Werk

Titel: Die Naturwissenschaften

Ort: Berlin

Jahr: 1919

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0007|log101

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Die Naturwissenschaften

Wochenschrift für die Fortschritte der Naturwissenschaft, der Medizin und der Technik

Begründet von Dr. A. Berliner und Dr. C. Thesing.

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und **Prof. Dr. August Pütter**

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.

Heft 9. **28. Februar 1919.** **Siebenter Jahrgang.**

INHALT:

Funktionelle Anpassung. Von *Prof. Dr. Leon Asher, Bern.* S. 129.

Vom mechanischen Aether zur elektrischen Materie. Von *Prof. Dr. M. Born, Berlin.* S. 136.

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage. Von *Prof. Dr. Othenio Abel, Wien.* (Schluß.) S. 141.

Besprechungen:

Wiedemann, E., und F. Hauser, Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen. Von *H. Kienle, München.* S. 146.

Zuschriften an die Herausgeber:

Lichtmessungen an Planetenscheiben. Von *J. Hartmann, Göttingen.* S. 147.

Berichtigung zum Dialog über die Relativitätstheorien. Von *E. Gehrcke, Berlin-Lichterfelde.* S. 147.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen):

Annalen der Physik, 1918, Nr. 1 bis 5. S. 148.

Elektrische Heizkissen

Type H

heilen durch dauernde Wärme

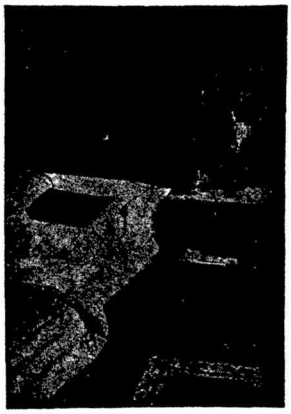
Drei Wärmegrade

—

Kein Zuheisswerden

—

Winziger Stromverbrauch



Sorgsame Herstellung

der

Fabrik Dr. Heilbrun

Berlin-Nowawes

Zu kaufen in jedem guten elektrischen und ärztlichen Geschäft

[ibliothek ... III.19]

Die Naturwissenschaften

berichten über alle Fortschritte auf dem Gebiete der reinen und der angewandten Naturwissenschaften im weitesten Sinne. Sendungen aller Art werden erbeten unter der Adresse:

Redaktion der „Naturwissenschaften"

Berlin W 9, Link-Str. 23/24.

Manuskripte aus dem Gebiete der biologischen Wissenschaften wolle man an Prof. Dr. A. Pütter, Bonn a. Rh., Coblenzer Str. 89, richten.

erscheinen in wöchentlichen Heften und können durch den Buchhandel, die Post oder auch von der Verlagshandlung zum Preise von M. 36.— für den Jahrgang, M. 9.— für das Vierteljahr, bezogen werden. Der Preis des einzelnen Heftes beträgt 90 Pf.

Anzeigen werden zum Preise von 50 Pf. für die einspaltige Petitzeile angenommen.

Bei jährlich	6	13	26	52 maliger Wiederholung
	10	20	30	40% Nachlass.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Link-Str. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadresse: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto. — Deutsche Bank, Depositen-Kasse C.
Postscheck-Konto: Berlin Nr. 11100.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Demnächst erscheint:

Beilsteins Handbuch der Organischen Chemie

Vierte Auflage

Die Literatur bis 1. Januar 1910 umfassend

Herausgegeben von der

Deutschen Chemischen Gesellschaft

Bearbeitet von

Bernhard Prager und **Paul Jacobson**

unter ständiger Mitwirkung von Paul Schmidt und Dora Stern

I. Band

Leitsätze für die systematische Anordnung

Acyclische Kohlenwasserstoffe, Oxy- und Oxo-Verbindungen

938 Seiten. Preis M. 60.—. (Einbanddecke hierzu M. 13.—.)

Das Beilsteinsche Handbuch ist weltbekannt als **unentbehrlicher Ratgeber** für jede wissenschaftliche oder technische Arbeit, die auf dem Gebiete der organischen Chemie auszuführen ist. Es bringt eine systematisch geordnete Zusammenstellung aller organischen Verbindungen, innerhalb deren man für jeden einzelnen Stoff bequem die wichtigsten Angaben über Bildung, Eigenschaften und Verhalten und einen möglichst vollständigen Literaturnachweis findet.

