435 m, ein Wert, der dem durch die Newtonsche

Formel berechneten (1453) sehr nahe kommt. Im Meerwasser ist die Geschwindigkeit des Schalles etwas größer, etwa 1475 m, und je nach dem Salzgehalte und der Temperatur verschieden.

Daß die Temperatur nie ohne Einfluß ist, beobachtete zuerst der italienische Arzt Bianconi¹⁾; er fand, daß die Schallgeschwindigkeit im Sommer größer ist als im Winter, was ja bereits 2000 Jahre früher Aristoteles behauptet hatte, allerdings ohne es zu beweisen. Benzenberg konnte 1811 dieses Ergebnis bestätigen.

Die Schallgeschwindigkeit in festen Körpern hat ebenfalls der schon erwähnte Chladni bestimmt.²⁾ Er benutzte dazu Longitudinalschwingungen, also solche, die Verdünnungen und Verdichtungen hervorrufen. Genau so wie bei den Gasen wird jeder feste Körper den Schall um ebensoviel geschwinder fortleiten, als der Ton, welchen er bei seinen Longitudinalschwingungen gibt, bei gleicher Länge dieses Körpers höher ist. Der Ton eines Stabes von Silber ist um drei Oktaven und einen Ton höher als der Ton einer ebenso langen Luftstrecke in einer offenen Pfeife. Also die Schallgeschwindigkeit im Silber ist etwa 9 mal größer als in der Luft.³⁾

Ein anderes Prinzip wandte der französische Physiker Jean Baptiste Biot an. Wenn nämlich gegen das eine Ende eines langen eisernen Rohres (etwa 1 km lang) mit einem Hammer geschlagen wurde, vernahm er am andern Ende einen doppelten Schall. Der zuerst ankommende pflanzte sich offenbar durch das Eisen, der zweite durch die Luft im Rohre fort. Aus der Zeitdifferenz der beiden Schalleindrücke ergab sich im Eisen eine Schallgeschwindigkeit von 3460 m, bei späteren Versuchen wurde das Ergebnis sogar noch etwas größer. Das Chladnische Verfahren wird auch heute noch benutzt, nur berechnet man die Schwingungszahl des betreffenden Stabes mit Hilfe der Kundtschen Staubfiguren, indem man den zu reibenden Glasstab durch einen zu reibenden Stab der betreffenden Substanz ersetzt.

Die Messung der Schallgeschwindigkeit war aber nicht das einzige akustische Problem, das seiner Lösung harrete. Es hatten z. B. Orgelbauer öfters beobachtet, daß beim Zusammenklingen von zwei tiefen Tönen, die nahe beieinander liegen, eigentümliche Stöße oder Schwebungen auftreten. In einem Augenblick war der Ton stark,

1) Comment. Bonon. Vol. II. 1746.

2) Akustik, S. 265 f.

3) Bei 1 Oktave 2 mal so groß, bei 2 Oktaven 2 . 2 mal oder 4 mal, bei 3 Oktaven 2 . 2 . 2 mal oder 8 mal so groß.

im nächsten Augenblick schwach, dann wieder stark, wieder schwach usw. in einem bestimmten Takte. Niemand wußte aber diese merkwürdige Erscheinung zu erklären, bis der Mathematiker Sauveur davon hörte. Als Kuriosum sei erwähnt, daß dieser Akustiker so schlecht hörte, daß er mit 7 Jahren noch nicht sprechen konnte. Trotzdem veröffentlichte er in den Jahren 1700—1703 sehr interessante Arbeiten über „musikalische Akustik“, in denen er auch eine Erklärung dieser „Schwebungen“ gab. Macht z. B. der eine Ton 34 und der andere 35 Schwingungen in der Sekunde, so befinden sie sich am Anfang und am Ende der Sekunde im gleichen Schwingungszustande und verstärken sich daher gegenseitig; in der Mitte der Sekunde befinden sie sich dagegen in entgegengesetztem Schwingungszustande und heben sich daher auf. In diesem Falle erleidet also der Ton in einer Sekunde eine Verstärkung und eine Schwächung. Macht der eine Ton 34 und der andere 36 Schwingungen in der Sekunde, so verstärken sie sich am Anfang, in der Mitte und am Ende und schwächen sich in den Zwischenzeiten. Es entstehen also zwei Stöße in der Sekunde. Ist der Unterschied der Schwingungszahlen gleich drei, so entstehen drei Stöße in der Sekunde usw. Man kann also, ohne musikalisch zu sein, sofort entscheiden, ob zwei Töne genau übereinstimmen oder nicht.

Man kann ferner bei Orgelpfeifen, da deren Länge bekannt ist, finden, wieviel Schwingungen jeder Ton in der Sekunde macht. Sauveur hörte z. B. bei zwei um einen halben Ton verschiedenen Pfeifen sechs Stöße in der Sekunde. Die eine Schwingungszahl mußte also um 6 größer sein als die andere. Da das Verhältnis ihrer Länge 15 : 16 war, so ergaben sich für die eine $15 \cdot 6 = 90$, für die andere $16 \cdot 6 = 96$ Schwingungen in der Sekunde. Indem Sauveur die Intervalle aller übrigen Töne zu Hilfe nahm, gelang es ihm mit Leichtigkeit, für alle Töne die entsprechenden Schwingungszahlen zu berechnen. Folgen diese Stöße sehr schnell aufeinander, so ergeben sie einen neuen Ton, wie ihn zuerst der italienische Violinvirtuos Giuseppe Tartini einige Jahre vor Sauveurs Tode beobachtet hatte. Beim Zusammenklingen zweier ziemlich verschiedener Töne hörte er nämlich zugleich noch einen dritten tieferen Ton. Macht z. B. der eine Ton 400 und der andere 650 Schwingungen in der Sekunde, so werden sich 250 Stöße in der Sekunde ergeben, die bereits als Ton empfunden werden. Bevor aber Tartini seine Entdeckung in seinem *Trattato di musica* (1754) publizierte, machte sie auch unabhängig von ihm der Organist Georg Andreas Sorge und wies

(1740) in seinem „Vorgemach der musikalischen Komposition“ darauf hin. Obige Erklärung der Kombinationstöne, wie sie heute genannt werden, mit Hilfe der Stöße gab jedoch erst 1759 der französische Mathematiker Lagrange.

Anderer Töne hatten bereits die beiden Kapläne William Noble und Thomas Pigott entdeckt und untersucht¹⁾. Sie gingen dabei von einer bekannten Erscheinung aus, die man als Resonanz bezeichnet. Wenn man nämlich einen Ton in der Nähe einer Saite, die genau auf denselben Ton abgestimmt ist, kräftig erklingen läßt, so beginnt die Saite selbst zu tönen, was Sie leicht beobachten können, wenn ich den erzeugenden Ton aufhören lasse.

Man nannte derartige Töne „sympathische Töne“. Die Bezeichnung erinnert an Beobachtungen, die man an Uhren gemacht hatte. Huyghens hatte beobachtet, daß zwei Uhren, die im Laufe eines Tages fünf Sekunden voneinander abwichen, gleich schnell gingen, als sie in dasselbe Zimmer gebracht wurden, obwohl sie hier 15 Fuß voneinander entfernt waren. Huyghens erklärte diese „Sympathie“ durch die Bewegung der Luft, aber der Engländer Ellicot beobachtete etwas ähnliches an zwei Uhren, die nur zwei Fuß voneinander entfernt waren, die sich aber in zwei dicht verschlossenen Kästen befanden. Diese Uhren wichen in ihrem Gange täglich 90 Sekunden voneinander ab, aber die Sympathie war hier so stark, daß jede der beiden Uhren, wenn man sie anhielt, nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde selbst wieder in Gang kam. Ellicot zeigte, daß dies durch ganz kleine und an und für sich unmerkliche Bewegungen bewirkt wird, die sich von der gehenden Uhr auf die stillstehende übertragen. Wenn er nämlich die beiden Kästen durch einen Holzstab in Verbindung setzte, so kam die stillstehende Uhr viel schneller in Bewegung. Diese Erscheinung zeigt, daß ein schwingender Körper — ein Pendel — in große Schwingungen kommen kann, wenn er im richtigen Takt eine Menge kleiner Stöße, jedesmal im rechten Augenblick bekommt, wie Sie das ja auch an den Kinderschaukeln und beim Läuten der Kirchenglocken beobachten können.

Dasselbe gilt von einer Saite. Die Wellen, welche sie treffen, haben einzeln allerdings nur eine sehr geringe Wirkung, allein die Wirkungen summieren sich, und da die Wellen in kurzer Zeit zu Hunderten ankommen, so kann die Saite alsbald in ziemlich starke Schwingungen kommen, vorausgesetzt, daß die Wellen im richtigen

1) Mitgeteilt von Wallis, Philos. Transactions 1677. S. 839f.

Augenblicke kommen, d. h. daß der erregende Ton mit dem Tone der Saite genau übereinstimmt.

Noble und Pigott hatten ferner gefunden, daß eine Saite nicht nur durch ihren eigenen Ton, sondern auch durch gewisse andere Töne in Schwingung versetzt werden kann, nämlich durch Töne, welche die doppelte, die dreifache, die vierfache usw. Schwingungszahl haben. Die Saite gab dann nicht den tiefen Ton, auf den sie abgestimmt war, sondern den höheren Ton, durch den sie in Schwingung versetzt wurde. Durch Aufsetzen von Papierreitern wurde nachgewiesen, daß nicht die Saite in ihrer ganzen Länge in Schwingung kam, sondern daß die Mitte in Ruhe blieb, wenn der erregende Ton die doppelte Schwingungszahl der Saite hatte, daß zwei Punkte der Saite in Ruhe blieben, wenn der erregende Ton die dreifache Schwingungszahl hatte usw. An denjenigen Punkten der Saite, die in Ruhe blieben, den sogenannten Knoten, blieben die Papierreiter sitzen, während sie an den übrigen Stellen herabflogen. Einige Jahre später machte Sauveur ganz ähnliche Versuche, ohne die früheren zu kennen. Er fand zugleich ein anderes Mittel, eine Saite in beliebig vielen Teilen schwingen zu lassen. Er grenzte einfach einen Teil der Saite ab, der gleich der Länge einer Welle war. Sollte z. B. eine Saite in vier Teilen schwingen, so grenzte er $\frac{1}{4}$ der Saite ab, indem er den Endpunkt am Schwingen verhinderte, und erhielt dann vier Bäuche und drei Knoten, eine Bezeichnung, die von ihm stammt. Zwei Teile, die durch einen Knoten getrennt sind, schwingen dabei immer in entgegengesetzter Richtung. Diese Töne, welche die doppelte, dreifache, vierfache usw. Schwingungszahl haben, heißen in bezug auf den Ton von einfacher Schwingungszahl, den Grundton, die Obertöne; sie spielen eine große Rolle bei der sogenannten Klangfarbe, wie wir durch die verdienstvollen Untersuchungen von Helmholtz wissen.

Bevor wir jedoch die hervorragenden Verdienste dieses Mannes, der für die Akustik des 19. Jahrhunderts von überragender Bedeutung geworden ist, würdigen, sei noch einer Methode gedacht, die sich zeitlich hier einordnet.

Wir haben ja bisher schon einige Versuche zur indirekten Bestimmung der Schwingungszahl eines Tones besprochen. Die erste direkte Zählung wurde 1819 durch die „Sirene“ von Charles Cagniard de la Tour ermöglicht.

Eine horizontale kreisförmige Scheibe an einer vertikalen Achse hat eine Anzahl von Löchern, die in gleichen Abständen voneinander

in einem Kreise um die Achse angeordnet sind. Diese Löcher gleichen über eine entsprechende Reihe von Löchern in der Deckplatte einer zylindrischen Büchse, in die durch einen Blasebalg Luft eingepreßt wird. Wenn die Löcher in der Scheibe über den Löchern in der Deckplatte stehen, so strömt die Luft aus. Stehen dagegen die Löcher der Scheibe über den Zwischenräumen zwischen den Löchern der Deckplatte, so ist der Luftstrom unterbrochen. Nun sind die Löcher in der Scheibe nach der einen Seite hin, die Löcher in der Deckplatte nach der andern Seite hin schief gebohrt. Infolgedessen drückt die ausströmende Luft gegen die Wände der Durchbohrungen der beweglichen Scheibe und setzt diese in Rotation. Ein besonderer Umdrehungsmechanismus ist daher nicht erforderlich. Die Scheibe wird durch den Luftstrom in Bewegung gesetzt, und wenn dieser gleichförmig ist, so bleibt die Umdrehungsgeschwindigkeit und folglich auch die Tonhöhe ziemlich unverändert. Am oberen Ende der Achse befindet sich eine Schraube ohne Ende, durch die ein Zählwerk getrieben wird. Die Schwingungszahl eines Tones in der Sekunde ist dann gleich der Anzahl der erfolgten Stöße, d. h. gleich dem Produkte aus der Anzahl der Löcher und der Anzahl der Umdrehungen.

Zu den Verbesserern dieses Apparates gehört auch der schon erwähnte Hermann von Helmholtz, von dessen Forschungen wir hier natürlich nur einiges wenige anführen können; denn eine ausführliche Schilderung würde einen Kursus für sich bilden. Vor allem wollen wir seiner Verdienste um die Untersuchung der Klangfarbe gedenken. Als ein sehr geeignetes Instrument für diese Experimentalstudien erwies sich sein Resonator. Es tönen nämlich nicht nur Saiten mit, wenn ein Ton von der Höhe dieser Saiten ertönt, sondern auch Luft Räume. Helmholtz untersuchte nun eingehend, welche höheren Töne durch Röhren von verschiedener Form verstärkt werden, und es gelang ihm, eine Form zu finden, durch die nur ein einziger bestimmter Ton verstärkt wird. Wenn man also einen Ton oder ein Geräusch sich mit Hilfe eines solchen Resonators anhört, wird der Ton, auf den der Resonator abgestimmt ist, verstärkt und gewissermaßen abgesondert. So konnte Helmholtz die Klangfarbe der einzelnen musikalischen Instrumente untersuchen und eine Zerlegung der Vokale vornehmen, die er dann mit Hilfe von Stimmgabeln in den gefundenen Höhen wieder erzeugen konnte.

Es fehlt uns leider an Zeit, seine weiteren Forschungen über die Schwebungen, die Kombinationstöne, die Theorie des Hörens usw.

hier zu behandeln.¹⁾ Es hat mit ihm die Akustik für uns ihren vorläufigen Abschluß erreicht; denn was später folgt und was die Gegenwart noch bewegt, das sind im wesentlichen Helmholtz' Anschauungen über obige Fragen.

Kapitel II.

Lehre vom Licht.

Wir wollen uns heute und die nächsten Abende beschäftigen mit der Entwicklung der Lichttheorien, die wieder erst mit Isaac Newton beginnen. Allerdings wußte bereits Aristoteles, daß die Sonne bei nebligem Wetter rot, bei klarem Wetter weiß erscheint. Er suchte dies dadurch zu erklären, daß das Licht der Sonne beim Durchgange durch den Nebel sich mit „Dunkelheit“ mische. Die verschiedenen Farben entstehen also durch verschiedene Mischung von Licht und „Dunkelheit“. In Wirklichkeit beruht diese Erscheinung auf einer Absorption, einem Verschlucken bestimmter Farben; doch hat sich die falsche Ansicht des Aristoteles das ganze Mittelalter hindurch erhalten, obwohl man bereits prismatische Farben kannte. Diese Farben, die sich zeigen, wenn man Licht durch ein kantiges Glas oder Brennglas gehen läßt, bezeichnete man als „unechte“ oder „scheinbare“, bis gegen Ende des Dreißigjährigen Krieges ein Prager Mediziner Marci de Kronland sich eingehender damit beschäftigte und eine neue, wenn auch noch nicht die richtige, Erklärung dafür gab. Er fand nämlich, daß die Farbe des Lichts von der Brechung abhängt; dasjenige, das am wenigsten gebrochen wird, ist rot, und das, welches am meisten gebrochen wird, violett. Deshalb erklärte er, daß die verschieden starke Lichtbrechung eine verschieden starke Verdichtung des Lichtes herbeiführe, obwohl er beobachtet hatte, daß das Licht, welches einmal gebrochen ist, bei einer nochmaligen Brechung seine Farbe beibehält, sich also nicht nochmals verdichtet.

Da aber eine genauere Beschäftigung mit dieser Erscheinung durch die Erfindung des Fernrohres — an den Rändern der Linse traten Regenbogenfarben auf — nötig wurde, nahm Newton diese Versuche wieder auf. Bei seinen Experimenten stellte er auch hinter das Prisma eine Linse und erhielt so wieder weißes Licht. Es mußte

1) Vgl. z. B. Keller, Die Neuerscheinungen auf dem Gebiete der Akustik. Archiv f. d. ges. Psychol. Bd. XIII u. XV.

also das weiße Licht Strahlen aller Farben enthalten.¹⁾ Eine Erklärung dieser Erscheinungen war dadurch erschwert, daß der Jesuit Francesco Grimaldi beobachtet hatte, daß ein Lichtstrahl gewissermaßen um die Ecke geht. Er ließ Sonnenstrahlen durch eine kleine Öffnung im Fensterladen in ein dunkles Zimmer treten und stellte in diesen Lichtkegel hinein einen Stab. Dabei bemerkte er, daß der Kernschatten des Stabes größer war als das Gesetz der geradlinigen Fortpflanzung des Lichtes zuließ und durch mehrere, gewöhnlich drei, farbige Streifen begrenzt war. Ferner sonderte er aus diesem Kegel einen neuen aus, indem er in den Lichtkegel eine undurchsichtige Platte mit einem sehr kleinen Loch brachte, und konnte dabei dieselbe Erscheinung beobachten. Erklären konnte er dies aber nicht. Ob er auch die Interferenz, von der später die Rede sein wird, beobachtet hat, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen. In demselben Jahre erschien jedoch Hookees *Micrographia or philosophical description of minute bodies*. Er betrachtet hierin das Licht als eine rasche Schwingungsbewegung und spricht den Satz aus: Die Bewegung des Lichts in einem gleichförmigen Medium, in dem sie erzeugt wird, pflanzt sich durch einfache und gleichförmige Impulse der Wellen fort.

Er studierte auch bereits die Farben dünner Plättchen mit Hilfe zweier Prismen, von denen das eine ein wenig konver war, und erklärte sie aus dem Zusammenwirken der an der ersten und an der zweiten Begrenzungsfläche des Plättchens reflektierten Strahlen. Schließlich entdeckte im Jahre 1669 der Däne Erasmus Bartholinus die Doppelbrechung des Kalkspates. Der Kalk- oder Doppelspat spaltet nämlich den Lichtstrahl in zwei, von denen jeder seinen besonderen Weg geht. Der eine, „der ordinäre“, folgt dem Brechungsgesetz, für den anderen, „den extraordinären“, konnte Bartholinus kein bestimmtes Gesetz aufstellen. Diese Doppelbrechung beobachtete er schließlich auch beim Quarze.

Es standen also jetzt eine Anzahl Entdeckungen auf optischem Gebiete nebeneinander und harrten des Mannes, der sie unter einen einheitlichen Gesichtspunkt bringen würde.

Hier arbeitete Newton mit weniger Glück; denn er schloß sich an die Theorie des Demokrit von Abdera an, der erklärt hatte, das Licht bestehe aus kleinen Teilchen, die von dem leuchtenden Körper

1) Näheres s. z. B. Graetz, das Licht und die Farben. Diese Sammlung. Bd. 17.

ausgesandt werden. Diese über 2000 Jahre alte Hypothese bildete der große Engländer ein wenig um, damit sie den neuen Anforderungen genügen könnte. Er nahm ebenfalls an, daß jeder leuchtende Körper kleine Theilchen entsendet, die, wenn sie die Netzhaut eines Auges treffen, Dichteindrücke hervorbringen. Den verschiedenen Farben entsprechen verschieden große Theilchen, den violetten Strahlen die kleinsten, den roten die größten. Zu diesen Annahmen mußte er aber noch eine ganze Reihe Sonderannahmen hinzufügen. Dadurch wurde seine Emissions-, Emanations- oder Korpuskulartheorie schließlich so verwickelt und unübersichtlich, daß es uns nicht wundern wird, wenn fast gleichzeitig ein anderer auf den Plan trat, der die Gedanken von Grimaldi und Hooke weiter verfolgte und von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus alle diese neuen Entdeckungen zu erklären suchte. Dies war Christian Huyghens. Er nahm dabei einen Stoff zu Hilfe, der auch in der Elektrizität eine große Rolle spielt. Dies ist der Aether, ein äußerst feiner, leicht beweglicher und außerordentlich elastischer Stoff, der den ganzen Weltraum erfüllt und alle Körper durchdringt. Huyghens sagt von ihm z. B., die Aethertheilchen müßten aus einer Materie bestehen, welche der vollkommenen Härte sich so sehr nähert und so große Elastizität besitzt, als wir wollen. Ja, er meint sogar, daß die Aethertheilchen trotz ihrer Kleinheit noch aus anderen Theilen zusammengesetzt sind und daß ihre Elastizität in ihrer äußerst raschen Bewegung einer feinen Materie bestehen könne, die sie von allen Seiten durchdringt.¹⁾ Findet nun an irgendeiner Stelle dieses Aethermeeres eine Störung statt, so pflanzt sie sich, ganz nach Art der Wasserwellen auf der Oberfläche eines Gewässers, wellenförmig fort, nur hier natürlich nach allen Seiten, also kugelförmig, ähnlich wie die Luftwellen durch die Schwingungen der Lufttheilchen zustande kommen.

Durch diese Theorie wird demnach eine Einheitlichkeit der Bewegung in Wasser, Luft und Aether herbeigeführt.

Das, was wir Licht nennen, ist also eine Wellenbewegung in diesem Aether; ein leuchtender Körper setzt diese Aethertheilchen in Schwingungen, die dann als Aetherwellen den Raum durchheilen. Gelangen sie in das Auge, so empfängt der Sehnerv den Stoß der Aethertheilchen, und dieser Stoß wird als Licht empfunden. Die Größe der Lichtbrechung würde dann abhängen von dem Unterschiede der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Aetherwellen in der

1) *Traité de la lumière* S. 13.

Luft und in dem anderen Stoffe. So konnte Huyghens durch seine Theorie die geradlinige Fortpflanzung, Reflexion, Brechung und Doppelbrechung berechnen und erklären. Für die Doppelbrechung z. B. nimmt er verschiedene Fortpflanzungen von Lichtwellen an, außer der kugelförmigen Ausbreitung nimmt er noch elliptische Wellen zu Hilfe, die, so vermutet man auch heute noch, jedenfalls durch die Verteilung oder die Struktur der Körperteilchen hervorgerufen werden.¹⁾

Trotzdem blieb diese Hypothese lange unbeachtet, weil es Huyghens nicht gelang, mit ihr die Entstehung der Farben zu erklären. Aber das hätte sich schließlich nachholen lassen, wenn nur Newton, der ja als Autorität galt, sich nicht ablehnend gegen die Wellentheorie verhalten hätte. Er meinte, die Weltkörper müßten an diesem Äther einen Widerstand finden; daß dieses bei seiner Emanationshypothese fast in noch höherem Maße der Fall sein müßte, bedachte er jedoch nicht.

Eine andere Schwierigkeit der Newtonschen Theorie führte der bekannte Mathematiker und Physiker Leonhard Euler ins Feld. Wenn nämlich ein großer Weltkörper, wie die Sonne, fortwährend Lichtteilchen nach allen Seiten aussendet, so müßte sie doch allmählich kleiner und ein Körper, der viel mehr Licht empfängt als er abgibt, wie die Erde oder ihr Mond, müßte fortwährend größer werden. Damit würde dann auch die Leuchtkraft der Sonne abnehmen und die der Erde oder ihres Mondes stärker werden. Selbst wenn die Teilchen noch so klein wären, müßte sich doch, bei der ungeheuren Lichtfülle, welche die Sonne aussendet, dieser Erfolg nachweisen lassen. Deshalb nahm er ebenfalls Ätherwellen an, aber freilich die Entstehung der Farben, die machte auch ihm Schwierigkeiten.

Wir haben aber bereits oben kurz auf die Analogie von Schall und Licht nach Huyghens' Hypothese hingewiesen. Diese Analogie benutzte auch Euler. Er verglich nämlich die Farben mit den Tönen. Diese entstanden, wie er wußte, durch Luftwellen und ihre Höhe hing von der Schwingungszahl ab. Er vermutete daher, daß auch die Farbe durch die Anzahl der Ätherschwingungen in der Zeiteinheit hervorgerufen werde. Seine ganze Theorie kam unseren heutigen Anschauungen wiederum ein ganzes Stück näher, so daß wir sie uns etwas genauer ansehen müssen. Wenn ein Körper von einem Lichtstrahl getroffen und leuchtend wird, so wird von dem

1) *Traité de la lumière* S. 58.

Körper das Licht nicht zurückgeworfen, sondern vielmehr die Oberfläche des Körpers durch die Bewegung der Ätherteilchen in Schwingungen versetzt oder richtiger zum Mitschwingen gebracht. Euler wendet also einfach das Resonanzprinzip des Schalles auf diese Ätherschwingungen an, indem er die Oberfläche eines Körpers als Saiteninstrument betrachtet, dessen Saiten auf die Ätherwellen resonieren. Um einen roten Körper leuchtend zu machen, ist rotes Licht erforderlich, da nur dieses die Oberfläche des betreffenden Körpers in Schwingungen versetzen kann. Das Sonnenlicht erleuchtet alle Körper, gleichviel welcher Farbe, muß also alle Farben enthalten. Mit welcher Geschwindigkeit aber die Ätherteilchen schwingen müssen, um eine bestimmte Farbe zu erzeugen, darüber vermochte Euler keine Auskunft zu geben. So blieb diese Hypothese unbeachtet, zumal man sich zu dieser Zeit mit dem jüngsten Zweige der Physik, der Elektrizität, die damals noch wesentlich experimentell war, beschäftigte. Und die Praxis übt fast stets eine größere Anziehung aus als die Theorie.

Auch der nächste, der für Huyghens' Theorie eintrat, blieb völlig unbeachtet, es war der Engländer Thomas Young. Dieser kam zu einer Verwerfung der Newtonschen Ansichten, da durch diese zwei besonders wichtige Fragen nicht beantwortet werden konnten. 1. Warum senden alle leuchtenden Körper, seien sie auch noch so verschieden, die Lichtstrahlen mit der gleichen Geschwindigkeit aus? und 2. war ihm die Annahme viel zu kompliziert, die Newton machen mußte, um zu erklären, warum ein Teil des Lichtes zurückgeworfen und ein anderer gebrochen wird.

Deshalb wandte sich Young der Huyghensschen Theorie zu, und es gelang ihm sogar, mit ihrer Hilfe eine gute Erklärung der Farben dünner Blättchen und der Newtonschen Farbenringe durch die Interferenz der Wellen zu geben.¹⁾

Wenn wir nämlich einen solchen Lichtstrahl in der Newtonschen Kombination (Glasplatte mit plankonvexer Linse) betrachten, der an der Glasplatte reflektiert wird, so muß er die Luftschicht zwischen Glasplatte und Linse doppelt durchlaufen. Auf dem Rückwege wird er nun auf eine neue Welle, die, um die beiden Extreme anzuführen, entweder gerade in derselben Schwingungsphase oder gerade in entgegengesetzter Schwingungsphase sich befindet; im ersten

1) On the theory on light and colours. Philosophical Transactions 1802.

Falle werden sich die beiden Wellen verstärken, im zweiten sich aufheben, also Dunkelheit erzeugen. Nun ist die Luftschicht keilförmig, es wird also, wenn wir vom Berührungspunkte von Linse und Platte nach außen gehen, zunächst eine Stelle vorhanden sein, wo der Gangunterschied zwischen ankommender und reflektierter Welle etwa eine halbe Wellenlänge beträgt, dort werden sich die Strahlen gegenseitig schwächen, etwas weiter noch außen zu wird eine Stelle sich finden, wo der Gangunterschied eine ganze Wellenlänge beträgt. Dann werden die beiden Strahlen sich verstärken; an der Stelle, wo eine Differenz von $1\frac{1}{2}$ Wellenlänge vorhanden ist, werden sie sich wieder aufheben usw. Wir bekommen also abwechselnd dunkle und helle Kreise.

Diese Erklärung, die natürlich, soweit wir sie bis jetzt gegeben haben, nur für einfarbiges Licht gilt, wird noch bestätigt dadurch, daß gerade die Strahlen, die sich im reflektierten Lichte schwächen, sich im durchgehenden Lichte verstärken. Auch dafür hatte Young eine Erklärung. Wenn nämlich eine Ätherwelle aus einem Stoffe, in dem der Äther eine geringere Dichte hat, in einen solchen mit größerer Ätherdichtigkeit übergeht, so verliert sie eine halbe Wellenlänge. Auch hier gilt wieder ganz Analoges wie bei den Wasserwellen, wenn sie an den Rand des Ufers kommen. Die in der Grenzschicht schwingenden Punkte werden gehemmt, was im Erfolge einem ihrer Bewegung entgegengesetzten Impulse gleichkommt. Es pflanzt sich also von ihnen aus rückwärts in den ersten Stoff hinein eine Welle von entgegengesetzter Phase fort, d. h. ein Schwingungsmaximum, ein ankommender Wellenberg kehrt als Schwingungsminimum, als Thal zurück und umgekehrt; es geht gerade eine halbe Wellenlänge verloren. Benutzt man anstatt des einfarbigen Lichtes weißes, so werden Wellen interferieren, die einer bestimmten Farbe entsprechen. Ist etwa der Unterschied zwischen der ankommenden und der reflektierten Welle so groß wie eine halbe Wellenlänge des roten Lichtes, so werden sich die in dem weißen Lichte enthaltenen Wellen des roten Lichtes an dieser Stelle aufheben. Wenn man aber aus dem weißen Lichte eine Farbe herausnimmt, so ergeben die übrigbleibenden die sogenannte Komplementärfarbe, in unserem Falle wird daher ein grüner Ring entstehen usw.

Es hatte damit Young in geistreicher Weise die Gesetze der Wellenlehre, dieses Zweiges der Mechanik, einfach auf die Ätherwellen übertragen und auf diese Weise eine einwandfreie Erklärung dieser Erscheinungen geben können.

Ja noch mehr als dies, es war ihm sogar möglich, für die einzelnen Farben die Länge der Athervellen und die Schwingungszahl in der Sekunde zu finden. Dabei mußte man allerdings die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes kennen. Und diese Aufgabe war schon längst gelöst. Das erste Ergebnis verdanken wir dem Scharfsinn des dänischen Astronomen Olaf Römer. Er beobachtete mit Giovanni Domenico Cassini, dem Stammvater der berühmten Astronomenfamilie, die Jupiterverfinsterungen. Wegen des sehr großen Durchmessers des Jupiters und der verhältnismäßig geringen Entfernung, in der ihn seine Trabanten umkreisen, gehen diese bei jedem Umlauf des Planeten durch seinen Schatten hindurch und werden verfinstert, abgesehen vom entferntesten, bei dem das nicht jedesmal der Fall ist. Cassini und Römer versuchten nun die Umlaufzeiten der Monde und den Eintritt der Verfinsterungen zu berechnen. Dabei zeigte sich, daß die Zwischenzeit zwischen zwei Verfinsterungen eines Mondes nicht während des ganzen Jahres die gleiche ist. Wie eingehende Überlegungen zeigten, konnte dies nur daher rühren, daß die Erde das eine Mal dem Jupiter näher stand als das andere Mal. Von der Erde aus können nämlich vor der Opposition¹⁾ mit der Sonne nur die Eintritte, nach der Opposition nur die Austritte aus dem Kernschatten beobachtet werden. Nahe der Opposition erscheinen nun die Zeitdifferenzen zwischen je zwei folgenden Ein- und Austritten, also die Umlaufzeit des Trabanten gleich groß; in der Nähe der Quadraturen dagegen werden die aufeinander folgenden Umlaufzeiten immer kleiner, wenn die Erde sich nach dem Jupiter hin bewegt, dagegen jede folgende immer länger als die vorhergehende, wenn die Erde sich vom Jupiter entfernt. Diese scheinbare Verspätung um 15 Sekunden konnte aber nach Römers Überzeugung nur daher rühren, daß das Licht zwischen zwei aufeinander folgenden Verfinsterungen den von der Erde zurückgelegten Weg im einen Falle noch zu durchlaufen hat, im anderen Falle erspart. Da nun die Umlaufzeit z. B. des zweiten Trabanten 42 Stunden 28 Minuten 35 Sekunden beträgt und die Erde in der Sekunde nahezu 4 Meilen zurücklegt, so mußte das Licht zu diesen 600 000 Meilen, um die sich die Erde zwischen zwei Umläufen des Trabanten dem Jupiter genähert oder entfernt hatte, 15 Sekunden brauchen. Es hatte also

1) Opposition nennt man die Stellung, bei der alle drei Himmelskörper eine Gerade bilden; bilden sie einen rechten Winkel mit der Sonne als Scheitelpunkt, so spricht man von einer Quadratur.

das Licht in einer Sekunde (ungefähr) 40 000 Meilen oder 300 000 Kilometer zurückzulegen.

Die Richtigkeit dieses Ergebnisses, ja dieser ganzen Anschauung, wurde vielfach in Zweifel gezogen, bis James Bradley auf ganz anderem Wege die Richtigkeit von Römers Rechnung bestätigte. Er fand, daß ein Stern nicht dort stand, wo man ihn suchte, sondern stets ein wenig verschoben war. Diese Verschiebung ist nun allein abhängig von der Lichtgeschwindigkeit und Erdgeschwindigkeit.

Die Durchführung dieser Betrachtung erfordert jedoch eingehendere mathematische Kenntnisse. Es sei deshalb hier nur erwähnt, daß auch Bradley für das Licht eine Geschwindigkeit von 40 000 Meilen in der Sekunde berechnete.

Es war damit die Lichtgeschwindigkeit auf einem zweiten Wege, wenn auch wieder astronomisch, im Weltenraume berechnet. Es scheint nun, als ob es ganz unmöglich wäre, die ungeheure Geschwindigkeit — denn ein Schnellzug durchreist etwa 100 km in einer Stunde und das Licht 300 000 km in einer Sekunde, seine Geschwindigkeit ist also über 10 000 000 mal größer als die des Schnellzugs — es scheint, als ob diese ungeheure Geschwindigkeit sich gar nicht zwischen Punkten auf der Erde messen ließe, und doch sind auch dazu Methoden gefunden worden. Wir können hier nicht alle diese Methoden betrachten; namentlich die von Foucault läßt sich sehr schwer in wenigen Worten klar machen, obwohl gerade diese außerordentlich interessant ist, da sie gestattet, die Lichtgeschwindigkeit im Zimmer zu messen. Es sei nur erwähnt, daß sie auf ganz ähnlichen Grundsätzen beruht wie die gleich zu erwähnende Fizeausche Methode, nur benutzte Foucault rotierende Spiegel.

Versuche zwischen zwei etwa 8 km entfernten Punkten die Lichtgeschwindigkeit zu messen, hatten ja schon früher stattgefunden, aber nicht zum Ziele geführt, da die Methoden unzureichend waren. Ja, man nahm an, das Licht habe überhaupt keine Geschwindigkeit. Nachdem aber jetzt auf zwei verschiedenen Wegen eine solche nachgewiesen war, nahm Hippolyte Louis Fizeau im Jahre 1849 die sogenannte terrestrische Methode wieder auf und zwar zwischen Suresne, einem kleinen Orte an der Seine, und dem jetzigen Bortort von Paris, Montmartre, zwei Orte, die in der Luftlinie 8633 m voneinander entfernt sind. In Suresne hatte er ein Fernrohr aufgestellt, das mit einem Seitenrohr versehen war; durch dieses Seitenrohr liefen Strahlen einer hellen Lichtquelle L auf eine im Fernrohr schräg gestellte Glasplatte S, die die Strahlen nach Montmartre

reflektierte. Dort befand sich ein genau eingestelltes Rohr, vor dem die ankommenden Lichtstrahlen durch eine Linse gesammelt und auf einen Spiegel S geworfen wurden. Dieser Spiegel reflektierte das Licht wieder nach Suresne, wo es durch die schräg gestellte Glasplatte hindurchging und am Ende des Fernrohrs bei B beobachtet werden konnte. Durch diese Anordnung hätte man aber ebensowenig Erfolg erzielt, wie früher die Academia del Cimento, wenn Fizeau nicht zwischen die zwei reflektierenden Flächen ein Zahnrad Z den Lichtstrahlen in den Weg gestellt hätte. Drehte sich nun das Zahnrad sehr langsam, so kam der Lichtstrahl durch dieselbe Lücke, durch die er hinausgegangen war, wieder herein. Wurde schneller gedreht, so traf der Strahl, der durch die Lücke hinausgelangt war, jetzt auf den nächstfolgenden Zahn und der Strahl, der nicht durch eine Lücke ging, kam natürlich überhaupt nicht hinaus. Es mußte also Dunkelheit eintreten. Bei noch schnellerer Rotation kam der Strahl durch die nächstfolgende Lücke wieder herein, es wurde also wieder hell. Steigerte man die Umdrehungsgeschwindigkeit noch weiter, so wurde es abermals dunkel, da der Strahl jetzt auf den



Fig. 7.

zweiten Zahn traf, denn außer der Lücke, durch die er hindurchgegangen war, waren noch ein Zahn und eine Lücke durch die Bahn des Strahles hindurchgegangen. Als er nun zurückkam, fand er den Weg versperrt, denn eine Lücke hemmte seinen Lauf usw. (Fig. 7).

Um aus diesen Ergebnissen die Lichtgeschwindigkeit zu berechnen, müssen wir noch wissen, daß das Rad 720 Zähne und ebenso viele und ebenso breite Lücken besaß. Die Breite jedes Zahnes und jeder Lücke betrug also $\frac{1}{1440}$ des Zahnradumfanges. Ferner brauchen wir dazu, daß die erste Verdunklung bei ungefähr $12\frac{1}{2}$ Umdrehungen in der Sekunde eintrat. Es betrug also die Zeit, in welcher der benachbarte Zahn an die Stelle der Lücke gerückt war, $\frac{1}{1440 \cdot 12,5}$ Sekunden oder $\frac{1}{18000}$ Sekunden. Da aber das Licht in dieser Zeit den Weg von 2.8633 m = 17 266 m zurückgelegt hatte, so mußte es in einer Sekunde, also im 18 000fachen der Zeit, auch eine Strecke durch-eilen, die 18 000 mal so groß war, d. h. 17 266.18 000 m. Wenn wir dies berechnen, erhalten wir ungefähr 311 000 km.

Es haben sich somit, auf drei völlig voneinander verschiedenen Wegen, dieselben Werte für die Lichtgeschwindigkeit ergeben.

Wir haben uns alle drei Methoden etwas genauer betrachten müssen, um zu zeigen, daß dieser Wert, der uns in der Elektrizität wieder begegnen wird und der die Theorie des Lichtes und die der Elektrizität auf eine gemeinsame Basis stellen wird, unantastbar feststeht.

Dabei sind wir aber der geschichtlichen Entwicklung vorausgeeilt und kehren zurück zu Youngs Lichttheorie. Wir hatten gesehen, daß dieser Forscher die Lichtstrahlen als Wellenbewegungen betrachtet und für jede Farbe eine besondere Wellenlänge annahm. Da er nun eine Erklärung der Newtonschen Ringe gegeben hatte, und bereits Newton die Dicke der Luftschicht an den hellen und an den dunklen Stellen genau gemessen hatte, da andererseits die Lichtgeschwindigkeit durch Römer und Bradley bestimmt war, konnte jetzt Young mit Leichtigkeit die Schwingungszahlen für die einzelnen Farben angeben. Denn wenn man die Größe der Wellenlänge kennt, — die halbe Wellenlänge ist ja, wie wir früher sahen, gleich der Dicke der Luftschicht an der Stelle, wo die Komplementärfarbe auftritt — und weiß, mit welcher Geschwindigkeit die Wellen fortschreiten — sie haben hier alle Lichtgeschwindigkeit —, so kann man die Schwingungszahl eines solchen Atherteilchens, das an der Bewegung teilnimmt, berechnen. Die Geschwindigkeit muß sich ja ergeben, wenn man die Wellenlänge mit der Schwingungszahl multipliziert, oder die Schwingungszahl findet man, indem man die Geschwindigkeit durch die Wellenlänge dividiert (s. S. 7).

Die Farben des sichtbaren Sonnenspektrums bilden dabei ungefähr eine Oktave, d. h. die Schwingungszahl der äußersten violetten Strahlen ist doppelt so groß als die der äußersten roten Strahlen. Außer diesem sichtbaren Spektrum lassen sich, wie wir später sehen werden, auf andere Weise sogar noch unsichtbare Strahlen jenseits des Rot und jenseits des Violett nachweisen. Damit war zwar Eulers Hypothese (S. 24), daß jede Farbe ebenso wie jeder Ton eine bestimmte Schwingungszahl habe, erwiesen, aber Young suchte trotzdem, um alle Zweifel zu beseitigen, nach einer weiteren Bestätigung seiner Ansicht. Diese ergab sich durch die von Grimaldi entdeckte Beugung des Lichts (S. 22). Wenn nämlich das Licht aus Wellen besteht, so muß der Schwingungszustand, die sogenannte Phase, der Welle an verschiedenen Stellen verschieden sein. Daher bekommen wir in dem Schatten, den ein schmaler Schirm wirft, verschiedene helle und dunkle Streifen. In der Mitte des Schattens erscheint ein heller Streifen; denn die Lichtwellen haben vom

Rande des Schirms bis an diese Stelle gleiche Wege zurückgelegt, kommen also im gleichen Schwingungszustande an und verstärken sich. Zu beiden Seiten dieses hellen Streifens findet sich je ein dunkler. Bezeichnen wir die beiden Schirmränder mit A und B und liegt je ein dunkler Streifen bei C und D (Fig. 8), so ist die Entfernung von A nach C kürzer als die von C nach B und ferner die von B nach D kürzer als die von A nach D. Da nun bei C und D Dunkelheit eintritt, müßten hier die beiden Wegunterschiede eine halbe Wellenlänge betragen; sie müßte ferner an zwei weiter nach außen gelegenen Punkten E und F je eine ganze Wellenlänge betragen, dort müßten sich die Wellen verstärken, es würden helle Streifen auftreten, was auch tatsächlich geschieht. Bei einem Unterschied beider Wege von $1\frac{1}{2}$ Wellenlängen würde wieder eine Verfinsternung eintreten, da sich die beiden Schwingungsphasen aufheben usf.

Die Streifenbildung erklärt sich also durch die „Interferenz des Lichts“, wie man dieses Auslöschen und Verstärken der Lichtwellen nennt, vollständig, ja sie gestattet sogar die Wellenlänge zu messen. Young maß einfach den Abstand zwischen zwei hellen Streifen im Schatten, und da er den Abstand des schattenwerfenden Schirmes von dem Schirm kannte, auf dem der Schatten aufgefangen wurde, so konnte er die Wegdifferenz der Strahlen, also die Wellenlänge berechnen.¹⁾

Falls dieser Versuch mit weißem Lichte durchgeführt wird, erscheinen natürlich nicht helle und dunkle, sondern farbige Streifen, nur der mittlere Streifen bleibt weiß, da in ihm die verschiedenen farbigen Strahlen, die im Sonnenlicht enthalten sind, alle in gleichem Schwingungszustande ankommen und sich so verstärken. Dicht daneben ist ein geringer Wegunterschied vorhanden, es werden sich also die Wellen von geringer Länge auslöschen, das sind die violetten, daher müssen die Streifen diejenige Farbe annehmen, die mit violett gemischt, weiß ergibt, es tritt also zuerst die Komplementärfarbe zu violett aus, daneben die zu blau, das eine etwas größere Wellenlänge hat usf. Wir bekommen auch auf diesem

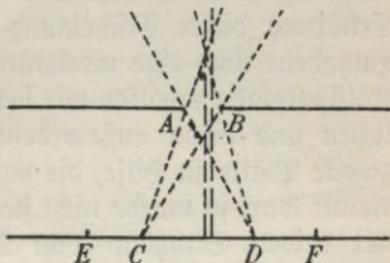


Fig. 8.

1) Experiments and Calculations relative to physical Optics. Philosophical Transactions 1804.

Wege alle Farben des Spektrums, aber jetzt ein sogenanntes Interferenz- oder Beugungsspektrum.

So war auf zwei Wegen eine Bestätigung der Wellentheorie des Lichts gewonnen, die leider unbeachtet blieb, da diese Veröffentlichungen Youngs zu kurz und daher schwer verständlich waren. Weiter kam hinzu, daß Young nicht erklären konnte, wie die Newtonschen Farbringe (S. 25) im durchgehenden Licht durch Interferenz entstehen. Dies schwächte bei ihm selbst den Glauben an die Zuverlässigkeit seiner Theorie und dieser geriet noch mehr ins Wanken durch die Entdeckung des Franzosen Etienne Malus.

Die französische Akademie hatte nämlich eine Preisaufgabe über die Doppelbrechung des Lichts gestellt. Eine solche Aufgabe war einmal erforderlich; denn seit der Entdeckung dieser Doppelbrechung durch Bartholinus (S. 22) war noch keine zureichende Erklärung dieser Erscheinung gegeben worden. Außerdem hatte Huyghens noch eine merkwürdige Entdeckung gemacht. Durch eine Kalkspatplatte erhalten wir bekanntlich zwei Strahlen, einen ordentlichen und einen außerordentlichen. Nahm nun Huyghens eine zweite Platte zu Hilfe, die von der ersten durch eine Luftschicht getrennt war, so wurde nicht stets — wie man erwarten sollte — jeder der beiden Strahlen beim Durchgange durch die zweite Platte wiederum in zwei zerlegt, sondern es fand sich eine Richtung in den Kristallen, in der nur zwei Strahlen auftraten. In diesen Richtungen waren also die Strahlen beim Durchgange durch die zweite Platte nicht nochmals zerlegt worden.¹⁾ Diese Richtung heißt die optische Achse des Kristalls. Diese optische Achse bildet mit dem Einfallslot — d. h. der im Treffpunkte des Lichtstrahles mit der Grenzfläche der brechenden Substanz auf dieser Grenzfläche errichteten Senkrechten — den Hauptschnitt des Kristalls.

Zur Beantwortung aller dieser Fragen wollte die Preisfrage der Akademie anregen, die auch Malus zu einer neuerlichen experimentellen Prüfung veranlaßte. Er fand, daß sehr viele Kristalle doppelbrechend wirken außer den beiden bis dahin bekannten (Feldspat und Quarz).

Malus ließ nun u. a. einen Lichtstrahl, der durch eine Kalkspatplatte hindurchgegangen war, auf einen Spiegel fallen, dessen Ebene senkrecht zum Hauptschnitt der Platte stand und beobachtete, daß der gewöhnlich gebrochene Strahl zurückgeworfen wurde, der außergewöhnlich gebrochene dagegen nicht. War aber der Haupt-

1) *Traité de la lumière* S. 89.

schnitt der Platte der Spiegelebene parallel, so wurde zwar der außergewöhnlich gebrochene Strahl zurückgeworfen, der gewöhnlich gebrochene dagegen nicht. Um diese Erscheinungen zu erklären, nahm er an, daß die Lichtteilchen zwei Pole bekämen und daß dies durch Kräfte geschehe, deren Wirkung analog wäre der Wirkung des Erdmagnetismus auf einen Magnetstab.¹⁾ Infolgedessen nennt man derartiges Licht auch heute noch polarisiert. In obigem Versuch sind also der außergewöhnlich und der gewöhnlich gebrochene Strahl senkrecht polarisiert.

Auch Arago und Brewster haben einige wertvolle Beobachtungen über Polarisation gemacht; doch vermochte keiner der Forscher eine hinreichende Erklärung der Polarisation zu geben. Eine solche verdanken wir erst dem Franzosen Jean Augustin Fresnel. Als entschiedener Verfechter der Wellentheorie des Lichts verknüpfte er in äußerst geschickter Weise das Prinzip von Huyghens, daß jeder Punkt als Ausgangspunkt neuer Wellen betrachtet werden könne mit dem Interferenzbegriff (S. 8). Die Tatsache, daß senkrecht polarisierte Lichtstrahlen sich nicht auslöschen, und daß nur Bewegungen, die unfähig sind, sowohl mit dem Strahle als auch untereinander zu interferieren, brachte ihn zu einer ganz neuen grundlegenden Annahme über die Theorie der Lichtschwingungen. Bisher hatte man ja eine Longitudinalschwingung des Lichtes angenommen. Fresnel aber vermochte alle Beugungs- und Polarisationsercheinungen, die jeder Erklärung bisher hartnäckig widerstanden hatten, durch die Annahme transversaler Lichtschwingungen zu erklären.²⁾ Damit hatte die Undulationstheorie endlich über die Emissionstheorie gesiegt. Am bekanntesten ist sein Spiegelversuch, dessen Anordnung ich Ihnen hier kurz beschreiben möchte. (Fig. 9.) Zwei Spiegel von schwarzem Glas, die mit einer Kante (K) zu-

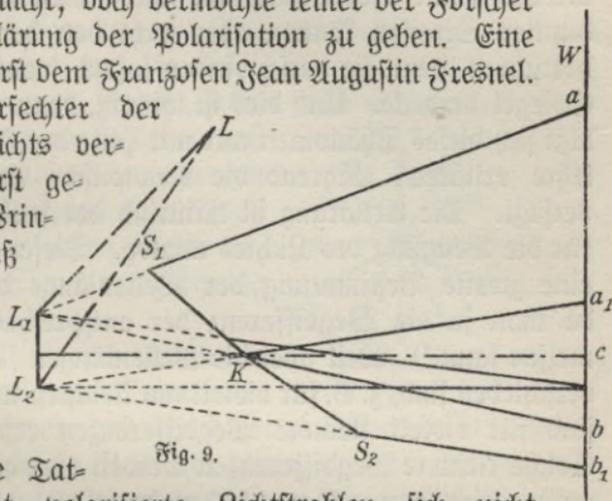


Fig. 9.

1) Sur la double réfraction. Mém. des Savans étrangers, Math. et Phys. Sciences 1811.