Auf die Vollständigkeit der Literaturnachweise ist bei der **vierten Auflage,** die von der **Deutschen Chemischen Gesellschaft** herausgegeben wird, noch weit mehr Wert gelegt worden, als bei den früheren. Die Artikel über die wichtigsten Verbindungen, die für das tägliche Leben, für die Technik, die Heilkunde, die Physiologie besondere Bedeutung besitzen, haben eine vollkommene Neubearbeitung und wesentliche Erweiterung im Hinblick auf die Grenzgebiete erfahren. Die vielfach fehlerhaften Angaben der dritten Auflage sind richtiggestellt worden. Die Mängel der bisherigen Anordnung, die von dem Begründer des Werkes aus der ersten Auflage bis in die dritte beibehalten werden mußte, sind durch Aufstellung eines neuen Systems und Umordnung des gesamten Materials in fünfjähriger Arbeit behoben worden.

Die weiteren Bände sollen baldmöglichst folgen. Da das gesamte Material in zehnjähriger Vorbereitungszeit gesammelt und geordnet ist, darf mit einem stetigen Fortschritt der Drucklegung gerechnet werden.

Jedem Band wird ein ausführliches alphabetisches Register beigegeben; diese Bandregister sollen zum Schluß in einem Gesamtregister vereinigt werden.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Siebenter Jahrgang. 28. Februar 1919. Heft 9.

Funktionelle Anpassung.

Von Prof. Dr. Leon Asher, Bern.

Unter den Begriffen, mit denen die Biologie arbeitet und durch welche sie glaubt, ganze Bereiche von Lebenserscheinungen erklären zu können, spielt die Anpassung eine bevorzugte Rolle. Geradezu populär ist der Begriff Anpassung dadurch geworden, daß die in der Biologie eine Zeitlang vorherrschende morphologische Richtung in weitgehendem Umfange von dem Begriffe Anpassung Gebrauch machte, um die Lebenserscheinungen nach den Lehrmeinungen der Deszendenztheorie zu verstehen. Aus der Morphologie geboren, diente daher die Anpassung in erster Linie dazu, das Entstehen morphologischer Strukturen, des äußeren Aussehens der Tiere, der Dimensionen einzelner Organe und ähnliches zu erklären. Betrachtet man aber diese Erklärungsversuche etwas näher und mit einiger Kritik, so erscheinen sie häufig als nichts anderes als eine Umschreibung beobachtbarer Tatbestände. Gleich zu Anfang sieht man sich vor eine große Schwierigkeit gestellt, *was eigentlich als das Wesentliche an der Anpassung angesehen werden soll;* die Anpassung kann einmal darin bestehen, daß durch Außenbedingungen Veränderungen erzwungen worden sind, welche zu dem Resultat geführt haben, daß schließlich ein ganzer tierischer Organismus oder einzelne Teile desselben den Außenbedingungen, was seine Formen betrifft, angepaßt sind, andererseits kann die Anpassung darin bestehen, daß die Organismen in sich die schlummernden, aber in geeigneten Momenten erweckbaren Möglichkeiten besitzen, ihre gewohnte Reaktionsweise abzuändern und dadurch neuen Bedingungen angepaßt zu werden. Diese mehr nach der dynamischen Seite gerichtete Definition der Anpassung ist offenbar die weiter blickende und mehr unseren Erklärungsbedürfnissen entgegenkommende. Diese Art Anpassung kann als übereinstimmend oder mindestens nahe verwandt mit dem betrachtet werden, was *Wilhelm Roux*[1]) als *Selbstregulation* bezeichnet, in welcher er eine allgemeine Eigenschaft der Lebewesen erkennt, und zwar eine solche, welche die Lebewesen in besonders hohem Maße von den anorganischen Gebilden unterscheidet. Diese Art der Auffassung führt die Betrachtung des Begriffes der Anpassung heraus aus morphologischem Gebiete, hinüber in das Studium des funktionellen Geschehens. Es ist einleuchtend, daß das Wesentliche an der Anpassung uns deutlicher vor Augen treten sollte, wenn wir einen Einblick in die Geschehnisse zu gewinnen versuchen, welche beim funktionellen Getriebe des lebendigen Organismus sich abspielen.