2) Oeuvres complètes I S. 394.

zusammenstoßen, bilden einen Winkel von nahezu 180° miteinander. Fallen nun von einem leuchtenden Spalte L auf die beiden Spiegel (S_1 und S_2) Strahlen, so werden diese so reflektiert, als ob sie von zwei verschiedenen Lichtquellen L_1 und L_2 herrührten. Wenn man also einen Schirm W parallel zu $L_1 L_2$ aufstellt, so gelangen die Strahlen von L_1 auf den Raum zwischen a und b und die von L_2 auf den Raum zwischen a_1 und b_1 . Demnach wird der Raum zwischen a_1 und b von L_1 und L_2 gleichzeitig erleuchtet. In der Mitte c des Raumes $a_1 b$ beobachtet man jetzt einen hellen Streifen, zu dessen beiden Seiten die Helligkeit abnimmt, bis sie ein Minimum erreicht, dann wieder zunimmt usw. Diese abwechselnd hellen und dunklen Streifen können aber nicht von der Beugung des Lichts herrühren, denn sie verschwinden sofort, wenn ich einen der beiden Spiegel verdecke. Und dies ist wichtig, denn nach diesem Nachweise läßt sich dieses Phänomen nur mit Hilfe der Huyghensschen Wellenlehre erklären, während die Newtonsche Emissionstheorie hierbei versagt. Die Erklärung ist natürlich der früher (§. 31) gegebenen für die Beugung des Lichtes analog. Dieser Versuch gestattet auch eine zweite Bestimmung der Wellenlänge der einzelnen Farben, da man ja die Wegdifferenz der entsprechenden Strahlen genau messen kann.¹⁾ Weil aber die Wellenlängen für verschiedene Farben verschieden sind, z. B. für violett am kleinsten und für rot am größten, sind für violett kleinere Wegdifferenzen erforderlich als für rot. Solche kleinere Wegdifferenzen werden aber häufiger vorkommen als große — ich kann z. B. von 100 mehrmals 2 subtrahieren als 5 und die Zahlen, die ich erhalte, liegen im ersten Falle (98, 96, 94 usw.) näher aneinander als im zweiten (95, 90, 85 usw.) —, d. h. es müßten die Streifen bei violetterem Lichte näher aneinander liegen als bei rotem, was auch tatsächlich der Fall ist. Auch diese Erscheinung läßt sich nur durch die Annahme einer Wellenbewegung des Lichtes erklären.²⁾

Durch diese Annahme transversaler Lichtschwingungen ergab sich aber eine Schwierigkeit, die dem Siege der Fresnelschen Theorie außerordentliche Hindernisse bereitete und die bis heute noch nicht überwunden ist. Solche Transversalschwingungen können nämlich nur an festen Körpern auftreten, niemals aber in flüssigen. Es müßte also der Äther, in dem die Lichtschwingungen vor sich gehen,

1) Oeuvres complètes I S. 124 f.

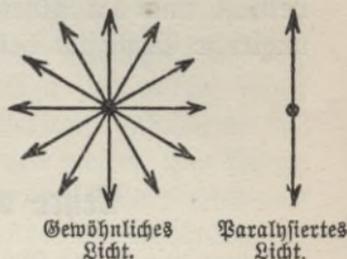
2) Oeuvres complètes I S. 96.

ein fester Körper sein; wenn wir uns nun auch von diesem räthselhaften Äther noch keine genaue Vorstellung machen können, so ist doch so viel klar, daß es ein fester Körper nicht sein kann. Hier findet sich ein Punkt, wo die weitere Forschung einsetzen muß. Wo neue Erklärungen der Erscheinungen entweder ohne Äther oder ohne die Wellentheorie des Lichts gegeben werden müssen. Wir werden später sehen, daß solche Erklärungen, ohne Zuhilfenahme des Äthers, versucht worden sind. Ein zweiter Weg, der aber meines Erachtens kaum gangbar ist, wäre der, daß man die Vorstellungen, die man sich vom Äther macht, die Eigenschaften, die man ihm beilegt, wesentlich ändert.

Jedenfalls ist so viel klar, daß uns Fresnels Erklärung ein gutes Stück weiter gebracht hat und die Erscheinungen verhältnismäßig einfach erklärt. Denn man braucht, wenn man obigen Gedankengang zu Ende führt, nur anzunehmen, daß im gewöhnlichen Lichte die Schwingungen in allen Richtungen senkrecht zum Strahl stattfinden, beim polarisierten Lichte dagegen nur in einer bestimmten Richtung senkrecht zum Strahl.

Mit Hilfe des Äthers läßt sich dann auch die Doppelbrechung erklären. Dazu hatte schon Young angenommen, daß der Äther in Kristallen in verschiedenen Richtungen ungleiche Elastizität besitzt, aber erst Fresnel vermochte durch die Erklärung eines Versuches, den bereits Brewster angestellt hatte, dieser Ansicht zum Siege zu verhelfen.

Er setzte nämlich Glas in einer einzigen Richtung einem Drucke aus und wies nach, daß dann das Glas doppelbrechend wurde. Das erklärt sich folgendermaßen: Wir denken uns jeden Körper aus sehr kleinen Teilchen, Moleküle genannt, zusammengesetzt. Zwischen diesen Molekülen sind nun aber noch außerordentlich feine Zwischenräume vorhanden, in die der Äther eindringt. Gerät nun der Äther in Schwingungen, so bleiben die Moleküle davon nicht unberührt, sie geraten ebenfalls ein wenig in Bewegung, die Lichtwelle gibt etwas von ihrer Kraft an die Moleküle ab und verliert so an Stärke. Ferner verliert sie auch an Schnelligkeit, denn je mehr Moleküle sich auf einem bestimmten Flächenraum zusammendrängen, um so mehr wird die Bewegung des Äthers gehindert werden. Denken Sie sich etwa, Sie wollten durch einen Wald quer hindurch, dann werden Sie natürlich um so langsamer vorwärts kommen, je dichter



der Wald ist, je enger die Bäume beieinander stehen. Je dichter also die Moleküle eines Körpers aufeinander sitzen, um so geringer wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Damit ist aber die Doppelbrechung noch nicht erklärt. Um sich diese klar zu machen, muß man annehmen, daß zwischen den Molekülen in verschiedenen Richtungen eine verschiedene Spannung besteht. Das kann natürlich nicht der Fall sein, wenn die betreffenden Körper völlig gleichmäßig gebaut sind, etwa ihre Kristalle nach allen Achsenrichtungen gleichmäßig wachsen, wenn diese Körper mit anderen Worten regulär kristallisieren. Und solche Körper zeigen in der That keine Doppelbrechung. Diese ist nur zu beobachten bei Körpern, die unregelmäßig kristallisieren, deren Achsen also nicht von gleicher Länge sind. Bei diesen liegt natürlich die Annahme nahe, daß in diesen Kristallen in den Richtungen, die den Achsen entsprechen, eine verschiedene Spannung herrscht und der Äther infolgedessen in verschiedenen Richtungen ungleiche Elastizität bekommt.¹⁾

Kapitel III.

Lehre vom Licht. (Fortsetzung.)

Bevor wir dieses Gebiet der Optik verlassen und eine Beziehung zu einem anderen Zweige der Physik herstellen können, werden wir uns mit einer anderen nicht minder schwierigen Erscheinung beschäftigen müssen.

Wir haben am vorigen Abend gesehen, polarisiertes Licht schwingt nur in einer Ebene, aber es ergeben sich dabei infolge der Doppelbrechung zwei verschiedene Strahlen, der ordentliche und der außerordentliche. Es ist nun für verschiedene Zwecke wichtig, nur einen einzigen dieser beiden Strahlen zu benutzen. Dies erreichte der Engländer William Nicol dadurch, daß er eine Kombination von zwei Kalkspatprismen in der Weise herstellte, daß nur dem außerordentlich gebrochenen Strahl der Durchgang gestattet wird, der ordentliche dagegen wird an einer Schicht von Kanadabalsam, mit der die beiden Prismen aneinander gefittet sind, reflektiert und aus dem Prisma hinausgeworfen, gelangt also gar nicht in das zweite hinein.

Wenn nun ein solcher polarisierter Lichtstrahl durch eine senkrecht auf die Achse geschnittene Bergkristallplatte hindurchgesandt

1) Oeuvres complètes I S. 713f.

wird, erleidet die Polarisationsebene eine Drehung, deren Richtung aber nicht für alle Kristalle die gleiche ist; man unterscheidet daher rechtsdrehende und linksdrehende Kristalle, je nachdem die Verschiebung der Schwingungsebene für das empfangende Auge in der Richtung des Uhrzeigers erfolgt oder entgegengesetzt dieser Richtung.

Eine solche Drehung, die für die Wissenschaft von großer Bedeutung geworden ist, wurde im Jahre 1845 von Michael Faraday, einem Forscher, der sich auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre überaus verdient gemacht hat, beobachtet. Er benutzte zwei Nicolsche Prismen, oder wie man kurz sagt, zwei Nicols, zwischen denen sich eine Glasplatte (kieselsaures Bleioryd) befand. Glas ruft nun unter gewöhnlichen Umständen keine Drehung der Schwingungsebene hervor, wohl aber sobald an jeder Seite der Platte der Pol eines kräftigen Elektromagneten angebracht war.¹⁾ Das Glas hatte also unter dem Einfluß des Magnetismus die Eigenschaft angenommen, die Schwingungsebene zu drehen, es mußte somit ein Zusammenhang zwischen Licht und Elektromagnetismus bestehen. Diese Spuren verfolgte dann Maxwell weiter, und konnte im Jahre 1865 seine epochemachende elektromagnetische Lichttheorie veröffentlichen. Da alle weiteren Studien über die Erklärung der Lichtschwingungen auf elektrischem Gebiete liegen, wollen wir sie dort weiter verfolgen und uns jetzt nur damit begnügen, einen neuen Zusammenhang zwischen zwei Zweigen der Physik, Licht und Magnetismus gefunden zu haben.

Etwas um dieselbe Zeit nahm ein anderer Zweig der Optik einen ungeahnten Aufschwung und führte zu Ergebnissen, die vordem niemand für möglich gehalten hätte. Dies ist die sogenannte Spektralanalyse. Auch hier ist die erste Ahnung ihrer Wichtigkeit schon bei Newton zu suchen. Er wies bereits darauf hin, daß man versuchen müsse, ein reines Spektrum herzustellen, d. h. ein solches, bei dem sich die einzelnen Farben nicht überdecken. Bekannt sind ja auch seine Worte: „Wenn jemand diese Dinge (die Verhältnisse des reinen Spektrums) mit Fleiß und Sorgfalt untersuchen wird, so ist es gewiß, daß seine Arbeit nicht ohne reiche Frucht bleiben wird.“

Den ersten Anstoß zu einer solchen Untersuchung gab der englische Physiker William Wollaston. Er beobachtete im Jahre 1802, daß sich im Sonnenspektrum verschiedene dunkle Linien befinden, die

1) Philosophical Transactions 1846.

parallel dem Spalte verlaufen, durch den das Licht nach dem Prisma dringt.¹⁾

Eine Erklärung für die Entstehung dieser Linien vermochte jedoch Wollaston nicht zu geben. Erst der bekannte Fraunhofer, nach dem ja diese Linien genannt sind, erkannte, daß die betreffenden Farben fehlen. Vor allem zeichneten sich acht durch ihre Breite aus, die Fraunhofer mit den Buchstaben A, B, C, D, E, F, G, H bezeichnete. Die bekannteste ist die gelbe D- oder Natriumlinie, die fast stets vorhanden ist, die z. B. auch Fraunhofer bei dem Spektrum einer Öl- oder Spiritusflamme stets als helle Linie vorfand. Genau an derselben Linie fand sich im Sonnenspektrum eine dunkle Linie. Da nun zu der Untersuchung des Sonnenspektrums ein Vergrößerungsglas benutzt wurde, war die Möglichkeit vorhanden, daß diese dunklen Streifen, deren Fraunhofer bereits über 500 zählte, durch das Vergrößerungsglas oder infolge der Enge des Spaltes durch Beugung des Lichts hervorgebracht werden konnten. Er vermochte jedoch in sehr geistreicher und einfacher Weise nachzuweisen, daß gerade diese Linien dem Sonnenlichte eigentümlich seien. Das Licht des Mondes und der Planeten, das ja reflektiertes Sonnenlicht ist, zeigte genau dieselben dunklen Linien, während das Spektrum eines jeden Fixsterns von dem des Sonnenlichts verschieden war.²⁾ Obwohl Fraunhofers Arbeit wenig beachtet wurde, setzte er doch seine Versuche fort, ein reines Spektrum zu erhalten und gleichzeitig etwas mehr über die dunklen Linien zu erfahren.

Zu diesem Zwecke verbesserte er das früher erwähnte Beugungsgitter (S. 32), indem er dadurch mehrere Spaltöffnungen nebeneinander anordnete, daß er Metalldrähte über die Windungen zweier parallelen Schrauben legte.³⁾ Es sei gleich hier bemerkt, daß man jetzt sogenannte Spaltgitter benutzt. Diese werden hergestellt, indem man mit Hilfe von Teilmaschinen Furchen mit den Diamanten in Glasplatten zieht; dem bekannten Physiker Rowland in Baltimore gelang es, auf 1 mm bis zu 1700 solcher Striche zu ziehen.

Das Zustandekommen eines Spektrums bezw. bei einfarbigem Lichte von hellen und dunklen Streifen ist auch bei dieser Anordnung leicht erklärt. Das durchgehende Licht wird von einer Linse gesammelt

1) A method of examining refractive and dispersive Powers by prismatic Reflection. Philos. Trans. 1802.

2) Vgl. Akademie der Wissenschaften zu München Bd. V (1814/15).

3) Vgl. Akademie der Wissenschaften zu München Bd. VIII (1821/22).

und erzeugt bei einfarbigem Lichte in der Mitte einen hellen Streifen. Die Lichtstrahlen dagegen, die schief durch das Gitter hindurchgehen, haben eine bestimmte Wegdifferenz. Ist diese für je zwei benachbarte Spalten $\frac{1}{1000}$ Wellenlänge, so wird das Licht, das durch den Spalt 1 dringt, durch dasjenige, das durch den Spalt 501 nach demselben Punkte geht, ausgelöscht, denn für beide ist die Wegdifferenz $\frac{500}{1000}$ oder $\frac{1}{2}$ Wellenlänge. Da nun das Gitter, wie schon erwähnt, außerordentlich viele und feine Spalten hat, wird auch der Fall eintreten, daß der Wegunterschied zweier Strahlen eine oder mehrere Wellenlängen beträgt. An diesen Stellen müssen aber, wie wir früher gesehen haben (S. 31), helle Linien entstehen. Es ergeben sich also wieder durch Interferenz helle und dunkle Streifen. Benutzt man dagegen statt einfarbigen weißes Licht, so ergibt sich, ebenso wie früher (S. 31 f.), ein Spektrum, dessen violettes Ende dem Mittelstreifen zuliegt. Ist dieses Spektrum zu Ende, so folgt zunächst ein dunkler Zwischenraum und dann ein neues Spektrum u. s. w. Man bekommt so eine ganze Reihe von Spektren, nur werden diese, je weiter sie von der Mitte abliegen, um so lichtschwächer, außerdem kommen sie mehr und mehr übereinander zu liegen und geben Mischfarben. Je größer aber die Zahl der Spalte wird und je feiner dieselben sind, um so reiner, deutlicher und breiter werden die Spektren, bis man (bei Anwendung von Sonnenlicht) sogar die Fraunhofer'schen Linien darin erkennen kann.

Diese Spektren führen den Namen Diffraktions- oder Gitterspektren; in ihnen sind die einzelnen Farben nahezu entsprechend ihrer Wellenlänge verteilt, während im prismatischen Spektrum das Rot mehr zusammengedrängt, das Violett außerordentlich breit verteilt ist. Es eignen sich deshalb solche Gitterspektren am besten zur Messung der Wellenlänge. (s. S. 30 f.). Als Anhaltspunkte benutzte dabei schon Fraunhofer die dunklen Linien, die ja, wie wir wissen, stets an derselben Stelle auftreten. Man kann dann die Wellenlänge für das Licht der betreffenden Linien, also für eine ganz bestimmte Stelle des Spektrums, angeben, was bisher noch nicht möglich war.

Bei Erwähnung dieser Versuche wollen wir auch eines verdienten Mannes gedenken, der erst durch Rechnung in diesen Versuchen Fraunhofer's eine neue Bestätigung der Wellentheorie des Lichtes fand; dies ist F. M. Scherard, auf dessen klassisches Werk „die Beugungserscheinungen“ wir uns leider hier nicht weiter einlassen können.

John Herschel sowohl wie Fox Talbot, die sich mit den Spektren farbiger Flammen beschäftigten, beschrieben für einige Elemente diese Spektren, ohne jedoch aus ihren Ergebnissen allgemeine Schlüsse zu ziehen. Hier ging erst William Swan einen Schritt weiter. Er vermochte nachzuweisen, daß die helle gelbe Linie, die bereits Fraunhofer im Spektrum der Spiritusflamme gefunden hatte, von Natrium herrührte und daß, sobald Natrium in einer Flamme verbrennt, stets an derselben Stelle dieselbe helle gelbe Linie auftritt¹⁾. Daß dieses Natrium außerordentlich weit verbreitet ist, haben wir bereits erwähnt. Sobald ich ein wenig Staub aufrühre, sei es, daß ich mit einem Buche auf die Hand schlage, mit einer Bürste über meine Sachen streiche oder mit dem Fuße auf dem Fußboden scharre, stets leuchtet in unsrem Spektrum die Natriumlinie heller; denn vorhanden ist sie stets (s. S. 42). So konnte Swan auch für andere Stoffe nachweisen, daß stets bestimmte Linien auftreten, wenn der betreffende Stoff in die Flamme gerät.

Was lag nun näher, als daraus das Gesetz abzuleiten, daß jede Substanz bestimmte, ihr eigentümliche Spektrallinien hat? Dieses Gesetz ahnte u. a. bereits Angström, der erkannte, daß das Spektrum des elektrischen Funkens, der eine Lichtlinie von großer Feinheit bildet, von den Metallen, zwischen denen der Funke überspringt, und dem Gase, in welchem der Funke sich bildet, abhängt. Ja, Plücker wies es bereits mit Hilfe von Geißlerschen Röhren nach und sprach es deutlich aus, daß man, wenn die dem Spektrum eines bestimmten Gases eigentümlichen Lichtlinien mit Genauigkeit bestimmt sind, das Vorhandensein eines Gases mit Sicherheit aus der Beobachtung seiner Linien schließen könne, und in dem Spektrum dann ein sicheres Mittel habe, um mannigfaltige Fragen über die chemische Konstitution von Gasen und Dämpfen zu beantworten. Es hat also Plücker zuerst präzise ausgesprochen, daß das Spektrum ein Mittel der chemischen Analyse sei²⁾.

In seiner vollen Allgemeinheit, daß jeder glühende Dampf ein ihn charakterisierendes Spektrum habe und daß deshalb des Spektrum ein ausgezeichnetes Mittel für chemische Untersuchungen sei, ist dieser Satz jedoch erst von Kirchhoff und Bunsen aufgestellt worden, die auch den wahren Zusammenhang zwischen hellen und dunklen Spektrallinien klar erkannten. Unter dem bescheidenen Titel „Über die

1) Edinburgh Transactions. XXI, 1856.

2) Poggendorffs Annalen Bd. 105, 1858.

Fraunhoferschen Linien“ erstattete Kirchhoff auf 2 Oktavseiten im Oktoberhefte der Berliner Akademie des Jahres 1859 über die gemeinsame Arbeit Bericht. Die Hauptstelle hieraus sei Ihnen gleich im Wortlaut, in der knappen und doch klaren Schreibweise Kirchhoffs mitgeteilt:

„Ich schließe aus diesen Beobachtungen, daß farbige Flammen, in deren Spektrum helle, scharfe Linien vorkommen, Strahlen von der Farbe dieser Linien, wenn dieselben durch sie hindurchgehen, so schwächen, daß an Stelle der hellen Linien dunkle auftreten, sobald hinter der Flamme eine Lichtquelle von hinreichender Intensität angebracht wird, in deren Spektrum die Linien sonst fehlen. Ich schließe weiter, daß die dunklen Linien des Sonnenspektrums, welche nicht durch die Erdatmosphäre hervorgerufen werden, durch die Anwesenheit derjenigen Stoffe in der glühenden Sonnenatmosphäre entstehen, welche in dem Spektrum einer Flamme helle Linien an demselben Orte erzeugen.“ Zu diesen Untersuchungen mußten allerdings beide Forscher erst einen Apparat konstruieren, den sie bald selbst verbesserten. Auf einem runden Tischchen steht in der Mitte ein Flintglasprisma. Auf dieses sind drei verschiedene Rohre gerichtet 1. das Beobachtungsfernrohr, 2. das sogenannte Kollimatorrohr; dieses trägt an seinem vorderen Ende den der brechenden Kante des Prismas parallelen Spalt, dessen Weite durch eine Mikrometerschraube reguliert werden kann, am andern Ende eine Linse, deren Brennweite gleich der Länge des Rohres ist, damit die Strahlen parallel auf das Prisma treffen können. Die untere Hälfte des Spaltes ist vielfach durch das sogenannte Vergleichsprisma verdeckt, welches den Zweck hat, gleichzeitig noch das Licht einer zweiten Lichtquelle mittelst totaler Reflexion durch den Spalt zu senden. Endlich ist 3. noch ein Rohr vorhanden, an dessen äußerem Ende eine auf Glas verkleinert photographierte Skala so angebracht ist, daß ihr Bild (helle Teilstriche auf dunklem Grunde) durch Reflexion an einer Prismenfläche ebenfalls zugleich mit den beiden Spektren im Beobachtungsfernrohr erblickt wird. Auf diese Weise fanden beide Forscher, daß für jedes Metall ein charakteristisches Spektrum existiert, das in verschiedenen untersuchten Flammen und im elektrischen Funken dasselbe war, und daß das charakteristische Spektrum eines Metalles in den Flammen sich zeigte, welche Verbindung des betreffenden Metalles auch in die Flamme gebracht wurde. Schon wenige Monate später wurde die Bedeutung dieser neuen analytischen Methode aufs glänzendste erwiesen, denn 1860 entdeckten beide das

Cäsium, ein bis dahin unbekanntes Metall, daß dem Kalium nahe steht, 1861 entdeckte dann Bunsen das Rubidium und Crookes das Thallium, 1862 Reich und Richter in Freiberg im Zink das Indium.

Die Spektren von Gasen untersuchte man mit Hilfe der bekannten Geißlerschen Röhren, d. s. Glasröhren, die das Gas in verdünntem Zustande enthalten und in die zwei Platindrähte eingeschmolzen sind, zwischen denen der elektrische Funke durch das Gas hindurchschlägt. Dadurch kommt das Gas zum Glühen und das Spektrum kann beobachtet werden, indem man den mittleren Teil der Röhre, der enger ist, vor den Spalt des Spektroskop bringt. Bei diesen Untersuchungen ergab sich auch für die einzelnen Spektren eine gewisse Gruppierung. Den Spektren der glühenden festen oder flüssigen Körper fehlen die dunklen Fraunhoferschen Linien, deshalb führen diese Spektren den Namen kontinuierliche, zusammenhängende. Diese kontinuierlichen Spektren der verschiedensten Substanzen enthalten also alle Farben und unterscheiden sich nur in der ungleichen Ausdehnung, welche die verschiedenen Farben, Rot oder Gelb oder Grün usw. in ihnen einnehmen. Betrachten wir dagegen die Spektren von glühenden Gasen oder Dämpfen, so zeigt sich eine je nach dem Stoffe verschieden große Anzahl helleuchtender farbiger Linien, die durch dunkle Zwischenräume von einander getrennt sind. So zeigt das Spektrum des Natriums lediglich die helle gelbe Natriumlinie D, sonst nichts, das des Zinks eine rote und drei blaue, das des Kupfers drei grüne Linien. Messing, die bekannte Mischung aus Zink und Kupfer, hat infolgedessen ein Spektrum von einem roten, drei blauen und drei grünen Linien.

Als Mittelding zwischen beiden Gruppen unterscheidet man das Bandenspektrum, d. h. einige helle Farbensfelder mit breiten dunklen Zwischenräumen oder mit eigentümlichen Schattierungen. Nimmt man eine hinreichende Vergrößerung und zieht man durch geeignete Prismen die Spektren weit auseinander, so zeigt sich, daß sie lediglich aus feinen mehr oder weniger hellen Linien bestehen, die in der Weise gruppiert sind, daß sie als schattiertes Band erscheinen. Ob ein Banden- oder Linienpektrum entsteht, das hängt nach Willners ausgezeichneten Untersuchungen von der Höhe der Temperatur ab. Wichtig werden diese Erscheinungen vor allem dadurch, daß sie auch auftreten, wenn ein Stoff in einer Substanz in äußerst geringen Mengen vorhanden ist. Kirchhoff und Bunsen beobachteten eine deutliche Natriumlinie bereits bei $\frac{1}{3000000}$ Milligramm chloresurem Natrium, ja bei Lithium gilt dies sogar für $\frac{1}{40000000}$ Milli-

gramm. Von welcher großer Bedeutung diese Entdeckung für das praktische Leben ist, brauche ich Ihnen ja nicht näher auszuführen. Nun werden Sie aber noch eine Erklärung der Fraunhoferschen Linien vermisst haben. Diese folgt aus einer Beziehung der Emission (Ausendung) und Absorption (Einschluckung) des Lichts. Wir machen uns das am besten wieder mit Hilfe des Natriums klar. Glühender Natriumdampf strahlt nur gelbes Licht aus; das Spektrum des Natriumdampfes besteht aus einer gelben Linie, die, genauer untersucht, sich aus zwei eng beieinander liegenden Linien zusammensetzt. Läßt man nun Bogenlicht, das ein vollständig kontinuierliches Spektrum hat, durch solch glühenden Natriumdampf hindurchgehen und untersucht dann sein Spektrum, so findet man jetzt in diesem zwei dunkle Linien genau an der Stelle, wo die gelbe Doppellinie des Natriumdampfes austrat. Auf Grund dieser Erscheinung nahm Kirchhoff an, die Sonne bestehe aus einer weißglühenden, festen oder flüssigen Masse, die von einer Atmosphäre umgeben ist, in der sich mannigfache Gase und Dämpfe ebenfalls in glühendem Zustande vorfinden. Das Spektrum des weißglühenden Kernes können wir nun nur durch die Atmosphäre hindurch beobachten und so entstehen, genau wie bei der Bogenlampe, diese dunklen Fraunhoferschen Linien.

Dies war aber natürlich nur eine Annahme, für deren Richtigkeit der Beweis noch fehlte. Diesen Beweis vermochte aber Janssen 1868 in hervorragender Weise zu liefern durch Beobachtung bei einer Sonnenfinsternis. Man unterscheidet nämlich bei der Sonne den gasförmigen glühenden Sonnenkern, dessen hauptsächlich Licht und Wärme ausstrahlende Oberfläche, die man als Photosphäre bezeichnet und über dieser dann die Sonnenatmosphäre, in deren unteren Schichten die Absorption, also die Entstehung der Fraunhoferschen Linien des Sonnenspektrums zu suchen ist, wie wir sogleich sehen werden, im oberen Teile besteht diese Atmosphäre nur noch aus Wasserstoff.

Bei einer Verfinsternung wird nun der Kern der Sonne und die Photosphäre durch den Mond verdeckt. Es wird also möglich, ohne den Sonnenkern als Hintergrund zu haben, die Chromosphäre spektralanalytisch zu untersuchen. Da man hier glühende Gase und Dämpfe untersucht, die nicht durch eine Gashülle hindurchgehen, muß ihr Spektrum anstatt der dunklen Fraunhoferschen Linien jetzt helle Linien zeigen. Diese konnte Janssen mit Hilfe einer sinnreichen Anordnung tatsächlich zunächst in den Protuberanzen, d. h.

oft wunderbarlich gestaltete Hervorragungen der Chromosphäre, die jedenfalls durch Explosionen zustande kommen, mit voller Deutlichkeit beobachten. Auch auf die Chromosphäre selbst ließ sich dann diese Beobachtungsmethode anwenden. Damit war einer völlig neuen Wissenschaft der Weg eröffnet, der der bekannte Leipziger Astronom Jöllner den Namen Astrophysik gab.

Es ist uns hier natürlich unmöglich, dieses der Astronomie zugehörige Gebiet eingehend zu behandeln¹⁾.

Es sei hier nur erwähnt, daß die Protuberanzen, außer den Linien für Wasserstoff, Calcium und anderen, stets noch eine gelbe Linie in der Nähe der Natriumlinie aufwiesen (außer einigen dazugehörigen in Grün und Blau), für die sich bis 1895 kein Stoff auf Erden fand, der dieses Spektrum zeigte, man nannte deshalb diesen Stoff, da er nur auf der Sonne vorkam, Helium. Später fand er sich dann auch auf der Erde in einigen Mineralwässern und vor allem in der Pechblende; untersucht und überhaupt rein hergestellt wurde er zum ersten Male durch den bekannten englischen Physiker Ramsay.

Alle Untersuchungen über die Farben des Spektrums bezogen sich nun bisher auf den sichtbaren Teil des Spektrums. Man fand jedoch, daß das Spektrum auf jeder Seite sich noch weiter ausdehnt. Da wir dies aber nicht mit dem Auge prüfen können, muß dieser unsichtbare Teil auf andere Weise untersucht werden. Diese Untersuchung geschah mit Hilfe der Fluoreszenz, d. i. die Eigenschaft mancher Körper, beim auffallenden Licht in anderer Farbe zu erscheinen als beim durchscheinenden. Die erste Mitteilung einer solchen Erscheinung finden wir bei dem bekannten Jesuiten Athanasius Kircher, der 1646 schreibt, ein Aufguß von „Nierenholz“²⁾ sehe im durchgehenden Lichte goldgelb, im auffallenden blau aus.³⁾ Goethe fügte dem in seinen „Nachträgen zur Farbenlehre“ noch eine Beobachtung an Roskastanienrinde bei. Brewster entdeckte 1833 ähnliches am Chlorophyll, dem Blattgrün der Pflanzen, und 1838 am Flußpat, John Herschel⁴⁾ 1845 am schwefelsaurem Chinin. Diese im durchgehenden Tageslichte vollkommen wasserhelle Lösung glänzt bei auffallendem Lichte an der Oberfläche in einer sehr schönen blauen Farbe. Etwas ähnliches ist ja z. B. auch beim Petroleum zu beobachten. Stokes, der auch der

1) Scheibner, Bau des Weltalls. Diese Sammlung. Bd. 24.

2) Holz des amerikanischen Nierenbaumes (Anacardium).

3) Nach anderen soll bereits Nicold Monardes im 16. Jahrhundert diese Erscheinung beobachtet haben.

4) Philosophical Transactions 1845.

Erscheinung den Namen Fluoreszenz gab¹⁾, suchte 1852 tiefer in das Wesen dieser räthselhaften Erscheinung einzudringen. Sie zeigt sich nämlich besonders deutlich, wenn man das Licht zunächst durch eine Linse sammelt und dann erst durch den fluoreszierenden Körper hindurchschickt. Dann nimmt das Leuchten des Lichtkegels, das an der Oberfläche am stärksten ist, nach dem Innern zu ab und verschwindet in einiger Entfernung von der Oberfläche gänzlich. Noch auffallender ist folgende Erscheinung: Läßt man Sonnenstrahlen durch eine Chininlösung hindurchgehen, so haben sie sich ihrem äußeren Aussehen nach nicht geändert. Sammelt man sie aber jetzt, nach dem Durchgange, durch eine Linse und schickt diesen Lichtkegel in eine zweite Chininlösung, so tritt der blaue Schein weder an der Oberfläche auf, noch zeigt der Lichtkegel selbst diese blaue Färbung. Betrachtet man aber die Sonnenstrahlen, die bereits durch eine Chininlösung hindurchgegangen sind, durch eine mehrere Zentimeter dicke Schicht von Chininlösung, so sieht man den eigentümlichen Schein und die blaue Färbung des Kegels gerade so wie beim direkten Anblick.

Bei den sonstigen Licht- und Farbenercheinungen zeigt sich bei derartiger Beobachtungsweise ein solcher Unterschied nicht, bei der Untersuchung eines Körpers im farbigen Lichte ist es einerlei, ob wir den Körper mit dem farbigen Lichte beleuchten, oder ob wir den beleuchteten Körper durch ein farbiges Mittel betrachten. Denn ein jedes derartige Zwischenmittel hält nur Strahlen einer bestimmten Wellenlänge auf und deshalb sehen wird den Körper immer nur mit den nicht von dem Zwischenmittel fortgenommenen Strahlen beleuchtet, gleichgültig ob wir dieselben fortnehmen, ehe das Licht den Körper trifft, oder ob wir sie aus dem von dem Körper wieder ausgesandten Lichte herausnehmen. Da sich nun aber bei der Chininlösung in dieser Beziehung ein Unterschied zeigt, so folgt, daß das bei der Fluoreszenz erscheinende Licht verschieden ist von dem, welches die Fluoreszenz hervorrief.

Einen genaueren Aufschluß über die Frage, welches Licht die Fluoreszenz erzeugt und wie die Brechbarkeit des Lichtes in der Fluoreszenz geändert wird, erhielt Stokes, indem er die fluoreszierenden Körper mit dem homogenen Lichte des Spektrums beleuchtete und das erzeugte Fluoreszenzlicht mit dem Prisma untersuchte. Wirft man das Spektrum durch eine Linse hindurch auf ein ziemlich

1) Da diese Erscheinung am Flußpath (Fluorcalcium) beobachtet wurde.

breites Gefäß mit einer klaren Chininlösung, so gehen die Farben bis zum dunklen Blau ungehindert durch die Flüssigkeit hindurch. Nach dem Violett zu wächst dann die Stärke des fluoreszierenden Lichts mehr und mehr und dieses nimmt eine blaßhimmelblaue Farbe an. Dieses Licht geht aber noch weit über das sichtbare violette Ende des Spektrums hinaus. Es gibt also auch noch ultraviolette (jenseits des Violett liegende) Strahlen, die für uns unsichtbar sind. Auch in diesem Teile lassen sich eine ganze Reihe von Fraunhoferschen Linien erkennen, die das in blaugrauem Lichte leuchtende verlängerte Spektrum durchsetzen. Im Sonnenlichte sind also eine ganze Reihe von Strahlen größerer Brechbarkeit vorhanden als die sichtbaren violetten Strahlen, und gerade diese ultravioletten Strahlen sind es, die fluoreszierend wirken; sie erleiden aber dabei eine Farbenänderung, denn sie werden blau.

Diese Versuche werden Ihnen genügen, um das allgemeine Resultat zu verstehen, das Stokes schließlich in dem Satze ausspricht: „Stets ist im Fluoreszenzlicht die Brechbarkeit kleiner als in dem die Fluoreszenz erzeugendem Lichte.“¹⁾ Bei der zuletzt angegebenen Methode wird nun die Fluoreszenz meist nur von den brechbarsten Strahlen erzeugt; untersucht man aber ein Lichtbündel prismatisch, nachdem es durch eine fluoreszierende Flüssigkeit hindurchgegangen ist, so findet man, daß die brechbarsten Strahlen von dieser ganz absorbiert, verschluckt worden sind. Es ist also gerade das absorbierte Licht, welches die Fluoreszenz hervorruft.

Eine Erklärung dieser Erscheinungen wurde noch erschwert, als Bommel 1871 nachwies, daß auch die weniger brechbaren Strahlen des Spektrums Fluoreszenz hervorbringen können, indem er ein Spektrum auf einem Glastrog entwarf, worin sich eine Lösung von Magdalarot befand. Hierbei zeigte sich, daß die Fluoreszenz sich mit wechselnder Stärke von den ultravioletten bis zu den roten Lichtstrahlen erstreckt; ebenso ergab sich durch andere Versuche, daß eine solche Lösung die Strahlen des Sonnenlichtes um so stärker absorbiert, je stärkere Fluoreszenz sie hervorrufen. Das Licht, in dem ein Körper fluoresziert, ist, wie wir gesehen haben, von der Farbe des erregenden unabhängig. Man nimmt deshalb an, ein Körper fluoresziert stets mit denjenigen Schwingungen, die seinen Molekülen eigen sind, durch welche Schwingungsart er auch dazu angeregt werden mag. Man versucht also die Fluoreszenz zu erklären, durch die Annahme,

1) Philosophical Transactions 1852 und 1853.

daß die Moleküle eines fluoreszierenden Körpers, wenn sie von den durch den Äther sich fortpflanzenden Lichtwellen getroffen werden, selbst in Licht erzeugende Schwingungen geraten, ganz ähnlich, wie eine Stimmgabel durch die in der Luft fortschreitenden Schallwellen einer auf denselben Ton gestimmten andern Stimmgabel in Schwingungen versetzt wird. Eine genauere Theorie ist von Stokes und später eine bessere von Lommel aufgestellt worden. Doch würde deren Darlegung für unsere Zwecke zu schwierig sein, außerdem sind gegen diese Theorie von verschiedenen Seiten z. B. von Wüllner, Bedenken erhoben worden. Eine einwandfreie Erklärung fehlt zurzeit noch.

Auf dieselbe Weise sucht man die durch Bestrahlung hervorgerufene Phosphoreszenz zu erklären, d. h. das Nachleuchten nach einer Bestrahlung des betreffenden Stoffes mit einer starken Lichtquelle, wie es Diamanten, ausgeglühte Eier- und Muschelschalen, ferner Barium, Calcium usw. zeigen, wie wir es ferner z. B. an den nachts leuchtenden Zifferblättern u. ä. beobachten können. Das Leuchten der Johanniskäfer, des verwesenden Holzes, des Leuchtmooses usw. dagegen beruht auf chemischen Prozessen. Die Phosphoreszenz dagegen ist nur eine länger dauernde Fluoreszenz oder besser noch, die Fluoreszenz ist eine außerordentlich kurze Phosphoreszenz, wie dies der französische Physiker Edmond Becquerel mit einem sehr sinnreichen Apparate, Phosphoroskop genannt, nachweisen konnte. Die Erscheinung selbst scheint schon Galilei vor 1612 bekannt gewesen zu sein. Nach anderen soll ein Schuhmacher Cascariolo sie 1630 entdeckt haben, als er Schwerspat aus der Umgegend von Bologna, das im Altertum Bononia hieß, alchimistisch verarbeitete. Einen ähnlichen Lichtträger, dies ist die deutsche Übersetzung des griechischen Wortes „Phosphor“, hatte der Alchimist Balduin zu Großenhain in Sachsen im Jahre 1675 entdeckt. Obwohl der „Bononische Stein“ und der „Balduinsche Phosphor“ allgemeines Aufsehen erregte, ist doch eine wissenschaftliche Untersuchung dieser Erscheinung erst Mitte des vorigen Jahrhunderts versucht und durch Edmond Becquerel 1859 geliefert worden. Da Fluoreszenz eine, nur Bruchteile von Sekunden anhaltende Phosphoreszenz sein sollte, mußte er, um dies nachzuweisen, die zu untersuchenden Substanzen außerordentlich kurze Zeit nach ihrer Belichtung beobachten können. Zu diesem Zwecke baute er eine Trommel, etwa von der Form einer Tortenschachtel und brachte in den beiden kreisrunden Flächen zwei sich genau gegenüberstehende Ausschnitte an. In dieser Trommel befanden sich auf gemeinsamer Achse zwei

Kreisscheiben, zwischen die der zu untersuchende Körper gebracht wurde. Jede Scheibe war in 16 Sektoren eingeteilt. Hatte nun die eine vier Ausschnitte, die denen der Trommel in Größe und Form gleich waren, in den Sektoren 1, 5, 9, 13, so hatte die andere genau solche in den Teilen, 3, 7, 11, 15. Zwischen dem Ende des Sektors der einen Scheibe und dem Anfang des Sektors der nächsten befand sich also $\frac{1}{16}$ der Kreisscheibe. Durch eine Öffnung trat Licht auf den zu untersuchenden Körper, durch die der andern Scheibe wurde beobachtet. Wurde nun die Welle, auf der beide Scheiben saßen, in der Sekunde einmal gedreht, so betrug die Zeit zwischen Belichtung und Beobachtung $\frac{1}{16}$ Sekunde. Wird das Scheibenpaar 100 mal pro Sekunde gedreht, so beobachtet man den phosphoreszierenden Körper 0,0006 Sekunden nach der Belichtung 0,0006 Sekunden lang, nachdem er ebenso lange belichtet worden ist. So konnte Becquerel nachweisen, daß viel mehr Körper phosphoreszieren, als man gewöhnlich annahm, namentlich besonders fluoreszierende Körper.

Diese Fluoreszenz bietet nun ein Mittel, die bereits erwähnten ultravioletten Strahlen, die dem Auge für gewöhnlich verborgen sind, sichtbar zu machen, indem man das Spektrum auf eine Uranglasplatte wirft oder auf einen Barium-Platinchyanürschirm, wie er für den Nachweis der Röntgenstrahlen Verwendung findet.

Ein anderes Mittel, diese Strahlen zu untersuchen, ist gegeben durch ihre chemische Wirkung. Schon das uns sichtbare Licht ist ja von ungeheurem Einfluß auf Tiere und Pflanzen. Unter seinem Einflusse nehmen die grünen Pflanzenteile aus der atmosphärischen Luft Kohlensäure auf, eignen sich deren Kohlenstoff an und atmen den Sauerstoff aus. Im Dunkeln findet dagegen dieser Prozeß nicht statt. Verschiedene chemische Substanzen werden durch die Einwirkung des Lichts verändert, wie z. B. das Jodsilber bei der Photographie; andererseits werden auch durch das Licht chemische Verbindungen herbeigeführt.

Die chemische Wirkungsfähigkeit der verschiedenartigen Strahlen ist eine sehr ungleiche; stets gehören aber die Strahlen, die überhaupt auf einen Körper chemisch einwirken, zu denjenigen, welche von dem Körper absorbiert werden. Da die Zersetzung von Salzen besonders durch die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen bewirkt wird, eignen sich für photographische Zwecke neben dem Sonnenlicht vor allem das elektrische Bogenlicht und das Magnesiumlicht, da diese reich an den stärker brechbaren Strahlen sind.

Die chemische Wirkung des Lichts ist von dem Chemiker Scheele im Jahre 1773 entdeckt worden. Wollaston und Ritter haben dann

1802 gezeigt, daß die chemischen Wirkungen des Spektrums sich noch über das äußerste Violett hinaus erstrecken. Damit waren Strahlen gefunden, die noch jenseits des Violett lagen und die man deshalb ultraviolette Strahlen nannte.

Mascart hat deshalb die Photographie benutzt, um die Brechungs-exponenten der hauptsächlichsten dunkeln Linien im Ultravioletten zu bestimmen und zugleich ein möglichst vollständiges Bild dieses Teiles des Spektrums zu entwerfen. Mit Hilfe von Formeln, deren Ableitung hier zu schwierig sein würde, fand er Wellenlängen bis zu $3,1775 \mu$,¹⁾ eine Strecke, die vom äußersten Violett aus gerechnet ungefähr so lang ist, wie das sichtbare Spektrum. Cornu kam dann bis zu Wellen von $1,8525 \mu$ Länge. Ja, B. Schumann hat die Photographie des Ultravioletts noch für erheblich kleinere Wellenlängen möglich gemacht, er hat im Spektrum einer mit Wasserstoff gefüllten Geißlerschen Röhre noch Wellenlängen von ein zehntausendstel Millimeter und darunter nachweisen können. Bei dieser Gelegenheit fand Schumann, was schon Cornu aus der wechselnden Grenze des ultravioletten Sonnenspektrums je nach dem Stande der Sonne und Beschaffenheit der Atmosphäre gefolgert hatte, daß die kurzwelligeren Schwingungen in der Luft sehr stark absorbiert werden. Es ist also notwendig, bei derartigen Untersuchungen die Luft völlig auszuschließen. Da ferner die Gelatine das kurzwellige Licht völlig verschluckt, sah sich Schumann genötigt, für seine zahlreichen mit größter Hingebung jahrelang fortgesetzten Arbeiten erst neue gelatinefreie photographische Platten herzustellen. Wie haben wir uns aber nun die chemische Wirkung vorzustellen? Diese Frage versuchten auch Bunsen und Roscoe zu beantworten und konnten nachweisen, daß diese chemische Wirkung ebenso wie die Fluoreszenz und Phosphoreszenz durch eine gewisse Menge absorbierten Lichtes zustande kommt. Wir haben es hierbei wieder mit einem Übergange der Bewegung des Äthers auf die Moleküle des Körpers zu tun. Die Atome werden dabei in den Molekülen in ganz neue Gleichgewichtslagen übergeführt, die den neu entstehenden Verbindungen entsprechen.

Die Untersuchung dieser chemischen Wirkungen haben Henri Becquerel, den Sohn des bereits erwähnten Edmond Becquerel, zur Entdeckung ganz neuer, dem Auge unsichtbarer, durch undurchsichtige Platten hindurchgehender Strahlen geführt, die nach ihrem

1) $1 \mu = \frac{1}{1000} \text{ mm.}$

Entdecker Becquerelstrahlen genannt wurden. Wir werden später (S. 106) darauf zurückzukommen haben.

Nun werden Sie aber vielleicht vermuten, daß auch über den roten Teil des Spektrums hinaus sich ein weiterer unsichtbarer Teil erstreckt. Solche ultrarote Strahlen sind tatsächlich vorhanden und bereits vor den ultravioletten Strahlen im Jahre 1800 von Friedrich Wilhelm Herschel durch ihre Wärmewirkung entdeckt worden. Wir werden hierauf im nächsten Vortrage zurückkommen.

Kapitel IV.

Wärmelehre.

Über die Vorgänge bei einer Erwärmung waren die Kenntnisse der Alten durchaus nicht so gering als man vielleicht annimmt. Das ist ja auch leicht erklärlich; da man bereits die Metalle kannte und verarbeitete, hatte man auch den rätselhaften Vorgang beobachtet, daß ein fester Körper in einen flüssigen Zustand überging, und andererseits, beim Kochen des Wassers etwa, daß eine Flüssigkeit zu „Luft“ wurde. Daß diese „Luft“, in einem Gefäß gehalten, einen Druck gegen die Gefäßwände ausübt, muß schon seit langer Zeit bekannt sein. Denn Aristoteles überträgt diese Tatsache bereits auf Naturerscheinungen. Er erklärt nämlich die Erdbeben dadurch, daß sich das Wasser in der Erde plötzlich in „Luft“ verwandelt, die mit unwiderstehlicher Kraft einen großen Raum einzunehmen strebt und infolgedessen die Erde erschütteret. Ferner wußte Aristoteles bereits, daß die aus dem Wasser entstandene „Luft“ in der Kälte wieder zu Wasser wird, daß der Tau am reichlichsten in kalten, klaren Nächten fällt und daß das Wasser, welches durch Abkühlung der aus dem Meerwasser entstehenden „Luft“ entsteht, keinen salzigen Geschmack hat.¹⁾

Eine genauere Erforschung dieser Erscheinung war jedoch erst nach Erfindung des Thermometers möglich. Man fand mit diesem, daß Gase und Flüssigkeiten durch Änderung ihrer Temperatur eine Änderung ihres Volumens, ihres Rauminhaltes erleiden. Nun machte aber schon die Academia del Cimento die merkwürdige Beobachtung, daß die Thermometerflüssigkeit zunächst für einen Augenblick sinkt, wenn man die Thermometerkugel plötzlich erwärmt. Sie fanden dafür auch sogleich die richtige Erklärung, daß sich nämlich bei einer

1) Aristoteles' Schrift über Meteorologie.

plötzlichen Erwärmung das Glas ausdehnt, ehe die Flüssigkeit sich erwärmt; infolge der Vergrößerung des Thermometergefäßes sinkt die Flüssigkeit. Einen Augenblick später steigt sie, da inzwischen die Wärme durch das Glas hindurch in die Flüssigkeit eingedrungen ist und sich diese viel stärker ausdehnt als das Glas. Die Akademie schloß daraus auch auf eine Ausdehnung aller festen Körper und vermochte diese für Metalle bereits nachzuweisen.

Dehnten sich aber alle festen Körper gleichmäßig aus oder nicht? Wie ließ sich die Größe dieser Ausdehnung bestimmen? Auf diese Fragen konnten im Jahre 1778 die Franzosen Pierre Simon Laplace und Antoine Laurent Lavoisier eine befriedigende Antwort geben. Sie befestigten einen Metallstab mit einem Ende innen an der Breitseite eines Kupfertrogs und brachten am andern Ende einen Hebelarm an, auf dem sich ein Fernrohr befand, das auf eine in bestimmter Entfernung angebrachte, feste Skala gerichtet war. Wurde der Trog mit Eiswasser gefüllt, so erhielt der Stab eine Temperatur von 0° und das Fernrohr wies auf einen bestimmten Teil der Skala. Wurde dagegen in dem Troge Wasser auf 100° erhitzt, so dehnte sich der Stab aus, und infolgedessen zeigte das Fernrohr auf einen andern Teilstrich der Skala. Aus dieser Beobachtung ergibt sich dann durch eine verhältnismäßig einfache Berechnung die Längsausdehnung des Stabes. Nimmt man einen Stab von 1 m Länge, so dehnt er sich bei einer Erwärmung von 0° bis 100° aus um 0,58 bis 0,78 mm bei Glas (je nach der Zusammensetzung des Glases), um 1,5 mm bei Gold, um 1,9 mm bei Silber, um 2,9 mm bei Zink usw.

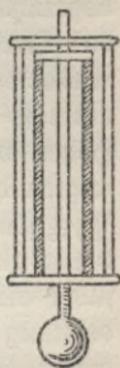


Fig. 11.

Man hat auf diese Weise auch gefunden, daß sich die meisten Körper zwischen 0° und 100° nahezu gleichmäßig ausdehnen d. h. die Ausdehnung ist für jeden einzelnen Grad dieselbe.

Auf die Ausdehnung der Metalle muß vielfach Rücksicht genommen werden. So erklärt sich z. B. der Zwischenraum zwischen den Schienen der Eisenbahnen; auch bei der Konstruktion eiserner Brücken ist auf diesen Umstand zu achten. Deshalb wendet man auch bei den Pendeluhren Rostpendel an, bei denen die erste, dritte und fünfte Stange meist aus Eisen, die zweite und vierte aus Zink besteht. Infolge der eigenartigen Befestigung wird die Pendellinse durch die drei Eisenstangen genau so weit gesenkt, wie durch die Zinkstäbe gehoben. (Fig. 11.)

Der Umstand, daß sich zwei verschiedene Metalle verschieden stark ausdehnen, wird z. B. bei den Metallthermometern sowie bei der Unruhe in den Taschenuhren benutzt, die aus zusammengelöteten Metallen mit sehr ungleicher Ausdehnung besteht. Bei dieser verlängern sich zwar die Arme des Balanciers, da sich aber der innen angebrachte Metallstreifen weniger ausdehnt als der außen angebrachte, so krümmen sich die beiden Bogenstücke stärker und nähern so ihre Belastungen mehr der Drehachse.

Schwieriger war noch die zahlenmäßige Bestimmung der Ausdehnung der Flüssigkeiten, da ja mit Erwärmung der Flüssigkeit sich auch das Gefäß ausdehnt. Hierzu benutzten die Franzosen Dulong und Petit zwei Röhren, die durch eine dritte engere Röhre verbunden waren. Wurde nun die eine stark erwärmt und die andere auf 0° abgekühlt, so stand, da warmes Quecksilber leichter ist als kaltes, das Quecksilber in der erhitzten Röhre höher als in der abgekühlten. Aus den Höhen der Quecksilbersäulen in beiden Röhren ergab dann eine einfache Rechnung die Ausdehnung des Quecksilbers; denn die Höhen verhalten sich wie die Volumina. Diese Untersuchungen zeigten, daß das Quecksilber sich bei Erwärmung um 1° ungefähr um $\frac{1}{555}$ seines Volums ausdehnt und daß die Ausdehnung bis zu 100° völlig gleichmäßig erfolgt. Damit war nachgewiesen, daß Quecksilber als Thermometerflüssigkeit sehr geeignet ist; denn die Ausdehnung erfolgt nicht bei allen Flüssigkeiten gleichmäßig. Rätselhaft war z. B. das Verhalten des Wassers. Schon die Mitglieder der Academia del Cimento hatten bemerkt, daß sich das Wasser, wenn es über den Gefrierpunkt erwärmt wird, sich zunächst nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht. Sie suchten aber fälschlicherweise die Ursache in der unregelmäßigen Ausdehnung des Glases. Erst Deluc erkannte 1772, daß das Wasser seine größte Dichte bei $+5^{\circ}\text{C}$ habe.¹⁾ Er hatte allerdings dabei die Ausdehnung des Glases nicht berücksichtigt. Es ist deshalb diese Messung verschiedentlich wiederholt worden. Am genauesten dürfte wohl der von Exner gefundene Wert von $+3,945^{\circ}\text{C}$ sein.