Der Organismus ist fortwährenden Veränderungen ausgesetzt; auch da, wo oberflächlicher Betrachtung stets Gleichförmigkeit vorzuliegen scheint, erschließt sich der schärferen Beobachtung ein unaufhörlicher hin und her pulsierender Wechsel. *Die Einstellung des Lebendigen auf* die fortwährend einströmenden *Wechselfälle* seiner Umwelt, aber auch auf diejenigen seiner Innenwelt, ist für den Erforscher der Funktion *die Elementarerscheinung der Anpassung.* Weil dies so ist, muß äußerste Kritik vorwalten, wenn man eine beobachtbare Erscheinung als Anpassungserscheinung bezeichnen will. Hierüber muß volle Klarheit herrschen, ehe man an das tiefere Problem herangehen kann, welches denn der sogenannte Mechanismus sei, durch den sich die Anpassung vollzieht. Für den Beobachter wirkt in ihrem Endeffekte, der Erhaltung des geregelten Ablaufes der Lebensvorgänge unter allen Umständen, gleich mit der Anpassung eine ganz andere Eigenschaft, die wir mit *Henderson*[1]) als *Eignung* bezeichnen wollen. Während die Anpassung ganz innerlich ist, geknüpft an das Walten der lebendigen Substanz, ist die Eignung ganz äußerlich. Eine Reihe von Lebenserscheinungen sind beispielsweise geknüpft an die höchst eigenartigen Eigenschaften des Wassers oder der Karbonate, Eigenschaften, die zu sehr bemerkenswerten Regulationen im tierischen Organismus führen, aber diese für die Selbsterhaltung höchst notwendigen Regulationen haben nichts mit der lebendigen Substanz zu tun und sind daher auch nach Vernichtung oder völliger Abwesenheit derselben als wirksame Faktoren feststellbar.

Es wird gut sein, für den Augenblick die allgemeinen Betrachtungen der Anpassung abzubrechen, um durch ein Studium einzelner, nicht ohne Absicht ausgewählter Beispiele einen Einblick in die *Tatsachen* experimentell beobachtbarer funktioneller Anpassung zu gewinnen. Die reichste Quelle für Material an experimentell beobachtbaren Tatsachen der Anpassung liefert uns der

[1]) *Wilhelm Roux*, Allgemeine Biologie, Das Wesen des Lebens aus Kultur der Gegenwart. Teil III, Abt. IV, Bd. *I.* Leipzig, B. G. Teubner, 1915.

[1]) *L. J. Henderson*, Die Umwelt des Lebens. Wiesbaden, I. F. Bergmann, 1914.

Gesamtorganismus in seinem Aufbau aus zusammenwirkenden Teilen, die sich *gegenseitig* anpassen müssen, in seinem Widerspiel gegen die wechselnden Einflüsse der ihn umgebenden Umwelt. Weit wichtiger aber für eine Analyse, die zu den Elementen vordringen will, ist der Umstand, daß, wie sich vollwertige Lebensäußerungen an vom Gesamtverband des Organismus losgelösten, künstlich überlebend gehaltenen Organen beobachten lassen, so auch solche Erscheinungen, die symptomatisch als Anpassung bezeichnet werden müssen.

Die Funktion des Herzens, als Pumpwerk des Kreislaufs zu dienen, läßt sich am isolierten Kaltblüter- und Warmblüterherzen durch passende Anordnungen in einer Art und Weise studieren, daß fast jede Einzelheit des wunderbaren Mechanismus naturgetreu zum Ausdruck gebracht werden kann. Nun unterliegt das Herz im Organismus sehr wechselnden Bedingungen; eine der wichtigsten unter diesen ist wechselnde Füllung. Wenn ein Mensch oder ein Tier größere Muskeltätigkeit zu leisten hat, so bedürfen die arbeitenden Muskeln in der Zeiteinheit einer vielfach größeren Menge Blutes als im Zustande der Ruhe; dies wird dadurch erreicht, daß in der Minute das vom Herzen ausgeworfene Volumen Blut sich vervielfacht, denn es können anstatt 3 bis zu 21 l Blut vom Herzen ausgeworfen werden. Es ist klar, daß das Herz sich einer derartig veränderten Sachlage gegenüber anpassen muß. Diese Anpassung ist eine Erscheinung, die sich recht gut am isolierten Herzen beobachten läßt, denn wie *Otto Frank* vor Jahren schon zeigen konnte, paßt sich das isolierte Kaltblüterherz wachsender Füllung an, indem es bei Vermehrung der Füllung eine größere Spannung entwickelt, ein Zuwachs, welcher den erhöhten Anforderungen an die Triebkraft zugute kommt. Nicht allein durch Messung der entwickelten Spannung, sondern auch durch Ermittlung des ausgeworfenen Volumens läßt sich die Anpassung an vermehrte Füllung nachweisen. Im Organismus hat das Herz wechselnde Drucke zu überwinden; die Anpassung an diese Variable ließ sich gleichfalls am isolierten Kaltblüterherzen zur Anschauung bringen, indem bei steigendem Druck das Herz sowohl selbst größeren Druck entwickelt wie auch innerhalb weiter Grenzen sein Schlagvolumen konstant erhält. In neuerer Zeit hat *H. Straub* die von *Otto Frank* am Kaltblüterherzen gefundenen Regeln der Anpassung vollinhaltlich am isolierten, überlebenden Säugetierherzen unter Anwendung des Herz-Lungen-Kreislaufs nach *Starling* bestätigen können. In der Zurückführung dieser für den Gesamtorganismus so bedeutungsvollen Anpassungen auf letzte Elemente können wir noch weiter gehen als bis auf das isolierte Organ, indem uns der Versuch einer tiefer gehenden Analyse dazu nötigt, diejenige Variable aufzufinden, von welcher wir die in den Anpassungserscheinungen auftretenden Veränderungen abhängig sein lassen wollen. *Blix* und *Frank* haben den Vorschlag gemacht, *die Länge der Muskelfaser als die unabhängige Variable* einzuführen; tatsächlich haben auch alle nachfolgenden Beobachtungen die Übereinstimmung der Tatsache mit dieser Annahme und zugleich deren Zweckmäßigkeit ergeben.