In sehr geistreicher Weise kann diese Temperatur durch ein Verfahren ermittelt werden, das zuerst im Jahre 1805 vom Grafen Rumford angewandt wurde. Man füllt ein zylindrisches Gefäß, in das oben und unten ein Thermometer eingesetzt ist, mit Wasser und kühlt

1) Untersuchungen über die Atmosphäre. 1772.

2) Rumford, Essay 1798—1802, Essay VI.

dieses auf ungefähr 0° ab. Beim Abkühlen zieht sich das Wasser zusammen, wird also dichter und damit schwerer; es sinkt also zu Boden, während das wärmere nach oben steigt. Das obere Thermometer zeigt also eine höhere Temperatur als das untere. Dieses Auf- und Absteigen dauert so lange, bis das ganze Wasser die größte Dichte erreicht hat, dann zeigen beide Thermometer dieselbe Temperatur. Wird das Wasser noch weiter abgekühlt, so dehnt sich das Wasser wieder aus und das kältere Wasser steigt nach oben, es zeigt also dann das Thermometer oben eine tiefere Temperatur als unten. Diejenige Temperatur nun, die beide Thermometer gleichzeitig anzeigten, lag zwischen 4 und 5° C.

Sie haben hier gleich eine Erklärung, warum das Wasser von oben nach unten gefriert und können die außerordentliche Wichtigkeit dieser Erscheinung ermessen. Denn wenn unsre Gewässer von Grund auf gefrieren würden, würde das Grundeis im Sommer nicht auf-tauen, da die Kraft der Sonne nur wenig unter die Oberfläche hinab-reicht, alles pflanzliche und tierische Leben wäre unmöglich. Das Wasser würde stets eiskalt sein und so auch das Klima sehr ungünstig beeinflussen u. a. m.

Eine bedeutende Förderung erfuhr die Wärmelehre auch durch Guillaume Amontons, der 1703 das Luftthermometer erfand. Es bestand aus einer U-förmig gebogenen Glasröhre, an deren kür-zerem Schenkel eine Kugel angeblasen war; in den langen Schenkel wurde stets so viel Quecksilber eingegossen, daß bei den verschiedenen Temperaturen die Luft nur die Kugel erfüllte. Mit diesem Instru-mente fand er, daß der Druck der Luft um $\frac{1}{3}$ größer wurde, wenn die Kugel aus Eiswasser herausgenommen und in siedendes Wasser eingetaucht wurde. Ferner fand er, daß der Druck der Luft mit der Temperatur gleichmäßig zunimmt. Verschiedene spätere Unter-suchungen ergaben, daß der Druck der abgesperrten Luft für jeden Grad Celsius um $\frac{1}{273}$ des Druckes bei 0° zunimmt. Wenn also die Luft von 0° bis 273° erwärmt wird, so verdoppelt sich bei gleichem Volumen der Druck derselben.

Umgekehrt, wenn wir die Luft von 0° an abkühlen, so muß sich ein Punkt ergeben, wo der Druck zu Null wird, dieser Punkt, den man als den „absoluten Nullpunkt“ bezeichnet, liegt also bei -273° C, eine Temperatur, von deren Erzeugung man heute gar nicht mehr weit entfernt ist.

Es zeigte sich nämlich, daß die Verflüssigung des Wasserdampfes nicht nur von der Höhe der Temperatur, sondern auch von der Höhe

des Druckes abhängt. Da wir nun Wasserdampf aus dem gasförmigen Zustande in den flüssigen (Wasser) und in den festen (Eis) überführen können, so muß dies, nötigenfalls unter Anwendung eines hohen Druckes, auch bei anderen Gasen möglich sein. Und in der That gelang es Faraday im Jahre 1823 zunächst Chlor durch starken Druck flüssig zu machen¹⁾. Thilorier vermochte später auch Kohlensäure in den flüssigen und festen Zustand überzuführen²⁾. Diese erfordert z. B. bei 13° einen Druck von fast 50 Atmosphären. Unter diesem Drucke wird sie zu einer farblosen, äußerst flüchtigen Flüssigkeit, die an freier Luft schon bei — 58° siedet. Sie erzeugt beim Ausströmen aus dem Gefäße durch teilweise Verdunstung eine solche Kälte, daß ein anderer Teil unter den Gefrierpunkt abgekühlt und in den festen Zustand übergeführt wird, der ein schneeartiges Aussehen hat. Dieser Kohlensäureschnee besitzt an freier Luft eine Temperatur von — 70° und hält sich längere Zeit, da er ein schlechter Wärmeleiter ist. Da Quecksilber in ihm erstarrt, lassen sich zur Messung seiner Temperatur nur noch Weingeistthermometer verwenden. Indem Faraday diesen Kohlensäureschnee mit Aether mischte, der ja sehr leicht verdunstet, konnte er sogar eine Temperatur von — 110° erzielen.

Doch waren seine Versuche bei einigen Gasen, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff erfolglos. Selbst durch einen Druck von 2000 Atmosphären vermochte Rattener sie nicht zu verflüssigen. Nachdem aber Andrews im Jahre 1870 gefunden hatte, daß ein Gas überhaupt nur unterhalb einer bestimmten Grenztemperatur, die man als „kritische Temperatur“ bezeichnet, in den flüssigen Zustand übergeführt werden kann, gelang es 1872 den beiden Forschern Cailletet in Chatillon und Pictet in Genf, die Temperatur so weit zu erniedrigen, daß auch die bis dahin nicht verdichteten Gase bei starkem Drucke flüssig wurden. Eine solche Kälte erreichten sie durch sehr beschleunigte und anhaltende Verdampfung von verdichteten Gasen, indem sie die sich immer neu bildenden Dämpfe der siedenden Flüssigkeiten durch fortwährendes Pumpen vermittelt einer Luftpumpe entfernten und dadurch die Verdunstungskälte auf das höchste steigerten. — Diese Versuche sind seitdem von anderen Physikern z. B. Wroblewski und Olszewski in Krakau und Dewar in London wiederholt worden. Dewar hat größere Mengen Wasserstoff verflüssigt und erhielt als Siedepunkt — 252° und als Gefrierpunkt des Wasserstoffs — 259,9.

1) Philosophical Transactions 1823.

2) Philosophical Transactions 1834.

Es trennen uns somit nur noch 13° von der sogenannten „absoluten Temperatur“.

So können wir jedes Gas verflüssigen und verfestigen, jede Flüssigkeit verdampfen oder verfestigen und, da der elektrische Lichtbogen eine Hitze von 3500° C entwickelt, auch die meisten festen Körper verflüssigen und verdampfen. Und das alles, außer durch großen Druck, durch Zuführung oder Entziehung von Wärme. Was muß das für ein rätselhaftes Ding sein, wenn es solche tiefgreifende Änderungen hervorrufen kann?¹⁾

Das ist die große Frage, die schon im Altertum die Naturforscher und Philosophen, beides war damals noch untrennbar verbunden, beunruhigte.

Von Anfang an standen sich zwei Parteien gegenüber. Die einen erklärten die Wärme für einen Stoff, die andern für eine Bewegung, im Hinblick auf die Feuererzeugung durch Reibung. Denn nach ihrer Ansicht muß zwischen der Bewegung der Reibung und der dadurch erzeugten Wärme ein Zusammenhang bestehen. Die Annahme eines Wärmestoffs lag aber viel näher als die einer Bewegung und so hat sich diese Vorstellung bis ins 19. Jahrhundert hinein erhalten, wenn auch einige Forscher die Wärme als Bewegung betrachteten.

Der große Francis Bacon z. B. sagt: Nicht daß die Wärme wirklich eine Frucht der Bewegung sei noch daß sie die Bewegung hervorbringe (wenngleich es zuweilen eintritt), sondern daß die Wärme selbst nichts anderes als Bewegung sei²⁾, dadurch sei die Möglichkeit eines selbständigen Wärmestoffes ausgeschlossen. Er erklärt, die Wärme sei ein ausdehnender Bewegungsakt, wodurch der Körper bestimmt wird, seine Masse auszudehnen. Newton hatte eine ähnliche Anschauung und auch Amontons nahm an, die Wärme bestehe in einer andauernd lebhaften Bewegung feiner Wärmeteilchen, die auch auf Körperteilchen übergehen könne; je höher die Temperatur, um so energischer die Geschwindigkeit und der dadurch erzeugte Druck. Bei dieser Annahme muß demnach ein Wärmegrad existieren, für den dieser Druck den Wert Null erreicht, wo also ein eingeschlossenes Gas keinen Druck mehr auf die Wände des Gefäßes ausübt. Amontons fand so den „absoluten Nullpunkt“ ungenau bei $-239,5^{\circ}$.

Beranlaßt durch mannigfache andere Versuche, auf die wir hier weder eingehen können noch wollen, erregte das Schmelzen des

1) Näheres siehe: Börnstein, Die Lehre von der Wärme. Diese Sammlung Bd. 172.

2) Novum Organon.

Eises vielfaches Interesse. So erwärmte der schon erwähnte französische Physiker Deluc 1754 einen Eisklumpen, in dem ein Thermometer eingefroren war, in einer Schale über der Flamme. Die Temperatur des Eisklumpens stieg auf 0° und blieb darauf stehen, bis alles Eis geschmolzen war, erst dann stieg es weiter. Es bildete sich deshalb die Annahme, daß zum Schmelzen des Eises eine nur geringe Wärmemenge erforderlich sei, sobald der Schmelzpunkt erreicht ist. Aber bereits 1757 wies Joseph darauf hin, daß dann das Eis in wenigen Sekunden geschmolzen sein müßte¹⁾. Es muß daher beim Schmelzen Wärme verbraucht werden und diese suchte Black auf folgende Weise zu ermitteln. Er stellte zwei Fläschchen, von denen das eine Wasser, das andere das gleiche Quantum Eis von 0° enthielt. Das Wasser war in einer halben Stunde auf 4° erwärmt, das Eis dagegen erst nach 20 halben Stunden²⁾ völlig geschmolzen. Die Wärmemenge, die zum Schmelzen von 1 kg Eis erforderlich ist, ist also zwanzigmal so groß, als die, welche 1 kg Wasser von 0° auf 4° erwärmt. Da aber die Erwärmung um 4° offenbar viermal so viel Wärme erfordert, als die Erwärmung der gleichen Menge um 1° , so ist die Schmelzwärme für 1 kg Eis $20 \cdot 4 = 80$ Wärmeinheiten (oder große Kalorien, wenn man unter einer Wärmeinheit diejenige Wärmemenge versteht, die erforderlich ist, um 1 kg Wasser um 1° C. zu erwärmen³⁾). Da ohne Temperaturerhöhung Eis (von 0°) in Wasser (von 0°) durch diese 80 Wärmeinheiten übergeführt wird, so müssen diese 80 Wärmeinheiten im Wasser verborgen oder mit dem lateinisch-deutschen Ausdruck latent sein.

Diese Schmelzwärme des Eises fand Black auch noch auf folgendem Wege: Vermischt man 80 g Wasser von 22° mit 5 g Schnee von 0° , so schmilzt der Schnee und die Temperatur des Wassers sinkt auf 16° . Die 80 g Wasser haben sich um 6° abgekühlt, es sind also $6 \cdot 80 = 480$ Grammkalorien frei geworden. Diese Wärmemenge hat bewirkt, daß 5 g Schnee geschmolzen und die entstandenen 5 g Wasser um 16° erwärmt worden sind. Um 5 g Wasser um 16° zu erwärmen, sind aber nur 80 Grammkalorien erforderlich. Die übrigen 400 sind also beim Schmelzen von 5 g Schnee verbraucht

1) Black, Vorlesungen über die Grundlehren der Chemie. 1803.

2) Black gibt in den Vorlesungen über die Grundlehren der Chemie 1803 den ungenauen Wert $2\frac{1}{2}$ Stunden an.

3) Häufig benutzt man auch die kleine oder Grammkalorie, also die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 g Wasser um 1° C zu erwärmen.

worden, jedes Gramm Schnee bedurfte also zum Schmelzen 80 Wärmeeinheiten¹⁾.

Auch daß beim Gefrieren diese Wärmemenge frei wird, vermochte Blacß zu zeigen. Es hatte bereits Fahrenheit beobachtet, daß man Wasser unter den Nullpunkt abkühlen kann, ohne daß es gefriert, sobald nur jede Erschütterung vermieden wird. Diese Unterkühlung benutzte Blacß. Er kühlte, sagen wir 8 g Wasser auf -10° C ab und brachte es dann durch Schütteln zum Gefrieren. Dabei steigt das Thermometer auf 0° , von dem Wasser gefriert aber nur 1 g. Um aber 8 g Wasser von -10° auf 0° zu erwärmen, sind 8 · 10 oder 80 Wärmeeinheiten erforderlich. Diese 80 Grammkalorien konnten dadurch zugeführt werden, daß 1 g Wasser zu Eis erstarrte und dabei, wie wir wissen, gerade 80 Wärmeeinheiten frei werden läßt. Diese Wärmeeinheiten stecken also in jedem Gramm Wasser und werden beim Gefrieren frei und beim Auftauen wieder eingeschluckt.

Außer diesem Begriff der latenten oder gebundenen Wärme verdanken wir Blacß noch einen zweiten, nicht minder wichtigen Begriff. Es hatte nämlich ebenfalls Fahrenheit beobachtet, daß beim Vermischen von Wasser von 20° mit der gleichen Menge Quecksilber von 10° sich nicht für das Gemisch eine Temperatur von 15° ergab, wie das bei zwei gleichen Wassermengen von den angegebenen Temperaturen der Fall war. Auch hierfür gab Blacß eine Erklärung. Er sagt:

„Um dies durch ein Beispiel in Zahlen deutlicher zu machen, so wollen wir annehmen, das Wasser habe 100° der Wärme, und ein gleiches Maß von Quecksilber von 150° werde mit jenem plötzlich gemischt und geschüttelt. Wir wissen, daß die mittlere Temperatur zwischen 100° und 150° ist 125° ; und daß diese mittlere Temperatur hervorgebracht werden würde, wenn wir Wasser zu 100° mit einem gleichen Maße Wasser von 150° vermischten, da die Hitze des warmen Wassers um 25° vermindert ist, während das kalte Wasser gerade um ebensoviel erhöht ist.

Allein wenn man warmes Quecksilber statt warmen Wassers genommen hat, so fällt die Temperatur der Mischung nur zu 120° aus, statt 125° . Das Quecksilber ist daher um 30° kälter geworden und das Wasser nur um 20° wärmer: und doch ist die Menge der Wärme, die das Wasser gewonnen hat, dieselbe Menge, die das Quecksilber

1) Blacßs alte Gewichte sind nach La Cour-Appel durch bequemere Zahlen ersetzt.

verloren hat. — Dies zeigt, daß dieselbe Wärmemenge das Quecksilber stärker erwärmt als ein gleiches Maß Wasser. — „Quecksilber hat daher weniger Kapazität¹⁾ für die Materie der Wärme (wenn ich mich dieses Ausdrucks bedienen darf) als Wasser, es erfordert eine geringere Menge derselben, um seine Temperatur um dieselbe Anzahl von Graden zu erhöhen.“²⁾

Diese Wärmekapazität oder, wie sie John Gadolin 1784 nannte, „spezifische Wärme“ bezieht man jetzt nicht mehr auf gleiche Raummengen, sondern auf gleiche Gewichtsmengen. Wir können somit sagen: Die spezifische Wärme ist die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche die Gewichtseinheit eines Körpers braucht, um sich um 1° C zu erwärmen. Die spezifische Wärme des Wassers ist also 1, denn 1 g Wasser braucht 1 Wärmeeinheit, um sich um 1° C zu erwärmen.

Zur Bestimmung dieser spezifischen Wärme gab Black zwei Methoden an. Die eine ist die soeben erwähnte Mischungsmethode. Die zweite ist die Schmelzungsmethode. Der zu untersuchende Körper wird in ein Gefäß gelegt, das in einen zweiten, mit einem Abflußhahn versehenen und mit Eis gefüllten, Behälter gesetzt wird. Um die äußere Wärme abzuhalten, wird auch das äußere Gefäß noch mit einem Eismantel umgeben. Enthält nun der innere Behälter 200 g Glas von 70°, so ergeben sich 32 g Schmelzwasser, wenn das Glas auf 0° abgekühlt ist. Da nun zum Schmelzen von 1 g Eis 80 Kalorien erforderlich sind, so hat also das Glas 32.80 Kalorien abgegeben und zwar wenn sich 200 g um 70° abkühlen. Wenn sich also 1 g um 1° abkühlt, werden $\frac{32 \cdot 80}{200 \cdot 70}$ Wärmeeinheiten frei, oder m. a. W.: Die spezifische Wärme des Glases ist 0,18.

Außer dieser Wärmeübertragung erregte auch die „Wärmestrahlung“ die Aufmerksamkeit der Physiker und Chemiker. Daß sich durch einen Hohlspiegel die Kälte eines Eisblockes sammeln ließe, wiesen bereits die Mitglieder der Academia del Cimento nach, indem sie in dem Brennpunkte des Hohlspiegels ein Thermometer anbrachten. Daß die Kälte nicht direkt vom Eisblock auf das Thermometer wirkte, zeigte sich, wenn zwischen Eisblock und Thermometer ein Schirm aufgestellt wurde.

1) d. h. Aufnahmevermögen.

2) Vorlesungen über die Grundlehren der Chemie, 1803, Bd. 1, S. 103 f.

Das Ausstrahlen der Wärme von erhitzten Körpern vermochten sie ebenfalls in dieser Weise nachzuweisen.

Auch Mariotte gelang es 1681 mit einer Eislinse, die er von ausgekochtem Wasser gefertigt hatte, Schießpulver durch die Sonnenstrahlen zu entzünden. Ferner beobachtete er, daß die Sonnenwärme so gut wie ungeschwächt durch Glas hindurchgeht, also durch eine Linse gesammelt werden kann, während die Wärme von einem Kaminfeuer nicht durch eine dünne Glasplatte hindurchgehen kann.

Den Begriff der „strahlenden Wärme“ führte jedoch erst der Chemiker Karl Wilhelm Scheele ein.¹⁾

Er wußte, daß die Luft durch die strahlende Wärme nicht mit erwärmt wird, deshalb hindere auch ein kalter Luftstrom, der zwischen Wärmequelle und menschlichem Körper hindurchstreiche, diese strahlende Wärme durchaus nicht. Er sammelte auch die strahlende Wärme mit Hilfe eines Hohlspiegels und setzte dann zwischen diesen und das Licht eine klare Glasscheibe. Es zeigte sich, daß die vom Feuer ausgehenden Lichtstrahlen nach wie vor vom Hohlspiegel gesammelt wurden, die Wärmestrahlen aber nicht mehr; eine spiegelnde Metallfläche dagegen reflektierte auch die Wärmestrahlen. Scheele schloß daraus, daß das Glas die strahlende Wärme einsauge, absorbiere, die Lichtstrahlen dagegen durchlasse. Es können also nicht die Lichtstrahlen die „strahlende Wärme“ als Stoff mit sich führen.

Ein Jahr danach veröffentlichte Johann Heinrich Lambert ganz ähnliche Beobachtungen. Er hebt bereits hervor, daß die Gesetze der Fortpflanzung und Reflexion der „Feuerstrahlen“, wie er sie nennt, dieselben seien wie für die Lichtstrahlen, und macht ausdrücklich darauf aufmerksam, daß auch die „dunkle Wärme“, die von einer mit heißem Wasser gefüllten, also nicht glühenden, eisernen Kugel ausgesandt wird, von einem Hohlspiegel nach dem Spiegelungsgesetz zurückgeworfen wird. Eine treffliche Bestätigung dieser Entdeckungen gab auch Marc Auguste Bictet.²⁾ Er stellte zwei große Hohlspiegel aus poliertem Zinn einander derart gegenüber, daß die durch eine heiße, im Brennpunkte des einen Spiegels angebrachte Kugel erregten Wärmestrahlen parallel zur Achse reflektiert und dann von dem anderen Spiegel in dessen Brennpunkt gesammelt wurden.

1) Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer. 1777.

2) Essai sur le feu, Genf 1790.

Befand sich hier ein Thermometer, so stieg seine Quecksilbersäule rasch, besonders wenn seine Kugel berührt war. Mit Glasspiegeln mißlang der Versuch völlig. Er unterscheidet daher die „strahlende“ Wärme von der „geleiteten“ und meint, daß nur die letzte langsam von Teilchen zu Teilchen fortschreitet, während die erste, die auf die Zwischenräume der Körper trifft, in gerader Linie und in jedem Falle mit beträchtlicher Geschwindigkeit, vielleicht ebenso schnell wie der Schall oder gar wie das Licht fortschreitet.

Eine klare Vorstellung über den Unterschied von Strahlung und Leitung hatte dagegen Pictet noch nicht. Durch ein Gespräch veranlaßt, stellte er auch einen bereits von der Academia del Cimento ausgeführten Versuch an.

Wenn man nämlich den heißen Körper durch ein Gefäß mit Schnee oder eine Kältemischung ersetzte, fiel das Thermometer plötzlich. Pictet erkannte, daß hier das Thermometer der wärmere Körper ist, der seine Wärme an den kälteren Körper, die Kältemischung, verliert. Dieser Versuch ist auch deshalb wichtig, weil durch ihn ein anderer Forscher, Pierre Prevost, zu einer ganz neuen Auffassung des Wärmegleichgewichtes geführt wurde.

Trotz dieser mannigfachen Ansätze brach sich aber doch erst im 19. Jahrhundert die Überzeugung Bahn, daß die Wärme eine Bewegung sei, nicht zum wenigsten durch die Forschungen von Benjamin Thompson, der vom bayerischen Kurfürsten Karl Theodor zum Grafen von Rumford gemacht wurde, ein Name, unter dem er allgemein bekannt ist.

Es genügte, ebenso wie bei der Theorie des Lichtes, nicht, positive Beweise dafür zu erbringen, daß die Wärme eine Bewegung sein müsse, sondern es mußte sich auch nachweisen lassen, daß die Wärme kein Stoff sein könne. Einen solchen Beweis aber vermochte Rumford zu erbringen. Er beobachtete nämlich im Münchener Zeughaus, daß beim Kanonenbohren bedeutende Wärmemengen frei wurden, ohne daß die Wärmekapazität, die Wärmeaufnahme- und -abgabefähigkeit der Metallspäne, eine andere geworden wäre, als die des Metalls. Um sich zu überzeugen, daß diese Wärme nicht aus der Luft stammte, nahm er die Bohrung unter Wasser vor, jedoch auch dabei fand eine so intensive Wärmeentwicklung statt, daß das Wasser nach $2\frac{1}{2}$ stündiger Bohrtätigkeit ins Sieden kam. Daraus schließt Rumford: Wenn man aus diesen Versuchen seine Schlüsse zieht, darf man nicht vergessen, daß die Quelle der durch Reibung erzeugten Wärme offenbar unerschöpflich ist. Es ist kaum nötig,

hinzuzufügen, daß etwas, was aus einem isolierten Körper, d. h. einem Körper, der nicht mit anderen in Verbindung steht, oder einem System von Körpern in unbegrenzter Menge gewonnen werden kann, unmöglich eine materielle Substanz sein kann, und es ist schwierig, wenn nicht unmöglich, sich unter der Wärme etwas anderes, das hervorgerufen und mitgeteilt werden kann, vorzustellen, als eine Art Bewegung.¹⁾

Ferner setzte Rumford mit Thermometern versehene Büchsen von gleichem Metallhalte, aber von verschiedener Wandbeschaffenheit, der Sonne aus. Eine Büchse mit schwarzer rauher Blechwand erwärmte sich stärker als eine mit blanker Blechwand. In einen kälteren Raum gebracht, kühlte aber, zu Rumfords Verwunderung, die erste auch rascher ab. Diese Versuche wurden anstatt an der Sonne am Ofen wiederholt und gaben dasselbe Resultat. Nach mehrfacher Abänderung der Versuche mit verbesserten Apparaten bleibt Rumford bei der Ansicht, daß es nicht nur erwärmende (die Schwingungen beschleunigende), sondern auch erkältende (die Schwingungen verzögernde) Strahlen gebe. Seine Ergebnisse lassen sich in folgende Sätze fassen: 1. Alle Körper strahlen bei jeder Temperatur. 2. Die Strahlungsintensität ist verschieden bei derselben Temperatur (sie ist z. B. bei oxydiertem Messing viermal so groß als bei blankem und bei berußtem fünfmal so groß als bei blankem). 3. Bei gleicher Temperatur beeinflussen sich die Körper durch die gegenseitige Strahlung nicht.

Der Schotte John Leslie zeigte, daß das Spiegelungsgesetz für die Wärmestrahlen ebenso gilt wie für die Lichtstrahlen und daß Oberflächen, die nur eine geringe Wärmemenge ausstrahlen, die Wärmestrahlen in hohem Grade zurückwerfen, während Oberflächen mit starker Ausstrahlung nur eine geringe Menge von Wärmestrahlen zurückwerfen.

Alle diese Ergebnisse wußte der schon genannte Pierre Prevost in geschickter Weise theoretisch zu verwerten. Die Wärme denkt er sich aus diskreten Teilchen bestehend, die, verglichen mit ihrem gegenseitigen Abstand, sehr klein sind, die sich in den verschiedensten Richtungen mit sehr großer Geschwindigkeit bewegen, und sehr selten treffen. In jedem Punkte des Raumes durchkreuzen sich also Fäden oder Strahlen von Wärmestoffteilchen und zwei Punkte sind im Wärmegleichgewicht, wenn sie sich gegenseitig in gleichen Zeiten

1) Essay 1798—1802. Essay IX.

gleich viel Wärmeteilchen zusenden. Ändert sich der Wärmezustand eines Körpers nicht, so liegt dies nach Prevost's Vorstellung daran, daß er ebensoviel Wärmeteilchen gewinnt, als er in derselben Zeit abgibt. Der Körper verhält sich wie ein See, in den es regnet, während gleichzeitig eine gleiche Quantität Wasser verdunstet.

Den Parallelismus zwischen Emission und Absorption bringt er mit der Reflexion in Zusammenhang; alle nicht aufgenommene Wärme faßt er als reflektierte auf. Gute Reflektoren, d. h. Körper, die wenig absorbieren, halten auch durch Reflexion an ihrer Oberfläche die Eigenwärme gut zurück, sind also solche Körper, die auch wenig Wärme ausstrahlen.

Da Glas die dunkle Wärme abhält, das Licht aber hindurchläßt, vermutet Prevost, daß es zwei oder mehrere Arten von Wärmeteilchen gäbe, ahnt also schon die später von Melloni u. a. konstatierten Tatsachen.

Trotz der außerordentlichen Beweiskraft all dieser Experimente ließen die Physiker die alte liebgewordene Stofftheorie nicht fallen. Es bedurfte weiterer Gegenbeweise von anderer Seite. Friedrich Wilhelm Herschel hatte bei der Beobachtung der Sonne durch verschieden gefärbte Gläser nicht stets die gleiche Wärmeempfindung, hinter helleren war sie gewöhnlich schwächer als hinter dunkleren. Um darüber Klarheit zu erhalten, brachte er¹⁾ Thermometer mit beruhten Kugeln in die verschieden gefärbten Teile des Sonnenspektrums und bestimmte so die einer jeden Farbe entsprechende Temperatur. Als er das Thermometer über das äußerste Rot des Spektrums hinausführte, fand er, daß die Strahlung keineswegs am sichtbaren Ende des Spektrums aufhörte, sondern im Gegenteil jenseits desselben ihren größten Wert erreicht. Der Versuch bewies, daß die Sonne außer leuchtenden Strahlen auch noch andere Strahlen von geringerer Brechbarkeit aussendet, die zwar durch das Auge nicht wahrgenommen werden, aber eine bedeutende erwärmende Kraft besitzen. Herschel behauptete nun, das „Wärmespektrum“ sei länger als das „Lichtspektrum“ und die Wärmestrahlen unterscheiden sich von den Lichtstrahlen nur dadurch, daß sie in geringerem Grade gebrochen werden. Leslie dagegen erklärte, eine Wärmewirkung sei außerhalb des roten Endes des Spektrums nur deshalb nachzuweisen, weil sich die Wärme der roten Strahlen der Luft mitteilt. Um diese Verhältnisse zu klären, wurden Herschels Ver-

1) Philosophical Transactions 1800.

suche verschiedentlich wiederholt. Stets ergab sich, daß die Wärmewirkung über das sichtbare Spektrum hinausgeht, doch wurden die Stellen des Maximums so verschieden angegeben, daß Thomas Seebeck darauf aufmerksam wurde. Er erkannte sofort als Grund dieser Abweichungen, daß zur Erzeugung des Spektrums Prismen von verschiedenen Glasarten verwandt wurden. Hatten die einen ihr Maximum im Rot, so andere im Gelb. Seebeck vermochte z. B. nachzuweisen, daß das Wärmemaximum für ein Prisma aus Kronglas im Rot, für ein Flintglasprisma dagegen im Ultrarot liegt. Für solche Untersuchungen bedurfte man jedoch besonders empfindlicher Instrumente. Ein solches gab Leopoldo Nobili mit seinem Thermoskop; dies ist ein elektrischer Apparat, dessen Wirkungsweise nur verstanden werden kann, wenn man mit gewissen elektrischen Erscheinungen bekannt ist. Es sei hier nur erwähnt, daß eine Anzahl Wismutstäbchen mit der gleichen Anzahl Antimonstäbchen im Zickzack zusammengelötet sind. Wenn nun die eine Reihe Lötstellen erwärmt wird, entsteht in dieser Kette ein elektrischer Strom, der sich nachweisen läßt, indem man die beiden Enden der Kette durch Kupferdraht verbindet und eine Magnetnadel einschaltet. Gewöhnlich benutzt man anstatt einer einfachen Magnetnadel einen Multiplikator, deshalb nennt man den Apparat auch anstatt Thermoskop Thermomultiplikator. Dieser Verstärkungsapparat besteht im wesentlichen aus einer leicht beweglichen Magnetnadel, die im Innern einer von zahlreichen Windungen gebildeten Drahtrolle schwebt.

Von der großen Empfindlichkeit dieses Apparates kann man sich einen Begriff machen, wenn man bedenkt, daß Nobili nur 6 Paar Metallstäbchen benutzte und trotzdem unter Zuhilfenahme eines Hohlspiegels durch die Wärmestrahlung einen deutlichen Ausschlag erhielt, wenn der Körper 16—18 m von der Säule entfernt stand. Bei der Vergleichung der Thermosäule, wie dieser Apparat auch genannt wird, ergab der Multiplikator noch einen Ausschlag, wenn er siebenmal so weit wie das Luftthermometer entfernt war.

Melloni machte dieses Instrument noch empfindlicher, indem er 16 Paar Metallstäbchen benutzte. Dann ließ er die verschiedenen Farben des durch ein Kronglasprisma erzeugten Sonnenspektrums auf die Thermosäule fallen. Er wählte sieben Stellen des Spektrums, die den sieben Hauptfarben entsprachen, und suchte in der Verlängerung des Spektrums diejenigen Stellen, an denen dieselbe Temperatur herrschte, wie an den im sichtbaren Teile gewählten

Stellen. Dann schaltete er zwischen das Prisma und die Thermosäule eine von zwei Glasplatten begrenzte Wasserschicht, von 1 mm Dicke ein und beobachtete jetzt einen geringeren Ausschlag der Multiplikatornadel. Dieser Ausschlag läßt aber eine bestimmte Erwärmung der Thermosäule erkennen; der gleiche Ausschlag läßt sich aber durch Zuführung einer zahlenmäßig feststellbaren Wärmemenge herstellen. Die Zahlen für die Differenz der Erwärmung bei den beiden obigen Anordnungen geben also an, welcher Teil der Wärmestrahlen in der Wasserschicht verloren gegangen ist. Dieser Verlust an Wärmestrahlen steigt vom violetten zum roten Ende des Spektrums ständig, und jenseits des roten Endes, im ultraroten, wird das Wasser schließlich für die Strahlen undurchlässig.

Diese Durchlässigkeit der Wärme steht in derselben Beziehung zu strahlender Wärme wie Durchsichtigkeit zu Licht. Um diese Wärmedurchlässigkeit zu prüfen, benutzte Melloni vier verschiedene Wärmequellen; eine stark leuchtende Lampenflamme, eine Spirale von Platindraht, die durch die Flamme einer Weingeistlampe weißglühend erhalten wurde, eine Kupferplatte, die auf 400°C , und eine Kupferplatte, die auf 100°C erwärmt war; die letzterwähnte Quelle war die Oberfläche eines kupfernen Würfels voll kochenden Wassers. Die Experimente wurden in folgender Weise ausgeführt: Zuerst wurde die Ausstrahlung der Quelle bestimmt, d. h. die Ablenkung der Magnetnadel. Dann wurde zwischen Wärmequelle und Thermosäule die zu untersuchende Substanz eingeschoben und wieder mit Hilfe der Ablenkung die durchgelassene Wärmemenge bestimmt.

Es zeigte sich bei festen Körpern und Flüssigkeiten, daß ein hoher Grad von Durchsichtigkeit durchaus nicht auf einen hohen Grad von Durchlässigkeit für Wärmestrahlen schließen läßt; nur Steinsalz ließ von den verschiedenen Wärmequellen stets gleichviel durch. In der Regel sind die klaren und farblosen Körper die durchlässigsten für die „wärmsten“ Strahlen, die am stärksten gebrochen werden, und weniger durchlässig für die „kälteren“ Strahlen, d. h. für diejenigen, die weniger stark gebrochen werden. Aber die Durchlässigkeit ist verschieden für die verschiedenen Strahlen. Jeder Körper wählt sich gewisse Strahlen aus, die er einsaugt, ebenso wie grünes Glas alle Lichtstrahlen mit Ausnahme der grünen einsaugt. Jeder Körper hat sozusagen eine gewisse „Wärmefarbe“. Melloni fand weiter, daß die Absorption der Wärmestrahlen um so größer ist, je dicker die zu durchdringende Schicht ist. Genau wie bei den Licht-

strahlen beobachtete er auch, daß ein viel höherer Prozentsatz durch eine Platte hindurchging, wenn die Strahlen bereits vorher durch eine andere Platte gegangen waren. Es werden dann nämlich in der ersten Platte diejenigen Strahlen absorbiert, die nicht zu der Farbe (Wärmefarbe) des Körpers gehören, und nur die Strahlen von der Farbe (Wärmefarbe) des Körpers gehen durch die Platte hindurch. Wenn dann diese einfarbigen Strahlen eine zweite Platte von derselben Art treffen, so findet natürlich eine viel geringere Absorption statt.

Hiermit war auch die Erklärung für die Beobachtung Seebecks u. a. gegeben, daß die stärkste Wärmewirkung im Spektrum sich bald im Gelb, bald im Rot, bald außerhalb des sichtbaren Spektrums befindet, da dies davon abhängt, welche „Wärmefarbe“ das benutzte Prisma hat.

In neuerer Zeit fand John Tyndall, daß eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff vollständig undurchsichtig, aber in hohem Grade für dunkle Strahlen durchlässig ist. Er benutzte daher diese Lösung, um zu ermitteln, wieviel helle und wieviel dunkle Strahlen von verschiedenen Wärmequellen ausgesandt werden. Er ließ die Wärmestrahlen, bevor sie auf die Thermosäule trafen, einen Trog aus Steinsalz, der mit Schwefelkohlenstoff gefüllt war, passieren. Nachdem der Ausschlag der Magnetnadel beobachtet worden war, wurde dem Schwefelkohlenstoff Jod zugesetzt und von neuem der Ausschlag der Nadel beobachtet. Es ergab sich, daß die meisten Strahlen, die von den gewöhnlichen Lichtquellen ausgesandt werden, dunkle sind, z. B. bei einem Platindrahte etwa $\frac{23}{24}$, vom elektrischen Licht $\frac{9}{10}$.

Mit dieser Schwefelkohlenstoff-Jodlösung läßt sich auch die Polarisation der Wärmestrahlen genau so wie die der Lichtstrahlen mit Hilfe der gekreuzten Nicols nachweisen (S. 37). Den ersten Bericht über diese Polarisation nicht leuchtender Wärme gab Bérard im Jahre 1814.

Mit dieser Schwefelkohlenstoff-Jodlösung und mit elektrischem Lichte lassen sich überhaupt, wie Tyndall selbst gezeigt hat, an den Wärmestrahlen alle Eigenschaften der Lichtstrahlen (Reflexion, Brechung, Dispersion, Polarisation, Doppelbrechung, die Bildung unsichtbarer Bilder durch Spiegel wie auch durch Linsen usw.) mit derselben Deutlichkeit nachweisen. Damit war gezeigt, daß sich Licht- und Wärmestrahlen nur dadurch unterscheiden, daß sie beim Hindurchgehen durch einen Körper in verschiedenem Grade gebrochen werden.

Da nun seit dem Erscheinen von Fresnels epochemachenden Arbeiten (1818) angenommen wird, daß die Lichtstrahlen in einer Wellenbewegung im Äther bestehen, so war man genötigt, dieselbe Annahme auch für die Wärmestrahlen zu machen. Man war so zu der Erkenntnis gekommen, daß weder die Lichtstrahlen noch auch die Wärmestrahlen aus materiellen Teilchen bestehen, die von der Lichtquelle oder der Wärmequelle ausgesandt werden. Hiermit hatte die Theorie, daß die Wärme ein Stoff sei, einen schweren Stoß, dagegen die Annahme Rumfords, daß sie eine Art Bewegung sei, eine mächtige Stütze bekommen. Es dauerte aber noch lange, bis diese Ansicht allgemeine Anerkennung fand.

Zu ihrer weiteren Ausbildung trug zunächst die von dem Heilbronner Arzt Robert Mayer im Jahre 1842 veröffentlichte Entdeckung bei. Er fand nämlich, daß „dem Herabsinken eines Gewichtsteiles aus einer Höhe von etwa 365 m die Erwärmung eines gleichen Gewichtsteiles Wasser von 0° auf 1° entspricht.“ Allerdings war dieser Wert noch ungenau, da die einzelnen physikalischen Größen noch nicht genau genug bestimmt waren; (dies besorgte zuerst Regnault in den Jahren 1847—1862). Trotzdem ist diese Berechnung auch für die Gegenwart so wichtig, daß wir, allerdings mit neuen Werten, uns den Gang von Mayers Rechnung klar machen müssen.

Mayer denkt sich 1 l Luft bei 0° und 760 mm Quecksilberdruck in ein zylindrisches Gefäß von 1 qdm Querschnitt eingeschlossen. Das Gefäß besitzt einen luftdicht schließenden Kolben, auf dem pro Quadratcentimeter ein Druck von 1033 g, d. h. ein Gesamtluftdruck von 103,3 kg lastet. Erwärmen wir nun die Luft, deren Gewicht 0,001 293 kg beträgt, um 1°, so dehnt sich das Luftvolumen um $\frac{1}{273}$ aus. Dadurch verschiebt sich der Kolben um $\frac{1}{273}$ dm = $\frac{1}{2730}$ m. Die geleistete Arbeit ist $103,3 \cdot \frac{1}{2730}$ mkg. Die verbrauchte Wärmemenge ist offenbar — wenn die spezifische Wärme bei konstantem Druck bzw. Volumen 0,2377 bzw. 0,1686 ist — 0,001 293 · (0,2377 — 0,1686) in Kalorien ausgedrückt. Sie ist aber gleich der Arbeit von $\frac{103,3}{2730}$ mkg. Es entspricht also einer Kalorie eine Arbeit von $\frac{103,3}{2730 \cdot 0,001 293 \cdot (0,2377 - 0,1686)}$ also 423,5 mkg. Diesen Wert bezeichnet man jetzt kurz als das mechanische Wärmeäquivalent. Es besteht daher zwischen der erzeugten Wärmemenge und der geleisteten Arbeit ein bestimmtes unabänderliches Verhältnis. Damit

war auch der Satz von der Verwandlung der Energie zuerst in seiner ganzen Allgemeinheit erfaßt und das „Prinzip von der Erhaltung der Energie“ aufgestellt. Dieses Prinzip ist in neuerer Zeit zu einer durch alle bisherigen Erfahrungen bestätigten Grundhypothese, zu dem wichtigsten Prinzip der Mechanik, ja der ganzen Physik erweitert worden, welches ausspricht, daß überhaupt die Menge der Energie des Weltalls durch keinen physikalischen Vorgang verändert wird, sondern nur ihre Beschaffenheit die mannigfachsten Wandlungen erfährt.

Robert Mayer sagt bereits selbst im Jahre 1845 in seiner Hauptarbeit: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel“: „Es gibt in Wahrheit nur eine einzige Kraft. In ewigem Wechsel kreist dieselbe in der toten, wie in der lebenden Natur. Dort und hier kein Vorgang ohne Formveränderung der Kraft.“ Statt des unbestimmten Ausdruckes „Kraft“ sagen wir heute bestimmter „Energie“.

Fast gleichzeitig mit Mayer beschäftigte sich der Däne Ludwig August Colding mit der Unvergänglichkeit der Naturkräfte und berechnete aus Versuchen über die Reibung das mechanische Wärmeäquivalent zu 372 (statt 424) mkg. Trotzdem gebührt natürlich auch ihm neben Robert Mayer ein Platz unter den Begründern der mechanischen Wärmetheorie.¹⁾

Als dritter gesellt sich zu diesen beiden James Prescott Joule, der als erster eine genaue experimentelle Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents durchführte; und wiederum völlig unabhängig von Robert Mayer und Colding auf diese Bestimmung gekommen war.

Es sei wenigstens einer seiner Versuche hier angeführt¹⁾; an einer senkrechten Achse waren oben zwei Fäden nach entgegengesetzten Richtungen angebracht, die sich beim Drehen der Achse auf der Achse aufwickelten und an ihrem Ende je ein Gewicht trugen, das beim Aufwickeln gehoben wurde. Am unteren Ende trug die Achse zwei Reihen von je acht Schaufeln übereinander, die in ein Gefäß mit Quecksilber tauchen. Wenn nun die Gewichte gehoben sind, und ihrer Unterlage beraubt werden, so sinken sie und versetzen dadurch die Achse in Drehungen. Nachdem Joule diese Operation zwanzigmal ausgeführt hatte, ermittelte er die Temperaturerhöhung, die das Quecksilber durch die Reibung an den Schaufeln erfahren hatte. Die zur Erzeugung der Wärme verwendete Arbeit ergab sich aus der Größe

1) Näheres siehe: Stein, Die Lehre von der Energie. Diese Sammlung Bd. 267.

der Gewichte und der Fallhöhe. So fand Joule schließlich für das mechanische Wärmeäquivalent den Wert 424 mkg.

Die eigentliche Grundlage für das Gebäude der mechanischen Wärmetheorie schuf jedoch erst Rudolf Clausius im Jahre 1850.¹⁾ Er stellte die zwei Hauptsätze auf: 1. Wärme und Arbeit sind äquivalent. 2. Das Verhältnis der in Arbeit verwandelten Wärme zu der von einer höheren auf eine niedere Temperatur übergeführten Wärme hängt lediglich von den beiden Temperaturen ab.“ Diese mechanische Wärmetheorie birgt für feste und flüssige Körper noch große Schwierigkeiten in sich. Für die Gase wurde sie passend durch die kinetische Gastheorie vervollständigt, als deren Begründer der Gymnasiallehrer August Krönig zu betrachten ist, der 1856 die „Grundzüge einer Theorie der Gase“ veröffentlichte, die noch durch Clausius, Maxwell u. a. bedeutend gefördert wurde.

Wir hatten nun gesehen, daß die Wärmestraahlen wie die Lichtstrahlen aus Schwingungen bestehen. Es sind also nicht nur von leuchtenden, sondern auch von dunklen Körpern die kleinsten Teile beständig in mannigfachen Schwingungen begriffen, die sich dem die Poren aller Körper und den Weltenraum erfüllenden Äther mitteilen und durch ihn wellenförmig fortpflanzen. So wie durch Absorption von Licht- oder Wärmestraahlen die schwingenden Bewegungen der Moleküle verstärkt oder vermehrt werden und die Temperatur des absorbierenden Körpers erhöht wird, so muß umgekehrt durch Ausstrahlung, — d. h. dadurch, daß die schwingenden Bewegungen der Moleküle eines Körpers den seine Poren erfüllenden Äther zu Schwingungen anregen, die sich als leuchtende oder dunkle Strahlen nach außen fortpflanzen, — die Temperatur des Körpers erniedrigt werden, da die Übertragung an den Äther notwendig eine Verminderung der Intensität der schwingenden Bewegung der Moleküle zur Folge hat.

Bei der Wärmeleitung findet natürlich die Übertragung der Molekülschwingungen ohne die Vermittlung des Äthers statt. Schwierigkeiten bietet nur die Änderung des Aggregatzustandes durch die Erwärmung. Man denkt sich deshalb die Moleküle eines jeden Körpers von einer Ätherhülle umgeben. Während die Moleküle sich selbst und die Ätherteilchen anziehen, stoßen sich die Ätherteilchen unter einander im Gegenteil ab. Überwiegt die Anziehung, so müssen die Moleküle eine Gleichgewichtslage annehmen, um die

1) Über die bewegende Kraft der Wärme. Poggendorffs Annalen, Bd 79.

sie dann nur noch hin und her schwingen, der Körper ist fest; halten sich Anziehung und Abstoßung das Gleichgewicht, so genügt die Einwirkung der geringsten äußeren Kraft, um eine Verschiebung der einzelnen Teilchen hervorzubringen, der Körper ist flüssig; überwiegt die Abstoßung, so streben die Teilchen auseinander, der Körper ist gasförmig. Der Übergang aus dem festen in den flüssigen Zustand ist nun folgendermaßen zu denken: Die Ätherschwingungen, die wir Wärme nennen, prallen so stark auf die Moleküle des festen Körpers, daß sich die Entfernung der Moleküle voneinander vergrößert, dadurch wird die Anziehung geringer werden und schließlich so gering, daß sich Anziehung und Abstoßung das Gleichgewicht halten. Der feste Körper ist flüssig geworden, und er wird gasförmig werden, wenn durch weitere Zufuhr von Wärme die Geschwindigkeit der Moleküle derart gesteigert wird, daß sie aus dem Bereiche ihrer gegenseitigen Anziehung heraustreten und nun frei und unbehindert ihren weiteren Weg im Raume verfolgen können. Es befinden sich also die Moleküle der gasförmigen Körper nach den verschiedensten Richtungen hin in geradlinig fortschreitender Bewegung (Kinetische Gastheorie). Dabei werden die einzelnen Moleküle sehr häufig aneinander prallen, nach den Gesetzen des elastischen Stoßes von ihrer Bahn abgelenkt werden und in der neuen Richtung weiter sausen, bis ein neuer Zusammenstoß erfolgt. Ist ein Gas von festen Wänden eingeschlossen, so prallen fortwährend Moleküle gegen die Wände und erzeugen als Gesamtwirkung aller der Stöße, die in dem betrachteten Augenblick von den Molekülen des Gases auf die Wand ausgeübt werden, den Druck des Gases.

Das sind in großen Zügen die Anschauungen der mechanischen Wärme- und kinetischen Gastheorie, auf deren Einzelheiten wir uns nicht einlassen können, da hierzu die Kenntnis der höheren Mathematik erforderlich ist.

Kapitel V.

Magnetismus und Elektrizität.

a) Magnetismus.

Über den Magnetismus ist im Altertum fast nichts bekannt. Zwar wußte man bereits das eine, daß der wohl zuerst bei Magnesia gefundene Eisenstein Eisenstückchen festzuhalten vermag, hielt aber diese Erscheinung häufig für identisch mit der angebe-

lich von Thales beobachteten, daß geriebener Bernstein (Elektron) leichte Körperchen anzieht. Ja, die Unkenntnis auf diesem Gebiete reicht weit bis ins Mittelalter hinein, so daß uns nicht einmal der Erfinder des Kompaß bekannt ist. Wir wissen nur, daß die Chinesen dieses Instrument bereits im 11. Jahrhundert kannten. Sie waren jedenfalls über die magnetischen Erscheinungen am genauesten orientiert. Sie wußten z. B., daß ein Stab aus gehärtetem Eisen dauernd magnetisch wird, wenn er mit einem Magnetstein gestrichen wird (die Kraft dieses Magneten verschwindet nicht, wenn der Magnetstein entfernt wird), daß frei hängende, in dieser Weise behandelte Nadeln fast genau nach Süden zeigen und in diese Richtung zurückkehren, wenn sie aus ihr herausgedreht werden. Der chinesische Schriftsteller Hiut-schju gibt bereits im Jahre 121 v. Chr. an, daß Magnet der Name eines Steines sei, welcher der Nadel Richtung geben kann.

Wann diese richtunggebende Kraft zuerst benutzt worden ist, wissen wir nicht. Im 11. Jahrhundert besaß man jedoch in China zweirädrige Karren, die eine drehbare Figur trugen, in deren ausgestrecktem Arm ein Magnet so angebracht war, daß die Figur stets nach Süden zeigte. Derartige Wagen benutzten die chinesischen Kaiser bei der Fahrt durch die öden Lößebenen ihres Landes zur Orientierung.

Den Europäern haben die Bekanntschaft mit dem Kompaß jedenfalls die Araber vermittelt. So erzählt 1242 der Araber Baïlak, daß syrische Seeleute in dunklen Nächten einen Magneten auf ein im Wasser schwimmendes Holzkreuz legen und daran die Himmelsrichtungen erkennen. Da das Wasser aber der Drehung Widerstand leistet, sind verschiedentlich Verbesserungen für Schiffskompassse geliefert worden u. a. auch von Kepler. Vielleicht hat auch der Italiener Flavio Gioja, der fälschlich als Erfinder des Kompasses bezeichnet wird, im Anfang des 14. Jahrhunderts eine solche Verbesserung angebracht, vielleicht auch nur das Instrument auf den italienischen Schiffen eingeführt. Daß die Nadel nicht genau die Nord-Südrichtung hat, sondern etwas abweicht und daß diese Abweichung oder Deklination an verschiedenen Orten verschieden ist, ist zuerst von dem bekannten Christoph Columbus ausgesprochen worden. Auch Giovanni Caboto und sein Sohn Sebastian sollen gleichzeitig dieselbe Entdeckung gemacht haben.

Dadurch wurde das Verhalten dieses sonderbaren Instruments noch rätselhafter und seine Erklärung noch schwieriger. So glaubte

Columbus, der Nordstern richte die Magnetnadel. Andere meinten, die Richtkraft des Magneten sei auf der Erde zu suchen, etwa in großen magnetischen Bergen in der Nähe des Poles. Überhaupt bestanden über den Magneten die sonderbarsten Vorstellungen. Der Italiener Giambattista della Porta, der bereits wußte, daß ungleichnamige Pole sich anziehen, gleichnamige einander abstoßen, erzählt z. B. allen Ernstes, wie man die Treue einer Frau mittelst eines Magneten prüfen könne.