Deshalb kann man den Satz aussprechen: Die Spannung, welche die Herzmuskelfaser bei unveränderter Lage erreicht, die Größe der Verkürzung, zu welcher sie bei gleichbleibendem Drucke gelangt, ist eine Funktion der Ausgangslänge der Herzmuskelfaser. Durch diese Betrachtungsweise ist der hier beschriebene Anpassungsvorgang zurückgeführt worden auf den gleichen Funktionsbegriff, mit dem wir in der Physik der unbelebten Natur zu arbeiten gewohnt sind. Diese Zurückführung auf den uns geläufigen Funktionsbegriff läßt die Frage entstehen, ob nicht hiermit der ganze biologische *Begriff der Anpassung* sich verflüchtigt und, wenigstens in dem gewählten Beispiel, vollständig in dem einfacheren *Funktionsbegriff* aufgeht. Da wir bestrebt sind, die Lebensvorgänge durch die gleichen Anschauungen zu begreifen, deren wir uns für das Verständnis der Vorgänge in der unbelebten Natur bedienen, könnten wir in der Ersetzung der Anpassung durch den Funktionsbegriff einen wesentlichen Fortschritt und eine abschließende Aufklärung erblicken — nicht mit Unrecht werden die Vertreter der rein mechanischen Anschauung nicht weiterzugehen wünschen —, wenn nicht die Erwägung sich geltend machte, daß in der Existenz gerade dieser formal als Funktion sich ausdrückenden Erscheinung das Problem der Anpassung mit seiner ganzen Schwere wieder aufträte. Eine Entscheidung wird sich nicht leicht fällen lassen. Sie ist vorläufig auch nicht notwendig, um zu einer weiteren Erkenntnis fortzuschreiten, die sich aus unserem gewählten Beispiel ableiten läßt. Es ist die, daß die Erscheinungen der Anpassung bis tief hinab in die letzten von uns isolierbaren Einheiten des Lebendigen sich verfolgen lassen, daß im Rouxschen Sinne die „Selbstregulationsfähigkeit" eine ganz allgemeine Eigenschaft jeglicher lebendigen Substanz ist. Man könnte diese Erkenntnis durch einen Vergleich, allerdings einen Vergleich mit allen seinen Schattenseiten, näher beleuchten, durch den Hinweis, daß, wie wir glauben, eine bessere Ordnung in die Tatsachen der Physik durch die Einführung der Lehren der atomistischen Struktur der Elektrizität und von den Quanten erzielt zu haben, so wir auch hoffen dürfen, durch Betrachtung der funktionellen Anpassung nicht als einer großen Einheit, sondern als eines Elementes, welches fort und fort bald in dieser, bald in jener Einzelheit auftreten kann, ein zutreffendes Verständnis für das biologische Geschehen zu erwerben. Ich möchte ferner darauf hinweisen, daß in dem von mir näher beschriebenen Beispiel und in seiner Zurückführung, sei sie nun formal oder mehr als formal, auf den Funktionsbegriff die Anpassung sich ähnlich dar-

stellt, wie ich es früher[1]) in einem anderen Zusammenhange für gewisse physiologische Funktionen getan habe, indem ich zwischen den realen, aktiven Funktionen und den gewissermaßen noch virtuell schlummernden unterschied, welch letzteren ich den Namen „vitale Potenzen" beilegte. Durch die soeben skizzierte Auffassung gewinnt die Anpassung insofern eine neue Beleuchtung, als dem *zeitlichen* Moment eine weit geringere Bedeutung beigemessen zu werden braucht, als die bisherigen Anschauungen es erforderten. Denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß gemeinhin die Vorstellung obwaltet, es reife gewissermaßen die Anpassung unter dem gestaltenden *Einfluß der Zeit*. Es ist bekannt, wie man glaubte, jetzt bestehende sehr einschneidende Unterschiede der Lebewesen in ihrer äußeren Form und in ihren Funktionen durch einen über lange Zeiten sich erstreckenden Anpassungsvorgang *allmählich entstanden* zu denken. Solchen Vorstellungen, die auch von ganz anderer Seite her ernster Kritik ausgesetzt sind, wird der Boden entzogen, sobald die Anpassung als ein *stets bereitstehendes*, von vornherein hoch entwickeltes Vermögen der lebendigen Elemente erkannt wird.

Der Aufbau der hier vorgetragenen allgemein physiologischen Auffassungen geschah bisher auf Grund eines einzigen, allerdings sehr markanten Beispieles. Um zu zeigen, daß es sich nicht um ein seltsam passendes Beispiel des Zufalls, an den in biologischen Dingen zu denken, trotz entgegenstehender Theorie, man niemals außer acht lassen sollte, handle, wird es nützlich sein, andere Beispiele ins Auge zu fassen, wo sich der Anpassungsvorgang bis in das Elementarste hinein verfolgen läßt. Ein geeignetes Beispiel dieser Art bietet *der isolierte Nerv*, dessen beide Leistungen, in Erregung zu geraten und Erregung zu leiten, an jedem ausgeschnittenen Kaltblüternerven leicht untersucht werden kann. Der Erregungsvorgang pflanzt sich im Nerven zeitlich meßbar von Ort zu Ort fort. Jede einzelne erregte Stelle verhält sich gegenüber ihren vor und hinter ihr liegenden unerregten Stellen elektronegativ; folglich wird sich ein elektrischer Strom in der Richtung von der unerregten zu der erregten Nervenstelle außerhalb der leitenden Nervenfaser ergießen, dieser Strom also seine Anode an der erregten, seine Kathode an der unerregten Stelle besitzen. Nun wissen wir aus der Lehre vom Elektrotonus, wie der Zustand des Nerven genannt wird, in den er unter dem Einfluß eines konstanten Stromes gerät, daß an der Anode der Nerv gehemmt, an der Kathode der Nerv in seiner Erregbarkeit erhöht wird; folglich wird, nach der ansprechenden Theorie von *Ludimar Hermann*, die erregte Nervenstelle in ihrer Erregung gedämpft, die unerregte Stelle vorbereitend in ihrer Erregbarkeit erhöht und auf diese Weise die Erregungsleitung in ihrem Fortschreiten befördert. Es handelt sich also durchaus nicht um ein bloßes Fortschreiten des Erregungsvorganges, sondern ausdrücklich noch darum, daß, ehe die neue Stelle in Erregung gerät, sie vorher dazu vorbereitet wird, und daß die alte Stelle nicht etwa bloß in ihrer Erregung abklingt, sondern direkt gehemmt wird. Man könnte sich ganz gut den Erregungsprozeß ohne diese beiden Anpassungsvorgänge fortschreitend denken und sich etwa ein derartiges Fortschreiten ohne das Hilfsmoment der Anpassung durch Vergleich mit geläufigen physikalischen Leitungsvorgängen bildlich veranschaulichen.

Das soeben geschilderte Beispiel für Anpassung im Ablauf einer ganz elementaren Funktion an einem recht einfachen Teilgebilde des Organismus ist gewissermaßen nur ein Spezialfall eines im Organismus waltenden Prinzipes von sehr allgemeiner Bedeutung, für das der von dem Altmeister *Ewald Hering* geprägte Ausdruck „die Stimmung" eine ungemein glückliche Bezeichnung ist. Die Stimmung bzw. Umstimmung der lebendigen Substanz spielt als Anpassungsvorgang beim Ablauf verwickelter, nervöser Prozesse bis hinauf in die Sphäre des geistigen Geschehens eine entscheidende Rolle. Wir wollen ein Beispiel einfacher Art aus der Lehre vom *Gesichtssinn* nehmen, nicht zum geringsten gerade dieses Beispiel auswählend, weil die feinsinnige Analyse der Anpassungsvorgänge im Gesichtssinn durch *Ewald Hering* historisch und begrifflich die Basis für Lehren geworden ist, die wie wenige in der modernen Biologie befruchtend gewirkt haben. Sobald eine beschränkte Stelle der Netzhaut von Licht affiziert wird, welches beispielsweise zur Entstehung der Empfindung weiß daselbst Veranlassung gibt, mindert sich eben unter der Einwirkung dieses Lichtes an dieser Stelle fortschreitend die Befähigung derselben zur Produktion der Weißempfindung. Im Gegensatz hierzu entsteht vom ersten Moment an in der nicht belichteten Umgebung der affizierten Netzhautstelle eine mehr und mehr anwachsende Vertiefung der Dunkelempfindung. Der Vorgang ist bekannt unter dem Namen des simultanen Kontrastes, und er ist, wie *nicht* allgemein bekannt ist, so tief verwoben mit unserem Sehakt, daß unser alltägliches Sehen erst durch seine Berücksichtigung verständlich wird. Dem psychischen Phänomen des Kontrastes entsprechen, wie klassische Versuche von *Ewald Hering* bewiesen haben, physiologische Vorgänge, die man vorläufig immer noch am einfachsten beschreiben wird, wenn man sie den psychischen Phänomenen als zugeordnet, und zwar in entsprechender Weise antagonistisch zugeordnet, bezeichnet. Wie fruchtbar diese von *Hering* inaugurierte Anschauungsweise dieser sowohl im geistigen wie im körperlichen Gebiete liegenden Anpassungsvorgänge gewesen ist, mag dadurch belegt werden, daß sie sich, wie die zahlreichen