Dieses räthselhafte Verhalten des Magneten regte zu vielen Versuchen und Theorien an. So fand bereits 1544 der Nürnberger Geistliche Georg Hartmann, daß die Magnetnadel nicht nur etwas von der Nordrichtung abweicht, sondern bei geeigneter Aufstellung nach unten zeigt, eine Inklination aufweist. Den genauen Inklinationswinkel bestimmte erst der englische Seemann Robert Norman¹⁾; er glaubte, die Inklinationsnadel weise nach einem Punkt im Innern der Erde, sah jedoch diese selbst nicht als magnetisch an. Dies tat erst der englische Arzt William Gilbert, der als der Begründer des Erdmagnetismus zu betrachten ist. Er erklärte²⁾ die Erde für einen großen Magneten, dessen Pole allerdings mit den geographischen zusammenfallen sollten. Um dies zu beweisen, magnetisierte er eine Stahlkugel so, daß sie an zwei einander gegenüberliegenden Punkten die Pole bekam. Dann hängte er die Magnetnadel an einem Faden auf und führte sie um die Kugel herum. Dabei beeinflusste die Stahlkugel den Magneten genau so wie die Erde, es nahm z. B. auch bei diesem Versuche die Inklination vom Aequator nach den Polen hin zu. Was die Entstehung des Erdmagnetismus betrifft, so nahm Gilbert an, daß er durch die Achsendrehung der Erde erzeugt werde und daß die ungleichmäßige Verteilung des magnetischen Landes und des unmagnetischen Wassers die Deklination hervorrufe. Er fand ferner, daß ein Stab, ohne einen natürlichen Magneten, allein durch den Erdmagnetismus magnetisch wird, wenn man ihn senkrecht stellt oder in den Meridian legt, ganz besonders aber, wenn man ihm die Lage der Inklinationsnadel gibt. Dabei wird der Stab zwar in seiner ganzen Länge magnetisch, jedoch am stärksten an den beiden Polen. Deshalb vermutete Gilbert, der Nord- und Südmagnetismus sei auf die einzelnen Hälften des Magneten verteilt, so daß man durch Zerbrechen den einen Mag-

1) The new attractive 1580.

2) de magnetibus, magneticisque corporibus et de magno magnete tellure, physiologia nova 1600.

neten von dem anderen trennen könne. Darin täuschte er sich aber. Denn als er den Magneten zerbrach, wies jeder Teil einen Nord- und einen Südpol auf. Um diese Erscheinungen zu erklären, nahm Franz Aepinus an, daß alle Körper ein magnetisches Fluidum (eine Art Magnetstoff) enthielten, der sich um den Nordpol konzentriere, während der Südpol davon frei sei. Zwei Nordpole stoßen sich nun ab, weil sich die Fluidumsteilchen abstoßen, und ein Nord- und ein Südpol ziehen sich an, weil sich der „natürliche“ Zustand wieder herzustellen sucht.¹⁾ Warum sich aber zwei Südpole abstoßen, wußte Aepinus nicht zu erklären. Deshalb nahm Robert Sommer zwei solche magnetische Fluida an. Da sich aber mit dieser Fluidatheorie die Entstehung neuer Magneten beim Zerbrechen nicht erklären ließ, dachte sich Charles Augustin Coulomb jeden Magneten aus unendlich vielen kleinen zusammengesetzt, von denen jeder einzelne mit einer nord- und süd magnetischen Flüssigkeit behaftet war. Es gelang ihm mit Hilfe der von ihm gefundenen sogenannten Drehwage die gegenseitige Wirkung zweier magnetischer Pole aufeinander zu berechnen und so zu beweisen, daß die magnetischen zu den elektrischen Kräften, sowie zu Licht, Wärme und Schwere in einem gewissen verwandtschaftlichen Verhältnisse stehen. Auch Coulombs Annahme mußte jedoch einer neuen weichen, die man selbst heute noch für richtig hält. Der irische Chemiker Richard Kirwan betrachtete nämlich die Eisenmoleküle als selbständige kleine Magneten mit einem Nord- und einem Südpol, gleichviel ob das Eisen magnetisch ist oder nicht.²⁾ Im letzten Falle liegen die Magneten so, daß Südpol und Nordpol zusammenstoßen und ihre Wirkung gegenseitig aufheben. Die Molekularmagneten liegen in geschlossenen Linien. Beim Magnetisieren werden diese Molekularmagneten in gerade Linien umgelegt und magnetische Kraft ist infolgedessen nur an den Enden des Stabes vorhanden. Da aber die Kraft des Magneten bis nahezu in die Mitte reicht, setzte Georg Simon Ohm an Stelle gerader Linien krumme, die nicht sämtlich an den Endflächen, sondern zum Teil auch in den Seitenflächen des Magneten enden.³⁾

Wir hatten nun oben Gilberts Ansichten über den Erdmagnetismus erwähnt. Diese Theorie vermochte aber weder die Verschiedenheit der Deklination an verschiedenen Orten, wie sie Edmund Halley festzustellen vermochte, noch auch die Veränderlichkeit der Dekli-

1) Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi. 1759.

2) Transactions Irish Academy. Bd. 6. 1797.

3) Beiträge zur Molekularphysik 1840.

nation an einem und demselben Orte zu erklären, wie sie Gellibrand, Norman u. a. beobachteten. Deshalb nahm Halley eine Art Doppelmagneten mit zwei Nord- und zwei Südpolen an, der den Erdkern bildete. Dieser Kern ist aber — so wurde die Veränderlichkeit der Deklination erklärt — durch eine flüssige Schicht von der Schale getrennt und bewegt sich viel langsamer als diese. Ein genaueres Studium ermöglichen uns jedoch erst die Beobachtungen George Grahams, der fand, daß die Magnetnadel im Laufe des Tages nie zur Ruhe kommt und ein Maximum und Minimum erreicht.¹⁾ Kartographisch hatte die Deklination und die Inklination schon Halley darzustellen versucht. Aber erst als genauere Messungen von vielen Orten der Erde vorlagen, als James Ross auf der Halbinsel Boothia Felix im arktischen Amerika den magnetischen Nordpol entdeckt hatte, konnten genauere Karten hergestellt werden. Diese verdanken wir vor allem dem Sammeleifer Christoffer Hansteens. Die Linien, welche die Orte gleicher Deklination verbinden, bezeichnet man als Isogonen, die gleicher Inklination als Isoklinen und die gleicher erdmagnetischer Intensität als Isodynamen. Diese erdmagnetische Intensität maß erst der große Karl Friedrich Gauß durch die Anzahl der Schwingungen, welche die aus der Ruhelage abgelenkte Magnetnadel in einer bestimmten Zeit machte. Die neueren Versuche zur Erklärung des Erdmagnetismus sollen später erwähnt werden. Hier sei nur angefügt, daß bereits Halley im Jahre 1716 bemerkte, daß die Abweichung des Scheitels eines Nordlichtbogens nach Westen etwa gerade so groß ist als die magnetische Deklination. Daß Hjorter beobachtete sogar 1741 beträchtliche Schwankungen der Magnetnadel, während ein Nordlicht am Himmel stand. Solche Beunruhigungen der Magnetnadeln, die man als „magnetische Gewitter“ bezeichnet, fallen auch häufig mit einem Maximum der Sonnenflecken, jenen dunklen, wolkenartigen Flecken auf der Sonne zusammen. Soviel über den Magnetismus.

b) Elektrizität.

1. Reibungselektrizität.

Wenden wir uns nunmehr der Elektrizität zu.

Über die Kenntnisse des Altertums auf diesem Gebiete sind wir ebenfalls so gut wie gar nicht orientiert. Thales von Milet soll zuerst die Anziehungskraft des geriebenen Bernsteins beobachtet haben. Auch

1) Philosophical Transactions 1724.

die Wirkung des Bitterrochens war den alten Römern bereits bekannt. Das Verhalten des Bernsteins wurde noch bis ins 16. Jahrhundert hinein mit dem Verhalten des Magnetsteins identifiziert. Erst der bereits erwähnte William Gilbert untersuchte alle möglichen Körper auf diese Anziehung nach vorangegangener Reibung, wobei er als anzuziehenden Gegenstand eine pfeilförmige, einige Zoll lange Metallnadel benutzte, die, in der Mitte unterstützt, auf einer Spitze balancierte. Er bemerkte, daß einige Körper nach dem Reiben die Nadel anzogen, andere aber nicht. Zu jenen gehören Glas, Harze, Bergkristall, Diamant usw., zu diesen vor allen die Metalle, dann Knochen, Holz, Marmor usw. Dabei beobachtete er, daß die Anziehung durch feuchte Luft verhindert wurde, was doch bei einem Magneten sich unter keinen Umständen zeigte. Er nahm daher eine neue Naturkraft an, die er nach der griechischen Bezeichnung des Bernsteins (elektron) „elektrische Kraft“ (noch nicht „Elektrizität“) nannte. Diese Kraft sollte durch das Ausströmen von eigentümlichen, sehr feinen, mit Feuchtigkeit begabten Ausflüssen aus dem elektrischen Körper entstehen. Er gab also eine Erklärung, die sehr an Newtons Emanationstheorie des Lichts und an die frühere Wärmetheorie erinnert.

Gilberts Versuche setzte dann der ebenfalls schon erwähnte Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke fort mit Hilfe einer rotierenden Schwefelkugel. Er beobachtete dabei eine Übertragung des elektrischen Zustandes durch Berührung, indem er zeigte, daß diese Kugel leichte Körper nicht nur anzog, sondern auch wieder abstieß. Näherete man dem abgestoßenen Körperchen eine brennende Kerze, so kehrte es plötzlich zur Kugel zurück; dies ist die erste Beobachtung über die Wirkung der Flammen.¹⁾ Obwohl Guericke's Versuche wenig Beachtung fanden, folgte doch eine Entdeckung auf die andere. So beobachtete Robert Boyle die elektrische Anziehung im luftverdünnten Raume. Diese Anziehung schrieb er der wirbelnden Bewegung eines klebrigen Ausflusses aus dem elektrischen Körper zu. Francis Hawksbee studierte den elektrischen Funken, dessen Lichterscheinung und knisterndes Geräusch bereits der Engländer Wall mit Blitz und Donner verglichen hatte. Doch findet sich eine klare positive Behauptung erst bei dem Leipziger Professor Johann Heinrich Winkler.²⁾ Ferner fand Hawksbee, daß Metalle durch Reiben

1) *Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio* 1672.

2) Von der Stärke der elektrischen Kraft in gläsernen Gefäßen 1746.

nicht elektrisch gemacht werden können, ohne dies jedoch erklären zu können, da ihm der Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern der Elektrizität noch unbekannt war.

Diesen Unterschied entdeckte erst Stephen Gray im Jahre 1729. Als er nämlich untersuchte, ob eine durch Reiben elektrisierte Glasröhre ihre Wirkung ändert, wenn man sie an den Enden mit Korkpfropfen verschließt, fand er, daß der Kork leichte Körper ebenso anzog wie das Glas. Er verfolgte diese Erscheinung weiter und entdeckte so die Leitfähigkeit der Metalle, Hanffäden usw., die er bis zu 240 m Entfernung benutzen konnte. Die Nichtleitbarkeit durch seidene Schnüre, Haare, einen Harzfuchen usw. führte ihn 1732 zur Erfindung des Isolierschemels; dadurch war die Möglichkeit geboten, auch an den sogenannten Leitern, den durch Reibung nicht elektrifizierbaren Körpern, elektrische Versuche anzustellen und die Verteilung der Elektrizität und besonders der Influenzwirkungen näher zu studieren. So vermochte er selbst die verschiedene elektrische Kapazität der Körper und die Unabhängigkeit der elektrischen Erregung von der Masse des elektrisierten Körpers an einem hohlen und einem massiven Holzwürfel festzustellen.

Diese Resultate regten u. a. auch Charles François de Cisternay du Fay oder, wie er meist kurz genannt wird, Dufay zu eigenen Untersuchungen an. Diese führten ihn dazu, zwei verschiedene, in einem gewissen Gegensatz stehende elektrische Zustände zu unterscheiden, die er nach ihren Hauptrepräsentanten als Glas- und Harzelektrizität bezeichnete. Gleichnamig elektrisierte Körper ziehen dann einander an, ungleichnamig elektrisierte stoßen einander ab. Die Vereinigung beider Elektrizitäten in demselben Grade gibt den neutralen unelektrischen, natürlichen Zustand. Den Grund dafür suchte er in der Existenz zweier Flüssigkeiten, die er sich mit den entsprechenden Eigenschaften begabte dachte. Nicht elektrisierte Körper werden erst von den elektrischen angezogen, erhalten durch Mitteilung gleichnamige Elektrizität und werden dann wieder abgestoßen, bis sie die empfangene Elektrizität durch Berührung an einen anderen Körper weiter gegeben haben. Diese einfache Erklärung brachte in das ganze Gebiet Ordnung und erklärte manche Unregelmäßigkeit, über die man bisher den Kopf geschüttelt hatte.

Dufay erklärte ferner das verschieden weite Auseinandergehen von nebeneinander hängenden Fäden, die gleich stark elektrisiert, aber aus verschiedenen Stoffen hergestellt waren, durch deren verschiedene Leitfähigkeit und legte so den Grund zum Erkennen und

Messen der elektrischen Erregung der Körper, die mit den später erfundenen Elektroskop und Elektrometern vorgenommen wird. Auch die leitende Natur der Flamme erkannte Dufay. Zunächst beschäftigte man sich nur mit dem Unterschiede in der Leitbarkeit der Elektrizität durch verschiedene Stoffe und ließ die Lehre von den zwei verschiedenen Elektrizitäten unbeachtet. Die Bezeichnungen: Leiter und Nichtleiter, elektrisches Leitungsvermögen, die um 1750 bereits allgemein verbreitet waren, stammen noch nicht von Dufay selbst, sondern wurden erst von Johann Theophil Desaguliers vorgeschlagen.

In dieser Zeit (1745) trat neben Dufays Entdeckungen eine neue, die weniger Aufsehen erregte. Die Erfindung der Leidener Flasche, die gleichzeitig von dem Deutschen Ewald von Kleist und von dem Holländer Cunaeus gemacht wurde, einer Flasche, in der sich die Elektrizität aufspeichern läßt. Entlade ich die Flasche, so erhalte ich einen deutlichen Funken und einen schwachen Knall.

Mit Hilfe dieser Kleistschen Flasche versuchte William Watson 1748 die Geschwindigkeit der Elektrizität zu messen. Ein Beobachter faßte mit beiden Händen die Enden zweier Drähte, von denen der eine mit der äußeren Belegung einer Leidener Flasche verbunden war, während der andere dem Knopf der Flasche genähert werden konnte, so daß die Entladung durch den Körper des Beobachters erfolgte. Man suchte nach einer Zeitdifferenz zwischen dem Aufblitzen des Funkens und der empfundenen Erschütterung. Daß man keine finden konnte, selbst wenn die Drähte 4000 m lang waren, werden wir bald begreifen, wenn wir uns mit der galvanischen Elektrizität beschäftigen. Fast gleichzeitig hatte als erster der Danziger Professor Daniel Gralath die Elektrizität durch eine Kette von 20 Personen geschickt. Dabei zeigte sich, daß die Elektrizität, wenn ihr mehrere Wege zur Verfügung stehen, stets den besleitenden bevorzugt. Das sind nur einige der neuen Beobachtungen, die sich jetzt förmlich drängen, die aber natürlich auch einer Erklärung bedürften.

Hierbei war vor allem die Beobachtung Watsons von Bedeutung, daß bei allen elektrischen Versuchen die Elektrizität nicht neu hervorgebracht, sondern nur von einem Körper auf den anderen übertragen werde. Da bei der Erzeugung der Elektrizität stets eine Verbindung mit der Erde hergestellt war, nahm er einen „Kreislauf der elektrischen Materie“ an, eine strömende Bewegung der Elektrizität in dem Sinne, daß sie durch diese Operationen aus der Erde in den

elektrischen Körper dringe. Hielt von zwei isolierten Personen die eine eine Röhre, welche die zweite rieb, so wurden alle zwei Personen ohne jede Verbindung mit der Erde elektrisch; die Elektrizität mußte dabei von der einen Person auf die andere übergehen. Deshalb unterschied Watson eine größere und eine geringere Dichte der elektrischen Materie, welche die Ursache dieser Erscheinungen sein sollte. Dies war im Jahre 1748.

Schon im nächsten Jahre veröffentlichte der berühmte Benjamin Franklin eine ähnliche, aber bereits weiter ausgebauten Theorie. Er ging von der Leidener Flasche aus und nahm an, daß die Außenfläche und die Innenfläche der Flasche gleich stark entgegengesetzt elektrisch werden, daß daher durch die Entladung nur ein Ausgleich erfolgt. Die Ladung hingegen wird in der Weise bewerkstelligt, daß die eine Fläche durch Mitteilung elektrisch wird und durch die isolierende Glasschicht hindurch auf der anderen Seite den entgegengesetzten elektrischen Zustand hervorruft. Um diese elektrische Wirkung durch das Glas hindurch zu erklären und zugleich die Notwendigkeit der leitenden Verbindung der zweiten Seite mit der Erde zu begründen, sah sich Franklin zur Aufstellung einer Hypothese über das Wesen der Elektrizität genötigt.

Im Gegensatz zu Dufay hielt er die Annahme einer einzigen elektrischen Materie, die mit der des Feuers und Lichtes identisch sein sollte, für ausreichend. Ihre Teilchen stoßen sich wechselseitig ab, ziehen hingegen die Körperteilchen an. Diese Materie ist von außerordentlich feiner Beschaffenheit, durchdringt die Körper nach dem Grade ihrer Leitbarkeit mit wachsender Leichtigkeit und jeder Körper ist im unelektrischen Zustande damit gesättigt, d. h. er vermag keine mehr aufzunehmen. Wird z. B. durch Reiben noch mehr an seiner Oberfläche angehäuft oder ihm ein Teil der normalen entzogen, so erscheint der Körper positiv bzw. negativ elektrisch. Nichtleitende Körper vermögen nur eine bestimmte Menge des elektrischen Fluidums festzuhalten, so daß durch Mitteilung nur eine Veränderung in der Verteilung derselben eintreten kann. Wenn somit der einen Belegung der Kleistschen Flasche elektrische Materie zugeführt werden soll, muß infolge der durch das Glas hindurch wirkenden abstoßenden Kraft derselben aus der anderen Belegung genau ebensoviel Elektrizität durch einen Leitungsdraht entweichen können; ein Ausgleich der elektrischen Verteilung durch das Glas hindurch ist ausgeschlossen, da Glas für die elektrische Materie selbst undurchdringlich ist. Auch beim Reiben findet nur ein Übergang

des Fluidums aus dem einen geriebenen Körper in den anderen statt.

Diese Theorie erklärte mit einem Schläge eine ganze Anzahl räthselhafter Erscheinungen und fand deshalb begeisterte Aufnahme, sie vermochte jedoch nicht die gegenseitige Abstoßung zweier negativ elektrischer Körper zu erklären. Franklin mußte deshalb annehmen, daß die eigentlich unelektrische, d. h. von Elektrizität freie Materie sich abstoßen müsse. Schließlich seien hier noch Franklins Untersuchungen über die elektrische Eigentümlichkeit der Spitzen erwähnt. Um diese zu erklären, nahm er an, daß an spitzen Stellen der Widerstand der Körpermaterie gegen den Durchgang der Elektrizität infolge ihrer geringen Menge zu schwach sei, um das Ein- und Ausströmen derselben zu verhindern.

Diese Anschauungen bildeten dann Franz Ulrich Theodor Aepinus und Johann Karl Wilke weiter aus. John Canton hatte nämlich beobachtet, daß die Kugeln eines Doppelpendels sich gegenseitig abstießen, wenn man mit einem elektrisierten Stabe in die Nähe kam, dagegen sofort wieder zusammenfielen, wenn man den Stab entfernte, zur Erklärung hatte er den Begriff der „elektrischen Atmosphäre“ eingeführt¹⁾, durch welche die Pendelkugeln dieselbe Elektrizität wie der Stab erhalten sollten. Wilke brachte nun einen elektrischen Stab in die Nähe eines isolierten Hollundermarkpendels und berührte dies kurz mit dem Finger. Entfernte er dann den Stab, so zeigte das Pendel die entgegengesetzte Elektrizität wie dieser. Dasselbe Resultat ergab sich sogar, wenn das Pendel nicht abgeleitet, sondern einer Nadelspitze genähert wurde. Aepinus nun vermochte zu zeigen, daß in einem isolierten Leiter, den man einem elektrischen Körper nähert, am zugewandten Ende die entgegengesetzte, am abgewandten Ende die gleiche Elektrizität auftritt wie im Körper. Deshalb setzte Aepinus an die Stelle der „elektrischen Atmosphäre“ den genaueren Begriff des elektrischen Wirkungskreises. Die Frage nach dem Ursprunge der Elektrizitäten auf dem isolierten Leiter beantwortete Aepinus durch Franklins Theorie. Ein Gegner entstand ihr aber in Robert Symmer. Er nahm, wie Dufay, zwei elektrische Fluida an, die in einem unelektrischen Körper in gleichen Mengen vorhanden sind und sich gegenseitig neutralisieren. Bei einem elektrischen Körper ist eine im Ueberschuß oder überhaupt allein vorhanden, so daß das Elektrifizieren der Trennung dieser

1) Philosophical Transactions 1754.

Fluida gleichkommt. Zu dieser Theorie veranlaßten ihn seine Seidenstrümpfe, von denen er stets zwei Paar von verschiedener Farbe übereinander trug; diese erwiesen sich nämlich als stark elektrisch und zwar entgegengesetzt, wie dies 1757 auch Wilke am geriebenen Körper und Reibzeug beobachtet hatte. Symmer konnte all dies aus der Annahme zweier Elektrizitäten und dem Gesetz erklären, daß sich zwei gleichartige abstoßen, zwei ungleichartige dagegen anziehen.¹⁾ In diese Zeit fallen auch Benjamin Franklins Versuche über die Wirkung der Spitzen; er fand, daß die Elektrizität des geladenen Körpers von der aus der Spitze austretenden ungleichnamigen neutralisiert wird, und gelangte so zur Erfindung des Blitzableiters, da er, wie verschiedene vor ihm, davon überzeugt war, daß der Blitz ein großer elektrischer Funke sei. Ja, er vermochte dies an dem bekannten 22. Juni 1752 sogar nachzuweisen. Zu diesem Zwecke ließ er während eines Gewitters einen Drachen steigen, der eine eiserne Spitze trug; zunächst allerdings ohne Erfolg. Dieser stellte sich erst ein, als der Gewitterregen die Hanfschnur angefeuchtet und damit leitend gemacht hatte. Diese Schnur trug an ihrem unteren Ende einen Schlüssel, aus dem Franklin jetzt zahlreiche Funken ziehen konnte. Noch im selben Jahre gelang es Le Monnier nachzuweisen, daß die Luft stets elektrisch sei, auch dann, wenn keine Gewitterwolken vorhanden sind. Mit ähnlichen Studien beschäftigte sich auch der Turiner Professor Giovanni Battista Beccaria, der sich bemühte, alle meteorologischen Erscheinungen, — in die er außer dem Gewitter, Regen, Hagel und Schnee auch die Meteore und Sternschnuppen, das Nordlicht und Wetterleuchten, Wasserhosen, Wirbelwinde, ja selbst das Erdbeben einbezog, — als Wirkungen elektrischer Vorgänge zu erklären. Nur seine Erklärung von der Entstehung des Donners hat sich bis in unsre Tage hinüber gerettet.

Nach ihm beschäftigte sich vor allem Horace Benoit de Saussure mit Untersuchungen über die atmosphärische Elektrizität und es gelang ihm 1785, eine ziemlich regelmäßige tägliche Periode in den Schwankungen derselben an heiteren Tagen nachzuweisen.

Gustav Schübler in Tübingen konstatierte neben der täglichen eine jährliche Periode der Normalelektrizität der Luft und setzte den Zusammenhang der Elektrizität der Niederschläge mit der Windrichtung außer allen Zweifel. Obwohl sich noch manche Forscher

1) Philosophical Transactions 1759.

nach ihm mit der Luftpolektrizität beschäftigt haben, hat doch noch keine befriedigende Theorie dafür aufgestellt werden können.

Unterdessen hatte aber die allgemeine Theorie der Elektrizität große Fortschritte gemacht durch die Untersuchungen von Charles Augustin Coulomb. Er gab für die Erklärung der Symmerschen Anschauung den Vorzug, betonte aber, daß die mathematischen Resultate für beide Hypothesen völlig dieselben sind. Er zeigte durch Rechnung, daß sich die freie Elektrizität in Folge ihrer gegenseitigen Abstoßung über die Oberfläche der Körper ausbreiten muß, ohne in das Innere einzudringen, erklärte aus der Theorie die Wirkung der Spitzen durch die hohe elektrische Spannung¹⁾ an den Enden und so weiter. Durch seine Arbeiten hat Coulomb die festen Grundlagen für die Theorie der sogenannten Elektrostatik geschaffen und die Fundamentaltatsachen für alle weitere Forschung auf diesem Gebiete geliefert. Für die Entwicklung der Elektrizitätslehre sind seine Anschauungen ausschlaggebend geworden. Durch seine abgeschlossenen Resultate und durch die gleichzeitige Entdeckung einer bis dahin nicht geahnten Quelle außerordentlich zahlreicher und ganz anders gearteter elektrischer Erscheinungen gelangten die diesbezüglichen Untersuchungen zugleich für ziemlich lange Zeit zu einem gewissen Abschlusse. Auch kann uns die Weiterführung insofern nicht interessieren, als sie lediglich mathematischer Natur war.

2. Galvanismus.

Diese andersgeartete, die strömende, Elektrizität wurde entdeckt von dem Anatomieprofessor Aloisio Galvani. Er hatte ein Präparat von Froschschenkeln, deren Nerven noch an einem Stück des Rückenmarks hingen, in der Nähe einer Elektrifiziermaschine auf eine Tafel gelegt, und einer seiner Zuhörer machte nun die Bemerkung, daß die Schenkel zuckten, wenn sie mit der Messerspitze berührt wurden. Die Wirkung war stärker und leichter zu erzielen, wenn gleichzeitig Funken aus dem Konduktor der Maschine gezogen wurden. Galvani erkannte, daß die Berührung durch einen Leiter erfolgen müsse, vermochte aber die offenbare Influenzerscheinung nicht zu erklären. Er studierte sie deshalb genauer und konnte sie u. a. auch mit Hilfe der atmosphärischen Elektrizität, der Blitze erzeugen. Als er aber die Zuckungen auch erhielt, ohne daß in der Atmosphäre irgendwelche

1) Unter Spannung versteht man das Bestreben der Elektrizität, sich von der Oberfläche des Körpers nach außen zu entfernen.

elektrische Veränderungen wahrnehmbar waren, wurde er zur Entdeckung einer ganz neuen Elektrizitätsquelle veranlaßt. Er bemerkte nämlich auch Zuckungen, wenn das eiserne Häkchen, mit dem das Rückenmark durchbohrt war, eine eiserne Platte berührte, auf der die Froschschenkel lagen. Bei einem Kupfer- oder Silberhaken war die Wirkung stärker und von längerer Dauer. Galvani legte die Schenkel auch auf eine Glasplatte und hielt ein Drahtstück an das Ende der Nerven beim Rückenmark, ein anderes an die Fußmuskeln. Brachte er die freien Drahtenden zur Berührung, so erfolgten wieder Zuckungen, die stärker waren, wenn die beiden Drahtstücke aus verschiedenen Metallen z. B. Eisen und Kupfer oder Silber und Kupfer bestanden. Hier war jede Einwirkung einer andern Elektrizitätsquelle ausgeschlossen, und Galvani sah sich daher veranlaßt, die Ursache der Erscheinung in dem durch Froschschenkel und Metalldrähte gebildeten Bogen selbst zu suchen. Er glaubte, diese im tierischen Organismus zu finden, der eine eigentümliche „dem Tiere anklebende Elektrizität“ erzeugen und besitzen sollte. Der Froschschenkel wurde von ihm mit einer Meißischen Flasche verglichen, deren beide Belegungen durch den Nerven und den Muskel vertreten sein sollten, während die trennenden Metalle nur die leitende Verbindung herstellten¹⁾. Daß Galvani hiermit jedoch eigentlich zwei grundverschiedene Dinge entdeckt hatte, die Erzeugung von Elektrizität durch zwei verschiedene metallische und einen feuchten Leiter, sowie die physiologische Elektrizität, das wurde ihm nicht klar. Um das überhaupt zu finden, bedurfte es vieler umfangreicher Versuche. Daß bei den letzten Versuchen die metallische Schließung die Hauptsache sei, hob zuerst 1792 Professor Reil in Halle hervor. Er entdeckte auch die Wirkung der von ihm sogenannten Galvanischen Elektrizität auf die Gesicht- und Geschmacksnerven. Eine ähnliche Beobachtung, die bis dahin weder verstanden noch beachtet worden war, hatte bereits Johann Georg Sulzer gemacht, daß nämlich durch die gleichzeitige Berührung zweier verschiedener Metalle untereinander und mit der Zunge eine eigentümliche Geschmacksempfindung hervorgerufen wird.

Alexander Volta, der sich ebenfalls unablässig um eine Erklärung dieser Erscheinungen bemühte, bemerkte, daß die Froschzuckungen nur dann eintreten, wenn zwei sich berührende verschiedene Metalle der Kette angehören, daß aber jeder künstlich erzeugte Unterschied

1) Alonzi Galvani Abhandlung über die Kräfte der tierischen Elektrizität (Übersetzung des Originals von Johann Meher) 1793.

zwischen zwei gleichen Stücken desselben Metalls schon dazu ausreicht. Damit meinte er erwiesen zu haben, daß für die galvanischen Erscheinungen der Ursprung durchaus nicht in einer besonderen „tierischen Elektrizität“, ja selbst nicht einmal in der Berührung des Metalles mit dem Froschschenkel zu suchen sei, sondern, daß sie einzig und allein durch die gegenseitige Berührung der Metalle hervorgebracht werde. Mit Hilfe eines Kondensators oder Verstärkers, d. h. zweier Metallplatten, die durch eine nicht leitende Firnissschicht verbunden sind, gelang ihm auch der Nachweis, daß zwei verschiedene Metalle, miteinander in Berührung gebracht, ungleichnamig elektrisch werden. Eine andere Methode, ihre Wirkungen zu verstärken, führte ihn auf die weittragende Erfindung der nach ihm benannten Säule, die er zuerst 1800 zugleich mit seinem „Becherapparat“ beschrieb.¹⁾

Er verband die Metallplatten durch feuchte Leiter, z. B. durchnäßte Tuchlappen, wässerige Lösungen u. dergl. Je nachdem man hierzu feste oder flüssige Zwischenleiter benutzt, unterscheidet man diese Apparate jetzt als Säulen oder Elemente. Die Ähnlichkeit ihrer Wirkungen und ihres Baues mit der der elektrischen Fische führte Volta auch auf eine Theorie dieser Fische. Die Ähnlichkeit der Schläge der Kleistschen Flasche mit denen des Zitterrochen hatte schon Pieter van Musschenbroek erkannt und für diese und verwandte Tiere den Namen elektrische Fische aufgebracht. Andere erwiesen dann die elektrische Natur dieser Tiere durch den Umstand, daß man die Schläge nur bei gleichzeitiger Berührung von Rücken und Bauch mit einem guten Leiter der Elektrizität empfängt. J. Walsh entdeckte auch das elektrische Organ dieser Fische, das aus zwei Reihen sehr zahlreicher senkrechter Säulen besteht, zwischen denen eine wässerige Flüssigkeit vorhanden ist. Bei dem in Amerika lebenden Zitteraal pflanzte sich der Schlag von einem Leiter zum anderen fort und dabei sprang ein elektrischer Funke über, was später auch beim Zitterrochen beobachtet wurde. Auf Grund seiner Säule erklärte Volta die Entwicklung der Elektrizität in ihren eigentümlichen Organen, eine Theorie, die de la Rive und Matteucci 1845 durch die Wahrnehmung bestätigten, daß die elektrische Erregung bei Verbindung der Mitte des Körpers mit einem der beiden Enden nur ungefähr halb so stark ist als bei Verbindung von Kopf und Schwanz.

Es vermochte daher Volta an die Stelle von Galvanis Hypothese einer „tierischen Elektrizität“ eine neue Erklärung zu setzen, die

1) Philosophical Transactions 1800.

sogenannte Kontakt-(Berührungs)theorie. Alle Körper, besonders Metalle, führen bei Berührung eine Scheidung ihrer beiderseitigen Elektrizitäten herbei, die dabei tätige „elektromotorische Kraft“ ist nicht für alle Körper die gleiche. Da alle Flüssigkeiten untereinander und in Verbindung mit andern Körpern nur geringe elektrische Spannungen zeigen, scheidet sie Volta als „Leiter zweiter Art“ von den Metallen, verschiedenen Kohlearten, Graphit usw., den „Leitern erster Art“. Diese letztern lassen sich nun in eine Spannungsreihe derart einordnen, daß jedes frühere Glied gegen ein späteres positiv erscheint. Auch ist die elektromotorische Kraft zwischen irgend zwei von ihnen stets die gleiche, mögen sie sich unmittelbar berühren oder eine Anzahl anderer Glieder zwischen ihnen eingeschaltet sein. Um eine elektrische Strömung zu erzeugen, müssen also auch Leiter der zweiten Art als Zwischenschicht vorhanden sein, da durch diese die bei Berührung der ersten Leiter erzeugten Spannungen zum Ausgleiche gelangen.

Der Kieler Professor Christian Heinrich Pfaff bewies übrigens 1840, daß Volta die Elektrizitätserregung durch Flüssigkeiten unterschätzt hatte, indem ihre Wirkung bei gegenseitiger Berührung wie im Kontakt mit Metallen zuweilen ebenso stark, ja selbst stärker als die der Metalle ist.

Einen wesentlichen Punkt in der von Volta gegebenen Theorie bildete die Behauptung der Identität der galvanischen mit den elektrischen Erscheinungen. Nachdem Volta, nach der Erfindung der Säule, selbst die ersten Funken aus einem metallischen Schließungskreis mit Hilfe des Kondensators erhalten hatte, beobachteten Nicholson und Carlisle direkt den Funken, der bei der Schließung der Kette auftritt, und Ritter entdeckte 1801 einen ähnlichen Funken bei der Öffnung des Stromkreises, wobei er bemerkte, daß der Öffnungsfunke stärker und leichter zu erhalten ist als der Schließungsfunke. Gleichzeitig mit Pfaff nahm er auch das wesentlichste Kennzeichen elektrischer Erregung, die Anziehung und Abstoßung an den Enden einer offenen Säule wahr. Diese Enden bezeichnete er als galvanische Pole und zwar als positiv denjenigen, der am Elektroskop, — zwei Goldblättchen, die zunächst mit einer der beiden Elektrizitäten geladen werden und beim Annähern von Körpern mit der gleichen Elektrizität weiter auseinander und bei solcher mit entgegengesetzter Ladung zusammen gehen — positive Elektrizität anzeigt, von dem somit bei Schluß der Kette die positive Elektrizität durch den Schließungsdraht zum andern Pol überströmt. Es gelang auch, mit

Hilfe des galvanischen Stromes eine Kleifische Flasche zu laden und genau so, wie mit Reibungselektrizität, entzündliche Substanzen z. B. Aether in Brand zu setzen. Volta erklärte 1801, daß der andauernde elektrische Strom der Säule von großer Quantität, aber von nur geringer Spannung sei, so daß seine Wirkung vollkommen mit denen einer sehr großen Batterie, einer Anzahl von Elementen von bedeutender Kapazität, aber schwacher Ladung, verglichen werden könnte. Ihren Abschluß fanden diese Erörterungen durch die großartigen Versuche von Pfaff und van Marum im Jahre 1801. Sie vermochten die völlige Gleichheit der thermischen (Erwärmung) und chemischen Wirkungen, sowie der Spannungserscheinungen beider Elektrizitätsquellen endgültig nachzuweisen.

Kapitel VI.

Elektrizität. (Fortsetzung.)

Dieser Zusammenhang der Reibungs- und galvanischen Elektrizität wurde ebenfalls um 1800 auch noch durch elektrochemische Versuche gewonnen. Es hatte nämlich schon in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts Henry Cavendish den elektrischen Funken der Elektrifiziermaschine durch Luft schlagen lassen und eine Volumverminderung, sowie beim Durchgang durch ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff die Bildung von Salpetersäure konstatiert. Außer dieser Neubildung eines zusammengesetzten Körpers aus einfachen unter dem Einflusse des elektrischen Funkens gelang es auch, eine Zerlegung durch die Elektrizität zu erreichen. Bereits 1758 zerlegte der Italiener Beccaria das Zinnober durch den elektrischen Funken und beobachtete zuerst die Gasbläschen, die beim Durchgang der Elektrizität durch Wasser von den Drahtenden aufsteigen; es gelang ihm ferner, mehrere Metalle aus ihren Sauerstoffverbindungen, Dryden, wie sie der Chemiker heute nennt, oder „Kalken“, wie man damals sagte, herzustellen. Priestley bemerkte darauf 1766 an den von dem Funken getroffenen Stellen einer Metallplatte mehrere farbig-glänzende Ringe, die er richtig von der „Drydation“, der Verbindung mit Sauerstoff, herleitete. Im Jahre 1789 endlich machten Paetz van Troostwyk und Deimann die große Entdeckung von der Zusammensetzung des Wassers; es gelang ihnen, dieses durch eine Reihe elektrischer Schläge in Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen und das entstehende Gasgemisch durch den Funken wieder

zu Wasser zu vereinigen. 1801 bemerkte auch Wollaston die Abscheidung von Metallen aus ihren Lösungen durch den elektrischen Funken. Er ließ nämlich den 2,5 mm langen Funken einer Elektrifiziermaschine auf einen von zwei Silberdrähten schlagen, während der andere zur Erde abgeleitet war. Die 0,2 mm dicken Drähte waren fast völlig mit Siegellack überzogen und tauchten in eine Kupfervitriollösung. Schon nach 100 Umdrehungen wurde an der Spitze, die mit negativer Elektrizität geladen war, an der negativen Elektrode, wie man kurz sagt, Kupfer abgeschieden, das sich sofort wieder auflöste, wenn man die Pole vertauschte. Verwandte Wollaston zu dem gleichen Versuche Quecksilberchlorid und Golddrähte, so wurde die negative Elektrode mit Quecksilber überzogen.

Ohne Reibungselektrizität hatte die ersten chemischen Umwandlungen unter dem Einflusse der Elektrizität, oder kürzer, die ersten elektrolytischen Zersetzungen schon 1795 der Arzt Ash in Oxford bemerkt, als er ein Silberstück auf eine befeuchtete Zinkplatte legte, die sich dann mit einem weißen Staube (Zinkoxyd) bedeckte. Der berühmte Alexander von Humboldt wiederholte noch im selben Jahre den Versuch und bemerkte dabei Wasserstoffblasen, die an der Silberplatte aufstiegen. Die Erscheinung erklärte er durch eine erfolgte Zersetzung des Wassers und sprach die Vermutung aus, daß wahrscheinlich alle galvanischen Vorgänge von chemischen Veränderungen begleitet sein dürften¹). Der Nachweis, daß man Wasserstoff und Sauerstoff erhält, wenn man die Elektrizität durch Platindrähte in Wasser leitet, wurde erst von Antony Carlisle und William Nicholson im Jahre 1800 geführt. J. W. Ritter vermochte ebenfalls im Jahre 1800 Ammoniak zu zersetzen, sowie Kupfer aus Kupfervitriol niederzuschlagen.

Entscheidend für die Elektrochemie wurde auch das Jahr 1807, als es Humphry Davy gelang, durch Elektrolyse aus Alkali das metallische Kalium und aus Magnatron das metallische Natrium zu gewinnen²). Indem er dieselbe Methode auf die alkalischen Erden und Magnesiumsalze anwandte, konnte er dann 1808 das Calcium, Strontium, Barium und Magnesium und 1818 das Lithium, Bunsen 1854 das Aluminium chemisch rein darstellen.

Das waren neue Beobachtungen, die eine Erklärung forderten. Schon 1800 hatte William Cruikshank eine solche zu geben versucht, die aber bald durch die Davy's verdrängt wurde. Nach dieser wird

1) Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern. 1792.

2) Philosophical Transactions 1808.

längs der ganzen Leitung, die durch die Elementarteilchen der Flüssigkeit gebildet wird, eine Zersetzung dadurch hervorgerufen, daß die elektrifirten Metallplatten auf gewisse Bestandteile der Verbindung anziehende, auf die andern abstoßende Kräfte ausüben, deren Wirkung sich von Teil zu Teil durch die ganze Flüssigkeit fortpflanzt, so daß sie eine Reihe von Zersetzungen und Wiedervereinigungen der benachbarten Teilchen zur Folge hat. Der berühmte Chemiker Jäns Jakob Berzelius bildete diese Theorie weiter aus, doch hat dies mehr Bedeutung für das chemische Gebiet, in das wir hier nicht weiter eindringen können. Noch vor Davy hatte der russische Gutsbesitzer Theodor Freiherr von Grothuß im Jahre 1805 ganz ähnliche Betrachtungen angestellt. Nach seiner Theorie laden sich die Elemente einer Verbindung in Folge ihrer Berührung ebenfalls entgegengesetzt elektrisch, durch die Anziehung oder Abstoßung von den elektrifirten Metallplatten richten sie sich zunächst nach entgegengesetzten Seiten und, wenn die Spannung groß genug ist, erfolgt ihre Trennung; die Elektrizitäten der an den Polen gelegenen Teilchen neutralisieren sich mit den entgegengesetzten der Elektroden, die in der Mitte befindlichen Teilchen dagegen gehen mit den ihnen benachbarten in Folge ihrer entgegengesetzten elektrischen Ladungen neue Verbindungen ein, welche durch die Einwirkung der Elektroden wieder umgelagert werden. Die Zersetzung dauert demnach so lange, als elektrische Kräfte an den beiden Polen tätig sind. Im Gegensatz zu Davy legte Grothuß Gewicht darauf, daß alle Teile der Flüssigkeit sich gleichzeitig richten, trennen, aneinander verschieben und wieder vereinigen und führte die Theorie des ganzen Vorganges in allen ihren Einzelheiten klar und konsequent durch.

Damit waren wieder zwei Gebiete unter einen einheitlichen Gesichtspunkt gebracht, die Reibungs- und die galvanische Elektrizität. Auch für Elektrizität und Magnetismus konnte in dieser Zeit ein Zusammenhang nachgewiesen werden; denn es gelang im Jahre 1820 dem dänischen Physiker Hans Christian Oersted die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom nachzuweisen. Allerdings fand er nicht eine direkte Anziehung oder Abstoßung des magnetischen Poles durch den Schließungsdraht, wie man allgemein vermutete, sondern vielmehr eine Kraft, welche den Pol senkrecht zu der Ebene zu bewegen sucht, die durch ihn und das ihm zunächst liegende geradlinige Stück der Leitung bestimmt wird¹⁾. Als Gesetz für die Ablenkung

1) Experimenta circa efficaciam conflictus electrici in acum magneticam 1820.

fand er: „Der Pol, über dem die negative Elektrizität eintritt, wird nach Westen, der Pol aber, unter dem sie eintritt, nach Osten abgelenkt.“ Ampère sprach dieses Gesetz etwas leichter verständlich aus in seiner sogenannten Schwimmerregel; als Stromrichtung bezeichnete er — wie wir es noch heute tun — die Richtung der strömenden positiven Elektrizität. Diese Regel lautet: Der Nordpol einer Nadel wird stets zur linken Hand eines Schwimmers abgelenkt, der sich mit dem Strome bewegt und dabei auf die Nadel hinblickt.

Ampère konnte ferner zeigen, daß zwei parallele Ströme sich anziehen oder abstoßen, je nachdem sie gleiche oder verschiedene Richtung haben.

Dazu bediente er sich des nach ihm benannten Ampèreschen Gestells. Indem er an Stelle eines Drahtkreises zur Verstärkung der Wirkung eine Drahtspirale benutzte, erhielt er das — 1822 von ihm so genannte — Solenoid (Fig. 12). Näherte er zwei von Strömen durchflossene Schraubendrähte einander mit ihren Enden, so waren die Ströme bei ungleichnamigen Polen parallel und gleichgerichtet, bei gleichnamigen aber entgegengesetzt gerichtet. Gleich-

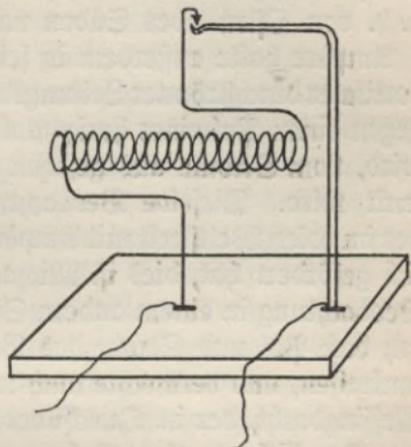


Fig. 12.

namige Pole stoßen also einander ab, ungleichnamige ziehen einander an, es gilt daher für zwei Schraubendrähte dasselbe Gesetz — was Ampère auch für einen Schraubendraht und einen Magneten nachweisen konnte — wie für zwei Magnete. Ein Magnet kann also hinsichtlich seiner Wirkung aufgefaßt werden als ein Körper, der senkrecht zu seiner Achse von parallelen und gleichgerichteten Strömen in demselben Sinne wie ein Elektromagnet umkreist wird. So gelangte Ampère zu folgender Theorie des Magnetismus: Die Moleküle, die Teilchen eines Magnets, sind senkrecht zu seiner Achse beständig von parallelen und gleichgerichteten Strömen umkreist; die um die einzelnen Teilchen eines jeden Querschnitts fließenden Ströme wirken dann nach außen so wie ein einziger um den ganzen Querschnitt kreisender Strom, der die Resultierende der sämtlichen Molekularströme des Querschnitts darstellt. Im unmagnetischen Eisen werden die Moleküle ebenfalls von Strömungen umflossen, die aber ganz verschiedene

Richtungen haben. Das Magnetisiren besteht also in einem Parallel- und Gleichrichten dieser Ströme. Die gegenseitige Anziehung ungleichnamiger und die Abstoßung gleichnamiger Pole erklärte sich dann dadurch, daß im ersten Falle die elektrischen Ströme, die um die Magnetpole fließen, dieselbe, im zweiten Falle aber die entgegengesetzte Richtung haben. Die Wirkung des elektrischen Stromes auf eine Magnetnadel ergibt sich als Folge des Gesetzes, daß zwei auf einander einwirkende Ströme sich parallel zu stellen streben¹⁾. Dehnt man diese Theorie auf den Erdmagnetismus aus, so hat man sich vorzustellen, daß die Erde, die ja im Norden einen magnetischen Südpol besitzt, von elektrischen Strömen senkrecht zu den Polen, d. h. von Osten über Süden nach Westen, umflossen wird.

Ampère hatte außerdem in seinem Gesetz ausgesprochen, daß ein vertikaler durchströmter Leitungsdraht, der in verschiedene Stellungen gegen einen Pol einer horizontal beweglichen Magnetnadel gebracht wird, vom Strome aus gesehen stets in der gleichen Richtung abgelenkt wird. Dieselbe Beobachtung machte ein zweiter Forscher, der im edlen Wettstreit mit Ampère die Elektrizitätslehre außerordentlich gefördert hat, dies ist Michael Faraday. Er glaubte aber, diese Beobachtung in einem andern Sinne auslegen zu müssen. Er nahm an, daß Pol und Strom das Bestreben hätten, sich gegenseitig zu umkreisen, und vermochte auch nachzuweisen, daß ein freihängender Messingdraht, der in Quecksilber taucht, durch die Einwirkung eines im Quecksilber aufrechtstehenden Magnetpols um diesen rotiert, sobald ein Strom durch ihn geschickt wird. Umgekehrt geriet ein im Quecksilber schwimmender Magnet in Drehung um den Leitungsdraht, wenn durch diesen ein Strom ging.

Im vollen Einklange mit Ampères Theorie konnte der schon mehrfach erwähnte Davy den elektrischen Lichtbogen, der einen beweglichen Stromleiter darstellt, durch einen genäherten Magneten ablenken, ja ihn sogar in Rotation versetzen.

Im Verlaufe dieser Untersuchungen hatte nun Ampère 1822 einen isolierten Kupferring innerhalb eines kreisförmig gebogenen Leiters aufgehängt und bemerkt, daß er von einem genäherten Magneten je nach der Richtung des Stromes angezogen, bald von ihm zurückgestoßen wurde. Merkwürdigerweise verfolgte Ampère diese Erscheinung nicht weiter, und auch die übrigen Forscher ließen sie unbeachtet. Erst als Arago im Jahre 1824 bemerkte, daß eine Magnetnadel

1) Recueil d'observations électro-dynamiques 1822.

in der Nähe einer rotierenden horizontalen Metallscheibe aus ihrer Ruhelage abgelenkt wird, ja selbst in Rotation versetzt werden kann, und daß andererseits eine ruhende Scheibe die Schwingungen der darüber befindlichen Magnetnadel dämpft, wurde man auf dieses merkwürdige Verhalten aufmerksam. Arago glaubte anfangs, daß diese Erscheinung von einem in der Scheibe induzierten Magnetismus herrühre. Als Arago selbst 1826 den Versuch mit vertikal über einer horizontalen Scheibe an einem Wagbalken hängenden Magneten wiederholte, fand er, daß die Magneten durchaus nicht, wie nach seiner Theorie zu erwarten war, angezogen, sondern vielmehr von der Scheibe abgestoßen wurden. Seine Theorie dieses „Rotationsmagnetismus“, wie er ihn nannte, war damit hinfällig und eine andere vermochte er nicht zu geben. Diese gab erst Faraday. Die Magnetisierung weicher Eisenstücke durch galvanische Ströme und die elektrodynamischen Kräfte dieser Ströme hatten ihn schon 1825 auf den Gedanken gebracht, daß möglicherweise auch elektromotorische Kräfte zwischen zwei Leitern wirksam sein könnten in der Art, daß der Durchgang eines Stromes durch einen derselben auch eine elektrische Erregung im anderen zur Folge habe. Er wickelte deshalb auf eine Holzrolle nebeneinander zwei gut isolierte Drähte von 62 m Länge. Die Enden des einen Drahtes standen mit einer Batterie, die des anderen mit einer Magnetnadel in Verbindung. Seine Untersuchungen blieben jedoch erfolglos, bis er im Jahre 1831 bemerkte, daß die Magnetnadel, die während des Durchganges des Stromes durch den Draht unbeweglich blieb, eine kurze schwache Bewegung machte, so oft die Leitung geschlossen oder unterbrochen wurde; die Ausschläge der Nadel waren in beiden Fällen entgegengesetzt. Es wurde also durch den Strom im ersten Drahte, durch den „primären“ Strom, auch im zweiten Draht ein elektrischer Strom, der „sekundäre“ Strom oder Induktionsstrom, hervorgerufen oder, wie man meist sagt, induziert. Durch Nähern bzw. Entfernen oder durch Verstärken bzw. Abschwächen, überhaupt durch eine Änderung der Intensität des primären Stromes, erzielte man dasselbe Resultat. Außer dieser „Voltainduktion“ entdeckte Faraday im gleichen Jahre 1831 auch die „Magnetinduktion“. Wenn er nämlich von einem Magneten, der mit einer Drahtspule umwickelt war, den Anker abriß, so entstand in der Spule ein kurzer Strom, wie man an dem Ausschlage der Magnetnadel erkennen konnte; der durch Anlegen des Ankers hervorgerufene hatte die entgegengesetzte Richtung. Denselben Erfolg hatte Faraday, wenn er einen

Magneten und eine Drahtspule einander näherte bzw. voneinander entfernte. Ob er einen natürlichen, künstlichen oder durch den galvanischen Strom erzeugten Magneten zu diesen Versuchen benutzte, war für den Erfolg gleichgültig. Deshalb gelang es ihm auch, durch den Erdmagnetismus in einer bewegten Drahtspule Induktionsströme zu erzeugen¹⁾. Die Möglichkeit, mit einem Magneten in einem Stromleiter durch Bewegung einen Strom hervorzurufen, gab Faraday die Erklärung für Aragos Rotationsmagnetismus in die Hand. Er konnte sogar das Auftreten von Induktionsströmen in der Kupferplatte dadurch nachweisen, daß er eine Kupferschale zwischen den Polen eines kräftigen Elektromagneten rotieren ließ. Durch zwei Schleifdrähte an der Achse und am Rande der Scheibe konnte er dann einen konstanten elektrischen Strom abnehmen²⁾. Diese Erscheinungen der Induktion bestärkten Faraday in seiner Anschauung, daß galvanische und Reibungselektrizität dem Wesen nach identisch seien und daß nur ein Unterschied bezüglich der Menge und Spannung bestehe. Er gibt an, die Menge Elektrizität, mit der sich ein Gramm Wasser zersetzen lasse, könne eine große Leidener Flasche 800 000 mal füllen und bei plötzlicher Entladung wie ein Blitz wirken. Dabei zeigte er, daß man Wasser auch durch den Entladungsstrom einer Leidener Flasche zersetzen kann. Faraday vermochte auch für die von ihm genau untersuchte chemische Wirkung elektrischer Ströme zwei wichtige Gesetze aufzustellen:

1. Die chemische Wirkung des Stromes ist seiner Stärke proportional, ein doppelt so starker Strom zersetzt also z. B. doppelt so viel Wasser, ein dreimal so starker dreimal so viel usw. — Unter der Stromstärke oder Intensität verstehen wir übrigens diejenige Elektrizitätsmenge, die in einer Sekunde durch irgendeinen Querschnitt des Stromkreises fließt. Bei einem konstanten, sich stets gleich bleibendem Strome geht nun in der Zeiteinheit durch jeden Querschnitt dieselbe Elektrizitätsmenge hindurch, da sonst notwendig an einer Stelle eine unbegrenzte Anhäufung stattfinden und der gleichmäßige Zustand gestört werden müßte; die Stärke des Stromes ist somit an jeder Stelle des Stromkreises die gleiche. Die Einheit der Stromstärke ist das Ampère. Ein Strom hat die Stromstärke 1 Ampère, wenn er in 1 Minute 19,69 mg Kupfer oder 67,10 mg Silber usw. abscheidet.