[1]) *L. Asher*, Das Gesetz der spezifischen Sinnesenergie und seine Beziehung zur Entwicklungslehre, Zeitschr. für Sinnesphysiologie Bd. *41*, S. 155, 1909.

Arbeiten von *Sherrington* und seinen Mitarbeitern gezeigt haben, auf das Zusammenwirken der Reflexe im Rückenmark, welche den Aufbau all unserer Bewegungen bewerkstelligt, haben übertragen lassen. Auch hier verlaufen die Dinge so, daß die Tätigkeit eines Teiles in benachbarten zugeordneten Teilen eine entgegengesetzte Tätigkeit vorbereitet, während sie selbst in dem Sinne umgestimmt wird, daß die Tätigkeit, in der sie sich befindet, eine Dämpfung erfährt. Die spezielle Physiologie des Rückenmarks und des Gehirnes liefert zahlreiche Beispiele von der gleichen Art, wie die hier herausgegriffenen, auf die wir hier natürlich nicht näher eintreten wollen.

Die Anpassungsvorgänge im Nervensystem, die soeben kurz geschildert wurden, sind etwas anderer Art, als das erste Beispiel von der Anpassung bei der Tätigkeit des Herzens. War das letztere eine Anpassung an einen äußeren Faktor, und so derjenigen Anpassung am meisten gleichend, die man sonst gewohnt ist, so zu bezeichnen, so sind die ersteren Anpassungen regulativer Art an das Selbstgeschehen der physiologischen Vorgänge selbst. Bei näherem Zusehen findet man aber unschwer auch die Beziehungen zu äußeren Faktoren; denn diese Anpassungen an die Eigenvorgänge in der nervösen Substanz stehen in engster Beziehung zu den Bedingungen der Umgebung, denen der Träger des Nervensystems sich anzupassen genötigt ist. Andererseits läßt sich insofern eine Gleichheit der beiden Reihen von Anpassungsvorgängen erkennen, als auch bei unseren letzten Beispielen eine Vereinfachung sehr nahegelegt wird, indem man dieselben als Ausfluß wiederum eines bekannten Prinzipes aus der unbelebten Natur erkennt. Es scheint nämlich das Wechselspiel von Erregung und Hemmung, in dem ja wesentlich die der Anpassung dienende Umstimmung besteht, zurückführbar zu sein auf dasjenige, was man in der Chemie als umkehrbare Reaktion ansieht. In der Tat besteht auf den ersten Anblick eine überraschende Ähnlichkeit, indem hier wie dort das Fortschreiten der Reaktion in der einen Richtung eben dieses Fortschreiten hemmt, die Tendenz zum Verlauf der Reaktion in der umgekehrten Richtung aber fördert. Um so mehr scheint der Anschluß an die Vorstellung von chemischen Gleichgewichtsreaktionen naheliegend, als die Lehre von den dissimilatorischen und assimilatorischen Prozessen, die der Erregung und Hemmung zugrunde liegend gedacht werden, wesensgleiche Gedanken über das chemische Geschehen in der lebendigen Substanz enthält. Wenn man sich dieser Identifizierung anschließen könnte, wäre wiederum der Anpassungsvorgang letzthin seiner Besonderheiten entkleidet und der notwendige Ausdruck eines chemischen Geschehens wohl bekannter Art.