1) Experimental Researches I. Philosophical Transactions 1832.

2) Experimental Researches II. Philosophical Transactions 1832.

Wenn wir aber diese erhaltenen Gewichte miteinander vergleichen, finden wir sofort zwischen ihnen eine wichtige Beziehung, die ebenfalls Faraday entdeckt hat. In bezug auf die Zahl des Wasserstoffes ist das in Freiheit gesetzte Gewicht z. B. von Natrium 23 mal so groß, das von Silber 108 mal so groß usw. Und merkwürdigerweise sind nach den Messungen der Chemiker die Atome des Natriums und des Silbers 23- bzw. 108-mal so schwer wie das Wasserstoffatom. Es setzt also eine gegebene Elektrizitätsmenge immer die gleiche Anzahl von Atomen, ganz ohne Rücksicht auf ihr Gewicht, in Freiheit oder, wie das zweite Faradaysche Gesetz lautet:

2. Die Gewichtsmengen verschiedener durch denselben Strom (oder durch gleich starke Ströme) zerlegter Stoffe sind untereinander chemisch gleichwertig.

Wir haben hierbei nun fortwährend von Atomen gesprochen, Sie werden fragen: Was sind Atome?

Nun, unter Atom verstehen wir die kleinste Menge eines einfachen Stoffes, die sich bei chemischen Verbindungen und Zersetzungen beteiligen kann. Es sind Atome mit andern Worten die kleinsten Teilchen der Elemente. Die Beobachtung nun, daß jedes Teilchen alle Eigenschaften an sich hat, welche die ungeteilte Masse besitzt, hat dazu geführt, diesen allerkleinsten Teilchen selbst alle Eigenschaften dieser ganzen, ungeteilten Masse beizulegen. Eine solche Teilung ist aber in der Praxis gar bald zu Ende [sie reicht nur etwa bis zu $\frac{1}{10000000}$ mm] dann zeigt die Materie ein anderes Verhalten, die an der Masse beobachteten Erscheinungen sind nicht alle mehr nachzuweisen. So bekommt man eine bestimmte Grenze für diese Teilchen, die sich dann nicht mehr, weder physikalisch noch chemisch, teilen lassen, und diese nicht weiter teilbaren Teilchen bezeichnet man eben als *Atom*, als „Unteilbare“. Da noch kein Mensch jemals die Atome gesehen hat, so ist ihr Dasein nur eine Annahme, eine Hypothese, die um so mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, je mehr Tatsachen sich daraus erklären lassen. Zur Sicherheit würde diese Annahme erst dann werden, wenn sich nachweisen ließe, daß für die in Rede stehenden Erscheinungen keine andere Hypothese aufgestellt werden könnte.

Es sind außer den chemischen Erscheinungen noch andere Gründe, die zur Atomtheorie hinführen; besonders die gesetzmäßige Form der Körper, die Kristallform, die gleichmäßige Spaltbarkeit, die Erklärung der Aggregatzustände (des festen, flüssigen und gasförmigen); alle fordern die Annahme von Atomen, die für ein und denselben Stoff

unter sich gleichartig, von gleicher Substanz und gleicher Form, gleich groß und gleich schwer sind.¹⁾ Selbstverständlich können wir von Atomen nur bei Elementen reden, da ja jede Verbindung verschiedene Elemente enthält, also doch noch chemisch zerlegbar ist. Gehen nun zwei oder mehr solcher Atome eine chemische Verbindung ein, so bilden sie den kleinsten Teil einer Verbindung, ein Molekül, oder eine Molekel. Alle Molekeln einer Verbindung sind natürlich ebenfalls untereinander gleich, dagegen, was ebenso selbstverständlich ist, von denen einer andern Verbindung verschieden. Darüber jedoch, wie die Atome zu Molekülen verkettet sind, können uns die chemischen Tatsachen ohne weiteres keine Auskunft geben. Die einfachste Vorstellung wäre die, daß die Atome Körperchen sind, die auch bei chemischen Umwandlungen gänzlich ungeändert bleiben und nur durch Nebeneinanderlagerung miteinander zu Molekülen verkettet werden, daß also die Atome nicht durch neue chemische Umsetzung, sondern nur durch Zerteilung der Moleküle entstehen. Es gibt sehr viele Tatsachen, die darauf hinweisen, daß diese Vorstellung richtig ist, man hat sie deshalb auch allgemein angenommen.

Wir haben nun gesehen, daß bei einer Zersetzung durch den elektrischen Strom, bei der sogenannten Elektrolyse, eine gegebene Elektrizitätsmenge immer die gleiche Anzahl von Atomen, ganz ohne Rücksicht auf deren Gewicht, in Freiheit setzt. Die modernen Theorien werden uns nun zeigen, daß diese befreite Elektrizität auf ihrem ganzen Wege bis zur Elektrode — als Elektroden bezeichnete Faraday die beiden metallischen Pole — an dem Atom haftet, das sich dann an der Elektrode entlädt. Ein solches geladenes Atom nennt man ein Ion.

Diese Bezeichnungen Ion, Elektrolyse, Elektroden, Anode für die Eintritts-, Kathode für die Austrittsstelle des positiven Stromes, sowie Anion und Kation für die an diesen Stellen ausgeschiedenen Zonen oder Bestandteile der flüssigen Verbindung stammen von Michael Faraday²⁾. Dieser kam durch seine Untersuchungen über die elektrochemische Wirkung der Ströme zu Anschauungen über deren Beschaffenheit, die von den bisherigen wesentlich abwichen. Im Gegensatz zu seinen Vorgängern, welche die Ursache dieser Erscheinung in einer anziehenden oder abstoßenden Kraft der Elektroden gesucht hatten, wollte Faraday diese in den zu zersetzenden Substanzen selbst erblicken. Es sollten in diesen gleich große Kräfte nach entgegen-

1) *Mie*, Moleküle, Atome, Weltäther. Diese Sammlung Bd. 58.

2) *Experimental Researches VII. Philosophical Transactions 1834.*

gesetzten Richtungen tätig sein, welche die Elemente des Elektrolyts nach den beiden Polen zu bewegen. Die Wirkungen sollten also nicht durch äußere Kräfte erfolgen, sondern in der Flüssigkeit selbst ihren Ursprung haben, indem eine gewisse Änderung in der chemischen Verwandtschaft der Bestandteile vor sich geht. Die Annahme, daß diese inneren Kräfte in der Verbindungslinie der beiden Pole tätig sind, erklärte Faraday für überflüssig. Die Trennungen und Zersetzungen können in allen möglichen Richtungen stattfinden, nur werden ihre Wirkungen erst an den Elektroden ersichtlich.¹⁾

Faradays Theorie der Zersetzung wurde von seinen Zeitgenossen wenig beachtet; den meisten erschien sie unklar und unverständlich. Dagegen verschaffte sich die Anschauung von Davy und Grothuß immer größeren Anhang. Die Umgestaltung in den Ansichten über die Beschaffenheit der Körper, die durch die mechanische Wärmetheorie um 1860 herum hervorgerufen wurde, veranlaßte jedoch auch eine Veränderung in diesen Anschauungen und zwar gerade im Sinne Faradays. Rudolf Clausius wurde nämlich darauf aufmerksam, daß nach der Theorie von Grothuß eine bestimmte Größe der Scheidungskraft erforderlich wäre, um die Trennung der Ionen und damit die Zersetzung zu bewirken; dann aber würde diese sofort mit großer Lebhaftigkeit beginnen. Dem widerspricht die Erfahrung, da schon die geringste Kraft einen durch abwechselnde Zersetzung und Wiederverbindungen geleiteten Strom bewirkt. Um diesen Widerspruch zu heben, machte Clausius eine Annahme, die mit den erwähnten Ansichten über die Körperkonstitution in vollkommenem Einklange steht. Nach dieser bewegen sich die Moleküle und ihre Bestandteile schon vor Beginn des Stromes in allen möglichen Richtungen an einander vorüber. Die Teilmoleküle oder Ionen sind unveränderlich mit entgegengesetzten Elektricitäten geladen. Kommen diese in ihren Bahnen einander zu nahe, so erfolgen Zersetzungen und Wiederverbindungen. Durch die Tätigkeit des elektrischen Stromes werden nun diese Oszillationen nur geregelt, so daß sich die entgegengesetzt geladenen Ionen vorzugsweise in bestimmten Richtungen bewegen. Bei zu großer Annäherung an die Elektroden erfolgt dann die Abscheidung derselben. Diese Theorie, die von Clausius im Jahre 1857 ausgesprochen wurde,²⁾ hat allgemeine Anerkennung gefunden. Die seither noch geltend gemachten Anschauungen sind entweder weitere

1) Experimental Researches VII. Philosophical Transactions 1834.

2) Poggendorffs Annalen 101. 1857.

Ausführungen dieser Theorie oder neben dieser nur von geringer Bedeutung.

Die elektrolytischen Untersuchungen hatten ferner Michael Faraday zu neuen Ansichten über die Theorie des Galvanismus geführt. Während Volta annahm, daß schon die bloße gegenseitige Berührung in den Leitern eine Trennung der Elektrizitäten zur Folge habe, und damit die Kontakttheorie begründete, hatte der Italiener Giovanni Fabbroni und nach ihm der Dorpater Arzt und Professor Johann Jakob Parrot eine chemische Theorie ausgebildet. Dieser neigte auch Faraday zu. Der elektrische Strom besteht nach ihm in nichts anderem als in der Übertragung oder Fortleitung der chemischen Verwandtschaftskräfte. Faraday suchte diese Behauptung durch zahlreiche Versuche zu beweisen, aus denen hervorgehen sollte, daß jede chemische Aktion Elektrizität erzeuge und daß mit jeder Änderung, Vernichtung oder Umkehrung der chemischen Tätigkeit auch eine Änderung, Vermehrung oder Umkehrung des Stromes verbunden sei. Er bestritt dabei nicht, daß in vielen Fällen beim bloßen Kontakt eine elektrische Verteilung stattfinden könne, betonte aber, daß durch die Fortpflanzung der induzierten Elektrizität notwendig eine Veränderung in den leitenden Teilchen bedingt sei, denn nirgends könne Kraft ohne Veränderung in der wirkenden Materie oder ohne Verbrauch einer andern Kraft entstehen, während dies die Kontakttheorie notwendig voraussetzen müsse¹⁾. Dagegen wurde immer wieder der Voltasche Fundamentalversuch als Grundlage der Theorie hervorgehoben und dabei geltend gemacht, daß er sich auch in trockener Luft, ja selbst im Vakuum anstellen lasse, und auch mit gefirnigten Zinkplatten gelinge.

Die Diskussionen über die Entstehung des Stromes waren indessen auch auf die Kontakttheorie nicht ohne Einfluß geblieben. Während sich Volta durch seinen Fundamentalversuch bewogen fand, den Sitz der elektrischen Erregung vorzugsweise in die Berührungsstelle der Metalle, statt wie er ursprünglich gewollt hatte, an die Grenzflächen derselben mit der Flüssigkeit zu verlegen, sah man sich sehr bald genötigt, auch die Elektrizitätserregung beim Kontakt der Flüssigkeiten mit den festen Leitern und selbst untereinander in Berücksichtigung zu ziehen. Man schrieb ihr jedoch zunächst nur eine verstärkende Wirkung auf den Strom zu. Als man aber erkannte, daß der Durch-

1) Experimental Researches VIII, XVI, XVII. Philosophical Transactions 1834, 1840.

gang des Stromes durch eine Flüssigkeit wahrscheinlich ausnahmslos von einer Zersetzung derselben begleitet ist, wurde diese letztere als das Mittel betrachtet, durch das die Leitung des Stromes und damit seine ununterbrochene Fortdauer ermöglicht wird. Damit hatte man den chemischen Vorgängen schon einen wesentlichen Anteil an der Strombildung eingeräumt. Sobald sich daher im Laufe der Erörterungen über die Entstehungsweise des Stromes zeigte, daß dessen Stärke und Richtung wesentlich von der chemisch veränderlichen Flüssigkeit abhängt, und sobald man aus diesem Grunde im Kontakte derselben mit andern Leitern schließlich geradezu die Hauptquelle der Elektrizitätserregung zu erblicken begann, war der Weg geebnet, auf dem sich eine zwischen beiden Richtungen vermittelnde Theorie der galvanischen Erscheinungen aufbauen konnte, und diese wurde in der That in den Jahren 1836 bis 1849 durch den Baseler Professor Christian Friedrich Schönbein geschaffen.

Nach dessen Theorie ist der Ursprung des elektrischen Stromes in den Grenzstellen des Elektrolyts mit den ihn berührenden Körpern zu suchen. Da erwiesenermaßen eine chemische Tätigkeit vor Schluß der Kette nicht stattzufinden braucht, genügt es anzunehmen, daß der Leiter erster Art eine merkliche Anziehungskraft auf einen der Bestandteile des Elektrolyts ausübt. Durch diese wird gleichzeitig das elektrische und das chemische Gleichgewicht in beiden Körpern gestört und es tritt ein Gerichtetwerden der einander berührenden Materien, eine Polarisation, ein, die sich durch alle Glieder der Kette fortpflanzt; doch erst in dem Augenblicke, wo der Stromkreis geschlossen wird, können die entgegengesetzten Elektrizitäten der benachbarten Teilchen, ihrer gegenseitigen Anziehung folgend, zum Ausgleich gelangen, und es kann ein Strom entstehen, der sich infolge der dabei eintretenden Abscheidung der Ionen an den Elektroden durch die Wiederholung derselben Vorgänge ständig erneuert. Bei dieser Theorie wird demnach die zur Erhaltung des Stromes notwendige elektromotorische Kraft aus der chemischen Verwandtschaft abgeleitet, in der während der ganzen Dauer des Stromes ein chemischer Prozeß vor sich geht. Die zur Stromerzeugung, zur Erregung der Spannung erforderliche Kraft wird durch die Annäherung der beiden Körper hervorgerufen, mit der notwendigerweise auch ein gewisser Kraftaufwand verbunden ist. Wenn die ausgeschiedenen Körperteilchen nicht durch chemische Verbindung oder sonstwie fortgeschafft werden, entsteht zwar ein Strom, aber nur von kurzer Dauer. Es gelingt mithin auf diese Weise, die Strömungsercheinungen sowie die Spannung an den

Polen der offenen Kette zu erklären, und es wird dabei zugleich das Verhalten der metallischen und der flüssigen Leiter unter einen einheitlichen Gesichtspunkt gebracht, so daß auch Voltas Fundamentalversuch dadurch seine Erledigung findet.

In Schönbeins Theorie sind die Vorzüge der beiden gegnerischen Richtungen vereinigt und ihre Mängel nach Möglichkeit vermieden; es wird durch sie die Elektrizitätserregung im Kontakt auch bei Ausschluß chemischer Prozesse begründet und gleichzeitig eine ziemlich sichere Vorhersage der Stromrichtung ermöglicht. Während daher die Physiker früher, je nachdem sie auf die eigentliche Strömung oder auf die elektrostatischen Spannungserscheinungen mehr Gewicht legten, mit Vorliebe entweder der rein chemischen oder der strengen Kontakttheorie sich zuwandten, hat jetzt diese vermittelnde Erklärungsweise die meiste Verbreitung gefunden.

Kapitel VII.

Elektrizität. (Schluß.)

Unsere beiden letzten Abende waren zum großen Teile den Verdiensten Michael Faradays gewidmet, und auch heute müssen wir wieder von seinen Forschungen ausgehen. Im Jahre 1838 untersuchte er nämlich die Wirkungsweise der elektrischen Kräfte. Während man früher, wie wir schon sahen, eine reine Fernwirkung für möglich gehalten hatte, — nicht nur für die Gravitation nach dem Vorgange Newtons, sondern auch für die Elektrizität, — erkannte Faraday vielmehr, daß die Erscheinung der Influenz sehr wesentlich von dem Medium, dem Zwischengliede, abhängt.

Zur genaueren Untersuchung des Einflusses nicht leitender Medien oder der Dielektrika, wie sie Faraday nannte, weil sie die Induktionsstrahlen durchlassen, hatte er sich kugelförmige Apparate mit doppelten Wänden gebaut. Diese Apparate glichen im wesentlichen Kleistschen Flaschen, bei denen aber der Zwischenraum zwischen den beiden Belegungen statt mit Glas mit allen möglichen Nichtleitern, auch mit beliebigen Gasen, ausgefüllt werden konnte. Von diesen Apparaten benutzte er bei seinen Untersuchungen der Vergleichung wegen immer zwei ganz gleiche Exemplare, die nur durch die zwischen den Belegungen befindlichen Füllungen sich unterschieden. Er lud zuerst den einen Apparat, teilte diese Ladung zwischen den beiden Apparaten und untersuchte dann mit Hilfe der schon erwähnten Coulombschen Dreh-

wage die nun auf jedem Apparate vorhandenen Ladungen. Waren beide Apparate in gleichem Zustande, so halbierte sich die Ladung. War aber der erste Apparat mit Luft gefüllt, der zweite zur Hälfte mit Schellack ausgegossen, so fand Faraday bei einer Ladung der Luftflasche, die einer Drehung der Wage von 290° entsprach, nach der Teilung auf jeder der inneren Kugeln zwar die gleichnamige Ladung, aber nur entsprechend einer Größe von 114° . Der scheinbare Verlust an Elektrizität konnte nur von einer Bindung derselben durch die Schellacklagen des zweiten Apparates oder vielmehr daher rühren, daß der Schellack eine stärker bindende Kraft besitzt als die Luft. Da nun weitere zahlreiche Versuche die Verschiedenheit der Elektrizität bindenden Kraft oder des spezifischen Induktionsvermögens oder, wie man heute sagt, der Dielektrizitätskonstante für verschiedene Substanzen bestätigten, so schloß Faraday, daß die elektrische Influx von dem Medium abhängig sei und darum auch nicht als eine unvermittelte Fernwirkung angesehen werden dürfe.¹⁾

Die weitere Untersuchung des Einflusses eines Zwischenmediums auf alle elektrischen Erscheinungen führte zu neuen wesentlichen Aufgaben. Durch die Induktion wird in dem Dielektrikum ein Spannungszustand hervorgerufen, der mit seinem Wachsen schließlich eine Entladung bewirkt, die in ihrer Beschaffenheit wieder vom Dielektrikum abhängig ist und die nach dieser Richtung hin nun weiter erforscht werden mußte. Faraday untersuchte nun von den vier verschiedenen Arten der Entladung, die er unterschied, vor allem die Funkenentladung unter den verschiedensten Umständen im luftverdünnten oder mit den verschiedensten Gasen erfüllten Raume. Besonders merkwürdig erschien dabei eine neue, noch nicht beobachtete Form, die Faraday unter dem Namen der dunkeln Entladung beschrieb. „Zwei Messingstäbe von 0,3 Zoll Dicke wurden von den gegenüberliegenden Seiten her luftdicht in eine Glasugel eingelassen und mit ihren Enden in Berührung gebracht, während die Luft in der Kugel stark verdünnt war. Nun ließ man eine elektrische Entladung aus der Maschine durch sie hindurchgehen, und währenddessen trennte man die Enden der Stäbe voneinander. Im Moment der Trennung erschien auf dem Ende des negativen Stabes ein andauerndes Glimmen, während das positive Ende ganz dunkel blieb. Bei Vergrößerung der Entfernung erschien ein purpurfarbener Streif

1) Experimental Researches. XI Philosophical Transactions 1838.

2) Experimental Researches. XIII Philosophical Transactions 1838.

oder Rebel auf dem Ende des positiven Stabes und schritt auswärts direkt auf den negativen Strom los, er verlängerte sich bei Vergrößerung des Zwischenraumes, vereinigte sich aber nie mit dem negativen Glimmlichte, vielmehr blieb immer ein kurzer dunkler Raum dazwischen übrig."

Faraday erwartete noch große Dinge von einem weiteren Studium dieser Entladungsercheinungen, besonders auch für die Erkenntnis der Eigenschaften des Vakuums. Er beanspruchte zwar nicht, über die hinsichtlich eines Vakuums sich ergebenden Konsequenzen jetzt schon zu entscheiden, aber er meinte doch, festgestellt zu haben, daß alle elektrischen Phänomene, wie Induktion, Leitung, Isolation bedingt sind und hervorgerufen werden durch die Wirkung aneinanderstoßender materieller Teilchen, deren jedes polarisiert werden und durch Vermittlung der anstoßenden Teilchen auch in die Ferne wirken kann. So hatte Faraday fast alle elektrischen Erscheinungen im Wesen einander genähert. Er hatte gezeigt, daß alle verschiedenen Erregungen nur eine Elektrizität liefern und daß eine Verschiedenheit in der Entladung der Elektrizität nur durch das Dielektrikum bewirkt wird. Er hatte den Unterschied zwischen Leitern und Nichtleitern insofern aufgehoben, als er zeigte, daß beide nur graduell verschieden sind dadurch, daß für die Bewegung in ihnen verschiedene Spannungen erforderlich sind, und er hatte die freie und gebundene Elektrizität auf eine Art, nämlich die gebundene reduziert, indem er nachwies, daß auch die sogenannte freie Elektrizität in ihrer Umgebung immer die entgegengesetzte Art von Elektrizität induziere und sich mit dieser binde.

Und endlich hatte er nach diesen Erfolgen sogar die Einheit aller Naturkräfte und das Vorhandensein eines festen Umwandlungsverhältnisses für wahrscheinlich erklärt. Nur die Induktionskraft der galvanischen Ströme widerstand noch dieser einheitlichen Auffassung, aber 1846 konnte er auch von einer Magnetisation des Dielektrikums berichten.

Zum Nachweise dieser Magnetisation benutzte Faraday die optischen Erscheinungen. Er leitete das Argand'sche Licht in einem Polarisationsapparat durch irgendeine durchsichtige Substanz und stellte das Nicolsche Prisma so ein, daß das Licht vollständig ausgelöscht wurde. Ließ man dann magnetische Kräfte auf die durchsichtige Substanz wirken, so wurde der vorher ausgelöschte Strahl im Nicol wieder sichtbar, und, um die Stellung der größten Dunkelheit wieder zu erreichen, mußte der Nicol ein bestimmtes Stück gedreht werden.

Da bei genügender Stromstärke alle durchsichtigen Substanzen diese Erscheinung zeigten, so hielt Faraday den Einfluß des Magneten auf alle Substanzen für gesichert und ging dazu über, diesen Einfluß auch direkt durch Bewegungen nachzuweisen. Er benutzte zu diesem Zwecke zuerst wieder sein gewöhnliches, schweres Glas und fand, indem er es leicht beweglich vor dem Pole eines sehr starken Elektromagneten aufhing, daß es von diesem abgestoßen wurde. Ein längeres Stück dieses Glases stellte sich zwischen den beiden Polen eines hufeisenförmigen Elektromagneten nicht parallel, sondern senkrecht zu dessen Achse ein. Eine weitere Prüfung der verschiedenartigsten Körper bewies dann weiter, daß alle bekannten festen oder flüssigen Substanzen bei genügender Stärke des Magneten von diesem beeinflusst werden und zwar so, daß sie entweder von beiden Polen angezogen oder von beiden abgestoßen werden.¹⁾

Der beobachtete Zusammenhang zwischen Elektrizität, Magnetismus und Licht führte aber noch etwas weiter und ließ vermuten, daß die Verbreitung des Magnetismus in Kristallen wie die Fortpflanzung des Lichts in ihnen nach verschiedenen Seiten eine verschiedene sein werde. Faraday fand in der That, daß künstlich kristallisierter Wismut sich nicht wie sonst diamagnetisch d. h. senkrecht zur Verbindungslinie der Pole, sondern so richtete, daß seine Hauptspaltungsfläche der Magnetachse parallel war, eine Richtung, die er als „paramagnetisch“ bezeichnete. Ähnliche magnetische Erscheinungen, die ebenfalls nicht, wie die para- und diamagnetischen durch die äußere Form, sondern nur durch die kristallographischen oder optischen Achsen bedingt sind, zeigten sich dann auch an anderen Stoffen, wie Antimon, Arsen usw.

Auf diesen Faradayschen Grundlagen führte nun der Schotte James Clerk Maxwell eine im wesentlichen mathematische Theorie durch, bei der z. B. die von ihm rechnerisch gefundene Geschwindigkeit der Elektrizität nahezu mit der Geschwindigkeit des Lichts übereinstimmte. Die Idee eines engen Zusammenhanges der elektromagnetischen Erscheinungen mit den optischen führte schließlich Maxwell dazu, die Verbreitung der elektromagnetischen Wirkungen durch das Dielektrikum anschaulich darzustellen, nämlich, von der Polarisation des Lichts ausgehend, durch eine magnetische Rotation der kleinsten Teilchen des Mediums. Diese Annahme bildet die Hypothese von den molekularen Wirbeln.

1) *Experimental Researches* XX, XXI, XXII. *Philosophical Transactions* 1846, 1849, 1850.

Die Endresultate seiner ganzen Theorie gibt Maxwell in folgenden Sätzen:¹⁾

I. Magnetische Kraft ist die Wirkung der von den Molekularwirbeln entwickelten Zentrifugalkraft.

II. Elektromagnetische Induktion der Ströme ist ein Effekt der Kräfte, die ins Spiel kommen, wenn die Geschwindigkeit der Wirbel sich verändert.

III. Elektromotorische Kraft entsteht durch den Zwang auf den die Wirbel miteinander verbindenden Mechanismus.

IV. Elektrische Verschiebung entsteht durch das elastische Nachgeben des verbindenden Mechanismus.

Diese Sätze bilden noch heute für die elektromagnetische Theorie der Anhänger Faradays die physikalische Grundlage, doch fehlte dieser Grundlage noch sehr vieles an physikalischer Bestimmtheit. Mochte man auch die Molekularwirbel als genügend definiert ansehen, so blieb doch, um nur eins zu erwähnen, der Mechanismus, der die Wirbel miteinander so verbinden sollte, daß sich Geschwindigkeitsänderungen von einem Wirbel auf den anderen übertragen, gänzlich unbestimmt.

So kam es, daß die Physiker sich von dieser Theorie fernhielten, bis Ende der achtziger Jahre der geniale Physiker Heinrich Hertz die Blicke der wissenschaftlichen Welt auf sich zog. Die erste diesbezügliche Arbeit erschien 1887 unter dem Titel: „Über sehr schnelle elektrische Schwingungen.“ Daß die Entladungen von Induktionsapparaten wie von Leydener Flaschen in Schwingungen vor sich gehen, hatte bereits Helmholtz in seiner berühmten Abhandlung von 1847 „Über die Erhaltung der Kraft“ behauptet. Feddersen hatte dann 1858 das Bild des Entladungsfunkens in einem schnell rotierenden Spiegel betrachtet. Das reflektierte Bild einer Lichtquelle erscheint nämlich in einem rotierenden Spiegel in einen Lichtstreifen auseinandergezogen. Leuchtet die Lichtquelle ununterbrochen, so ist dieser Lichtstreif auch ein kontinuierliches Lichtband. Jede momentane Unterbrechung des Leuchtens wird in diesem Band als dunkle Lücke erkennbar. Indem Feddersen diese Beobachtungsmethode auf den elektrischen Funken anwandte, konnte er nachweisen, daß der gesamte Entladungsfunkel tatsächlich zusammengesetzt war aus einer Reihe von einzelnen Funken. Nun weiß man, wieviel Umdrehungen der Spiegel in der Sekunde macht und kann die Entfernung der

1) Electricity and Magnetism. 1873. II S. 417.

hellen Partien voneinander messen, und findet so, daß die Dauer einer solchen Schwingung, eines solchen einzelnen Funkens $\frac{1}{1\,000\,000}$ Sekunde betrug. Herz vermutete nun, daß in gut leitenden ungeschlossenen Drähten noch bedeutend schnellere Schwingungen erregt werden und dabei in solcher Stärke auftreten können, daß sich ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit messen ließe.

Der Apparat, den er benutzte, um diesen Nachweis zu führen, bestand aus zwei geradlinig gegeneinander gerichteten metallnen Stangen, die an den einander zugekehrten Enden mit kleinen Entladungskugeln und an den äußeren Enden mit großen Kugeln oder kreisrunden Metallscheiben versehen waren. Die inneren Enden der beiden Stangen standen mit einem Induktionsapparate in Verbindung. Dieser Apparat wird als Erreger oder Vibrator bezeichnet. Der zweite als Resonator dienende Apparat besteht in ähnlicher Weise aus zwei mit Kugeln versehenen gegeneinander verstellbaren Stangen, ist aber mit keiner Induktionspule verbunden, sondern wird einfach dem anderen Apparate gegenüber aufgestellt. Haben nun die beiden Kugeln jedes Apparates die gleiche Entfernung voneinander und läßt man am Erreger einen Funken überspringen, so springt ein solcher auch am Resonator über. Hieraus ließ sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität genau so ermitteln, wie aus der Resonanz zweier Stimmungabeln sich die Schallgeschwindigkeit berechnen ließ. So fand Herz einen der Lichtgeschwindigkeit sehr nahekommenen Wert. Damit war es wahrscheinlich gemacht, daß die Elektrizität ebenso wie das Licht eine Wellenbewegung sei, aber Herz fehlte noch das sicherste Kennzeichen einer Wellenbewegung, die Interferenz. Bereits im Jahre 1888 vermochte Herz auch diesen Nachweis zu führen. Wenn nun aber diese Erscheinungen Wellen waren, so mußten sie auch alle Eigenschaften der Lichtwellen, wie Spiegelung, Brechung, Polarisation besitzen. Noch im Dezember des Jahres 1888 hatte Herz auch diesen Nachweis geführt. Die erzeugten Strahlen elektrischer Kraft ließen sich durch eine Metallwand nach den optischen Gesetzen reflektieren, durch gewölbte Spiegel konzentrieren und durch ein Bechprisma brechen. Ja, es gelang ihm sogar, durch Verwendung zweier Zylinderspiegel und eines Kupferdrahtgitters, das sich wie ein Nicolsches Prisma verhielt, die Polarisationsercheinungen hervorzurufen.

So hatte Herz in der unglaublich kurzen Zeit von kaum zwei Jahren eine der feinsten und schwierigsten Aufgaben der Experi-

mentalphysik, deren Existenz man bis dahin ebensowenig wie ihre Lösungsart geahnt hatte, zum vollständigen Abschluß gebracht.

Damit war die Einheit zwischen Schall, Licht, Elektrizität und Wärme hergestellt, wie dies auch Herz selbst in folgenden Worten ausspricht: „Wir haben die von uns untersuchten Gebilde als Strahlen elektrischer Kraft eingeführt. Nachträglich dürfen wir dieselben vielleicht auch als Lichtstrahlen von sehr großer Wellenlänge bezeichnen. Mir wenigstens erscheinen die beschriebenen Versuche in hohem Grade geeignet, Zweifel an der Identität von Licht, strahlender Wärme und elektrodynamischer Wellenbewegung zu beseitigen. Ich glaube, daß man nunmehr getrost die Vorteile wird ausnützen dürfen, welche sich aus der Annahme dieser Identität sowohl für das Gebiet der Optik, als das der Elektrizitätslehre ziehen lassen.“

Mit dem Resonanzexperiment von Herz war eigentlich das Problem der drahtlosen Telegraphie schon gelöst, wenn auch Herz selbst deren Möglichkeit verneinte. Erst 8 Jahre später, im Jahre 1897, trat der Italiener Marconi mit einem solchen Systeme der Funkentelegraphie, an die Öffentlichkeit. Es folgten ihm bald verschiedene andere Systeme, wir wollen nur die von Slaby-Arco und Braun-Siemens als die bekanntesten erwähnen. Eine Beschreibung der hierbei benutzten Apparate können wir uns um so eher schenken, als sie sich ja jetzt fast in jeder Tageszeitung, in jedem Werk über Physik finden und es uns im wesentlichen auf die Entwicklung der Theorie ankommt.

Es sei nur noch erwähnt, daß man im gewöhnlichen Betriebe Wellen von 300 m Länge benutzt, doch sind im internationalen Verkehre solche bis 600 m zugelassen. So große Wellen sind erforderlich, um hinreichende Stärke zu erhalten; denn es ist ja bereits gelungen, die Funkentelegraphie über eine Entfernung von 3700 km zu verwenden. Von all den zahlreichen Bestätigungen der elektromagnetischen Lichttheorie ist als unstrittig bedeutendste nach den Arbeiten von Herz der sogenannte Zeeman-Effekt zu erwähnen. Man versteht darunter die von dem holländischen Physiker Pieter Zeeman im Jahre 1896 gemachte Entdeckung, daß die Farbe einer Lichtquelle im Magnetfelde verändert wird. Allerdings ist dies nicht mit dem Auge direkt wahrnehmbar, wohl aber mit dem Spektroskop. Es zeigen sich nämlich die D-Linien einer Natriumflamme im Magnetfelde deutlich verbreitert, ja sogar vervielfacht.

Wenn wir nochmals das Ergebnis der elektromagnetischen Lichttheorie zusammenfassen, müssen wir also sagen: Das Licht ist eine

Wellenbewegung des Äthers. Wir hatten bereits früher gesehen, daß das Licht sich durch den Weltenraum, der luftleer ist, fortpflanzt und daß man sich deshalb zur Annahme eines unwägbaren, unendlich feinen Stoffes, eben des Äthers veranlaßt gesehen hat. Diese Querschwingungen — denn solche sind es und nicht Längsschwingungen — werden hervorgerufen durch die elektrisch geladenen Atome, die man deshalb auch Elektronen nennt. Diese Elektronen wurden auch wichtig für die Theorie der verschiedenen Strahlen, die in neuerer Zeit entdeckt worden sind. Es hatte nämlich Hittorf im Jahre 1869 bei luftverdünnten Röhren, die etwa auf $\frac{1}{100\,000}$ der ursprünglichen Dichtigkeit leergepumpt waren, bemerkt, daß ihr Inhalt nicht mehr so stark, wie bei einer geringeren Verdünnung, ins Leuchten gerät; daß aber dafür das Glas zu fluoreszieren beginnt. Die fluoreszenzerregende Wirkung geht nur von der Kathode, der negativen Elektrode aus, deshalb bezeichnete Goldstein diese Strahlen als Kathodenstrahlen. Solche Strahlen sind aber nicht durch eine Wellenbewegung erzeugt, sondern ihr Wesen besteht darin, daß von der Kathode durch die Abstoßung gleich elektrifizierter Teile negativ geladene Teile abgeschleudert werden. Daß dem so ist, vermochte Crookes nachzuweisen, indem er zeigte, daß die Kathodenstrahlen durch einen hinreichend kräftigen Magneten aus ihrer Bahn abgelenkt werden. Aus der Größe der Ablenkung kann man sogar berechnen, daß ihre Geschwindigkeit ungefähr der des Lichts gleichkommt. Diese Berechnung beruht darauf, daß z. B. ein geworfener Körper (Flintenflugel o. ä.) um so weniger von der Erde angezogen wird, je größer seine Geschwindigkeit ist. Indem Crookes diesen Strahlen einen Schirm entgegenstellte, konnte er sogar zeigen, daß diese sich geradlinig fortpflanzen. Denn es ergab sich ein scharfer Schatten des Schirmes und durchbohrte man den Schirm, so lagen Ausgangspunkt, Loch und Fluoreszenzpunkt auf der Röhre in einer Geraden. Bei genügend starker Entladung wurden auch die Hindernisse, die in den Weg der Strahlen gestellt wurden, bis zur Glut erhitzt. Macht man das Hindernis beweglich, indem man ihm die Form eines auf Schienen laufenden Rädchens mit Glimmerschaukeln gibt, so beginnt dieses, gleichsam von den vordrängenden Strahlen getrieben, zu rollen.

Crookes griff zur Erklärung dieser Erscheinungen auf die Moleküle des in der Röhre vorhandenen Gasrestes zurück. Nach seiner Ansicht repräsentieren diese in Folge der ungeheuren Verdünnung

nicht mehr den gasförmigen Zustand, sondern einen jenseits des gasigen liegenden, den er als „strahlende Materie“ bezeichnet, ein Ausdruck, der von Faraday stammt. In sehr stark entleerten Gefäßen sind die Moleküle des höchst geringen Gasrestes zuletzt so wenig zahlreich, daß sie große Wegstrecken zurücklegen, ohne aufeinander zu treffen. An den Kathoden werden sie nach Crookes negativ elektrisch geladen und mit großer Geschwindigkeit als Kathodenstrahlen, als „strahlende Materie“, fortgeschleudert. Diese Hypothese erklärte ganz zutreffend die von Crookes entdeckten Eigentümlichkeiten der Kathodenstrahlen, allein völlig richtig ist sie nicht. Denn es gelang Lenard 1893 diese Strahlen durch eine dünne Aluminiumwand aus dem luftleeren Raume herauszubringen; dieses Heraustreten war aber mit der Vorstellung, daß sie materielle Teile seien, schwer zu vereinigen. Ferner hätten auch diese Teilchen, bei der ungeheuren Geschwindigkeit, mit der sie fortgeschleudert werden, alles zerstören müssen, wenn sie nicht außerordentlich klein wären.

So gelangte man schließlich zu dem Schlusse, daß die Materie durch elektrische Kräfte in Teilchen zerlegt werde, die noch kleiner sind als die Atome, ja nach den Versuchen von J. J. Thomson sogar noch bis zu 2000 mal kleiner als ein Wasserstoffatom.

Eine genauere Untersuchung, die hier wegen ihrer Schwierigkeit nicht dargelegt werden kann, zeigte, daß die Teilchen, welche die Kathodenstrahlen bilden, gar keine mechanische Masse besitzen, sondern nur aus Elektrizitätseinheiten bestehen, weshalb man ihnen den Namen Elektronen gegeben hat. Das Elektron besteht also nur aus einem, nicht weiter zerlegbaren Atom Elektrizität, während das Ion ein chemisches Atom (oder eine chemische Atomgruppe) mit einem oder mehreren Elektronen ist. Dieses Elektron oder Elementarquantum der Elektrizität ist unzerstörbar, gleichwohl kann es für unsere Wahrnehmung verschwinden, indem es sich mit einem Quantum der entgegengesetzten Elektrizität verbindet. Die negativen Elektronen, also die Kathodenstrahlen, transportieren die Elektrizität nun ungefähr mit Lichtgeschwindigkeit von der Kathode zur Anode. Gleichzeitig machen natürlich die positiven Elektronen, mit geringerer Geschwindigkeit allerdings, den umgekehrten Weg und liefern ebenfalls eine Strahlenart, die ihr Entdecker Goldstein als Anoden- oder Kanalstrahlen bezeichnet hat. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die positiven Teile bewegen, ist etwa 15 mal kleiner als die der negativen, die Masse dagegen über 1000 mal

größer als die bei den Kathodenstrahlen fortfliegenden Teilchen. Diese Kathodenstrahlen erregten natürlich das lebhafteste Interesse aller Physiker, so auch das Röntgenz, der Ende 1895 bemerkte, daß ein Schirm, der mit Bariumplatincyanür, einer chemischen Substanz, bedeckt ist, aufleuchtete, wenn der Strom durch die Röhre ging. Er verfolgte seine Beobachtung sogleich weiter und erkannte, daß es sich um neue Strahlen handle, die er X-Strahlen nannte, während man sie heute allgemein als Röntgenstrahlen bezeichnet. Sie entstehen aus Kathodenstrahlen und zwar da, wo diese die Glaswandungen der Röhre oder ein im Innern der Röhre vorhandenes Hindernis treffen. Von diesem Hindernis aus — meist wird ihnen unter beliebiger Neigung eine Platinplatte in den Weg gelegt, die man als Antikathode bezeichnet — pflanzen sich Wirkungen fort, die in vielem denen der Kathodenstrahlen gleichen, doch fehlt die elektrisierende Wirkung, die magnetische und elektrische Ablenkung. Diese Strahlen durchdringen nun die Körper in viel höherem Grade als die Kathodenstrahlen. Deshalb benutzt man sie ja, wie allgemein bekannt ist, zu inneranatomischen Untersuchungen, da sie die Weichteile besser durchdringen als die Knochen und so die Stelle eines Bruches oder eines Fremdkörpers (etwa einer Nähnadel) genau feststellen lassen. Was die Natur dieser Strahlen betrifft, so ist diese noch gar nicht richtig festgestellt. Man nimmt vielfach an, daß beim Anprallen der Elektronen auf die wägbaren Massenteilchen kurz andauernde Stöße entstehen, deren Bewegung sich in dem Äther, wie die Lichtstrahlen, fortpflanzt.

Wir hatten nun gesehen, daß die Kathodenstrahlen dort, wo sie die Wandungen der Crookeschen Röhre oder, in die Strahlenbahn gebrachte, phosphoreszierende Substanzen treffen, diese zum Fluoreszieren bringen. Man glaubte zunächst, daß stets das Auftreten von Fluoreszenzerscheinungen auch Röntgenstrahlen zur Folge habe, ganz gleich, wodurch die Fluoreszenz hervorgerufen sei. Um nun verschiedene fluoreszierende Substanzen daraufhin zu untersuchen, wollte sich Henri Becquerel der photographischen Wirksamkeit der Röntgenstrahlen bedienen (1896).

Er legte ein Uransalz, eine chemische Substanz, auf eine in lichtdichtes Material eingewickelte photographische Platte und brachte dann das Salz zum Fluoreszieren, indem er es einige Zeit ins Sonnenlicht legte. Er fand dann beim Entwickeln der Platte, daß die Stellen, über denen das Salz gelegen hatte, deutliche Schwärzung zeigten, ja er erhielt diese sogar, als er zwischen das lichtdichte Papier

und das Salz Aluminium- oder Kupferplättchen einschob. Als nun Becquerel diese Versuche wiederholte, ohne jedoch das Uransalz vorher belichtet zu haben, erhielt er dieselben Ergebnisse. Ja, sie stellten sich sogar ein mit der gleichen Schärfe, als er Uransalze anwandte, die im Dunkeln hergestellt und im Dunkeln aufbewahrt worden waren, Verbindungen, die also gar keine Fluoreszenz, kein Auffpeichern des Lichts, zeigen konnten, da kein Licht auf sie eingewirkt hatte. Sogar nach Jahren noch wirkten diese im Dunkeln aufbewahrten Salze auf die photographische Platte ein.

Becquerel zog aus diesen Erscheinungen den Schluß, daß es sich hier um eine neue Art von photographisch wirksamen, dem Auge unsichtbaren Strahlen handle, die nur von dem Elemente Uranium ausgesandt würden. Diese Uranstrahlen oder, wie man heute vielfach sagt, Becquerelstrahlen, ähneln in ihrer Wirkung sehr den Röntgenstrahlen. Das Ehepaar Pierre und Skladowska Curie untersuchte diese Strahlen genauer und bezeichnete alle die Substanzen, welche Becquerelstrahlen aussenden, als radioaktive Substanzen.

Die Untersuchungen der Frau Curie gingen nun in erster Linie dahin, zu erforschen, ob noch andere radioaktive Substanzen, als das Uran, existieren. So fand sie gleichzeitig mit G. C. Schmidt, daß das Element Thorium ebenfalls Becquerelstrahlen aussendet. Als man die chemischen Verbindungen dieser Elemente untersuchte, zeigte sich, daß verschiedene, z. B. die bekannte Uranpechblende von Joachimstal in Böhmen, der Chalkolit u. a. eine weit kräftigere Strahlung aussandten, als ihnen nach ihrem Urangehalte zukommen konnte. Stellte man diesen Chalkolit genau aus seinen Bestandteilen her, so war die Radioaktivität kleiner als die des natürlichen Minerals, obwohl der Urangehalt genau entsprechend war. Es wurde daher sehr wahrscheinlich, daß die genannten Mineralien ihre hohe Aktivität durch die Beimengung unbekannter, stark aktiver Substanzen erhalten müssen. In der Tat fanden die Curies im Verein mit dem Forscher Bémont durch die chemische Analyse die neuen Elemente Polonium und Radium. Dies geschah im Jahre 1898. Bereits im nächsten Jahre konnte Debierne aus der Pechblende einen neuen Stoff gewinnen, den er Aktinium nannte.

Auf die außerordentlich mühsame Gewinnung möglichst reiner Verbindungen, meist Radium mit Chlor verbunden, können wir uns hier nicht einlassen. Erwähnt sei nur, daß man aus einer Tonne Uranpechblende etwa $\frac{1}{4}$ g nicht merklich mehr unreines Radiumchlorid erhält. (Preis pro Milligramm 100—300 Mark.) Diese

chemischen Verbindungen der radioaktiven Substanzen strahlen ebenso wie die Stoffe selbst. Ihre Wirkungen bestehen 1. in der Erregung der photographischen Platte (auf $\frac{1}{2}$ bis 1 m Entfernung), 2. in der Erregung phosphoreszierender Substanzen; auch im Auge rufen sie Fluoreszenz hervor und wirken dadurch auf die Gesichtsnerven. Ferner senden sie Strahlen aus, die allerdings bei näherer Untersuchung sich als sehr zusammengesetzt erweisen. Man unterscheidet nämlich in der Gesamtstrahlung nicht weniger denn drei verschiedene Strahlengruppen, die nach Rutherford als α -, β - und γ -Strahlen bezeichnet werden. Um diese zu trennen, wendet man folgenden Versuch an: In eine kleine tiefe Höhlung des Bleiwürfels P sei das Radium R untergebracht (Fig. 13); ein geradliniges Strahlenbündel, das sich nur wenig ausbreitet, schießt aus dem Gefäß hervor. Rufen wir nun rund um das Gefäß ein magnetisches Feld von großer Intensität hervor, das senkrecht zur Bildebene steht, gegen den Hintergrund gerichtet, so werden die wenig intensiven γ -Strahlen fortfahren, geradlinig auszustrahlen. Die β -Strahlen werden ähnlich den Kathodenstrahlen abgelenkt. Endlich werden die α -Strahlen ein sehr intensives Bündel bilden, das nur wenig, in entgegengesetzter Richtung wie die β -Strahlen, aus seiner Bahn abgelenkt wird und das schon nach kurzem Verlaufe von der Luft vollständig verschluckt wird und daher verschwindet.

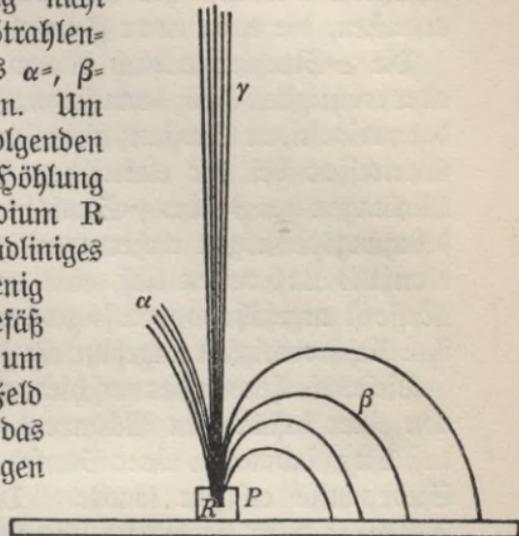


Fig. 13.

Die γ -Strahlen sind durch ein außerordentlich starkes Durchdringungsvermögen ausgezeichnet. So gibt z. B. Rutherford an, man müsse die γ -Strahlen durch eine Schicht von 7 cm Blei, 19 cm Eisen und 150 cm Wasser hindurchgehen lassen, um ihre Wirkung um 1% herabzudrücken. Sie werden selbst durch die stärksten magnetischen oder elektrostatischen Wirkungen nicht abgelenkt. In diesen Eigenschaften gleichen sie den Röntgenstrahlen und wir müssen sie, wie jene, als Ätherwellen betrachten. Die β -Strahlen, bei denen die magnetische Ablenkung zuerst festgestellt wurde, verhalten sich in jeder Beziehung wie Kathodenstrahlen, sie führen,

wie verschiedentlich nachgewiesen ist, negativ elektrische Ladung. Das Ehepaar Curie hielt die α -Strahlen durch ein Aluminiumblatt zurück, wodurch nur die Wirkung der β -Strahlen auf ein Elektrometer übrig blieb, das mit einer von ihnen getroffenen Platte in Verbindung stand und eine zunehmende negative Ladung anzeigte. Die β -Strahlen haben daher als negative Elektronen zu gelten, die von den radioaktiven Substanzen nach allen Richtungen ausgeschleudert werden; ihre Geschwindigkeit ist enorm, sie kann Werte erreichen, die etwa neun Zehntel der Lichtgeschwindigkeit ergeben.

Die α -Strahlen endlich bilden den am wenigsten auffallenden, aber wichtigsten Teil; denn sie machen stets die Hauptmenge der von der radioaktiven Substanz ausgesandten Energie aus. An Intensität übertreffen bei der elektrischen Meßmethode die α -Strahlen die Wirkungen der β - und γ -Strahlen bei weitem; jedoch ist ihr Durchdringungsvermögen außerordentlich gering. Sie führen, wie sich ebenfalls nachweisen ließ, eine positive elektrische Ladung. Ihre Masse ist ungefähr doppelt so groß wie die Masse des Wasserstoffatoms, ihre Geschwindigkeit ungefähr ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit.¹⁾

Dieses Ausfinden der verschiedenen Strahlenarten ist beim Radium von einer beständigen Wärmeentwicklung begleitet, die so groß ist, daß 1 kg Radium in einer Stunde 1 l Wasser vom Gefrier- bis zum Siedepunkte erhitzen könnte. Die Tatsache erregte berechtigtes Aufsehen; denn sie bildete scheinbar die erste Ausnahme von den Gesetzen der Erhaltung der Energie, wonach niemals, bei keinem Vorgange, der Arbeitswert der beteiligten Körper geändert werden kann. Daß sich selbst erwärmende Radium schien aber seine Arbeit aus nichts zu schaffen; denn ein etwaiger Gewichtsverlust war selbst mit der feinsten Waage nicht festzustellen.

Da vermochte endlich Rutherford im Jahre 1900 nachzuweisen, daß das Thorium — später wies es Dorn auch für das Radium und Debierne für das Aktinium nach — außer den α -, β - und γ -Strahlen einen Teil seiner Substanz ausstrahlt. Diese „Emanationen“, wie man sie genannt hat, sind als Gase zu betrachten.

Mit der Verwandlung in Emanation ist jedoch der Vorgang nicht abgeschlossen, auch diese verliert ihre Aktivität. Schon aus dem Umstande, daß die Emanation gleichfalls Strahlen aussendet — allerdings nur α -Strahlen — ist zu schließen, daß auch sie sich hierbei

1) Näheres s. Börnstein und Markwald, Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Diese Sammlung Bd. 64.

ändert. So zerfällt diese Emanation wieder in andere Bestandteile, die man als Radium A, B, C . . . bezeichnet. Einer von ihnen ist das zuerst mit Hilfe der Spektralanalyse auf der Sonne entdeckte Element, das Helium. Dieses läßt sich nach geraumer Zeit unter geeigneten Bedingungen immer dort nachweisen, wo Radium zerfallen ist. Das Helium ist also ein Zerfallprodukt des Radiums, wie dieses wieder ein Zerfallprodukt des Uraniums zu sein scheint.

Damit ist der Begriff des Elements erschüttert; denn hier ist der Übergang des einen Elements in ein anderes nachgewiesen. Man nimmt zur Erklärung an, daß Atome, die aus einer großen Menge von Elektronen bestehen, das Bestreben haben, sich in kleinere Elektronengruppen zu zerlegen. Genauere Untersuchungen haben nun ergeben, daß sehr viele Naturkörper radioaktiv sind. Insbesondere senden die schon bei gewöhnlicher Temperatur schwach leuchtenden Substanzen Strahlen von starker Durchdringungskraft und intensiver Einwirkung auf die photographische Platte aus. Die Strahlungsfähigkeit ist jedoch bei den meisten anderen Körpern nur in sehr geringem Maße vorhanden; auch haben die Strahlen nicht alle gleiche Eigenschaften, bringen vielmehr sehr verschiedene Wirkungen hervor. So unterscheiden sich die von Flußspat, Zink, Quecksilber und eine Reihe organischer Substanzen ausgehenden Strahlen von den Thorium-, Radium- usw. Strahlen, dadurch, daß sie nicht die Luft leitend zu machen (zu ionisieren) vermögen. Dagegen wird jeder feste Körper, der in die Nähe eines radioaktiven kommt, selbst radioaktiv und diese induzierte Radioaktivität, die sich wie ein dünner Überzug abtragen läßt, bleibt auch noch eine Zeitlang bestehen, wenn man den induzierenden Körper entfernt, wird dann aber schwächer und verschwindet schließlich gänzlich. Rutherford erklärte diese Erscheinung durch die Annahme, daß die Emanationen, die von allen radioaktiven Körpern beständig in den Raum ausströmen, an den festen Körpern eine Zeitlang haften bleiben.

Es ließe sich noch vieles Rätselhafte über das Radium berichten, aber eben nur Rätselhaftes. Denn hier haben sich dem forschenden Menschengeniste neue, nie geahnte Bahnen eröffnet, welche die physikalische Wissenschaft auf lange Zeit hinaus wird wandeln müssen, bis sie am Ziele ist, d. h. bis sich von einer anderen Seite, niemand weiß von welcher, wieder neue Aussichten auf neue Arbeit eröffnen. Jedenfalls läßt sich schon jetzt das physikalische Weltbild, das wir hier in seiner allmählichen Entwicklung verfolgt haben, in ganz verschiedener Weise deuten.

Namenverzeichnis.

- Academia del Cimento** (1657—1667) S. 12, 29, 50, 52, 58 f.
Aepinus, Franz (1724—1802) S. 72, 78.
Amontons, Guillaume (1683—1705) S. 53, 55.
Ampère, André Marie (1775—1836) S. 87 f.
Andreas, Thomas (1813—1885) S. 54.
Angström, Anders Jonas (1814—1874) S. 40.
Arago, Dominique François (1786—1853) S. 33, 88 f., 90.
Aristoteles (384—322 v. Chr.) S. 3, 11, 16, 21, 50.

Baco, Franciscus, von Verulam (1561—1626) S. 2 f., 11, 55.
Bailaf 1242 S. 70.
Balduin, Christoph Adolph (1632—1682) S. 47.
Bartholinus, Erasmus (1625—1698) S. 22, 32.
Beccaria, Giovanni Battista 1716—1781) S. 79, 84.
Becquerel, Edmond (1820—1891) S. 47 f., 49.
Becquerel, Henri (1852—1908) S. 49, 105 f.
Benzenberg, Johann Friedrich (1717—1781) S. 16.
Bérard, Jacques Etienne (1789—1869) S. 65.
Berzelius, Jörens Jakob (1779—1848) S. 86.
Bianconi, Giovanni Ludovico Graf von (1717—1781) S. 16.
Biot, Jean Baptiste (1724—1762) S. 16.
Blaf, Joseph (1728—1799) S. 56 ff.
Boyle, Robert (1627—1691) S. 74.

Bradley, James (1692—1762) S. 28.
Brewster, David (1781—1868) S. 33, 35, 44.
Bunsen, Robert (1811—1899) S. 40, 42, 49, 85.

Caboto, Giovanni (1477—1557) S. 70.
Cagniard de la Tour, Charles (1777—1859) S. 19.
Cailletet, Louis (geb. 1832) S. 54.
Canton, John (1718—1772) S. 78.
Carlisle, Antony (1768—1840) S. 83, 85.
Cascariolo, Vinzenz 1630 S. 47.
Cassini, Giovanni Domenico (1625—1712) S. 27.
Cauchy, Augustin Louis (1789—1857) S. 6.
Cavendish, Henry (1731—1810) S. 84.
Chladni, Ernst (1756—1827) S. 14, 16.
Clauius, Rudolf (1822—1888) S. 68, 93.
Colding, Ludwig August (1815—1888) S. 67.
Colladon (und Sturm) 1827 S. 15.
Columbus, Christoph (1446—1506) S. 70 f.
Copernicus, Nicolaus (1473—1543) S. 3.
Cornu, Alfred (1841—1902) S. 49.
Coulomb, Charles Augustin (1736—1806) S. 72, 80, 96.
Crookes, William (geb. 1832) S. 42, 103 f.
Cruikshank, William (1745—1800) S. 85.
Curie, Pierre (1859—1906) S. 106, 108.
Curie, Skladowska (geb. 1867) S. 106, 108.

- Davy, Humphry (1778—1829) S. 85, 86, 93.
- Deimann, Johann Rudolph (1753—1808) S. 84.
- Deluc, Jean André (1727—1817) S. 52, 56.
- Demokrit von Abdera (um 420 v. Chr.) S. 22.
- Desaguliers, Jean Theophile (1683—1744) S. 76.
- Dewar, James (geb. 1842) S. 54.
- Dufay, Charles François de Cisternay (1698—1739) S. 75, 77, 78.
- Dulong, Pierre (1785—1838) S. 52.
- Ellicot, John 1739 S. 18.
- Euler, Leonhard (1707—1783) S. 14, 24 f.
- Eyner, Karl (geb. 1842) S. 52.
- Fabbroni, Mattia Giovanni (1752—1823) S. 94.
- Fahrenheit, Daniel Gabriel (1686—1736) S. 57.
- Faraday, Michael (1791—1867) S. 4, 37, 54, 88, 89 ff., 92 ff., 96 ff., 104.
- Feddersen, Berend Wilhelm (geb. 1832) S. 100.
- Fizeau, Hippolyte Louis (1819—1896) S. 28 f.
- Foucault, Jean Bernard (1819—1868) S. 28.
- Franklin, Benjamin (1706—1790) S. 77, 78, 79.
- Fraunhofer, Joseph (1787—1826) S. 38, 39, 42.
- Fresnel, Jean Augustin (1788—1822) S. 33 ff., 66.
- Gadolin, John (1760—1852) S. 58.
- Galilei, Galileo (1564—1642) S. 3, 19, 12, 47.
- Galvani, Aloisio (1737—1798) S. 80 ff.
- Gassendi, Pierre (1592—1655) S. 11.
- Gauß, Karl Friedrich (1777—1855) S. 73.
- Gellibrand, Henry (1597—1637) S. 73.
- Gerstner, Franz Josef (1756—1832) S. 6.
- Gilbert, William (1540—1603) S. 71, 72, 74.
- Gioja, Flavio 1302 S. 70.
- Goethe, Wolfgang von (1749—1832) S. 44.
- Goldstein, Josef (geb. 1869) S. 103, 104.
- Graham, George (1675—1751) S. 73.
- Gralath, Daniel (1739—1809) S. 76.
- Gray, Stephen (1670—1736) S. 75.
- Grimaldi, Francesco (1618—1663) S. 22 f.
- Grothuß, Theodor Freiherr von (1785—1822) S. 86, 93.
- Guericke, Otto von (1602—1686) S. 12 f., 74.
- Halley, Edmund (1656—1724) S. 72, 73.
- Hansteen, Christoffer (1784—1873) S. 73.
- Hartmann, Georg (1489—1564) S. 71.
- Hawksbee, Francis (1650—1705) S. 73, 74.
- Helmholtz, Hermann von (1821—1894) S. 19 f., 100.
- Herschel, Friedrich Wilhelm (1738—1822) S. 50, 62.
- Herschel, John (1792—1871) S. 40, 44.
- Herz, Heinrich (1857—1894) S. 100, 101 f.
- Hittorf, Johann Wilhelm (geb. 1824) S. 105.
- Hüttschii 121 v. Chr. S. 79.
- Horter, Olaf (1696—1750) S. 73.
- Hoofe, Robert (1635—1703) S. 22 f.
- Humboldt, Alexander von (1769—1859) S. 85.
- Huyghens, Christian (1629—1695) S. 18, 23 ff., 33 f.

- Janssen, Pierre Jules César (1824 — 1907) S. 43.
 Joseph 1757 S. 56.
 Joule, James Prescott (1818 — 1889) S. 67 f.
 Kepler, Johannes (1571 — 1630) S. 3, 70.
 Kircher, Athanasius (1601 — 1680) S. 44.
 Kirchhoff, Gustav Robert (1824 — 1887) S. 40 ff.
 Kirwan, Richard 1840 S. 72.
 Kleist, Ewald von († 1748) S. 76.
 Krönig, August (1822 — 1879) S. 68.
 Kundt, August Adolf (1839 — 1894) S. 15.
 Lagrange, Joseph Louis (1736 — 1813) S. 6, 14, 18.
 Lambert, Johann Heinrich (1728 — 1777) S. 59.
 Laplace, Pierre Simon (1749 — 1827) S. 6, 14, 50.
 Lavoisier, Antoine Laurent (1743 — 1794) S. 50.
 Le Monnier, Louis Guillaume (1717 — 1799) S. 79.
 Lenard, Philipp von (geb. 1862) S. 104.
 Leslie, John (1766 — 1832) S. 61, 62.
 Leonardo da Vinci (1452 — 1519) S. 4, 11.
 Lommel, Eugen von (1837 — 1899) S. 46 f.
 Malus, Etienne (1775 — 1812) S. 32.
 Marci de Kronland (1595 — 1667) S. 21.
 Marconi, Guilelmo (geb. 1874) S. 102.
 Mariotte, Edmonde (1620 — 1684) S. 59.
 Marum, Martin van (1750 — 1837) S. 84.
 Mascart, Eleuthère (1835 — 1908) S. 49.
 Matteucci, Carlo (1811 — 1868) S. 82.
 Maxwell, James Clerk (1831 — 1879) S. 37, 68, 99 f.
 Mayer, Robert (1814 — 1878) S. 66 f.
 Melloni, Macedonio (1798 — 1854) S. 62, 63 f.
 Merfenne, Marin (1588 — 1648) S. 12.
 Monardes, Nicolo (16. Jahrh.) S. 44.
 Musschenbroek, Pieter van (1692 — 1761) S. 82.
 Mitterer, Johann August (1821 — 1901) S. 54.
 Newton, Isaac (1643 — 1727) S. 3 ff., 13 ff., 21 ff., 30, 34, 37, 55, 96.
 Nicholson, William (1753 — 1815) S. 83, 85.
 Nicol, William (1768 — 1851) S. 36.
 Nobili, Leopoldo (1784 — 1835) S. 63.
 Noble, William († 1681) S. 18 f.
 Norman, Robert 1580 S. 71, 73.
 Ørsted, Hans Christian (1777 — 1851) S. 68.
 Ohm, Georg Simon (1787 — 1854) S. 72.
 Olszewski, Karl (geb. 1846) S. 54.
 Paets van Troostwijk, Adrian (1752 — 1837) S. 84.
 Parrot, Georg, Friedrich (1767 — 1852) S. 94.
 Petit, Alexis (1791 — 1820) S. 52.
 Pfaff, Christian Heinrich (1773 — 1852) S. 83, 84.
 Pictet, Marc Auguste (1752 — 1825) S. 59 f.
 Pictet, Raoul (geb. 1846) S. 54.
 Pigott, Thomas († 1686) S. 18 f.
 Plücker, Julius (1801 — 1868) S. 40.
 Poisson, Siméon Denis (1781 — 1842) S. 6.
 Porta, Giambattista della (1538 — 1615) S. 71.

- Brevoft, Pierre (1751 — 1839) S. 60, 61 f.
 Priestley (1733 — 1804) S. 84.
 Ramsay, William (geb. 1852) S. 44
 Reich (und Richter) 1862 S. 42
 Reil, Johann Christian (1758 — 1813) S. 81.
 Richter (und Reich) 1862 S. 42.
 Ritter, Johann Wilhelm (1776 — 1810) S. 48, 83, 85.
 Rive, Auguste de la (1801 — 1873) S. 82.
 Römer, Olaf (1644 — 1710) S. 27
 Röntgen, Wilhelm (geb. 1845) S. 104.
 Roscoe, Henry (geb. 1833) S. 49.
 Roß, James (1800 — 1862) S. 73.
 Rumford, Graf von (Benjamin Thompson) (1753 — 1814) S. 52, 60 f., 66.
 Rutherford, Ernest (geb. 1871) S. 107, 108, 109.
 Saussure, Horace Benoît de (1740 — 1799) S. 79.
 Saubeur, Joseph (1653 — 1716) S. 17, 19.
 Scheele, Wilhelm (1742 — 1786) S. 48, 59
 Schellhammer, Christian Günther 1690 S. 13.
 Schönbein, Christian Friedrich (1799 — 1868) S. 95, 96.
 Schübler, Gustav (1787 — 1834) S. 79.
 Schwerd, Friedrich Magnus (1792 — 1871) S. 39.
 Seebeck, Thomas (1770 — 1831) S. 63, 65.
 Sommer, Robert 1797 S. 72.
 Sorge, Andreas (1703 — 1778) S. 17 f.
 Stokes, George Gabriel (1819 — 1903) S. 44 ff.
 Sturm (und Colladon) 1827 S. 15.
 Sulzer, Johann Georg (1720 — 1779) S. 81.
 Swan, William (geb. 1818) S. 40.
 Symmer, Robert († 1763) S. 78, 79, 80.
 Talbot, Fox (1800 — 1877) S. 40.
 Tartini, Giuseppe (1692 — 1770) S. 17.
 Thales von Milet (640 — 550 v. Chr.) S. 70, 73
 Thompson, Benjamin f. Rumford.
 Thomson, J. J. (geb. 1857) S. 104.
 Torricelli, Evangelista (1608 — 1647) S. 12.
 Tyndall, John (1820 — 1893) S. 65.
 Volta, Alessandro (1745 — 1827) S. 81, 82 f., 84, 94, 96.
 Watson, William (1715 — 1787) S. 76, 77.
 Weber, Ernst Heinrich (1795 — 1878) S. 6 f.
 Weber, Wilhelm (1804 — 1891) S. 6 f.
 Wilke, Johann Karl (1732 — 1796) S. 78, 79.
 Winkler, Johann Heinrich (1703 — 1770) S. 74
 Wollaston, William (1766 — 1828) S. 37 f., 48, 85.
 Wroblewski, Sigmund von (1845 — 1888) S. 54.
 Wüllner, Adolf (1835 — 1908) S. 42, 47.
 Young, Thomas (1773 — 1829) S. 8, 25 f., 30 ff., 35.
 Zeemann, Pieter (geb. 1865) S. 102.
 Zöllner, Friedrich (1834 — 1882) S. 44.



Druck von B. G. Teubner in Dresden.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25

Zur **Naturwissenschaft** erschienen unter anderen:

- Die großen Physiker und ihre Leistungen:** Prof. Dr. F. A. Schulze. (Bd. 324.)
- Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre:** Prof. Dr. F. Auerbach. (Bd. 40.)
- Die Lehre von der Energie:** A. Stein. (Bd. 257.)
- Moleküle, Atome, Weltäther:** Prof. Dr. G. Mie. (Bd. 58.)
- Der Bau des Weltalls:** Prof. Dr. J. Scheiner. (Bd. 24.)
- Die Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft:** Geh. Reg.-Rat Prof. B. Weinstein. (Bd. 223.)
- Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit:** Prof. Dr. S. Oppenheim. (Bd. 110.)
- Der Mond:** Prof. Dr. J. Franz. (Bd. 90.)
- Die Planeten:** Prof. Dr. Ed. Peter. (Bd. 240.)
- Der Kalender:** Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)
- Spektroskopie:** Dr. L. Grebe. (Bd. 284.)
- Das Licht und die Farben:** Prof. Dr. L. Graetz. (Bd. 17.)
- Sichtbare und unsichtbare Strahlen:** Prof. Dr. Richard Börnstein und Prof. Dr. Willh. Marckwald. (Bd. 64.)
- Die optischen Instrumente:** Dr. M. v. Rohr. (Bd. 88.)
- Das Mikroskop:** Dr. W. Scheffer. (Bd. 35.)
- Das Stereoskop:** Prof. Th. Hartwig. (Bd. 135.)
- Luft, Wasser, Licht und Wärme:** Prof. Dr. R. Blochmann. (Bd. 5.)
- Die Lehre von der Wärme:** Prof. Dr. R. Börnstein. (Bd. 172.)
- Einführung i. d. chem. Wissenschaft:** Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 264.)
- Die Tierwelt des Mikroskops (Urtiere):** Privatdozent Dr. R. Goldschmidt. (Bd. 160.)
- Die Pflanzenwelt des Mikroskops:** E. Reufauf. (Bd. 181.)
- Die Erscheinungen des Lebens:** Privatdozent Dr. H. Mische. (Bd. 130.)

Nähere Angaben über diese Bände siehe im Anhang

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Lehrbuch der Physik.

Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen
und zum Selbststudium.

Von **E. Grimsehl,**

Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg.

Mit 1091 Figuren, 2 farbigen Tafeln und Tabellen physikalischer
Konstanten und Zahlentabellen.

[XII u. 1052 S.] gr. 8. 1909. Geh. *M* 15.—, geb. *M* 16.—

„Dieses in jeder Beziehung zeitgemäße Werk des bekannten Verfassers, der durch zahlreiche praktische Apparatkonstruktionen und methodische Arbeiten geschätzt ist, vereinigt alle Eigenschaften, die es befähigen, ein unentbehrliches Lehr- und Lernmittel zu werden. Es fesselt durch die unmittelbare Verständlichkeit, durch die zahlreichen zum Teil eigenartigen vorzüglichen Abbildungen, und durch höchst angenehmen, übersichtlichen Druck; die Meisterschaft, womit überall das richtige Verhältnis zwischen Induktion und Deduktion getroffen ist, wird schwer zu überbieten sein. Daß sehr vieles in dem Buche original ist, ist angesichts des Erfolges, mit dem der Verfasser alle Gebiete der Physik durchgearbeitet und zum Teil persönlich gestaltet hat, nicht verwunderlich. Das Buch hat aber noch andere wertvolle Eigenschaften. Es enthält in richtigem Maße eingestreute geschichtliche Bemerkungen. . . .“

(*Neue Jahrbücher für Pädagogik.*)

„Weit mehr als früher, als noch vor zwanzig Jahren, ist die Physik und die Kenntnis ihrer grundlegenden Lehren ein Allgemeingut der gebildeten Schichten unseres Volkes geworden. Dem hat sich auf die Dauer auch das humanistische Gymnasium nicht mehr entziehen können. Das vorliegende Buch will denen, die eine höhere Schule besucht haben und das Bedürfnis fühlen, ihre erworbenen Kenntnisse lebendig zu erhalten und sie zu erweitern, ein zuverlässiger Führer und Berater sein. Auch die studierende Jugend wird vorteilhaft davon Gebrauch machen können. Beide auch deshalb, weil eine große Anzahl von Abbildungen den Text begleitet und erläutert. Im übrigen wird jeder Erwachsene dies umfangreiche Werk gern in seiner Bibliothek haben, da es an einem solchen Werke bisher fehlte, das ohne allzu große Gelehrsamkeit die in Betracht kommenden Kenntnisse übermittelt. . . .“

(*Der Tag.*)

Die Mechanik.

Eine Einführung mit einem metaphysischen Nachwort

von **L. Tesar,**

Professor an der Staatsrealschule im XX. Bezirke von Wien.

Mit 111 Fig. [XIV u. 220 S.] 1909. Geh. *M* 3.20, in Leinw. geb. *M* 4.—

„Das Buch ist anregend geschrieben, was bei der sonst recht trocknen Materie der Mechanik doppelt wertvoll ist. Der Verfasser trachtet stets darnach, die mechanischen Sätze so sehr wie möglich an wirklichen Vorgängen zu erläutern, und reizt dadurch den Leser, auch nach Weglegen des Buches andere alltägliche Vorgänge zu betrachten und vom Standpunkt der Mechanik aus zu beurteilen. Das Buch kann infolgedessen allen denen empfohlen werden, die, mit dem Werkzeug der elementaren Mathematik ausgerüstet, in die Tiefen der Mechanik eindringen wollen.“

(*Glückauf.*)

„Der Leser wird in dem Buche vielerlei interessante Hinweise und Beispiele finden, die in den üblichen Lehrbüchern nicht vorkommen. Beständig wird auf wirkliche, beobachtbare Erscheinungen, z. B. beim Fahrrad, der Eisenbahn usw., Bezug genommen und deshalb z. B. bei den einfachen Maschinen die Reibung mit in Rechnung gestellt. Auch die historische Entwicklung wird durchweg klar beleuchtet. . . .“

(*Naturwissenschaftliche Wochenschrift.*)

Populäre Astrophysik. Von Dr. J. Scheiner, Professor der Astrophysik an der Universität Berlin, Hauptobservator am Astrophysikalischen Observatorium bei Potsdam. Mit 30 Tafeln und 210 Figuren. In Kleinw. geb. M 12. —

„Das es gerade Scheiner, einer unserer besten und erfolgreichsten Astrophysiker ist, der sich entschließt, die bestehende Lücke durch ein eingehendes Lehrbuch der Astrophysik auszufüllen, ist ganz besonders zu begrüßen. Er schließt in seinem Buche zunächst alle Fragen aus, die rein astronomischer Natur sind, d. h. die sich mit den Bewegungsproblemen befassen. Astronomische Fragen, welche nur zum Teil in das Gebiet der Astrophysik schlagen, werden nur so weit behandelt, als es zum Verständnis des weiteren rein astrophysikalischen Themas notwendig ist. Dadurch war ein weiter Raum für alle einschlägigen Aufgaben gewonnen, und diese konnten dafür um so eingehender behandelt werden. Bei der Tendenz des Buches ist es selbstverständlich, daß beim Leser ein gewisser Grad rein mathematischer Bildung vorausgesetzt wird; dadurch entfallen viele ganz primitive Erörterungen, die das Buch sicher stark belastet hätten. Trotzdem aber einige mathematische Vorkenntnisse verlangt werden, merkt man dem Buche doch an, daß der Verf. lieber mit Worten als mit Formeln erklären will. Dieses Bestreben wird sehr unterstützt durch den klaren und präzisen Stil. Und dadurch ist das Buch zum mindesten für den Laien zu einem Kompendium der Astrophysik geworden. Sehr unterstützt wird der Text durch ein passend gewähltes und vorzüglich ausgeführtes Illustrationsmaterial.“ (Deutsche Literaturzeitung.)

Die Mechanik des Weltalls. Eine volkstümliche Darstellung der Lebensarbeit Joh. Keplers, besonders seiner Gesetze und Probleme. Von Direktor L. Günther in Fürstenwalde. Mit 13 Figuren, 1 Tafel und vielen Tabellen. Gebunden M 2.50. —

„... Die schwierige Aufgabe, Keplers Lebensarbeit gemeinverständlich darzustellen und ihr Verhältnis zum heutigen Stande der Astronomie aufzuhellen, ist dem Verfasser trefflich gelungen. Ein knapper, klarer Überblick der Alten bis zu Kepler schafft den historischen Hintergrund und damit besseres Verständnis für die im folgenden ausgeführten Gesetze und Kräfte der Sternwelt in ihrem Zusammenhang. Beigefügte Abbildungen und Tabellen erleichtern das Verständnis. Besonders lichtvoll ist dargestellt, welche Wege Kepler zur Erforschung der Himmelskörper einschlug, um sein großes Ziel zu erreichen. Lehrer seien auf dieses Buch ganz besonders aufmerksam gemacht.“ (Badische Schulzeitung.)

„... Dem deutschen Volke einen seiner größten und edelsten Söhne, Johannes Kepler, wieder näher gebracht zu haben — das ist das kaum hoch genug zu veranschlagende Verdienst, das sich der Verfasser durch die Herausgabe dieses Buches erworben hat.“ (Frankfurter Zeitung.)

„Eine sehr willkommene Gabe hat uns der Verfasser mit diesem Buch geschenkt — eine Frucht langjähriger und eingehender Beschäftigung mit den Werken Keplers. Aus der vorliegenden Schrift tritt uns der Werdegang der Kenntnis über die Himmelskörper und ganz besonders die Entwicklung der Keplerschen Gesetze geradezu plastisch vor Augen; dazu kommt das reiche Quellenmaterial. Besonders lehrreich sind die Darlegungen über die Beziehungen Keplers zu Tycho, Galilei und Newton.“ (Bayr. Zeitschrift für Realerschulwesen.)

Himmelsbild und Weltanschauung im Wandel der Zeiten. Von Prof. Troels-Lund. Autorisierte, vom Verfasser durchgesehene Übersetzung von L. Bloch. 3. Auflage. Gebunden M 5. —

„... Es ist eine wahre Lust, diesem kundigen und geistreichen Führer auf dem langen, aber nie ermüdenden Wege zu folgen, den er uns durch Asien, Afrika und Europa, durch Altertum und Mittelalter bis herab in die Neuzeit fährt. . . . Es ist ein Werk aus einem Guß, in großen Zügen und ohne alle Kleinlichkeit geschrieben. . . . Wir möchten dem schönen, inhaltreichen und anregenden Buche einen recht großen Leserkreis nicht nur unter den künftigen Gelehrten, sondern auch unter den gebildeten Laien wünschen. Es ist nicht nur eine geschichtliche, d. h. der Vergangenheit angehörige Frage, die darin erörtert wird, sondern auch eine solche, die jedem Denkenden auf den Fingern brennt. Und nicht immer wird über solche Dinge so kundig und so frei, so leidenschaftslos und doch mit solcher Wärme gesprochen und geschrieben, wie es hier geschieht. . . .“ (B. Heftle in den Neuen Jahrbüchern für das klassische Altertum.)

Natur-Paradoxe. Ein Buch für die Jugend zur Erklärung von Erscheinungen, die mit der täglichen Erfahrung im Widerspruch zu stehen scheinen. Von Dr. C. Schäffer. Nach Dr. W. Hampsons „Paradoxes of nature and sciences“ bearbeitet. Mit 4 Tafeln und 65 Textbildern. In Leinw. geb. M. 3.

„Das Buch wird vor allem der Jugend Freude bereiten, die daraus ersehen kann, wie vielfältig die Naturgesetze, die die Schule lehrt, angewendet werden können; überall sind Anleitungen gegeben, wie man die Versuche selbst mit ganz wenigen Mitteln durchführen kann. Aber auch sonst wird es jedem, der es nicht verlernt hat, über das Getriebe des täglichen Lebens hinaus im aufmerksamen Beobachten der Natur Erholung und Anregung zu suchen, ein vorzügliches Führer sein.“ (Die Hilfe.)

Chemisches Experimentierbuch für Knaben. Von Prof. Dr. K. Scheid, approb. Chemiker. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 79 Abbild. In Leinw. geb. M. 3.20.

„... Die glückliche Vereinigung von Schulmann und Chemiker in der Person des Verfassers gibt dem Buche sein Gepräge und seinen didaktischen Wert. Nicht nur, daß der Verfasser als erfahrener Pädagoge den Stoff sorgfältig sichtet und ordnet und ihn in der für die Jugend einzig richtigen Form der gemeinverständlichen, aber keineswegs unwissenschaftlichen Darstellung behandelt, auch als geübter Chemiker beherrscht er die Kunst des Experimentierens, welche selbst mit den einfachsten Mitteln die Geheimnisse der Natur zu ergründen und dadurch zu feßeln und zu überzeugen versteht.“ (Monatsschrift für höhere Schulen.)

Der kleine Geometer. Von G. C. und W. H. Noug. Deutsch von S. und J. Bernstein. Mit 127 Textfiguren und 3 bunten Tafeln. In Leinw. geb. M. 3.

„... Wieviel Schulnot könnte den Kindern erspart bleiben, wenn ihnen so halb im Spiel das geometrische Sehen und Denken beigebracht, der geometrische Instinkt geweckt würde! Ueberseher wie Verleger verdienen den Dank der Eltern und der Jugend für diese deutsche Ausgabe, die sich nicht nur durch glatte, flüssige Diktion, sondern auch durch vorzügliche Ausstattung auszeichnet.“ (Münchener Neueste Nachrichten.)

Das Feuerzeug. Von Ch. M. Tidy. Drei Vorträge vor jugendlichen Zuhörern. Nach dem englischen Original bearb. v. P. Pfannenschmidt. Mit 40 Figuren. In Leinw. geb. M. 2.

„... das alles geschieht mit einer Eleganz des Vortrages, verbunden mit einer schlichten und gerade deshalb überzeugenden Ausführung des Experiments, die selbst dem Lehrer und Fachmann das Durchlesen des Buches zu einem Gewinn macht und ihn ohne Zweifel zu der Ueberzeugung bringt, dieses preiswerte, auch äußerlich geschmackvoll ausgestattete Buch als wirklich wertvollen und bildenden Lesestoff seinen Schülern zur Anschaffung empfehlen zu können.“ (Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft.)

Drehkreisel. Von J. Perry. Vollständiger Vortrag gehalten in einer Versammlung der „British Association“ in Leeds. Übersetzt von Prof. Dr. August Walzel. Mit 58 Abbildungen im Text und 1 Titelbild. In Leinw. geb. M. 2.80.

Mathematische Experimentiermappe für die Hand der Schüler zum Gebrauche beim geometrisch-propädeutischen Unterricht und zur Vorbereitung auf denselben sowie zur Selbstbeschäftigung in Musestunden zusammengestellt von Prof. Dr. G. Noodt. [In Vorbereitung.]

Enthält eine mit zahlreichen Figuren versehene kurze Anleitung zur selbsttätigen Herstellung von großenteils neuen Modellen und das hierzu erforderliche Material und Werkzeug und will sich, gemäß den modernen Reformbestrebungen auf dem Gebiete des mathematischen Unterrichts, in den Dienst einer intensiven Ausbildung des Anschauungsvermögens stellen. Denn gerade die Selbsttätigkeit der Schüler ist in hohem Grade geeignet, sie in frühester Jugend zum funktionalen Denken allmählich zu erziehen, indem man die Startheit der geometrischen Gebilde aufgibt und die „Stücke“ durch Bewegung von Punkten, Drehen von Strecken usw. als voneinander abhängig erkennen läßt.

Sämtliche Modelle können als Ganzes oder in beliebigen Gruppen fertig hergestellt durch die Verlagsbuchhandlung bezogen werden.

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich = gemeinverständlicher
Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

Allgemeines Bildungswesen. Erziehung u. Unterricht.

Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 2. Auflage. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. W. Münch und einem Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)

Eine unparteiische Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bildungswesens nach seinen Haupttrichtlinien, zugleich ein Spiegelbild deutscher Kulturentwicklung.

Der Leipziger Student von 1409—1909. Von Dr. Wilhelm Bruchmüller. Mit 25 Abbildungen. (Bd. 273.)

Eine zusammenfassende Kultur- und Sittengeschichte des Leipziger Studenten.

Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Bd. 85.)

Eine übersichtliche Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Schulwesens von seinen Anfängen an bis zum nationalen Humanismus der Gegenwart.

Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart. Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Bd. 299.)

Bietet einen anregenden Überblick über das Gesamtgebiet des gegenwärtigen deutschen Unterrichtswesens.

Allgemeine Pädagogik. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)

Behandelt das mit der großen sozialen Frage unserer Zeit in so engem Zusammenhang stehende Problem der Volkserziehung in praktischer, selbständiger Weise und in sittlich-sozialem Geiste.

Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. Mit 2 Abbildungen. (Bd. 224.)

Behandelt Geschichte, Aufgaben, Wesen und Bedeutung der experimentellen Pädagogik und ihrer Forschungsmethode.

Psychologie des Kindes. Von Prof. Dr. Rob. Gaupp. 2., verbesserte Auflage. Mit 18 Abbildungen. (Bd. 213.)

Behandelt auf Grund der modernen wissenschaftlichen Forschungsmethoden und -Resultate die interessantesten und praktisch wichtigsten Kapitel der Kinderpsychologie unter Betonung der Bedeutung des psychologischen Versuchs für die Erkenntnis der Eigenart geistiger Tätigkeit wie der individuellen Verschiedenheiten im Kindesalter.

Moderne Erziehung in Haus und Schule. Von Johannes Tews. 2. Auflage. (Bd. 159.)

Die Erziehung als Grundproblem der modernen Kultur und kulturelle Pflicht jedes einzelnen.

Großstadtpädagogik. Von Johannes Tews. (Bd. 327.)

hat die Probleme, die es für den Erzieher in Haus und Schule in der Großstadt zu lösen gilt, und die Maßnahmen, die hier getroffen werden müssen, wenn Hunderttausende von jungen Deutschen zu vollwertigen Bürgern des Reiches erzogen werden sollen, klar und fesselnd dargestellt.

Schulkämpfe der Gegenwart. Von Johannes Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)

Stellt die Probleme dar, um die es sich bei der Reorganisation der Volksschulen handelt, deren Stellung zu Staat und Kirche, Abhängigkeit vom Geistes- und Wichtigkeit für die Herausbildung einer volksfreundlichen Gesamtkultur scharf beleuchtet werden.

Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin Marie Martin. (Bd. 65.)

Bietet aus berufenster Feder eine Darstellung der Ziele, der historischen Entwicklung, der heutigen Gestalt und der Zukunftsaufgaben der höheren Mädchenschulen.

Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)

Gibt in kurzen Zügen eine Theorie und Praxis der Hilfsschulpädagogik nach ihrem gegenwärtigen Stand und zugleich Richtlinien für ihre künftige Entwicklung.

Das deutsche Fortbildungsschulwesen. Von Direktor Dr. Friedrich Schilling. (Bd. 256.)

Würdigt die gegenwärtige Ausgestaltung des gesamten (einschließlich des gewerblichen und kaufmännischen) Fortbildungsschulwesens und zeichnet Richtlinien für einen konsequenten Weiterbau.

Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Direktor Dr. A. Pabst. Mit 21 Abbildungen und 1 Titelbild. (Bd. 140.)

Gibt einen Überblick über die Geschichte des Knabenhandarbeitsunterrichts, untersucht seine Stellung im Lichte der modernen pädagogischen Strömungen sowie seinen Wert als Erziehungsmittel und erörtert sodann die Art des Betriebes in den verschiedenen Schulen und Ländern.

Das moderne Volksbildungswesen. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliotheksrat Dr. Gottlieb Friß. Mit 14 Abbildungen. (Bd. 266.)

Gibt einen zusammenfassenden Überblick über das für den Aufschwung des geistigen Lebens der modernen Kulturvölker so wichtige Volksbildungswesen.

Die amerikanische Universität. Von Ph. D. Edward Delavan Perry. Mit 22 Abbildungen. (Bd. 206.)

Schildert die Entwicklung des gelehrten Unterrichts in Nordamerika, belehrt über das dortige innere und äußere akademische Leben und bietet interessante Vergleiche zwischen deutschem und amerikanischem Hochschulwesen.

Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Prof. Siegmund Müller. Mit zahlreichen Abbildungen, Karte und Lageplan. (Bd. 190.)

Schildert, von Lehrreichen Abbildungen unterstützt, die Einrichtungen und den Unterrichtsbetrieb der amerikanischen technischen Hochschulen in ihrer Eigenart.

Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten in ihren hervortretenden Zügen. Von Direktor Dr. Franz Kuppers. Mit 48 Abbildungen und 1 Titelbild. (Bd. 150.)

Schildert anschaulich das amerikanische Schulwesen vom Kindergarten bis zur Hochschule, überall das Wesentliche der amerikanischen Erziehungsweise (die stete Erziehung zum Leben, das Wecken des Betätigungstriebes, das Hindrängen auf praktische Verwertung usw.) hervorhebend.

Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor Karl Müller. In 2 Bänden. (Bd. 188/189.)

Band I: Von Schiller bis Lange. (Bd. 188.) Band II: In Vorbereitung.

Eine feinsinnige Auslese von Aussprüchen und Aussägen unserer führenden Geister über eine allseitig harmonische Ausbildung von Leib und Seele.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Schulhygiene. Von Prof. Dr. Leo Burgerstein. 2. Auflage. Mit 33 Figuren. (Bd. 96.)

Ein alle in Betracht kommenden Fragen gleichmäßig berücksichtigendes Gesamtbild der modernen Schulhygiene.

Jugend-Sürsorge. Von Waisenhaus-Direktor Dr. Johannes Petersen. 2 Bände. (Bd. 161. 162.)

Band I: Die öffentliche Sürsorge für die hilfsbedürftige Jugend. (Bd. 161.)

Band II: Die öffentliche Sürsorge für die sittlich gefährdete und die gewerblich tätige Jugend. (Bd. 162.)

Behandelt das gesamte öffentliche Sürsorgewesen, dessen Vorzüge und Mängel sowie die Möglichkeit der Reform.

Pestalozzi. Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. Paul Natorp. Mit einem Bildnis und einem Brieffaksimile. (Bd. 250.)

Sucht durch systematische Darstellung der Prinzipien Pestalozzis und ihrer Durchführung eine von seiner zeitlichen Bedingtheit losgelöste Würdigung des Pädagogen anzubahnen.

Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. Mit einem Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)

Sucht durch liebevolle Darstellung von Herbarts Werden und Lehre seine durch eigenartige Terminologie und Deduktionsweise schwer verständliche Philosophie und Pädagogik weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von Adele von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)

Lehrt die grundlegenden Gedanken der Methode Fröbels kennen und gibt einen Überblick seiner wichtigsten Schriften mit Betonung aller jener Kernaussprüche, die treuen und oft ratlosen Müttern als Wegweiser in Ausübung ihres hehrsten und heiligsten Berufes dienen können.

Hierzu siehe ferner:

Hensel, Rousseau S. 6.

Religionswissenschaft.

Leben und Lehre des Buddha. Von weil. Prof. Dr. Richard Pischel. 2. Auflage von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)

Gibt eine allgemeinverständliche, wissenschaftliche Darstellung des Buddhismus in religiöser, ethischer, philosophischer und sozialer Hinsicht, seiner Geschichte und seines Verhältnisses zum Christentum.

Germanische Mythologie. Von Prof. Dr. Julius v. Negelein. (Bd. 95.)

Gibt ein Bild germanischen Glaubenslebens, indem es die Äußerungen religiösen Lebens, namentlich auch im Kultus und in den Gebräuchen des Aberglaubens aufsucht und sich überall bestrebt, das ihnen zugrunde liegende psychologische Motiv aufzudecken.

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Dr. Edwin Lehmann. (Bd. 217.)

Verfolgt die Erscheinungen der Mystik von der niedrigsten Stufe durch die orientalischen Religionen bis zu den mystischen Phänomenen in den christlichen Kirchen aller Zeiten.

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. Hermann Freiherr von Soden. 3. Auflage. Mit 2 Karten, 1 Plan von Jerusalem und 6 Ansichten des Heiligen Landes. (Bd. 6.)

Ein Bild, nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte, in deren Verlauf die Patriarchen Israels und die Kreuzfahrer, David und Christus, die alten Assyrer und die Scharen Mohammeds einander ablösen.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Nach den neuesten Ausgrabungen und Forschungen. Von Gymnasialoberlehrer Dr. Peter Thomsen. Mit 36 Abbildungen. (Bd. 260.)

Will, indem es die wichtigsten bis in das 4. Jahrtausend vor Christi zurückreichenden Ergebnisse der neuesten Ausgrabungen in Palästina zum ersten Male gemeinverständlich darstellt, zugleich ein Führer sein zu neuem und tieferem Eindringen in die geschichtlichen Grundlagen unserer Religion.

Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. Friedrich Giesebrecht. 2. Auflage. (Bd. 52.)

Schildert, wie Israels Religion entsteht, wie sie die nationale Schale sprengt, um in den Propheten die Ansätze einer Menschheitsreligion auszubilden, und wie auch diese neue Religion sich verpuppt in die Formen eines Priesterstaats.

Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. Heinrich Weinel. 3., verbesserte Auflage. (Bd. 46.)

Die beste Antwort auf die Frage „Hat Jesus gelebt?“ als Anleitung zum historisch-kritischen Verständnis seiner Gleichnisse.

Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. Paul Mehlhorn. (Bd. 137.)

Will zeigen, was von dem im Neuen Testament uns überlieferten Leben Jesu als geschichtlich beglaubigter Tatbestand festzuhalten und was als Sage oder Dichtung zu betrachten ist.

Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor Carl Bonhoff. (Bd. 89.)

Sucht der ganzen Fülle und Eigenart der Persönlichkeit Jesu gerecht zu werden, indem es ihn in seinem Verkehr mit den ihn umgebenden Menschengestalten, Volks- und Parteigruppen zu verstehen sucht.

Der Text des Neuen Testaments nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer August Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)

Will die Frage: „Ist der ursprüngliche Text des Neuen Testaments überhaupt noch herzustellen?“ durch eine Darstellung seiner Entwicklung von der ersten schriftlichen Fixierung bis zum heutigen „berichtigten“ Text beantworten.

Der Apostel Paulus und sein Werk. Von Prof. Dr. Eberhard Vischer. (Bd. 309.)

Zeigt durch eingehende Darstellung von Leben und Lehre die Persönlichkeit des Apostels in ihrer zeitlichen Bedingtheit und in ihrer bleibenden weltgeschichtlichen Bedeutung.

Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bände. (Bd. 297.)

Band I: Die Entstehung des Christentums und seine Entwicklung als Kirche. (Bd. 297.)

Band II: Das Christentum in seiner Entwicklung über die Kirche hinaus. (Bd. 298.)

Zeigt durch eingehende Charakterisierung der schöpferischen Persönlichkeiten die Wechselbeziehungen zwischen Kulturentwicklung und Christentum auf.

Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. Johannes Gessßen. 2. Auflage. (Bd. 54.)

Ein Bild der vielseitigen, kultur- und religionsgeschichtlichen Bedingtheiten, unter denen die Werdezeit des Christentums steht.

Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. Heinrich Boehmer. 2. Auflage. Mit 2 Bildnissen Luthers. (Bd. 113.)

Gibt auf kulturgeschichtlichem Hintergrunde eine unparteiische, Schwächen und Stärken gleichmäßig beleuchtende Darstellung von Luthers Leben und Wirken.

Johann Calvin. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)

Sucht durch eingehende Darstellung des Lebens und Wirkens sowie der Persönlichkeit des Genfer Reformators, sowie der Wirkungen, welche von ihm ausgingen, Verständnis für seine Größe und bleibende Bedeutung zu wecken.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Die Jesuiten. Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. Heinrich Boehmer. 2. vermehrte Auflage. (Bd. 49.)

Ein Büchlein nicht für oder gegen, sondern über die Jesuiten, also der Versuch einer gerechten Würdigung des vielgenannten Ordens nach seiner bleibenden geschichtlichen Bedeutung.

Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. August Heinrich Braasch. 2. Auflage. (Bd. 66.)

Will durch eine großzügige historische Übersicht über das an Richtungen und Problemen so reiche religiöse Leben der Gegenwart den innerlichsten und höchsten Lebenswerten gegenüber einen eigenen Standpunkt finden helfen.

Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. Paul Kalweit. (Bd. 225.)

Will das Verhältnis der Religion zu dem übrigen Geistesleben, insbesondere zu Wissenschaft, Sittlichkeit und Kunst klarlegen, indem es die bedeutsamsten Anschauungen darüber erörtert.

Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick. Von Dr. August Pfannkuche. (Bd. 141.)

Will durch geschichtliche Darstellung der Beziehungen beider Gebiete eine vorurteilsfreie Beurteilung des heiß umstrittenen Problems ermöglichen.

Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie. Von Professor Dr. R. Richter. 2. Auflage. (Bd. 155.)

Bietet eine anschauliche, zugleich wissenschaftlich-gründliche Darstellung der philosophischen Hauptprobleme und der Richtungen ihrer Lösung, insbesondere des Erkenntnisproblems, und nimmt dabei, nach einer vorherigen Abgrenzung des Gebietes der Philosophie und Bestimmung ihrer Aufgabe, zu den Standpunkten des Materialismus, Spiritualismus, Theismus und Pantheismus Stellung, um zum Schluß die Fragen der Moral- und Religionsphilosophie zu beleuchten.

Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor Hans Richter. (Bd. 186.)

Will die Stellung der Philosophie im Geistesleben der Gegenwart beleuchten, ihren Wert als Weltanschauung sicher stellen, ihre Grundprobleme und deren Lösungsversuche charakterisieren und in die philosophische Literatur einführen.

Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. Jonas Cohn. Mit 6 Bildnissen. (Bd. 176.)

Will durch Geschichte in die Philosophie einführen, indem es von sechs großen Denkern, Sokrates und Platon, Descartes und Spinoza, Kant und Fichte das für die Philosophie dauernd Bedeutende herauszuarbeiten sucht aus der Überzeugung, daß aus der Kenntnis der Persönlichkeiten am besten das Verständnis für ihre Gedanken zu gewinnen ist.

Griechische Weltanschauung. Von Privatdoz. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)
Eine einheitlich zusammenfassende Übersicht über das Vorbildliche und allgemein Wertvolle in der Entwicklungsgeschichte der griechischen Weltanschauung.

Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. Ludwig Busse. 4. Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. R. Saldenberg. (Bd. 56.)

Eine sich auf die Darstellung der großen klassischen Systeme beschränkende, aber deren beherrschende und charakteristische Grundgedanken herausarbeitende und so ein klares Gesamtbild der in ihm enthaltenen Weltanschauungen entwerfende Einführung in die neuere Philosophie.

Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 5. Auflage. (Bd. 41.)

Schildert die vier Hauptrichtungen der modernen deutschen Philosophie: den Positivismus, Materialismus, Naturalismus und Idealismus unter eingehender Würdigung der bedeutendsten Vertreter der verschiedenen Richtungen.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Rousseau. Von Prof. Dr. Paul Hensel. Mit 1 Bildnisse. (Bd. 180.)
Stellt Rousseau als Vorläufer des deutschen Idealismus, seine Lebensarbeit als unumgängliche Voraussetzung für Goethe, Schiller, Herder, Kant, Fichte dar.

Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 2. Auflage. Mit einem Bildnisse Kants. (Bd. 146.)

Eine Einführung in das Verständnis Kants und eine Würdigung seiner Philosophie in ihrer unvergleichlichen und schier unerhöplichen Kraft der Anregung, wie seiner Persönlichkeit in ihrer echten in sich geschlossenen Eigenart.

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Sechs Vorträge von Realschuldirektor Hans Richter. 2. Auflage. Mit dem Bildnis Schopenhauers. (Bd. 81.)

Gibt, in das Werden dieses großen deutschen Philosophen und Schriftstellers mit seinen geschichtlichen Bedingungen und Nachwirkungen einleitend, einen zusammenfassenden Überblick über das Ganze seines Systems.

Herbert Spencer. Von Dr. Karl Schwarz. Mit 1 Bildnisse. (Bd. 245.)

Gibt eine klar gefasste Darstellung des Lebens und des auf dem Entwicklungsgedanken aufgebauten Systems Herbert Spencers nach seinen verschiedenen Seiten, nämlich philosophische Grundlegung, Biologie, Psychologie, Soziologie und Ethik.

Das Weltproblem von positivistischem Standpunkte aus. Von Prof. Dr. Josef Pegoldt. (Bd. 153.)

Sucht die Geschichte des Nachdenkens über die Welt als eine sinnvolle Geschichte von Irrtümern psychologisch verständlich zu machen im Dienste der von Schuppe, Mach und Avenarius vertretenen Anschauung, daß es keine Welt an sich, sondern nur eine Welt für uns gibt.

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Auflage. (Bd. 12.)

Stellt sich in den Dienst einer nationalen Erziehung, indem es zuversichtlich und besonnen eine von konfessionellen Schranken unabhängige, wissenschaftlich haltbare Lebensanschauung und Lebensordnung begründet und entwickelt.

Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von Prof. Dr. Otto Kirn. (Bd. 177.)

Übt verständnisvolle Kritik an den Lebensanschauungen des Naturalismus, des Utilitarismus, des Evolutionismus, an der ätherischen Lebensauffassung, um dann für das überiegene Recht des sittlichen Idealismus einzutreten, indem es dessen folgerichtige Durchführung in der christlichen Weltanschauung aufweist.

Die Mechanik des Geisteslebens. Von Prof. Dr. Max Verworn. 2. Auflage. Mit 18 Figuren. (Bd. 200.)

Schildert vom monistischen Standpunkte aus die modernen Anschauungen über die physiologischen Grundlagen der Gehirnvorgänge.

Die Seele des Menschen. Von Prof. Dr. Joh. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)

Gibt allgemeinverständlich eine eingehende wissenschaftliche Antwort auf die Grundfrage: „Was ist die Seele?“

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. Ernst Trömner. (Bd. 199.)

Bietet eine rein sachliche Darstellung der Lehre von Hypnotismus und Suggestion und zeigt deren Einfluß auf die wichtigsten Kulturgebiete.