So verführerisch diese Vereinfachung wäre, so einfach liegen die Verhältnisse mit nichten, wenngleich dies manchmal geglaubt und als Lehrmeinung vertreten wird. Manches spricht gegen die Möglichkeit, die geschilderten Beispiele von Anpassung aus ihrer Natur als umkehrbare Gleichgewichtsreaktionen zu deuten. *Erstens* kennen wir im Organismus ablaufende umkehrbare Reaktionen, ohne daß wir im mindesten dabei auf Ähnliches stoßen, was biologisch zugeordnet als Erregung und Hemmung zu bezeichnen wäre. *Zweitens* finden wir gerade dort die markantesten Beispiele von Anpassungsvorgängen, wo die Vergesellschaftung mit chemischen Stoffwechselprozessen am geringsten ausgebildet ist, nämlich in den nervösen Substanzen. Hier liegen die Verhältnisse so, daß manche kundige Autoren überhaupt bezweifeln, ob die nervösen Vorgänge als ein Ausfluß des chemischen Geschehens anzusehen seien, die vielmehr der Meinung sind, es handle sich um physikalische Vorgänge. *Drittens* spricht die eigentümliche räumliche Ordnung der hier in Frage stehenden Anpassungsvorgänge gegen die einfache Erklärung mit Hilfe der Gleichgewichtsreaktionen, die für sich allein niemals genügen würden, die so deutlich ausgesprochene räumliche Auseinanderlagerung der entgegengesetzten Prozesse verständlich zu machen. Man muß sich daher bescheiden, auch in diesen Anpassungsvorgängen physiologische Elementarprozesse zu erblicken, für welche man keine übereinstimmende Analoga in der unbelebten Natur besitzt, wo vielmehr das Lebendige seine Eigengesetzlichkeit hat.

Wir wollen uns jetzt einigen Beispielen zuwenden, welche uns mit *Anpassungen an Einwirkungen der Umgebung* bekanntmachen sollen, die zwar komplizierter sind als die bisher besprochenen, aber immer noch eine Analyse elementarer Art zulassen. Die Bewegungen unseres Darmes sind dem mannigfachen Inhalt, mit dem derselbe in Berührung kommt, angepaßt, und der Ablauf der Bewegungen ist in der ganzen Länge des Darmes ein streng geregelter. Aber der verwickelte Mechanismus, der eine feine Abstufung sowohl gegenüber der physikalischen wie auch gegenüber der chemischen Beschaffenheit des Darminhaltes aufweist, setzt durchaus nicht den Zusammenhang aller Teile voraus, sondern läßt den Aufbau aus Elementen der Anpassung oder Regulation auch an isolierten kleinen Segmenten des Darmes erkennen. Wir benutzen beispielsweise ein isoliertes Segment eines Säugetierdarmes und bringen an irgendeine Stelle in das Innere einen Inhalt, etwa einen kleinen festen Körper. Sofort wird die betreffende Stelle, wo die Berührung stattfindet, erregt, die Muskulatur kontrahiert sich; damit hat es aber nicht sein Bewenden, sondern die zunächst benachbarte abwärts gelegene Stelle zeigt gleichfalls eine Veränderung, indem sie merklich erschlafft, die Muskulatur also eine Hemmung erfahren hat. Man erkennt hier eine frappante Ähnlichkeit mit dem oben geschilderten Vorgang am peripheren Ner-

ven, wo eine ähnliche Verkettung von Erregung und Hemmung benachbarter Teile stattfand und wo genau, wie hier, das, was in der Nachbarschaft geschieht, eine Vorbereitung für kommendes Geschehnis ist. Auch darin gleicht das Beispiel dem früheren, indem der tatsächlich stattfindende Vorgang uns nicht unbedingt notwendig erscheint, der Vorgang sich ganz gut auch ohne die ausgesprochene Nachbarschaftveränderung ablaufend sich denken ließe, somit erst in der Erkenntnis des fördernden Einflusses einer Anpassung die wahre Bedeutung des Zusammenhanges zutage tritt. Diese Anpassung wird als eine Elementarerscheinung ermöglicht, indem sie nachweislich Eigenschaft isolierter Darmsegmente ist.

Geradezu eine Fundgrube für Anpassungsvorgänge ist das Gebiet, welches uns durch die moderne *Immunitätslehre* erschlossen worden ist. Hier tragen aber die Anpassungsvorgänge einen eigenartigen Charakter, indem die Reaktionen, in welchen diese Anpassungsvorgänge zutage treten, in Erscheinungen der Abwehr bestehen, prinzipiell demnach auch als negative Anpassungsvorgänge bezeichnet werden können. Intravenöse oder subkutane Injektionen eines körperfremden Fermentes rufen die Entstehung eines spezifischen Antifermentes hervor, ebenso bewirkt die gleiche Injektion eines körperfremden Eiweißkörpers, ja sogar der Übertritt eines körpereigenen, aber blutfremden Eiweißkörpers, die Entstehung von „Abwehrfermenten", die spezifisch auf dieses Eiweiß eingestellt sind. Das Elementare an diesen negativen Anpassungsvorgängen ist darin zu erblicken, daß einmal der Eintritt der Reaktion des Organismus auf die ungewohnte Einwirkung der Umgebung sehr rasch eintritt, so daß das zeitliche Moment dabei nur eine verschwindend kleine Rolle spielt, andererseits offenbar nur ein kleiner Bruchteil der Körperorganisation an der Ausbildung dieser Art von Anpassungsvorgängen beteiligt ist.