Hierzu siehe ferner:

Hamann, Die Ästhetik S. 8. Lehmann, Mystik in Heidentum und Christentum S. 3. Pischel, Leben und Lehre des Buddha S. 3. Flügel, Herbaris Lehre und Leben S. 3. Pfannkuche, Naturwissenschaft und Religion in Kampf und Frieden S. 5. Volzbehr, Bau und Leben der bildenden Kunst S. 8. Mucke, Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert S. 15.

Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. Franz Nöcker-Laus Fink. (Bd. 267.)

Gibt einen auf den Resultaten moderner Sprachforschung aufgebauten, umfassenden Überblick über die Sprachstämme des Erdkreises, ihre Verzweigungen in Einzelsprachen sowie über deren gegenseitige Zusammenhänge.

Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von weil. Prof. Dr. Franz Nikolaus Fink. (Bd. 268.)

Will durch Erklärung je eines charakteristischen Textes aus acht Hauptsprachtypen einen unmittelbaren Einblick in die Gesetze der menschlichen Sprachbildung geben.

Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. Von Prof. Dr. Wilhelm Uhl. Mit vielen Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 84.)

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der sprachlich-wissenschaftlich lautphysiologischen wie der philologisch-germanistischen Forschung, die Ursprung und Organ, Bau und Bildung, andererseits die Hauptperioden der Entwicklung unserer Muttersprache zur Darstellung bringt.

Rhetorik. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. Von Dr. Ewald Geißler. (Bd. 310.)

Eine zeitgemäße Rhetorik für den Berufsredner wie für jeden nach sprachlicher Ausdrucksfähigkeit Strebenden.

Die deutschen Personennamen. Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)

Gibt einen vollständigen historischen Überblick über das gesamte Gebiet der deutschen Vor- und Familiennamen und erklärt ihre Entstehung und Bedeutung nach ihren verschiedenen Gattungen.

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volks-
gesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 4. Auflage. (Bd. 7.)

Handelt in schwingvoller Darstellung vom Wesen und Werden des deutschen Volks-
gesanges, unterrichtet über die deutsche Volksliederpflege in der Gegenwart, über Wesen und Ursprung
des deutschen Volks-
gesanges, Stof und Spielmann, Geschichte und Mär, Leben und Liebe.

**Die deutsche Volks-
sage.** Übersichtlich dargestellt. Von Dr. Otto Bödeker. (Bd. 262.)

Bietet zum erstenmal eine vollständige Übersicht über die reichen Schätze der deutschen Volks-
sage, als des tiefverschütteten Grundes deutscher Anschauungs- und Denkweise.

Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis
auf die Gegenwart. Von Dr. Christian Gähde. Mit 20 Abbild. (Bd. 230.)

Eine Geschichte des Theaters vom griechischen Altertum durch Mittelalter und Renaissance bis
auf die Schauspielkunst der Gegenwart, deren verschiedene Strömungen in ihren historischen
und psychologischen Bedingungen dargestellt werden.

Das Drama. Band I. Von der Antike zum französischen Klassizismus.
Von Dr. Bruno Busse. Mit 3 Abbildungen. (Bd. 287.)

Verfolgt die Entwicklung des Dramas von den primitiven Anfängen über Altertum, Mittelalter
und Renaissance bis zum französischen Klassizismus.

Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. Heinrich
Spiero. (Bd. 254.)

Schildert unter liebevoller Würdigung der größten und feinsten Meister des Liedes an der Hand
wohlgewählter Proben die Entwicklungsgeschichte der deutschen Lyrik.

Schiller. Von Prof. Dr. Theobald Ziegler. Mit dem Bildnis Schillers von
Kügelgen in Heliogravüre. 2. Auflage. (Bd. 74.)

Will durch eingehende Analyse der Einzelwerke in das Verständnis von Schillers Leben und
Gedankenwelt einführen.

Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. Georg Witkowski. 3. Auflage. Mit einem Bildnis Hebbels. (Bd. 51.)

Sucht in erster Linie auf historischem Wege das Verständnis des Dramas der Gegenwart anzubahnen und berücksichtigt die drei Faktoren, deren jeweilige Beschaffenheit die Gestaltung des Dramas bedingt: Kunstanschauung, Schauspielkunst und Publikum.

Deutsche Romantik. Von Prof. Dr. Oskar S. Walzel. (Bd. 232.)

Gibt auf Grund der modernen Forschungen ein knappes, lebendiges Bild jener Epoche, deren Wichtigkeit für unser Bewußtsein ständig wächst, und die an Reichtum der Gefühle, Gedanken und Erlebnisse von keiner anderen übertroffen wird.

Friedrich Hebbel. Von Dr. Anna Schapire-Neurath. Mit einem Bildnisse Hebbels. (Bd. 238.)

Gibt eine eindringende Analyse des Werkes und der Weltanschauung des großen deutschen Tragikers.

Gerhart Hauptmann. Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit einem Bildnisse Gerhart Hauptmanns. (Bd. 283.)

Sucht durch eindringende Analyse des Einzelwerkes in die Gedankenwelt Gerhart Hauptmanns einzuführen.

Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildnissen. (Bd. 193.)

Sucht Entwicklung und Schaffen Ibsens und Björnsons sowie der bedeutendsten jungen norwegischen Dichter auf Grund der Veranlagung und Entwicklung des norwegischen Volkes verständlich zu machen und im Zusammenhang mit den kulturellen Strömungen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts darzustellen.

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. Ernst Sieper. Mit 3 Tafeln und 3 Textbildern. (Bd. 185.)

Schildert Shakespeare und seine Zeit, seine Vorgänger und eigenartige Bühne, seine Persönlichkeit und seine Entwicklung als Mensch und Künstler und erörtert die vielumstrittene Shakespeare-Bacon-Frage.

Hierzu siehe ferner:

Gerber, Die menschliche Stimme S. 20. Das Buchgewerbe und die Kultur S. 12.

Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Theodor Volbehr. Mit 44 Abbildungen. (Bd. 68.)

Führt von einem neuen Standpunkte aus in das Verständnis des Wesens der bildenden Kunst ein, erörtert die Grundlagen der menschlichen Gestaltungskraft und zeigt, wie das künstlerische Interesse sich allmählich weitere und immer weitere Stoffgebiete erobert.

Die Ästhetik. Von Dr. Richard Hamann. (Bd. 345.)

Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst. Von Dr. Ernst Cohn-Wiener. 2 Bände. (Bd. 317/318.)

Band I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abbildungen. (Bd. 317.)

Band II: Von der Renaissance bis zur Gegenwart. Mit 31 Abbildungen. (Bd. 318.)

Die erste Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Stile von der ältesten ägyptischen Kunst bis zum modernen Impressionismus unter modernen kulturpsychologischen Gesichtspunkten.

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Relieffarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 3 Tafeln und 32 Abbildungen. (Bd. 272.)

Setzt an der Hand der Entwicklung des griechischen Sarkophags eine Entwicklungsgeschichte der gesamten griechischen Plastik in ihrem Zusammenhang mit Kultur und Religion.

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. Adelbert Matthaei. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 8.)

Will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters über das Wesen der Baukunst aufklären, indem es zeigt, wie sich im Verlauf der Entwicklung die Raumvorstellung klärt und vertieft, wie das technische Können wächst und die praktischen Aufgaben sich erweitern.

Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis zum Ausgang des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. Adelbert Matthaei. Mit 62 Abbildungen und 3 Tafeln. (Bd. 326.)

Eine Einführung in das Verständnis der Architekturentwicklung in Deutschland von der Gotik bis zum Barock.

Die deutsche Illustration. Von Prof. Dr. Rudolf Kautsch. Mit 35 Abbildungen. (Bd. 44.)

Behandelt ein besonders wichtiges und lehrreiches Gebiet der Kunst und leistet zugleich, indem es an der Hand der Geschichte das Charakteristische der Illustration als Kunst zu erforschen sucht, ein gut Teil „Kunsterziehung“.

Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. Berthold Haendke. Mit 63 Abbildungen. (Bd. 198.)

Zeigt an der Hand zahlreicher Abbildungen, wie die angewandte Kunst im Laufe der Jahrhunderte das deutsche Heim in Burg, Schloß und Haus behaglich gemacht und geschmückt hat, wie die Gebrauchs- und Luxusgegenstände des täglichen Lebens entstanden sind und sich gewandelt haben.

Albrecht Dürer. Von Dr. Rudolf Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)

Eine schlichte und knappe Erzählung des gewaltigen menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Albrecht Dürers, verbunden mit einer eingehenden Analyse seiner vorzüglichsten Werke.

Rembrandt. Von Prof. Dr. Paul Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)

Eine durch zahlreiche Abbildungen unterstützte lebensvolle Darstellung des menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Rembrandts.

Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. Richard Graul. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 87.)

Bringt unter Mitteilung eines reichen Bildermaterials die mehr als einmal für die Entwicklung der Kunst bedeutsame Einwirkung der japanischen und chinesischen Kunst auf die europäische zur Darstellung.

Kunstpfl ege in Haus und Heimat. Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 77.)

Zeigt, daß gesunde Kunstpfl ege zu wahren Menschentum gehört, und wie es jedermann in seinen Verhältnissen möglich ist, sie zu verwirklichen.

Geschichte der Gartenkunst. Von Reg.-Baumeister Chr. Rand. Mit 41 Abbildungen. (Bd. 274.)

Eine Geschichte des Gartens als Kunstwerk, vom Altertum bis zu den modernen Bestrebungen.

Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. Heinrich Rietsch. (Bd. 178.)

Ein anschauliches Entwicklungsbild der musikalischen Erscheinungen, des Stoffes der Tonkunst, wie seiner Bearbeitung und der Musik als Consprache.

Einführung in das Wesen der Musik. Von Prof. Carl R. Hennig. (Bd. 119.)

Untersucht das Wesen des Tones als eines Kunstmaterials, prüft die Natur der musikalischen Darstellungsmittel und erörtert die Objekte der Darstellung, indem sie klarlegt, welche Ideen im musikalischen Kunstwerke gemäß der Natur des Tonmaterials und der Darstellungsmittel zur Darstellung gebracht werden können.

Klavier, Orgel, Harmonium. Das Wesen der Tasteninstrumente. Von Prof. Dr. O. Vie. (Bd. 325.)

Will an Hand einer Darstellung ihrer Entwicklung das Verständnis vom Bau, Wejen und musikalischer Wirkung der drei Tasteninstrumente Klavier, Orgel, Harmonium vermitteln.

Geschichte der Musik. Von Dr. Friedrich Spiro. (Bd. 143.)

Gibt in großen Zügen eine übersichtliche, äußerst lebendig gehaltene Darstellung von der Entwicklung der Musik vom Altertum bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der führenden Persönlichkeiten und der großen Strömungen.

Handn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. Carl Krebs. Mit vier Bildnissen auf Tafeln. (Bd. 92.)

Eine Darstellung des Entwicklungsganges und der Bedeutung eines jeden der drei großen Komponisten für die Musikgeschichte. Sie gibt mit wenigen, aber scharfen Strichen ein Bild der menschlichen Persönlichkeit und des künstlerischen Wesens der drei Heroen mit Hervorhebung dessen, was ein jeder aus seiner Zeit geschöpft und was er aus Eigem hinzugebracht hat.

Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. Edaar Jstel. Mit einer Silhouette von E. T. A. Hoffmann. (Bd. 239.)

Gibt eine erstmalige Gesamtdarstellung der Epoche Schuberts und Schumanns, der an Persönlichkeiten, Schöpfungen und Anregungen reichsten der deutschen Musikgeschichte.

Das Kunstwerk Richard Wagners. Von Dr. Edgar Jstel. Mit 1 Bildnis R. Wagners. (Bd. 330.)

Führt durch eingehende Schilderung des Entwicklungsganges Richard Wagners zu einem wirklichen Verständnis seiner Werte.

Das moderne Orchester in seiner Entwicklung. Von Prof. Dr. Fritz Volbach. Mit Partiturbeispielen und 2 Instrumententabellen. (Bd. 308.)

Gibt zum ersten Male einen Überblick über die Entwicklungsgeschichte der Orchestrierung vom Altertum bis auf Richard Strauß.

Geschichte und Kulturgeschichte.

Die Anfänge der menschlichen Kultur. Von Prof. Dr. Ludwig Stein. (Bd. 93.)

Behandelt als Einführung in die Kulturprobleme der Gegenwart den vorgeschichtlichen Menschen, die Anfänge der Arbeitsteilung, die Anfänge der Rassenbildung sowie der wirtschaftlichen, intellektuellen, moralischen und sozialen Kultur.

Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. Erich SiebARTH. Mit 22 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel. (Bd. 131.)

Sucht auf Grund der Ausgrabungen und der inschriftlichen Denkmäler ein anschauliches Bild von dem Aussehen einer altgriechischen Stadt und von dem städtischen Leben in ihr zu entwerfen.

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Friedrich v. Duhn. 2. Auflage. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 114.)

Schildert auf Grund der neuesten Ausgrabungs- und Forschungsergebnisse Pompeji als Beispiel für die Entwicklung der nach Italien übertragenen griechischen Kultur und Kunst zur Weltkultur und Weltkunst.

Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdozent Dr. Leo Bloch. 2. Auflage. (Bd. 22.)

Behandelt die Sozialgeschichte Roms, soweit sie mit Rücksicht auf die die Gegenwart bewegenden Fragen von allgemeinem Interesse ist.

Byzantinische Charakterköpfe. Von Privatdozent Dr. Karl Dieterich. Mit 2 Bildnissen. (Bd. 244.)

Bietet durch Charakterisierung markanter Persönlichkeiten einen Einblick in das wirkliche Wesen des gemeinhin so wenig bekannten und doch so wichtigen mittelalterlichen Byzanz.

Germanische Kultur in der Urzeit. Von Prof. Dr. Georg Steinhäusen. 2. Auflage. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 75.)

Beruhrt auf eingehender Quellenforschung und gibt in fesselnder Darstellung einen Überblick über germanisches Leben von der Urzeit bis zur Berührung der Germanen mit der römischen Kultur.

Mittelalterliche Kulturideale. Von Prof. Dr. V. Vedel. 2 Bände.

Band I: Heldenleben. (Bd. 292.)

Band II: Ritterromantik. (Bd. 293.)

Zeichnet auf Grund besonders der griechischen, germanischen, persischen und nordischen Helden- dichtung ein Bild des heroischen Kriegerideals, um so Verständnis für die bleibende Bedeutung dieses Ideals für die Ausbildung der Kultur der Menschheit zu wecken.

Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. Eduard Otto. 2. Auflage. Mit 27 Abbildungen. (Bd. 45.)

Gibt ein Bild des deutschen Frauenlebens von der Urzeit bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, von Denken und Fühlen, Stellung und Wirksamkeit der deutschen Frau, wie sie sich im Wandel der Jahrhunderte darstellt.

Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen und 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)

Stellt die geschichtliche Entwicklung dar, schildert die wirtschaftlichen, sozialen und staatsrecht- lichen Verhältnisse und gibt ein zusammenfassendes Bild von der äußeren Erscheinung und dem inneren Leben der deutschen Städte.

Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Von Regierungs-Baumeister a. D. Albert Erbe. Mit 59 Abbildungen. (Bd. 117.)

Will dem Sinn für die Reize der alten malerischen Städtebilder durch eine Schilderung der eigenartigen Herrlichkeit Alt-Hollands wie Niederdeutschlands, ferner Danzigs, Lübeds, Bremens und Hamburgs nicht nur vom rein künstlerischen, sondern auch vom kulturgeschichtlichen Stand- punkt aus entgegen kommen.

Das deutsche Dorf. Von Robert Mielke. Mit 51 Abbild. (Bd. 192.)

Schildert die Entwicklung des deutschen Dorfes von den Anfängen dörflicher Siedelungen an bis in die Neuzeit, in der uns ein fast wunderbares Mosaik ländlicher Siedelungstypen entgegentritt.

Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Prof. Dr. Rudolf Meringer. Mit 106 Abbildungen. (Bd. 116.)

Will das Interesse an dem deutschen Hause, wie es geworden ist, fördern, indem es das „Herbhaus“, das oberdeutsche Haus, die Einrichtung der für dieses charakteristischen Stube, den Ofen, den Tisch, das Eggerät schildert und einen Überblick über die Herkunft von Haus und Hausrat gibt.

Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Regierungs- baumeister a. D. Christian Rand. Mit 70 Abbildungen. (Bd. 121.)

Gibt eine Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses von der germanischen Urzeit über Skandinavien und Mittelalter bis zur Gegenwart.

Geschichte des deutschen Bauernstandes. Von Prof. Dr. Heinrich Gerdes. Mit 21 Abbildungen. (Bd. 320.)

Gibt eine Darstellung der schicksalreichen Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernstandes von der germanischen Urzeit bis zur Gegenwart.

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Direktor Dr. Eduard Otto. 3. Auflage. Mit 27 Abbildungen. (Bd. 14.)

Eine Darstellung der Entwicklung des deutschen Handwerks bis in die neueste Zeit und der Handwerkerbewegungen des 19. Jahrhunderts wie des älteren Handwerkslebens, seiner Sitten, Bräuche und Dichtung.

Deutsche Volksfeste und Volksitten. Von Hermann S. Rehm. Mit 11 Abbildungen. (Bd. 214.)

Will durch die Schilderung der wichtigsten deutschen Volksfeste und Bräuche Teilnahme und Verständnis für sie als Äußerungen des Seelenlebens unseres Volkes neu erwecken und beleben.

Deutsche Volkstrachten. Von Pfarrer Carl Spieß. (Bd. 342.)

Die Münze als historisches Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Prof. Dr. Arnold Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abbildungen. (Bd. 91.)

Zeigt, wie Münzen zur Aufhellung der wirtschaftlichen Zustände und der Rechtseinrichtungen früherer Zeiten dienen; legt die verschiedenen Arten von Münzen, ihre äußeren und inneren Merkmale sowie ihre Herstellungs- und historische Entwicklung dar und gibt im Anschluß daran Münzensammlern beherzigenswerte Winke.

Das Buchgewerbe und die Kultur. Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abbildung. (Bd. 182.)

Inhalt: Buchgewerbe und Wissenschaft: Prof. Dr. Rudolf Sode. — Buchgewerbe und Literatur: Prof. Dr. Georg Wittowski. — Buchgewerbe und Kunst: Prof. Dr. Rudolf Kauffsch. — Buchgewerbe und Religion: Privatdozent Lic. Dr. Heinrich Hermelinf. — Buchgewerbe und Staat: Prof. Dr. Robert Wuttke. — Buchgewerbe und Volkswirtschaft: Prof. Dr. Heinrich Waentig.

Will für das mit sämtlichen Gebieten deutscher Kultur durch tausend Fäden verknüpfte Buchgewerbe verständnisvolle Freunde, tatkräftige Berufsgenossen werben.

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 3., verbesserte Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 4.)

Ein Überblick über die Entwicklung des Schrift-, Brief- und Zeitungswesens, des Buchhandels und der Bibliotheken von den Zeiten der Babylonier bis auf die modernsten technischen Errungenschaften.

Das Zeitungswesen. Von Dr. Hermann Diez. (Bd. 328.)

Will durch Aufweisung der historischen und sozialen Grundlagen des heutigen Pressewesens zu einem Verständnis dieses mächtigen modernen Kulturfaktors führen.

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Prof. Dr. Siegmund Günther. 2. Auflage. Mit einer Weltkarte. (Bd. 26.)

Schildert die großen weltbewegenden Ereignisse der geographischen Renaissancezeit von der Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft und den Fahrten des Kolumbus an bis zu dem Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahrer.

Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. Ottocar Weber. 2 Bände. (Bd. 123. 124.)

Ein knappes und doch eindrucksvolles Bild der nationalen und kulturellen Entwicklung der Neuzeit, das aus den vier Jahrhunderten je drei Persönlichkeiten herausgreift, die bestimmend eingegriffen haben in den Werdegang deutscher Geschichte.

Friedrich der Große. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Theodor Bitterauf. Mit 2 Bildnissen. (Bd. 246.)

Schildert in knapper, wohlüberdachter, durch charakteristische Selbstzeugnisse und authentische Äußerungen bedeutender Zeitgenossen belebter Darstellung des großen Königs Leben und Wirken, das den Grund gelegt hat für die ganze spätere geschichtliche und kulturelle Entwicklung Deutschlands.

Geschichte der Französischen Revolution. Von Prof. Dr. Theodor Bitterauf. (Bd. 346.)

Napoleon I. Von Prof. Dr. Theodor Bitterauf. 2. Auflage. Mit einem Bildnis Napoleons. (Bd. 195.)

Will zum Verständnis für das System Napoleons führen und zeigen, wie die napoleonischen Kriege nur unter dem Gesichtswinkel der imperialistischen Politik zu verstehen sind.

Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhundert. Von Prof. Dr. Karl Theodor v. Heigel. 2. Auflage. (Bd. 129.)

Bietet eine knappe Darstellung der wichtigsten politischen Ereignisse im 19. Jahrhundert, womit eine Schilderung der politischen Ideen Hand in Hand geht, und wobei der innere Zusammenhang der einzelnen Vorgänge dargelegt, auch Sinnesart und Taten wenigstens der einflussreichsten Persönlichkeiten gewürdigt werden.

Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. (Bd. 101.)

Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. (Bd. 102.)

Die 3 Bände geben zusammen eine in Auffassung und Darstellung durchaus eigenartige Geschichte des deutschen Volkes im 19. Jahrhundert. „Restauration und Revolution“ behandelt das Leben und Streben des deutschen Volkes von dem ersten Ausleuchten des Gedankens des nationalen Staates bis zu dem tragischen Fehlschlagen aller Hoffnungen in der Mitte des Jahrhunderts. „Die Reaktion und die neue Ära“, beginnend mit der Zeit der Ermattung nach dem großen Aufschwung von 1848, stellt in den Mittelpunkt des Prinz von Preußen und Otto von Bismarcks Schaffen. „Vom Bund zum Reich“ zeigt uns Bismarck mit sicherer Hand die Grundlage des Reiches vorbereitend und dann immer entschiedener allem Geschehenen das Gepräge seines Geistes verleihend.

1848. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Ottocar Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Sucht in kritischer, abwägender Darstellung den einzelnen Ständen und Parteien, den rechts und links aufstrebenden Extremen gerecht zu werden und hebt besonders den großartigen deutsch-nationalen Aufschwung jenes Jahres hervor.

Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. Von Richard Charmaß. 2 Bände. (Bd. 242. 243.)

Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242.)

Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

Gibt zum ersten Male in lebendiger und klarer Sprache eine Gesamtdarstellung der Entstehung des modernen Österreichs, seiner interessanten, durch das Zusammenwirken der verschiedensten Faktoren bedingten innerpolitischen Entwicklung seit 1848.

Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrh. bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. Wilh. Langenbeck. Mit 19 Bildnissen. (Bd. 174.)

Eine großzügige und fesselnde Darstellung der für uns so bedeutamen Entwicklung des britischen Weltreichs, seiner inneren und äußeren Ausgestaltung als einer der gewaltigsten Erscheinungen der Weltgeschichte.

Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Prof. Dr. Ernst Daenell. (Bd. 147.)

Gibt eine übersichtliche Darstellung der geschichtlichen, kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Entwicklung der Vereinigten Staaten mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen politischen, ethnographischen, sozialen und wirtschaftlichen Probleme der Gegenwart.

Die Amerikaner. Von Nicholas Murray Butler. Deutsche, durch Auszüge aus den Werken von A. Hamilton, A. Lincoln und R. W. Emerson vermehrte Ausgabe besorgt von Prof. Dr. W. Paszkowski. (Bd. 319.)

Entwirft in scharfen Zügen ein Gesamtbild der heutigen amerikanischen Kultur und ihres historischen Entwicklungsganges.

Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Zwanglose Skizzen von Major Otto von Sothen. Mit 9 Übersichtskarten. (Bd. 59.)

In einzelnen Abschnitten wird insbesondere die Napoleonische und Moltkesche Kriegsführung an Beispielen (Jena-Königsgrätz-Soedan) dargestellt und durch Kartenstizzen erläutert. Damit verbunden sind kurze Schilderungen der preußischen Armee von 1806 und nach den Befreiungskriegen sowie nach der Reorganisation von 1860, endlich des deutschen Heeres von 1870 bis zur Gegenwart.

Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Alfred Meyer, Hauptmann im Kgl. Sächs. Inf.-Reg. Nr. 133 in Zwickau. Mit 3 Abbildungen im Text und zwei Tafeln. (Bd. 271.)

Stellt die ungeheuren Umwälzungen dar, welche die Entwicklung des modernen Verkehrswesens und der modernen Technik auf das Kriegswesen ausgeübt hat, wie sie bei einem europäischen Krieg der Zukunft in die Erscheinung treten würden.

Der Seekrieg. Eine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von Kurt Freiherr von Malzahn, Vize-Admiral a. D. (Bd. 99.)

Bringt den Seekrieg als Kriegsmittel wie als Mittel der Politik zur Darstellung, indem es zunächst die Entwicklung der Kriegsflotte und der Seekriegsmittel schildert und dann die heutigen Weltwirtschaftsstaaten und den Seekrieg behandelt.

Die moderne Friedensbewegung. Von Alfred H. Fried. (Bd. 157.)

Entwickelt das Wesen und die Ziele der Friedensbewegung, gibt eine Darstellung der Schiedsgerichtsbarkeit in ihrer Entwicklung und ihrem gegenwärtigen Umfang sowie des Abrüstungsproblems und gibt zum Schluß einen eingehenden Überblick über die Geschichte der Friedensbewegung und eine chronologische Darstellung der für sie bedeutsamen Ereignisse.

Die moderne Frauenbewegung. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. Käthe Schirmacher. 2. Auflage. (Bd. 67.)

Unterrichtet eingehend und zuverlässig über die moderne Frauenbewegung aller Länder auf den Gebieten der Bildung, Arbeit, Sittlichkeit, Soziologie und Politik.

Hierzu siehe ferner:

H. v. Soden, Palästina und seine Geschichte. S. 3. Thomsen, Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. S. 4. Neurath, Antike Wirtschaftsgeschichte. S. 16. Geffken, Aus der Vorzeit des Christentums. S. 4. Sell, Christentum und Weltgeschichte. S. 4. Weise, Die deutschen Volksstämme und Landschaften. S. 18. Matthaer, Deutsche Baukunst im Mittelalter. S. 9. Bähnisch, Die deutschen Personennamen. S. 7. Böckel, Die deutsche Volkslage. S. 7. Bruhier, Das deutsche Volkslied. S. 7. Paulsen, Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. S. 1. Knabe, Geschichte des deutschen Schulwesens. S. 1. Knabe, Das deutsche Unterrichtswesen. S. 1. Tews, Großstadtpädagogik. S. 1. Bruchmüller, Der Leipziger Student von 1409—1909. S. 1. Boehmer, Luther im Lichte der neueren Forschung. S. 4. Sodeur, Johann Calvin. S. 4. Boehmer, Die Jesuiten. S. 5. Mucke, Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. S. 15. Pohle, Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert. S. 16. Laughlin, Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. S. 16. Schmidt, Geschichte des Welthandels. S. 16. Fried, Internationales Leben der Gegenwart. S. 17. Wislicenus, Der Kalender. S. 26. Rank, Geschichte der Gartenkunst. S. 9.

Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen. Von Prof. Dr. Eduard Hubrich. (Bd. 80.)

Zeigt den Weg, auf dem deutsches Fürstentum und deutsche Volksfreiheit zu dem in der Gegenwart geltenden wechselseitigen Ausgleich gelangt sind, unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte der preussischen Verfassung.

Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. Edgar Loening. 3. Auflage. (Bd. 34.)

Eine durch geschichtliche Rückblicke und Vergleiche das Verständnis des geltenden Rechtes fördernde Einführung in das Verfassungsrecht des Deutschen Reiches, soweit seine Kenntnis für jeden Deutschen erforderlich ist.

Moderne Rechtsprobleme. Von Prof. Dr. Josef Kohler. (Bd. 128.)

Behandelt nach einem einleitenden Abschnitte über Rechtsphilosophie die wichtigsten und interessantesten Probleme der modernen Rechtspflege, insbesondere die des Strafrechts, des Strafprozesses, des Genossenschaftsrechts, des Zivilprozesses und des Völkerrrechts.

Die Psychologie des Verbrechens. Von Dr. Paul Pollitz, Strafanstaltsdirektor. Mit 5 Diagrammen. (Bd. 248.)

Gibt eine umfassende Übersicht und psychologische Analyse des Verbrechens als Produkt sozialer und wirtschaftlicher Verhältnisse, defekter geistiger Anlage wie persönlicher, verbrecherischer Tendenz.

Strafe und Verbrechen. Von Dr. Paul Pollig, Strafanstaltsdirektor. (Bd. 323.)

Gibt an der Hand der Geschichte seiner Entwicklung eine allgemeine Übersicht über das gesamte Gebiet des Strafvollzugs und der Verbrechensbekämpfung, unter besonderer Berücksichtigung der gegenwärtig aktuellen Reformprobleme.

Verbrechen und Aberglaube. Skizzen aus der volkstümlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsreferendar Dr. Albert Hellwig. (Bd. 212.)

Bietet eine Reihe interessanter Bilder aus dem Gebiete des kriminellen Aberglaubens, wie z. B. von modernen Hexenprozessen, Dampferglauben, Sympathiefuren, verborgenen Schätzen, Meineidszeremonien usw.

Das deutsche Zivilprozessrecht. Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. Ein Leitfaden für Laien, Studierende und Juristen. (Bd. 315.)

Die erste zusammenfassende Orientierung auf Grund der neuen Zivilprozessreform.

Ehe und Eherecht. Von Prof. Dr. Ludwig Wahrmund. (Bd. 115.)

Schildert die historische Entwicklung des Ehebegriffes nach seiner natürlichen, sittlichen und rechtlichen Seite, untersucht das Verhältnis von Staat und Kirche auf dem Gebiete des Eherechtes und behandelt darüber hinaus auch alle jene Fragen über die rechtliche Stellung der Frau und besonders der Mutter, die immer lebhafter die öffentliche Meinung beschäftigen.

Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanwalt Bernhard Tolksdorf. (Bd. 138.)

Behandelt die geschichtliche Entwicklung des gewerblichen Rechtsschutzes und führt in Sinn und Wesen des Patent-, Muster- und Warenzeichenrechts ein.

Die Miete nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanwalt Dr. Max Strauß. (Bd. 194.)

Will durch eine objektive, gemeinverständliche Darstellung des Mietrechts die beiden Gruppen Mieter und Vermieter über ihr gegenseitiges Verhältnis aufklären und gleichzeitig durch Berücksichtigung der einschlägigen Literatur und Entscheidungen dem praktischen Juristen als Handbuch dienen.

Das Wahlrecht. Von Regierungsrat Dr. Oskar Poengen. (Bd. 249.)

Bietet eine Würdigung der verschiedenen Wahlrechtssysteme und Bestimmungen sowie eine Übersicht über die heutzutage in den einzelnen Staaten geltenden Wahlrechte.

Die Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie und Haushalt dargestellt. Von Rechtsanwalt Paul Bienengraber. 2 Bände. (Bd. 219. 220.)

Band I: Die Familie. (Bd. 219.) Band II: Der Haushalt. (Bd. 220.)

Behandelt in anregender, durch zahlreiche, dem täglichen Leben entnommene Beispiele belebter Darstellung alle in der Familie und dem Haushalt vorkommenden Rechtsfragen und Rechtsfälle.

Sinanzwissenschaft. Von Professor Dr. S. P. Altmann. (Bd. 306.)

Ein Überblick über das Gesamtgebiet der Sinanzwissenschaft, der jedem die Möglichkeit einer objektiv-wissenschaftlichen Beurteilung der Reichsfinanzreform bietet.

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von Gustav Maier. 4. Auflage. (Bd. 2.)

Schildert die sozialen Bewegungen und Theorien in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den altorientalischen und antiken Kulturoldkern an durch das Mittelalter bis zur Entstehung des modernen Sozialismus.

Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. Von Privatdozent Dr. Friedrich Mücke. 2 Bände. (Bd. 269. 270.)

Band I: Der rationale Sozialismus. (Bd. 269.)

Band II: Proudhon und der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd. 270.)

Gibt eine seine philosophischen Grundlagen aufzeigende Darstellung der Entwicklung des sozialen Ideals im 19. Jahrhundert mit liebevoller Charakterisierung der Einzelpersonlichkeiten von Owen, Fourier, Weitling über Proudhon, Saint-Simon, Rodbertus bis zu Karl Marx und Lassalle.

Geschichte des Welthandels. Von Oberlehrer Dr. M. G. Schmidt. (Bd. 118.)

Behandelt die Entwicklung des Handels vom Altertum an über das Mittelalter, in dem Konstantinopel, seit den Kreuzzügen Italien und Deutschland den Weltverkehr beherrschten, zur Neuzeit, die mit der Entdeckung Amerikas beginnt, und bis zur Gegenwart, in der auch der deutsche Kaufmann den ganzen Erdball erobert.

Geschichte d. deutschen Handels. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Schildert die Entwicklung von primitivsten prähistorischen Anfängen bis zur heutigen Weltmachtstellung des deutschen Handels mit ihren Bedingungen und gibt ein übersichtliches Bild dieses weitverzweigten Organismus.

Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft. Von Prof. Dr. Paul Arndt. (Bd. 179.)

Stellt unsere wirtschaftlichen Beziehungen zum Auslande sowie die Ursachen der gegenwärtigen hervorragenden Stellung Deutschlands in der Weltwirtschaft dar, erörtert die Vorteile und Gefahren dieser Stellung eingehend und behandelt endlich die vielen wirtschaftlichen und politischen Aufgaben, die sich aus Deutschlands internationaler Stellung ergeben.

Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert von weil. Prof. Dr. Christian Gruber. 2. Auflage. Neubearbeitet von Dr. Hans Reinlein. (Bd. 42.)

Will Verständnis für den stetigen Aufschwung unseres wirtschaftlichen Lebens seit der Wiederaufrichtung des Reichs herbeiführen und darlegen, inwieweit sich Produktion und Verkehrsbewegung auf die natürlichen Gegebenheiten, die geographischen Vorzüge unseres Vaterlandes stützen können und in ihnen sicher verankert liegen.

Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrhundert. Von Prof. Dr. Ludwig Pohle. 2. Auflage. (Bd. 57.)

Eine objektive, ruhig abwägende Darstellung der gewaltigen Umwälzung, die das deutsche Wirtschaftsleben im Laufe des einen Jahrhunderts erfahren hat.

Das Hotelwesen. Von Paul Damm-Etienne. Mit 30 Abbild. (Bd. 331.)

Ein Überblick über Entwicklung und Bedeutung, Organisation und Betrieb, soziale und rechtliche Stellung des Hotelwesens.

Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. Walter Claassen. Mit 15 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 215.)

Behandelt die natürlichen Grundlagen der Bodenbereitung, die Technik und Betriebsorganisation des Bodenbaues und der Viehhaltung, die volkswirtschaftliche Bedeutung des Landbaues sowie die agrarpolitischen Fragen, ferner die Bedeutung des Menschen als Produktionsfaktor in der Landwirtschaft und andererseits die Rolle, die das Landvolk im Lebensprozesse der Nation spielt.

Innere Kolonisation. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Gibt in knappen Zügen ein vollständiges Bild von dem Stande der inneren Kolonisation in Deutschland als einer der volkswirtschaftlich, wie sozial und national wichtigsten Aufgaben der Gegenwart.

Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)

Gibt auf Grund der modernen Forschungen einen gemeinverständlichen Überblick über die Wirtschaftsgeschichte der Antike unter stetem Vergleich mit modernen Verhältnissen.

Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Prof. J. Laurence Laughlin. Mit 9 graphischen Darstellungen. (Bd. 127.)

Ein Amerikaner behandelt für deutsche Leser die wirtschaftlichen Fragen, die augenblicklich im Vordergrund des öffentlichen Lebens in Amerika stehen.

Die Japaner und ihre wirtschaftliche Entwicklung. Von Prof. Dr. Karl Rathgen. (Bd. 72.)

Schildert auf Grund langjähriger eigener Erfahrungen Land und Leute, Staat und Wirtschaftsleben sowie die Stellung Japans im Weltverkehr und ermöglicht so ein wirkliches Verständnis für die staunenswerte innere Neugestaltung des Landes in den letzten Jahrzehnten.

Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekr. Hans Kampffmeyer.
Mit 43 Abbildungen. (Bd. 259.)

Orientiert zum ersten Male umfassend über Ursprung und Geschichte, Wege und Ziele, Bedeutung und Erfolge der Gartenstadtbewegung.

Das internationale Leben der Gegenwart. Von Alfred H. Fried.
Mit einer lithographischen Tafel. (Bd. 226.)

Ein „Baedeker für das internationale Land“, der durch eine Zusammenstellung der internationalen Vereinbarungen und Einrichtungen nach ihrem Umfang und ihrer Wirksamkeit zu zeigen sucht, wie weit der internationale Zusammenschluß der Kulturwelt auf nationaler Grundlage bereits gediehen ist.

Bevölkerungslehre. Von Prof. Dr. Max Haushofer. (Bd. 50.)

Will in gedrängter Form das Wesentliche der Bevölkerungslehre geben über Ermittlung der Volkszahl, über Gliederung und Bewegung der Bevölkerung, Verhältnis der Bevölkerung zum bewohnten Boden und die Ziele der Bevölkerungspolitik.

Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von Prof. Dr. Otto v. Zwiedineck-Südenhorst. (Bd. 78.)

Bietet eine gedrängte Darstellung des gemeinlich unter dem Titel „Arbeiterfrage“ behandelten Stoffes unter besonderer Berücksichtigung der Fragen der Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Begrenzung der einzelnen Schutzmaßnahmen und Versicherungseinrichtungen.

Die Konsumgenossenschaft. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)

Stellt die Konsumgenossenschaft nach ihrer Bedeutung und ihren Grundlagen, ihrer geschichtlichen Entwicklung und heutigen Organisation und in ihren Kämpfen und Zukunftsaussichten dar.

Die Frauenarbeit. Ein Problem des Kapitalismus. Von Privatdozent Dr. Robert Wilbrandt. (Bd. 106.)

Behandelt von dem Verhältnis von Beruf und Mutterschaft aus, als dem zentralen Problem der ganzen Frage, die Ursachen der niedrigen Bezahlung der weiblichen Arbeit, die daraus entstehenden Schwierigkeiten in der Konkurrenz der Frauen mit den Männern, den Gegensatz von Arbeiterinnenschutz und Befreiung der weiblichen Arbeit.

Grundzüge d. Versicherungswesens. Von Prof. Dr. A. Manes. (Bd. 105.)

Behandelt die Stellung der Versicherung im Wirtschaftsleben, ihre Entwicklung und Organisation, den Geschäftsgang eines Versicherungsbetriebs, die Versicherungspolitik, das Versicherungsvertragsrecht und die Versicherungswissenschaft, ebenso die einzelnen Zweige der Versicherung, wie Lebensversicherung, Unfallversicherung usw.

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900 (fortgeführt bis zur Gegenwart). Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. Walter Loß. 3. Auflage. (Bd. 15.)

Gibt nach einer kurzen Übersicht über die Hauptfortschritte in den Verkehrsmitteln eine Geschichte des Eisenbahnwesens, schildert den heutigen Stand der Eisenbahnverfassung, das Güter- und das Personentarifwesen, die Reformversuche und die Reformfrage, ferner die Bedeutung der Binnenwasserstraßen und endlich die Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

Das Postwesen, seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. (Bd. 165.)

Eine umfassende Darstellung des gesamten Postwesens unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung sowie der Bedürfnisse der Praxis.

Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. Mit 4 Figuren. (Bd. 183.)

Gibt auf der Grundlage eingehender praktischer Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse einen Einblick in das für die heutige Kultur so bedeutungsvolle Gebiet der Telegraphie und seine großartigen Fortschritte.

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor Helmut Brück. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 235.)
Schildert unter klarer Veranschaulichung der zugrunde liegenden Prinzipien den Entwicklungsgang der Telegraphen- und Fernsprechtechnik von Flammenzeichen und Ruspfeifen bis zum modernen Mehrfach- und Maschinentelegraphen und von Philipp Reis' und Graham Bells Erfindung bis zur Einrichtung unserer großen Fernsprechkämer.

Deutsche Schifffahrt und Schifffahrtspolitik der Gegenwart. Von Prof. Dr. Karl Thieß. (Bd. 169.)
Gibt in übersichtlicher Darstellung der großen für ihre Entwicklung und ihr Gedeihen in Betracht kommenden volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte eine Nationalökonomik der deutschen Schifffahrt.

Hierzu siehe ferner:

Bloch, Soziale Kämpfe im alten Rom. S. 10. Gerdes, Geschichte des deutschen Bauernstandes. S. 11. Barth, Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. S. 18. Butler, Die Amerikaner. Deutsch von Dr. Paszkowski. S. 13.

Erdkunde.

Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. Alfred Kirchhoff. 3. Auflage. (Bd. 31.)
Zeigt, wie die Ländernatur auf den Menschen und seine Kultur einwirkt, durch Schilderungen allgemeiner und besonderer Art, der Steppen- und Wüstenvölker, der Entstehung von Nationen, wie Deutschland und China u. a. m.

Die Eiszeit und der vorgeschichtliche Mensch. Von Professor Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 302.)
Behandelt auf Grund der neuesten Forschungen die vielumstrittenen Probleme der Eiszeit mit besonderer Berücksichtigung des Auftretens des Menschen und der Anfänge der menschlichen Kultur.

Die Städte. Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. Kurt Haffert. Mit 21 Abbildungen. (Bd. 163.)
Erörtert die Ursachen des Entstehens, Wachsens und Vergehens der Städte, sowie ihre wirtschaftsgeographische Bedeutung und schildert das Städtebild als geographische Erscheinung.

Wirtschaftl. Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Christian Gruber. (Bd. 122.)
Will die ursprünglichen Zusammenhänge zwischen der natürlichen Ausstattung der einzelnen Länder und der wirtschaftlichen Kraftäußerung ihrer Bewohner klarmachen und Verständnis für die wahre Machtstellung der einzelnen Völker und Staaten erwecken.

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. Oskar Weise. 3. Aufl. Mit 29 Abbildungen im Text und auf 15 Tafeln. (Bd. 16.)
Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gauen und Stämme, die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Landschaft, den Einfluß auf das Temperament und die geistige Anlage der Menschen, die Leistungen hervorragender Männer, Sitten und Gebräuche, Sagen und Märchen u. a. m.

Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.) Von Dr. Adolf Heilborn. 2. Auflage. Mit 26 Abbildungen und 2 Karten. (Bd. 98.)
Gibt eine durch Abbildungen und Karten unterstützte objektive und allseitige Darstellung der geographischen und ethnographischen Grundlagen, wie der wirtschaftlichen Entwicklung unserer deutschen Kolonien.

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)
Unsere kolonialisatorischen Errungenschaften materieller und ideeller Art, wie auch die weitere Entwicklungsfähigkeit unserer Schutzgebiete werden geographisch und statistisch begründet.

Die Alpen. Von Hermann Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)
Gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine umfassende Schilderung des Reiches der Alpen in landschaftlicher, erdgeschichtlicher, sowie klimatischer, biologischer, wirtschaftlicher und verkehrstechnischer Hinsicht.

Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. Kurt Hassert. 2. Auflage. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)

Sagt in gedrängtem Überblick die Fortschritte und wichtigsten Ergebnisse der Nord- und Südpolarforschung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart zusammen.

Der Orient. Eine Länderkunde. Von Ewald Banse. (Bd. 277. 278. 279.)

Band I. Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abbildungen, 10 Kartenstücken, 3 Diagrammen und 1 Tafel. (Bd. 277.)

Band II. Der arabische Orient. Mit 29 Abbildungen und 7 Diagrammen. (Bd. 278.)

Band III. Der arische Orient. Mit 34 Abbild., 3 Kartenstücken und 2 Diagrammen. (Bd. 279.)

Der erste Band gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine lebendige Schilderung von Land, Leuten und wirtschaftlichen Verhältnissen in Marokko, Alger und Tunis, der zweite eine solche von Ägypten, Arabien, Syrien und Mesopotamien, der dritte von Kleinasien, Armenien und Iran.

Anthropologie. Heilwissenschaft u. Gesundheitslehre.

Der Mensch der Urzeit. Vier Vorlesungen aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts. Von Dr. Adolf Heilborn. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 62.)

Gibt auf Grund der neuesten Funde und an der Hand zahlreicher Abbildungen eine Übersicht über unsere Kenntnis der Entwicklung des Menschengeschlechts von seiner Abzweigung aus der Reihe der tierischen Vorfahren bis zur Schwelle der historischen Zeit.

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. Edmund Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

Will in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens einführen, indem die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen Diagnose und Therapie, sowie die Grenzen der modernen Diagnostik behandelt werden.

Der Arzt. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. Moritz Fürst. (Bd. 265.)

Gibt einen vollständigen Überblick über das Wesen des ärztlichen Berufes in seinen verschiedenen Betätigungen und veranschaulicht die heutige soziale Bedeutung unseres Ärztestandes.

Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)

Behandelt alle menschlichen Verhältnisse, die in irgendeiner Beziehung zu Leben und Gesundheit stehen, besonders mit Rücksicht auf viele schädliche Arten des Aberglaubens, die geeignet sind, Krankheiten zu fördern, die Gesundheit herabzusetzen und auch in moralischer Beziehung zu schädigen.

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Privatdozent Dr. Heinrich Sachs. 3., verb. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 32.)

Will den menschlichen Körper in der Organisation des Zusammenwirkens aller seiner Teile unter den Gesetzen des allgemeinen Naturgeschehens begreifen lehren.

Die Anatomie des Menschen. Von Prof. Dr. Karl v. Bardeleben. In 5 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.)

I. Teil: Allgemeine Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abbildungen. (Bd. 201.)

II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abbildungen. (Bd. 202.)

III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abbildungen. (Bd. 203.)

IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.)

V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. 111. Abbildungen. (Bd. 263.)

In dieser Reihe von 5 Bänden wird die menschliche Anatomie in knappen, für gebildete Laien leicht verständlichen Texten dargestellt, wobei eine große Anzahl sorgfältig ausgewählter Abbildungen die Anschaulichkeit erhöht. Der erste Band enthält u. a. einiges aus der Geschichte der Anatomie von Homer bis zur Neuzeit, ferner die Zellen- und Gewebelehre, die Entwicklungsgeschichte, sowie Formen, Maß und Gewicht des Körpers. Im zweiten Band werden dann Skelett, Knochen und die Gelenke nebst einer Mechanik der letzteren, im dritten die bewegenden Organe des Körpers, die Muskeln, das Herz und die Gefäße, im vierten die Eingeweidelehre, namentlich der Darmtraktus, sowie die Harn- und Geschlechtsorgane, und im

fünften werden die verschiedenen Ruhelagen des Körpers, Liegen, Stehen, Sitzen usw., sodann die verschiedenen Arten der Ortsbewegung, Gehen, Laufen, Tanzen, Schwimmen, Reiten usw., endlich die wichtigsten Bewegungen innerhalb des Körpers, die der Wirbelsäule, des Herzens und des Brustkorbes bei der Atmung zur Darstellung gebracht.

Moderne Chirurgie. Von Prof. Dr. Fejler. Mit Abbild. (Bd. 339.)

Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

Unterrichtet über die äußeren Lebensbedingungen des Menschen, über das Verhältnis von Luft, Licht und Wärme zum menschlichen Körper, über Kleidung und Wohnung, Bodenverhältnisse und Wasserversorgung, die Krankheiten erzeugenden Pilze und die Infektionserkrankungen, kurz über die wichtigsten Fragen der Hygiene.

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. Heinrich Rosin Mit 18 Abbildungen. (Bd. 312.)

Eine allgemeinverständliche Darstellung von Bau und Funktion des Herzens und der Blutgefäße, sowie den verschiedenen Formen ihrer Erkrankungen.

Das menschliche Gebiß, seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fritz Jäger. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 229.)

Schildert Entwicklung und Aufbau, sowie die Erkrankungen der Zähne, die Wechselbeziehungen zwischen Zahnzerstörnis und Gesamtorganismus und die zur Schaffung und Erhaltung eines gesunden Gebisses dienlichen Maßnahmen.

Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung. Von Dr. Max David. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 321.)

Gibt eine eingehende Schilderung der im Kindesalter eintretenden Verbildungen, ihrer Entstehungsurrsachen, Heilungsmethoden und vor allem der Mittel und Wege, den Kindern gerade und gesunde Gliedmaßen zu erhalten.

Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele in gesundem und krankem Zustande. Von Prof. Dr. Richard Zander. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Bd. 48.)

Gewährt einen Einblick in das Wesen des Nervensystems und seiner Krankheiten, deren Vermeidung und Beseitigung.

Die fünf Sinne des Menschen. Von Prof. Dr. Josef Klemens Kreibitz. 2. Auflage. Mit 30 Abbildungen. (Bd. 27.)

Eine Darstellung der einzelnen Sinnesgebiete, der Organe und ihrer Funktionsweise, der als Reiz wirkenden äußeren Ursachen, sowie der Empfindungen nach Inhalt, Stärke und Merkmalen.

Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Privatdozent Dr. med. Georg Abelsdorff. Mit 15 Abbildungen. (Bd. 149.)

Schildert die Anatomie des menschlichen Auges, sowie die Leistungen des Gesichtsinnes und behandelt die Hygiene des Auges, seine Erkrankungen und Verletzungen, Kurzsichtigkeit, Vererbung usw.

Die menschliche Stimme und ihre Hygiene. Von Prof. Dr. Paul H. Gerber. Mit 20 Abbildungen. (Bd. 136.)

Nach den notwendigsten Erörterungen über das Zustandekommen und über die Natur der Töne werden der Kehlkopf des Menschen und seine Funktion als musikalisches Instrument behandelt; dann werden die Gesang- und die Sprechstimme, ihre Ausbildung, ihre Fehler und Erkrankungen, sowie deren Verhütung und Behandlung erörtert.

Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 4 Abbildungen und 1 Tafel. (Bd. 251.)

Gibt in sachlicher, aber rückhaltlos offener Darlegung ein Bild von dem Wesen der Geschlechtskrankheiten und von ihren Erregern, erörtert ausführlich ihre Bekämpfung und Verhütung, mit besonderer Rücksicht auf das gefährliche Treiben der Prostitution und der Kurpfuscher, die persönlichen Schutzmaßnahmen, sowie die Ausichten auf erfolgreiche Behandlung.

Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)

Schildert nach einem Überblick über die Verbreitung der Tuberkulose das Wesen derselben, beschäftigt sich eingehend mit dem Tuberkelbazillus, bespricht die Maßnahmen, durch die man ihn von sich fernhalten kann, und erörtert die Fragen der Heilung der Tuberkulose.

Die krankheitserregenden Bakterien. Von Privatdozent Dr. Max Coehlein. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 307.)

Gibt eine Darstellung der wichtigsten Errungenschaften der modernen Bakteriologie und eine Übersicht über die häufigen Infektionskrankheiten nach dem Stande der neueren Forschungen.

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. Georg Ziberg. (Bd. 151.)

Erörtert an eingehend dargestellten Beispielen die wichtigsten Formen geistiger Erkrankung, um so die richtige Beurteilung der Zeichen geistiger Erkrankung und damit eine rechtzeitige verständnisvolle Behandlung derselben zu ermöglichen.

Krankenpflege. Von Chefarzt Dr. Bruno Leid. (Bd. 152.)

Erörtert nach einem Überblick über Bau und Funktion der inneren Organe und deren hauptsächlichsten Erkrankungen die hierbei zu ergreifenden Maßnahmen, wobei besonders eingehend die Pflege bei Infektionskrankheiten, sowie bei plötzlichen Unglücksfällen und Erkrankungen behandelt werden.

Gesundheitslehre für Frauen. Von weibl. Privatdozent Dr. Roland Sticher. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 171.)

Unterrichtet über den Bau des weiblichen Organismus und seine Pflege vom Kindesalter an, vor allem aber eingehend über den Beruf der Frau als Gattin und Mutter.

Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. Walter Kaupe. Mit 17 Abbildungen. (Bd. 154.)

Will der jungen Mutter oder Pflegerin in allen in Betracht kommenden Fragen den nötigen Rat erteilen. Außer der allgemeinen geistigen und körperlichen Pflege des Kindes werden besonders die natürliche und künstliche Ernährung behandelt und für alle diese Fälle zugleich praktische Anleitung gegeben.

Der Alkoholismus. Herausgegeben vom Zentralverband zur Bekämpfung des Alkoholismus. In 3 Bänden. [Bd. 103 vergriffen.] (Bd. 103. 104. 145.)

Die drei Bändchen sind ein kleines wissenschaftliches Compendium der Alkoholfrage, verfaßt von den besten Kennern der mit ihr zusammenhängenden sozial-hygienischen und sozial-ethischen Probleme, und enthalten eine Fülle von Material in übersichtlicher und schöner Darstellung.

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weibl. Prof. Dr. Johannes Frenzel. 2. Auflage. Neu bearbeitet von Geh. Rat Prof. Dr. N. Junz. Mit 7 Abbildungen und 2 Tafeln. (Bd. 19.)

Gibt einen Überblick über die gesamte Ernährungslehre. Durch Erörterung der grundlegenden Begriffe werden die Zubereitung der Nahrung und der Verdauungsapparat besprochen und endlich die Herstellung der einzelnen Nahrungsmittel, insbesondere auch der Konserven behandelt.

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. Richard Zander. 3. Auflage. Mit 19 Abbildungen. (Bd. 13.)

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht; erörtert besonders die Wechselbeziehungen zwischen körperlicher und geistiger Arbeit, die Leibesübungen der Frauen, die Bedeutung des Sportes und die Gefahren der sportlichen Übertreibungen.

Hierzu siehe ferner:

Bürgerstein, Schullhygiene. S. 5. Derworn, Mechanik des Geisteslebens. S. 6. Trömmner, Hypnotismus und Suggestion. S. 6. Gaupp, Psychologie des Kindes. S. 1.

Naturwissenschaften. Mathematik.

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Prof. Dr. Felix Auerbach. 3. Auflage. Mit 79 Figuren. (Bd. 40.)

Gibt eine zusammenhängende, für jeden Gebildeten verständliche Entwicklung der Begriffe, welche den Bau der modernen exakten Naturwissenschaften begründen und beherrschen.

Die Lehre von der Energie. Von Dr. Alfred Stein. Mit 13 Figuren. (Bd. 257.)

Vermittelt für jeden verständlich eine Vorstellung von der umfassenden Einheitlichkeit, die durch die Aufstellung des Energiegesetzes in unsere gesamte Naturauffassung gekommen ist.

Moleküle — Atome — Weltäther. Von Prof. Dr. Gustav Mie. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Bd. 58.)

Stellt die physikalische Atomlehre als die kurze, logische Zusammenfassung einer großen Menge physikalischer Tatsachen unter einem Begriffe dar, die ausführlich und nach Möglichkeit als einzelne Experimente geschildert werden.

Die großen Physiker und ihre Leistungen. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abbildungen. (Bd. 324.)

Gibt eine allgemeinverständliche Würdigung des Wirkens und Lebens der Physiker, welche die Wissenschaft zu ihrer heutigen Höhe geführt haben, von Galilei, Feynshens, Newton, Faraday, Helmholtz.

Werdegang der modernen Physik. Von Dr. Hans Keller. (Bd. 343.)

Das Licht und die Farben. Von Prof. Dr. Leo Graetz. 3. Auflage. Mit 117 Abbildungen. (Bd. 17.)

Führt, von den einfachsten optischen Erscheinungen ausgehend, zur tieferen Einsicht in die Natur des Lichtes und der Farben und behandelt, ausgehend von der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes, das Wesen der Farben, die Beugungserscheinungen und die Photographien.

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Prof. Dr. Richard Börnstein und Prof. Dr. W. Markwald. 2. Auflage. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)

Schildert die verschiedenen Arten der Strahlen, darunter die Kathoden- und Röntgenstrahlen, die Herzschen Wellen, die Strahlungen der radioaktiven Körper (Uran und Radium) nach ihrer Entstehung und Wirkungsweise, unter Darstellung der charakteristischen Vorgänge der Strahlung.

Die optischen Instrumente. Von Dr. Moritz von Rohr. 2. Auflage. Mit 84 Abbildungen. (Bd. 88.)

Gibt eine elementare Darstellung der optischen Instrumente nach den modernen Anschauungen, wobei das Ultramikroskop, die neuen Apparate zur Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht, die Prismen- und die Zielfernrohre, die Projektionsapparate und stereoskopischen Entfernungsmesser erläutert werden.

Spektroskopie. Von Dr. E. Grebe. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 284.)

Gibt eine von zahlreichen Abbildungen unterstützte Darstellung der spektroskopischen Forschung und ihrer weittragenden Ergebnisse für Wissenschaft und Technik.

Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abbildungen. (Bd. 35.)

Nach Erläuterung der optischen Konstruktion und Wirkung des Mikroskops und Darstellung der historischen Entwicklung wird eine Beschreibung der modernsten Mikroskoptypen, Hilfsapparate und Instrumente gegeben und gezeigt, wie die mikroskopische Untersuchung die Einsicht in Naturvorgänge vertieft.

Das Stereostop und seine Anwendungen. Von Prof. Theodor Hartwig.
Mit 40 Abbildungen und 19 Tafeln. (Bd. 135.)

Behandelt die verschiedenen Erscheinungen und Anwendungen der Stereostopie, insbesondere die stereoskopischen Himmelsphotographien, die stereoskopische Darstellung mikroskopischer Objekte, das Stereostop als Meßinstrument und die Bedeutung und Anwendung des Stereocomparators.

Die Lehre von der Wärme. Von Prof. Dr. Richard Börnstein.
Mit 33 Abbildungen. (Bd. 172.)

Behandelt ausführlich die Tatsachen und Gesetze der Wärmelehre, Ausdehnung erwärmter Körper und Temperaturmessung, Wärmemessung, Wärme- und Kältequellen, Wärme als Energieform, Schmelzen und Erstarren, Sieden, Verdampfen und Verflüssigen, Verhalten des Wasserdampfes in der Atmosphäre, Dampf- und andere Wärmemaschinen und schließlich die Bewegung der Wärme.

Die Kälte, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. Heinrich Alt. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 311.)

Ein Überblick über die künstliche Erzeugung tiefster Temperaturen und ihre so wichtige technische Verwendung.

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. Reinhart Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abbildungen. (Bd. 5.)

Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein und zeigt die außerordentliche Bedeutung derselben für unser Wohlergehen.

Das Wasser. Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)

Gibt eine zusammenfassende Darstellung unseres gesamten Wissens über das Wasser, das Lebenselement der Erde, unter besonderer Berücksichtigung des praktisch Wichtigen.

Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Figuren. (Bd. 187.)

Will einen Einblick in die wichtigsten theoretischen Erkenntnisse der organischen Chemie geben und das Verständnis für ihre darauf begründeten praktischen Entdeckungen und Erfindungen vermitteln.

Die Erscheinungen des Lebens. Von Privatdozent Dr. H. Mische. Mit 40 Figuren. (Bd. 130.)

Sucht eine umfassende Totalansicht des organischen Lebens zu geben, indem es nach einer Erörterung der spekulativen Vorstellungen über das Leben und einer Beschreibung des Protoplasmas und der Zelle die hauptsächlichsten Äußerungen des Lebens, wie Entwicklung, Ernährung, Atmung, das Sinnesleben, die Fortpflanzung, den Tod und die Variabilität behandelt.

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. Richard Hesse. 3. Auflage. Mit 37 Figuren. (Bd. 39.)

Gibt einen kurzen, aber klaren Einblick in den gegenwärtigen Stand der Abstammungslehre und sucht die Frage, wie die Umwandlung der organischen Wesen vor sich gegangen ist, nach dem neuesten Stande der Forschung zu beantworten.

Experimentelle Biologie. Von Dr. Curt Theising. Mit Abbild. 2 Bde. (Bd. 336.)

Band I: Experimentelle Zellforschung. (Bd. 337.)

Band II: Regeneration, Selbstverstümmelung und Transplantation.
Der bis jetzt vorliegende Band II behandelt die zu so großer Bedeutung gelangten Erscheinungen der Regeneration und Transplantation bei Tieren und Pflanzen nebst den damit in engem Zusammenhange stehenden Erscheinungen der Selbstverstümmelung und der ungeschlechtlichen Vermehrung. Ausführlich wird u. a. auf die den Regenerationsverlauf bestimmenden Faktoren eingegangen, dabei ergeben sich wichtige Folgerungen für das Vererbungsproblem und die Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Die Ergebnisse der modernen Forschung werden dabei in einer Weise geboten, wie sie in so knapper Zusammenfassung bisher nicht bestand.

Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. Ernst Teichmann. Mit 7 Abbildungen und 4 Doppeltafeln. (Bd. 70.) Eine gemeinverständliche, streng sachliche Darstellung der bedeutungsvollen Ergebnisse der modernen Forschung über das Befruchtungssystem.

Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Von Prof. Dr. Paul Gisevius. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 173.) Eine leichtfaßliche Darstellung alles dessen, was uns allgemein an der Pflanze interessiert, eine kleine „Botanik des praktischen Lebens“.

Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Von Prof. Dr. Ernst Küster. Mit 38 Abbildungen. (Bd. 112.) Gibt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der vegetativen Vermehrung und beschäftigt sich eingehend mit der Sexualität der Pflanzen, deren überraschend vielfache und mannigfaltige Ausprägungen, ihre große Verbreitung im Pflanzenreich und ihre in allen Einzelheiten erkennbare Übereinstimmung mit der Sexualität der Tiere zur Darstellung gelangen.

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser). Von Prof. Dr. Karl Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Figuren. (Bd. 10.) Behandelt die Getreidepflanzen und ihren Anbau nach botanischen wie kulturgeschichtlichen Gesichtspunkten, damit zugleich in anschaulichster Form allgemeine botanische Kenntnisse vermittelt.

Die fleischfressenden Pflanzen. Von Dr. Ad. Wagner. Mit Abbildungen. (Bd. 344.)

Der deutsche Wald. Von Prof. Dr. Hans Hausrath. Mit 15 Abbildungen und 2 Karten. (Bd. 153.) Schildert unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung die Lebensbedingungen und den Zustand unseres deutschen Waldes, die Verwendung seiner Erzeugnisse sowie seine günstige Einwirkung auf Klima, Fruchtbarkeit, Sicherheit und Gesundheit des Landes, und erörtert zum Schluß die Pflege des Waldes. Ein Büchlein also für jeden Waldfreund.

Die Pilze. Von Dr. A. Eichinger. Mit Abbildungen. (Bd. 334.) Versucht, das Wesen der Pilze im allgemeinen zu charakterisieren. Ihre morphologischen und physiologischen Verhältnisse sind so interessant, ihre Wichtigkeit im Haushalt des Menschen und der Natur so groß, daß sie es mehr, als bisher gesehen, verdienen, von einem größeren Publikum beachtet zu werden.

Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthener. (Bd. 332.) Gibt nach dem neuesten Stande der Wissenschaft und Praxis einen Überblick über das Gesamtgebiet des Weinbaus und der Weinbereitung in historischer, biologischer, landwirtschaftlicher, chemischer und sozialer Hinsicht.

Der Obstbau. Von Dr. Ernst Voges. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 107.) Will über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Obstbaues sowie seine Naturgeschichte und große volkswirtschaftliche Bedeutung unterrichten. Die Geschichte des Obstbaues, das Leben des Obstbaumes, Obstbaumpflanzung und Obstbaumschutz, die wissenschaftliche Obstkunde, die Ästhetik des Obstbaues gelangen zur Behandlung.

Kolonialbotanik. Von Privatdoz. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.) Schildert die allgemeinen Grundlagen und Methoden tropischer Landwirtschaft und behandelt im besonderen die bekanntesten Kolonialprodukte, wie Kaffee, Zucker, Reis, Baumwolle usw.

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. Arwed Wieler. Mit 24 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 132.) Behandelt Kaffee, Tee und Kakao, sowie Mate und Kola in bezug auf die Art und Verbreitung der Stammpflanzen, ihre Kultur und Ernte bis zur Gewinnung der fertigen Ware.

Die Pflanzenwelt des Mikroskops. Von Bürgererschullehrer Ernst Reufauf. Mit 100 Abbildungen. (Bd. 181.) Eröffnet einen Einblick in den staunenswerten Formenreichtum des mikroskopischen Pflanzenlebens und lehrt den Ursachen ihrer wunderbaren Lebenserscheinungen nachforschen.

Die Tierwelt des Mikrostops (die Urtiere). Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 39 Abbildungen. (Bd. 160.)

Eröffnet dem Naturfreunde ein Bild reichen Lebens im Wassertropfen und sucht ihn zugleich zu eigener Beobachtung anzuleiten.

Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)

Stellt in großen Zügen eine Fülle wechselseitiger Beziehungen der Organismen zueinander dar. Familienleben und Staatenbildung der Tiere, wie die interessanten Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander werden geschildert.

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. Karl Eckstein. 2. Auflage. Mit 51 Figuren. (Bd. 18.)

Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf zwischen Mensch und Tier erfährt eine eingehende Darstellung, wobei besonders die Kampfmittel beider Gegner, hier Schußwaffen, Fallen, Gifte oder auch besondere Wirtschaftsmethoden, dort spitze Krallen, scharfer Zahn, fürchtbares Gift, List und Gewandtheit geschildert werden.

Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Von Privatdoz. Dr. Kurt Hennings. Mit 34 Abbildungen. (Bd. 142.)

Stellt die charakteristischen Eigenschaften aller Tiere — Bewegung und Empfindung, Stoffwechsel und Fortpflanzung — dar und sucht die Tätigkeit des Tierleibes aus seinem Bau verständlich zu machen.

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. Wilhelm Lubosch. Mit 107 Abbildungen. (Bd. 282.)

Gibt eine auf dem Entwicklungsgedanken aufgebaute allgemeinverständliche Darstellung eines der interessantesten Gebiete der modernen Naturforschung.

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. Carl Keller. Mit 28 Abbildungen. (Bd. 252.)

Schildert eingehend den Verlauf der Haustierwerdung, die allmählich eingetretene Umbildung der Rassen sowie insbesondere die Stammformen und Bildungsherde der einzelnen Haustiere.

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 77 Abbildungen. (Bd. 253.)

Gewährt durch anschauliche Schilderung der zu den wechselvollsten und überraschendsten biologischen Tatsachen gehörenden Formen der tierischen Fortpflanzung sowie der Brutpflege Einblick in das mit der menschlichen Sittlichkeit in so engem Zusammenhang stehende Tatfahengebiet.

Deutsches Vogelleben. Von Prof. Dr. Alwin Voigt. (Bd. 221.)

Will durch Schilderung des deutschen Vogellebens in der Verschiedenartigkeit der Daseinsbedingungen in den wechselnden Landschaften die Kenntnis der charakteristischen Vogelarten und namentlich auch ihrer Stimmen fördern.

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. Wilhelm R. Eckardt. Mit 6 Abbildungen. (Bd. 218.)

Eine wissenschaftliche Erklärung der rätselhaften Tatsachen des Vogelzugs und der daraus entspringenden praktischen Forderungen des Vogelschutzes.

Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 231.)

Schildert die gesteinsbildenden Tiere, vor allem die für den Bau der Erdrinde so wichtigen Korallen nach Bau, Lebensweise und Vorkommen.

Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Prof. Dr. Otto Maas. Mit 11 Karten und Abbildungen. (Bd. 139.)

Zeigt die Tierwelt als Teil des organischen Erdganzen, die Abhängigkeit der Verbreitung des Tieres von dessen Lebensbedingungen wie von der Erdgeschichte, ferner von Nahrung, Temperatur, Licht, Luft und Vegetation, wie von dem Eingreifen des Menschen, und betrachtet an der Hand von Karten die geographische Einteilung der Tierwelt.

Die Bakterien. Von Prof. Dr. Ernst Gutzeit. Mit 13 Abbild. (Bd. 233.)

Setzt, gegenüber der latenten Identifikation von Bakterien und Krankheiten, die allgemeine Bedeutung der Kleinlebewesen für den Kreislauf des Stoffes in der Natur und dem Haushalt des Menschen auseinander.

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 256.)

Gibt einen allgemeinverständlichen Überblick über die Gesamtheit des Tier- und Pflanzenreiches, über den Aufbau der Organismen, ihre Lebensgeschichte, ihre Abhängigkeit von der äußeren Umgebung und die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Gliedern der belebten Natur.

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 148.)

Die merkwürdigen, oft erstaunlichen Verschiedenheiten in Aussehen und Bau der Tiergeschlechter werden durch zahlreiche Beispiele aus allen Gruppen auf wissenschaftlicher Grundlage dargestellt.

Die Ameisen. Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 61 Figuren. (Bd. 94.)

Faßt die Ergebnisse der Forschungen über das Tun und Treiben einheimischer und exotischer Ameisen, über die Vielgestaltigkeit der Formen im Ameisenstaate, über die Bautätigkeit, Brutpflege und die ganze Ökonomie der Ameisen, über ihr Zusammenleben mit anderen Tieren und mit Pflanzen, und über die Sinnestätigkeit der Ameisen zusammen.

Das Süßwasser-Plankton. Von Dr. Otto Zacharias. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 156.)

Gibt eine Anleitung zur Kenntnis jener mikroskopisch kleinen und für die Existenz der höheren Lebewesen und für die Naturgeschichte der Gewässer so wichtigen Tiere und Pflanzen. Die wichtigsten Formen werden vorgeführt und die merkwürdigen Lebensverhältnisse und -bedingungen dieser unsichtbaren Welt einfach und doch vielseitig erörtert.

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. Otto Janson. 2. Aufl. Mit 41 Figuren. (Bd. 30.)

Schildert kurz und lebendig die Fortschritte der modernen Meeresuntersuchung auf geographischem, physikalisch-chemischem und biologischem Gebiete, die Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, die Tiefen des Meeres, die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers, endlich die wichtigsten Organismen des Meeres, die Pflanzen und Tiere.

Das Aquarium. Von Ernst Willh. Schmidt. Mit Abbild. (Bd. 335.)

Gibt in zusammenhängender Darstellung die Wechselbeziehungen zwischen Tier, Pflanze und Umgebung: eine Aquarienbiologie.

Wind und Wetter. Von Prof. Dr. Leonhard Weber. 2. Auflage. Mit 28 Figuren und 3 Tafeln. (Bd. 55.)

Schildert die historischen Wurzeln der Meteorologie, ihre physikalischen Grundlagen und ihre Bedeutung im gesamten Gebiete des Wissens, erörtert die hauptsächlichsten Aufgaben, die dem ausübenden Meteorologen obliegen, wie die praktische Anwendung in der Wettervorhersage.

Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)

Erläutert die für unsere Zeitrechnung bedeutsamen astronomischen Erscheinungen und schildert die historische Entwicklung des Kalenders vom römischen Kalender ausgehend, den Werdegang der christlichen Kalender bis auf die neueste Zeit verfolgend, setzt ihre Einrichtungen auseinander und lehrt die Berechnung kalendrischer Angaben.

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Auflage. Mit 26 Figuren. (Bd. 24.)

Gibt eine anschauliche Darstellung vom Bau des Weltalls wie der einzelnen Weltkörper und der Mittel zu ihrer Erforschung.

Entstehung der Welt und der Erde, nach Sage und Wissenschaft. Von Prof. D. M. B. Weinstein. (Bd. 223.)

Zeigt, wie die Frage der Entstehung der Welt und der Erde in den Sagen aller Völker und Zeiten und in den Theorien der Wissenschaft beantwortet worden ist.

Aus der Vorzeit der Erde. Von Prof. Dr. Fritz Frech. In 6 Bänden.
2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 207—211, 61.)

In 6 Bänden wird eine vollständige Darstellung der Fragen der allgemeinen Geologie und physischen Erdkunde gegeben, wobei Übersichtstabellen die Sachausdrücke und die Reihenfolge der geologischen Perioden erläutern und auf neue, vorwiegend nach Original-Photographien angefertigte Abbildungen und auf anschauliche, lebendige Schilderung besonders Wert gelegt ist.

Band I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abbildungen. (Bd. 207.)
Gibt eine Darstellung des Wesens der vulkanischen Erscheinungen unter besonderer Berücksichtigung der letzten Katastrophen und der Folgeerscheinungen des Vulkanismus.

Band II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abbildungen. (Bd. 208.)
Gibt eine ausführliche Darstellung der Entstehung der Gebirge wie der Ursachen und Erscheinungsformen der Erdbeben unter besonderer Berücksichtigung der bei den letzten Katastrophen gemachten Erfahrungen.

Band III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 51 Abbildungen. (Bd. 209.)
Behandelt als eines der interessantesten Gebiete der Geologie die Arbeit fließenden Wassers, Talbildung u. Karstphänomen, Höhlenbildung u. Schlammvulkane, Wildbäche, Quellen u. Grundwasser.

Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Textabbildungen. (Bd. 210.)

Behandelt die grundlegenden erdgeschichtlichen Vorgänge der Bodenbildung und Abtragung, der Küstenbrandung und maritimen Gesteinsbildung und schließlich die Geographie der großen Ozeane in Vergangenheit und Zukunft.

Band V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 211.)

Band VI: Gletscher und Hochgebirge. (Bd. 61.)

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. Samuel Oppenheim. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 110.)

Schildert den Kampf des geozentrischen und heliozentrischen Weltbildes, wie er schon im Altertum bei den Griechen entstanden ist, anderthalb Jahrtausende später zu Beginn der Neuzeit durch Kopernikus von neuem aufgenommen wurde und da erst mit einem Siege des heliozentrischen Systems schloß.

Der Mond. Von Prof. Dr. Julius Franz. Mit 31 Abbild. (Bd. 90.)

Gibt die Ergebnisse der neueren Mondforschung wieder, erörtert die Mondbewegung und Mondbahn, bespricht den Einfluß des Mondes auf die Erde und behandelt die Fragen der Oberflächenbedingungen des Mondes und die charakteristischen Mondgebilde, anschaulich zusammengefaßt in „Beobachtungen eines Mondbewohners“, endlich die Wohnbarkeit des Mondes.

Die Planeten. Von Prof. Dr. Bruno Peter. Mit 18 Figuren. (Bd. 240.)

Bietet unter steter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung unserer Erkenntnis eine eingehende Darstellung der einzelnen Körper unseres Planetensystems und ihres Wesens.

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Paul Crang. In 2 Bänden. Mit Figuren. (Bd. 120. 205.)

I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 2. Auflage. Mit 9 Figuren. (Bd. 120.)

II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. Mit 21 Figuren. (Bd. 205.)

Band I unterrichtet in leicht faßlicher, für das Selbststudium geeigneter eingehender Darstellung unter Befügung ausführlich berechneter Beispiele über die sieben Rechnungsarten, die Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten und die Gleichungen zweiten Grades mit einer Unbekannten, Band II ebenso über Gleichungen höheren Grades, arithmetische und geometrische Reihen, Zinseszins- und Rentenrechnung, komplexe Zahlen und über den binomischen Lehrsatz.

Praktische Mathematik. Von Dr. R. Neuendorff. Mit Abb. (Bd. 341.)

In allgemeinverständlicher Weise werden Rechenmethoden und mathematische Apparate, die im praktischen Leben mit Vorteil Verwendung finden, erläutert und zu ihrer Verwendung Anregung gegeben.

Planimetrie zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Paul Crang. Mit Abbildungen. (Bd. 340.)

Das Buch enthält die Planimetrie bis zur Ähnlichkeitslehre und der Berechnung des Kreises. In möglichst einfacher und verständlicher Art macht es mit den Grundlehren der Planimetrie

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

vertraut. Rein geometrische Aufgaben sind in größerer Zahl vorhanden, deren Lösung teils ausführlich besprochen, teils kurz angedeutet worden ist. Ein ausführlicheres Register ist dem Buche zur leichteren Orientierung beigegeben.

Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. Gerhard Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.) Will, ohne große Kenntnis vorauszusetzen, in die moderne Behandlungsweise der Infinitesimalrechnung einführen, die die Grundlage der gesamten mathematischen Naturwissenschaft bildet.

Mathematische Spiele. Von Dr. Wilhelm Ahrens. 2. Auflage. Mit 70 Figuren. (Bd. 170.)

Eine amüsante Anregung zum Nachdenken und Kopfzerbrechen, ohne alle mathematischen Vorkenntnisse verständlich.

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. Max Lange. Mit den Bildnissen E. Lasfers und P. Morphus, 1 Schachbrettafel und 43 Darstellungen von Übungsspielen. (Bd. 281.)

Sucht durch eingehende, leichtverständliche Einführung in die Spielgesetze sowie durch eine größere, mit Erläuterungen versehene Auswahl interessanter Schachgänge berühmter Meister diesem anregendsten und geistreichsten aller Spiele neue Freunde und Anhänger zu werben.

Hierzu siehe ferner:

Pfannkuche, Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. S. 5.

Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

Am saukenden Webstuhl der Zeit. Von Prof. Dr. Wilhelm Launhardt. 3. Auflage. Mit 16 Abbildungen. (Bd. 23.)

Ein großzügiger Überblick über die Entwicklung der Naturwissenschaften und Technik von den ersten Anfängen bis zu den höchsten Leistungen unserer Zeit.

Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat Kurt Merkel. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 60.)

Zeigt in einer Schilderung der Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer, der Ingenieurtechnik der alten Ägypter unter vergleichsweiser Behandlung der modernen Irrigationsanlagen daselbst, der Schöpfungen der antiken griechischen Ingenieure, des Städtebaues im Altertum und der römischen Wasserleitungsbauten die hohen Leistungen der Völker des Altertums.

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat Kurt Merkel. 2. Auflage. Mit 55 Abbildungen. (Bd. 28.)

Führt eine Reihe interessanter Ingenieurbauten, die Gebirgsbahnen und die Gebirgsstraßen der Schweiz und Tirols, die großen Eisenbahnverbindungen in Asien, endlich die modernen Kanäle und Hafengebäude nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung vor.

Der Eisenbetonbau. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)

Gibt eine sachmännische und dabei doch allgemein verständliche Darstellung dieses neuesten, in seiner Bedeutung für Hoch- und Tiefbau, Brücken- und Wasserbau stetig wachsenden Zweiges der Technik.

Das Eisenhüttenwesen. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. Hermann Wedding. 3. Auflage. Mit 15 Figuren. (Bd. 20.)

Schildert, wie Eisen erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird, wobei besonders der Hochofenprozeß nach seinen chemischen, physikalischen und geologischen Grundlagen dargestellt und die Erzeugung der verschiedenen Eisenarten und die dabei in Betracht kommenden Prozesse erörtert werden.

Die Metalle. Von Prof. Dr. Karl Scheid. 2. Auflage. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)

Behandelt die für Kulturleben und Industrie wichtigen Metalle, die mutmaßliche Bildung der Erze, die Gewinnung der Metalle aus den Erzen, das Hüttenwesen mit seinen verschiedenen Systemen, die Fundorte der Metalle, ihre Eigenschaften, Verwendung und Verbreitung.

Mechanik. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. von Jhering. 3Bde. (Bd. 303/305.)

Durch Anwendung der graphischen Methode und Einfügung instruktiver Beispiele eine ausgezeichnete Darstellung der Grundlehren der Mechanik der festen Körper.

Band I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abbildungen. (Bd. 303.)

Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. (In Vorbereitung.) (Bd. 304.)

Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorbereitung.) (Bd. 305.)

Maschinenelemente. Von Prof. Richard Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)

Eine Übersicht über die Fülle der einzelnen ineinandergreifenden Teile, aus denen die Maschinen zusammengesetzt sind, und ihre Wirkungsweise.

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. Richard Vater. Mit 67 Abbildungen. (Bd. 196.)

Eine für weitere Kreise bestimmte, durch zahlreiche einfache Skizzen unterstützte Abhandlung über die Hebezeuge, wobei das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper nach dem neuesten Stande der Forschungen eingehend behandelt wird.

Dampf und Dampfmaschine. Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage.

Mit 45 Abbildungen. (Bd. 63.)

Schildert die inneren Vorgänge im Dampfessel und namentlich im Zylinder der Dampfmaschine, um so ein richtiges Verständnis des Wesens der Dampfmaschine und der in der Dampfmaschine sich abspielenden Vorgänge zu ermöglichen.

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Prof. Richard Vater. 3. Auflage.

Mit 33 Abbildungen. (Bd. 21.)

Gibt eine die neuesten Fortschritte berücksichtigende Darstellung des Wesens, Betriebes und der Bauart der immer wichtiger werdenden Benzin-, Petroleum- und Spiritusmaschinen.

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen.

Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 48 Abbildungen. (Bd. 86.)

Will ein Urteil über die Konkurrenz der modernen Wärmekraftmaschinen nach ihren Vor- und Nachteilen ermöglichen und weiter in Bau und Wirkungsweise der Dampfmaschine einführen.

Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Kais. Geh. Reg.-Rat Albrecht v. Jhering. Mit 73 Figuren. (Bd. 228.)

Führt von dem primitiven Mühlrad bis zu den großartigen Anlagen, mit denen die moderne Technik die Kraft des Wassers zu den gewaltigsten Leistungen auszunutzen versteht.

Landwirtsch. Maschinentunde. Von Prof. Dr. Gust. Fischer. (Bd. 316.)

Ein Überblick über die verschiedenen Arten der landwirtschaftlichen Maschinen und ihre modernsten Vervollkommnungen.

Die Spinnerei. Von Direktor Prof. M. Lehmann. Mit Abb. (Bd. 338.)

Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Prof. Dr. Friedrich Hahn. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 71.)

Nach einem Rückblick auf die frühesten Zeiten des Eisenbahnbaues führt der Verfasser die moderne Eisenbahn im allgemeinen nach ihren Hauptmerkmalen vor. Der Bau des Bahnkörpers, der Tunnel, die großen Brückenbauten sowie der Betrieb selbst werden besprochen, schließlich ein Überblick über die geographische Verbreitung der Eisenbahnen gegeben.

Die technische Entwicklung der Eisenbahnen der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. Ernst Biedermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)

Behandelt die wichtigsten Gebiete der modernen Eisenbahntechnik, Oberbau, Entwicklung und Umfang der Spurbahnneze in den verschiedenen Ländern, die Geschichte des Lokomotivenwesens bis zur Ausbildung der Heißdampflokomotiven einerseits und des elektrischen Betriebes andererseits sowie der Sicherung des Betriebes durch Stellwerks- und Blockanlagen.

Die Klein- und Straßenbahnen. Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abbildungen. (Bd. 322.)

Will weiteren Kreisen einen Einblick in Wesen und Eigenart und soziale Wichtigkeit der Klein- und Straßenbahnen vermitteln.

Das Automobil. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. Karl Blau. Mit 83 Abbild. (Bd. 166.)

Gibt einen anschaulichen Überblick über das Gesamtgebiet des modernen Automobillismus, wobei besonders das Benzinautomobil, das Elektromobil und das Dampfautomobil nach ihren Kraftquellen und sonstigen technischen Einrichtungen wie Zündung, Kühlung, Bremsen, Steuerung, Bereifung usw. besprochen werden.

Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. Rudolf Blochmann. Mit 128 Abbildungen. (Bd. 168.)

Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der elektrischen Erscheinungen, ihrer Grundgesetze und ihrer Beziehungen zum Magnetismus sowie eine Einführung in das Verständnis der zahlreichen praktischen Anwendungen der Elektrizität.

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor Helmut Brück. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 235.)

Eine erschöpfende Darstellung der geschichtlichen Entwicklung, der rechtlichen und technischen Grundlagen sowie der Organisation und der verschiedenen Betriebsformen des Telegraphie- und Fernsprechwesens der Erde.

Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor Helmut Brück. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)

Gibt, ohne auf technische Einzelheiten einzugehen, durch Illustrationen unterstützt, nach einer elementaren Darstellung der Theorie der Leitung, einen allgemein verständlichen Überblick über die Herstellung, Beschaffenheit und Wirkungsweise aller zur Übermittlung von elektrischem Strom dienenden Leitungen.

Die Funkentelegraphie. Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustrationen. (Bd. 167.)

Nach eingehender Darstellung des Systems Telefunken werden die für die verschiedenen Anwendungsgebiete erforderlichen Konstruktionstypen vorgeführt, wobei nach dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik in jüngster Zeit ausgearbeitete Anlagen beschrieben werden. Danach wird der Einfluß der Funkentelegraphie auf Wirtschaftsverkehr und Wirtschaftsleben sowie die Regelung der Funkentelegraphie im deutschen und internationalen Verkehr erörtert.

Nautik. Von Direktor Dr. Johannes Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)

Gibt eine allgemein verständliche Übersicht über das gesamte Gebiet der Seemannskunst, die Mittel und Methoden, mit deren Hilfe der Seemann sein Schiff sicher über See bringt.

Die Luftschiffahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. Raimund Nimsühr. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)

Bietet eine umfassende Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen und technischen Entwicklung der Luftschiffahrt, indem es vor allem das Problem des Vogelfluges und das aerostatische und aerodynamische Prinzip des künstlichen Fluges behandelt und eine ausführliche, durch zahlreiche Abbildungen unterstützte Beschreibung der verschiedenen Konstruktionen von Luftschiffen, von der Montgolfiere bis zum Motorballon und zum modernen Aeroplan gibt.

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. phil. Wilhelm Brück. Mit 155 Abbildungen. (Bd. 108.)

Behandelt die technischen und wissenschaftlichen Bedingungen für die Herstellung einer wirtschaftlichen Lichtquelle und die Methoden für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes für den Verbraucher, die einzelnen Beleuchtungsarten sowohl hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Grundlagen als auch ihrer Technik und Herstellung.

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur Johann Eugen Mayer. Mit 40 Abbildungen. (Bd. 241.)

Will über die verschiedenen Lüftungs- und Heizungsarten menschlicher Wohn- und Aufenthaltsräume orientieren und zugleich ein Bild von der modernen Lüftungs- und Heizungstechnik geben, um dadurch Interesse und Verständnis für die dabei in Betracht kommenden, in gesundheitlicher Beziehung so überaus wichtigen Gesichtspunkte zu erwecken.

Die Uhr. Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bod. Mit 47 Abbild. (Bd. 216.)

Behandelt Grundlagen und Technik der Zeitmessung, sowie eingehend, durch zahlreiche technische Zeichnungen unterstützt, den Mechanismus der Zeitmesser und der feinen Präzisionsuhren nach seiner theoretischen Grundlage wie in seinen wichtigsten Teilen.

Wie ein Buch entsteht. Von Prof. Arthur W. Unger. 2. Auflage. Mit 7 Tafeln und 26 Abbildungen. (Bd. 175.)

Schildert in einer durch Abbildungen und Papier- und Illustrationsproben unterstützten Darstellung Geschichte, Herstellung und Vertrieb des Buches unter eingehender Behandlung sämtlicher buchgewerblicher Techniken.

Einführung in die chemische Wissenschaft. Von Prof. Dr. Walter Löb. Mit 16 Figuren. (Bd. 264.)

Ermöglicht durch anschauliche Darstellung der den chemischen Vorgängen zugrunde liegenden allgemeinen Tatsachen, Begriffe und Gesetze ein gründliches Verständnis dieser und ihrer praktischen Anwendungen.

Bilder aus der chemischen Technik. Von Dr. Artur Müller. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 191.)

Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der Ziele und Hilfsmittel der chemischen Technik im allgemeinen, wie der wichtigsten Gebiete (z. B.: Schwefelsäure, Soda, Chlor, Salpetersäure, Teerdestillation, Farbstoffe) im besonderen.

Der Luftstickstoff und seine Verwertung. Von Prof. Dr. Karl Kaiser. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 313.)

Ein Überblick über Wesen, Bedeutung und Geschichte dieses wichtigsten und modernsten Problems der Agrilkulturchemie bis auf die neuesten erfolgreichen Versuche zu seiner Lösung.

Agrilkulturchemie. Von Dr. P. Krusche. Mit 21 Abbild. (Bd. 314.)

Eine allgemeinverständliche Übersicht über Geschichte, Aufgaben, Methoden, Resultate und Erfolge dieses volkswirtschaftlich so wichtigen Zweiges der angewandten Chemie.

Die Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abbildungen. (Bd. 333.)

Geschichte, Technik und volkswirtschaftliche Bedeutung der Bierbrauerei.

Chemie und Technologie der Sprengstoffe. Von Prof. Dr. Rud. Biedermann. Mit 15 Figuren. (Bd. 286.)

Gibt eine allgemeinverständliche, umfassende Schilderung des Gebietes der Sprengstoffe, ihrer Geschichte und ihrer Herstellung bis zur modernen Sprengstoffgroßindustrie, ihrer Fabrikation, Zusammensetzung und Wirkungsweise sowie ihrer Anwendung auf den verschiedenen Gebieten.

Photochemie. Von Prof. Dr. Gottfried Kummel. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

Erklärt in einer für jeden verständlichen Darstellung die chemischen Vorgänge und Gesetze der Einwirkung des Lichtes auf die verschiedenen Substanzen und ihre praktische Anwendung, besonders in der Photographie, bis zu dem jüngsten Verfahren der Farbenphotographie.

Die Photographie. Von Hans Schmidt. (Bd. 280.)

Elektrochemie. Von Prof. Dr. Kurt Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Eröffnet einen klaren Einblick in die wissenschaftlichen Grundlagen dieses modernsten Zweiges der Chemie, um dann seine glänzenden technischen Erfolge vor Augen zu führen.

Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. Johannes Bongardt. In 2 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 125. 126.)

I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.)

II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abbildungen. (Bd. 126.)

Will an der Hand einfacher Beispiele, unterstützt durch Experimente und Abbildungen, zu naturwissenschaftlichem Verstehen einfacher physikalischer und chemischer Vorgänge im Haushalt anleiten.

Chemie in Küche und Haus. Von weil. Prof. Dr. Gustav Abel. 2. Aufl. von Dr. Joseph Klein. Mit einer mehrfarbigen Doppeltafel. (Bd. 76.)

Gibt eine vollständige Übersicht und Belehrung über die Natur der in Küche und Haus sich vollziehenden mannigfachen chemischen Prozesse.

Hierzu siehe ferner:

Bruns, Die Telegraphie. S. 17. Graeb, Das Licht und die Farben. S. 22. Alt, Die Kälte. S. 23. Bavinik, Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. S. 23.

DIE KULTUR DER GEGENWART

IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZIELE

HERAUSGEGEBEN VON PROFESSOR PAUL HINNEBERG

In 4 Teilen. Lex.-8. Jeder Teil zerfällt in einzelne inhaltlich vollständig in sich abgeschlossene und einzeln käufliche Bände (Abteilungen).

Bisher sind erschienen:

- Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.** (I, 1.) [XV u. 671 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 16.—, in Leinwand geb. *M* 18.—
- Die orientalischen Religionen.** (I, 3, 1.) [VII u. 267 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 7.—, in Leinwand geb. *M* 9.—
- Geschichte der christlichen Religion.** Mit Einleitung: Die israelitisch-jüdische Religion. (I, 4, 1.) 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage. [X u. 792 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 18.—, in Leinwand geb. *M* 20.—
- Systematische christliche Religion.** (I, 4, 11.) 2., verbesserte Auflage. [VIII u. 279 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 6.60, in Leinwand geb. *M* 8.—
- Allgemeine Geschichte der Philosophie.** (I, 5.) [VIII u. 572 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 12.—, in Leinwand geb. *M* 14.—
- Systematische Philosophie.** (I, 6.) 2., durchgesehene Auflage. [X u. 435 S.] Lex.-8. 1908. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—
- Die orientalischen Literaturen.** (I, 7.) [IX u. 419 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—
- Die griechische und lateinische Literatur und Sprache.** (I, 8.) 2., verbesserte und vermehrte Auflage. [VIII u. 494 S.] Lex.-8. 1907. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—
- Die osteuropäischen Literaturen und die slawischen Sprachen.** (I, 9.) [VIII u. 396 S.] Lex.-8. 1908. Geh. *M* 10.—, in Leinwand geb. *M* 12.—
- Die romanischen Literaturen u. Sprachen. Mit Einschluß des Keltischen.** (I, 11, 1.) [VII u. 499 S.] Lex.-8. 1909. Geh. *M* 12.—, in Leinw. geb. *M* 14.—
- Allgemeine Verfassungs- und Verwaltungsgeschichte des Staates und der Gesellschaft.** (II, 2.) [Unter der Presse.]
- Staat und Gesellschaft des Orients.** (II, 3.) [Unter der Presse.]
- Staat und Gesellschaft der Griechen und Römer.** (II, 4, 1.) [IV u. 280 S.] Lex.-8. 1910. Geh. *M* 8.—, in Leinwand geb. *M* 10.—
- Staat und Gesellschaft der neueren Zeit (bis zur französischen Revolution).** (II, 5, 1.) [VI u. 349 S.] Lex.-8. 1908. Geh. *M* 9.—, in Leinw. geb. *M* 11.—
- Systematische Rechtswissenschaft.** (II, 8.) [X, LX u. 526 S.] Lex.-8. 1906. Geh. *M* 14.—, in Leinwand geb. *M* 16.—
- Allgemeine Volkswirtschaftslehre.** (II, 10, 1.) [VI u. 259 S.] Lex.-8. 1910. Geh. *M* 7.—, in Leinwand geb. *M* 9.—

Probeheft und Sonder-Prospekte über die einzelnen Abteilungen (mit Auszug aus dem Vorwort des Herausgebers, der Inhaltsübersicht des Gesamtwertes, dem Autoren-Verzeichnis und mit Probestücken aus dem Werke) werden auf Wunsch umsonst und postfrei vom Verlag versandt.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

HIMMEL UND ERDE

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift

unter ständiger Mitwirkung von

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Aron, Berlin, Prof. Dr. Donath, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Foerster, Berlin, Prof. Dr. Franz, Breslau, Prof. Dr. Heck, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Hellmann, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Neesen, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Nernst, Berlin, Prof. Dr. Plate, Berlin, Prof. Dr. Ristenpart, Santiago, Prof. Dr. Scheiner, Potsdam, Prof. Dr. Spies, Posen, Prof. Dr. Süring, Berlin, Dr. Thesing, Leipzig, Geh. Bergrat Prof. Dr. Wahnschaffe, Berlin, Prof. Dr. Walther, Halle

redigiert von

Dr. P. Schwahn

Direktor der Urania

XXII. Jahrgang 1910. Jährlich 12 Hefte mit Tafeln und Abbildungen

Preis vierteljährlich M. 3.60.

Sich fernhaltend von einer seichten Popularität, die nur der Halbbildung dient, unterrichtet „Himmel und Erde“ in wissenschaftlich einwandfreier, aber dennoch jedem Gebildeten verständlicher Weise den Leser über alle Fortschritte auf dem Gebiete der Naturwissenschaft und Technik. Seit den mehr denn zwei Dezennien ihres Bestehens erfreut sich die Zeitschrift der ständigen Mitarbeit der besten Namen aus allen Fachgebieten. Der reiche Bilderschmuck, der jedem Hefte beigegeben ist, und die gediegene Ausstattung machen das Blatt zu einem Schmuck für jede Bibliothek. Jedes Heft enthält eine Anzahl reich illustrierter größerer Aufsätze von namhaften Fachgelehrten, die entweder fundamentale Fragen der Naturwissenschaft und Technik oder biographische Würdigungen schöpferischer Geister auf dem Gebiete moderner Naturerkenntnis behandeln. An die größeren Aufsätze schließen sich Mitteilungen über wichtige Entdeckungen und Erfindungen, über naturwissenschaftliche und technische Kongresse, über die jeweiligen Himmelserscheinungen, außerdem Besprechungen der hervorragendsten neuen Werke auf naturwissenschaftlichem Gebiete sowie eine sorgfältig durchgearbeitete Bücherschau. So wird es dem Leser gewährleistet, daß er den Überblick nicht verliert und einerlei, ob er selbst forschend tätig ist oder mitten im praktischen Leben steht, Fühlung mit den Errungenschaften unseres naturwissenschaftlichen Zeitalters behält.

Probehefte auf Verlangen umsonst u. postfrei vom Verlag

Was spricht in unserem Heim mehr zu uns als dessen Bildschmuck?

Und doch wie gedankenlos wird er oft gewählt! Wir wollen gar nicht von Ölbruden schlimmster Art reden! Auch die Reproduktion eines berühmten Gemäldes, oft undeutschen Empfindungsgehaltes, an der Wand verschwindend, das Beste des Kunstwerkes durch Kleinheit und Farblosigkeit vernichtend, was vermag sie uns als Wandschmuck in unserem Heim zu sagen, wenn wir nach des Tages verwirrendem Getriebe Sammlung in ihm suchen?

Welcher Art soll vielmehr ein Bild im deutschen Hause sein?

Vor allem muß deutsches Empfinden, deutsche Innigkeit, deutsche Heimatliebe darin zum Ausdruck kommen. Nur so vermag es zu uns zu sprechen, nur so wird es aus unererschöpflichem Quell immer Neues zu sagen wissen.

Darum darf ein Bild vor allem auch keine alltäglichen Plattheiten und Süßlichkeiten bieten, deren wir als ernsthaft Menschen in kurzer Zeit überdrüssig sind. Es muß uns sodann nicht nur durch seinen Inhalt, sondern auch durch die Kunst der Darstellung des Geschauten immer aufs neue fesseln. Das vermag eine Reproduktion nun überhaupt kaum, das kann nur ein Originalkunstwerk. Das Bild endlich muß eine gewisse Kraft der Darstellung besitzen, es muß den Raum, in dem es hängt, durchdringen und beherrschen.

Teubners Künstler-Steinzeichnungen

(Original-Lithographien) bieten all das, was wir von einem guten Wandbild im deutschen Hause fordern müssen. Sie bieten Werke großer, ursprünglicher, farbenfroher Kunst, die uns das Schöne einer Welt von Formen und Farben mit den Augen des Künstlers sehen lassen und sie in dessen unmittelbarer Sprache wiedergeben. In der Original-Lithographie führt der Künstler eigenhändig die Zeichnung auf dem Stein aus, bearbeitet die Platten, bestimmt die Wahl der Farben und überwacht den Druck. Das Bild ist also bis in alle Einzelheiten hinein das Werk des Künstlers, der unmittelbare Ausdruck seiner Persönlichkeit. Keine Reproduktion kann dem gleichkommen an künstlerischem Wert und künstlerischer Wirkung.

Teubners Künstler-Steinzeichnungen sind Werke echter Heimatkunst, die stark und lebendig auf uns wirken. Das deutsche Land in seiner wunderbaren Mannigfaltigkeit, seine Tier- und Pflanzenwelt, seine Landschaft und sein Volksleben, seine Werkstätten und seine Fabriken, seine Schiffe und Maschinen, seine Städte und seine Denkmäler, seine Geschichte und seine Helden, seine Märchen und seine Lieder bieten vor allem den Stoff zu den Bildern.

Sie enthalten eine große Auswahl verschiedenartiger Motive und Farbenstimmungen in den verschiedensten Größen, unter denen sich für jeden Raum, den vornehmsten wie das einfachste Wohnzimmer, geeignete Blätter finden. Neben ihrem hohen künstlerischen Wert besitzen sie den Vorzug der Preiswürdigkeit. All das macht sie zu willkommenen Geschenken zu Weihnachten, Geburtstagen und Hochzeitzeiten und macht sie zum besten, zu

dem künstlerischen Wandschmuck für das deutsche Haus!

Die großen Blätter im Format 100×70, 75×55 und 60×50 kosten M. 6.—, bzw. M. 5.— und M. 3.—. Die Blätter in dem Format 41×30 nur M. 2.50 und die Buntblätter gar nur M. 1.—. Preiswerte Rahmen, die auch die Anschaffung eines gerahmten Bildes ohne nennenswerte Mehrkosten gestatten, liefert die Verlags- handlung in verschiedenen Ausführungen und Holzarten für das Bildformat 100×70 in der Preislage von M. 4.50 bis M. 16.—, für das Format 75×55 von M. 4.— bis M. 12.—, für das Format 41×30 von M. 1.75 bis M. 4.50.

Urteile über B. G. Teubners farbige Künstler-Steinzeichnungen.

„... Doch wird man auch aus dieser nur einen beschränkten Teil der vorhandenen Bilder umfassenden Aufzählung den Reichtum des Dargebotenen erkennen. Indessen es genügt nicht, daß die Bilder da sind, sie müssen auch gekauft werden. Sie müssen vor allen Dingen an die richtige Stelle gebracht werden. Für öffentliche Gebäude und Schulen sollte das nicht schwer halten. Wenn Lehrer und Geistliche wollen, werden sie die Mittel für einige solche Bilder schon überwiesen bekommen. Dann sollte man sich vor allen Dingen in privaten Kreisen solche Bilder als willkommene Geschenke zu Weihnachten, zu Geburtstagen, Hochzeitsfesten und allen derartigen Gelegenheiten merken. Eine derartige große Lithographie in den dazu vorrätigen Rahmungen ist ein Geschenk, das auch den verwöhntesten Geschmack befriedigt. An den kleinen Blättern erhält man für eine Ausgabe, die auch dem bescheidensten Geldbeutel erschwinglich ist, ein dauernd wertvolles Geschenk.“ (Türmer-Jahrbuch.)



Verfeinerte farbige Wiedergabe der Original-Lithographie.

„Von den Bilderunternehmungen der letzten Jahre, die der neuen 'ästhetischen Bewegung' entsprungen sind, begrüßen wir eins mit ganz ungetrübter Freude: den 'künstlerischen Wandschmuck für Schule und Haus', den die Firma B. G. Teubner in Leipzig herausgibt. ... Wir haben hier wirklich einmal ein aus warmer Liebe zur guten Sache mit rechtem Verständnis in ehrlichem Bemühen geschaffenes Unternehmen vor uns — fördern wir es, ihm und uns zu Nutz, nach Kräften!“ (Kunstwart.)

„Alt und jung war begeistert, geradezu glücklich über die Kraft malerischer Wirkungen, die hier für verhältnismäßig billigen Preis dargeboten wird. Endlich einmal etwas, was dem öden Bildruckbilde gewöhnlicher Art mit Erfolg gegenübertreten kann.“ (Die Hilfe.)

„Es läßt sich kaum noch etwas zum Ruhme dieser wirklich künstlerischen Steinzeichnungen sagen, die nun schon in den weitesten Kreisen des Volkes allen Beifall gefunden und — was ausschlaggebend ist — von den anspruchvollsten Kunstfreunden ebenso begehrt werden, wie von jenen, denen es längst ein vergeblicher Wunsch war, das Heim wenigstens mit einem farbigen Original zu schmücken. Was sehr selten vorkommt: hier begegnet sich wirklich einmal des Volkes Lust am Beschauen und des Kenners Freude an der künstlerischen Wiedergabe der Außenwelt.“ (Kunst für Alle.)

„... Es ist unseres Erachtens wertvoller, an dieser originalen Kunst sehen zu lernen, als an vielen hundert mittelmäßigen Reproduktionen das Auge zu verbilden und totes Wissen zu lernen, statt lebendige Kunst mitzuerleben.“ (Illustrierte Zeitung.)

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301561

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296032