Etwas verwickelter sind die Anpassungsvorgänge, welche der experimentellen Forschung durch das sogenannte *Kompensationsvermögen des Organismus* geliefert werden. Entfernt man bei paarigen Organen eines derselben, so vollzieht in verhältnismäßig kurzer Zeit das übrig gebliebene Organ Leistungen in einem Umfange, wie sie bisher von den beiden Organen ausgeführt wurden. Nimmt man gewisse Organe, die nicht unbedingt lebenswichtig sind, deren Ausfall aber zu sehr schweren Störungen führt, vollständig weg, so gleichen sich bei geeigneter Fürsorge im Laufe der Zeit die schweren Störungen mehr und mehr aus, so daß ein Zustand entstehen kann, der anscheinend nicht sehr vom normalen abweicht. Sehr instruktive Beispiele dieser Art lassen sich bei der Untersuchung der sogenannten *Drüsen mit innerer Sekretion finden.* Die Entfernung der Schilddrüse kann von außerordentlich schweren anfänglichen Störungen begleitet sein, die aber trotzdem fast vollständig wieder verschwinden können. Der Verfasser dieses Aufsatzes ist im Besitze von einigen Hunden, denen er vor längerer Zeit die Schilddrüsen vollständig entfernt hat, bei denen außerdem noch Kontrolloperationen hinzugefügt wurden, und bei denen in jeder Beziehung ein Verhalten zu konstatieren ist, welches selbst einen kundigen Beobachter nichts von den vollzogenen Operationen ahnen läßt. Ganz Ähnliches läßt sich, je nach der Tierart etwas verschieden, nach der Entfernung einiger anderer innersekretorischer Organe beobachten. Gerade weil nach Verlust gewisser Organe ein so überraschender Ausgleich der Störung stattfinden kann, war ihre Funktionsweise bis vor kurzem in Dunkel gehüllt. Es darf daher nicht wundernehmen, wenn auch über die Kompensations- oder Anpassungsvorgänge nach Entfernung dieser Organe keine Klarheit herrscht. Immerhin ist für den uns interessierenden Zweck der Betrachtung der Anpassungsvorgänge als elementaren Eigenbesitz der belebten Organismen soviel aus denselben zu entnehmen, daß es sich nicht um Anpassungen handelt, wobei die ganze Kompliziertheit der Wechselwirkung zwischen der Umwelt und dem lebendigen Organismus ins Spiel tritt, sondern um Reaktionen, die ganz und gar in das Innere des Organismus verlegt sind und ohne jedes äußere Zutun aus ihm selbst entspringen.

Eine weitere Verwicklung kommt bei denjenigen Kompensations- oder Anpassungsvorgängen hinzu, wo das Moment der Einwirkung der Umwelt nicht außer acht gelassen werden kann. Hier ist in erster Linie an diejenigen Anpassungsvorgänge zu denken, die man beobachten kann, wenn Teile des *Zentralnervensystems* entfernt worden sind. Wenn beispielsweise bei einem höheren oder auch bei einem niederen Säugetier die Hälfte des Kleinhirns entfernt worden ist, treten außerordentlich schwere Störungen ein. Haltung, Gang und Handlungsweise des Tieres sind sinnfällig abgeändert und eine ganze Zeit lang bietet das Tier ein verwickeltes Bild von Ausfalls- und Reizerscheinungen dar. Und doch tritt im Laufe einer nicht gar zu langen Zeit mehr und mehr ein Ausgleich ein, so daß es schließlich eines gewissen Aufwandes experimenteller Einfälle bedarf, um überhaupt etwas Wesentliches an Ausfällen zum Vorschein gelangen zu lassen. Zweifelsohne ist der Anpassungsvorgang, der hier vorliegt, kein ganz einfacher, aber es lassen sich einzelne verwickelte Prozesse, die man zur Erklärung herbeiziehen möchte, mit großer Wahrscheinlichkeit von der Beteiligung ausschließen. Es bedarf keiner Dressur, um das neue und zweckmäßige Verhalten des Tieres zu veranlassen; es sind nicht, so weit man bei einem Tiere überhaupt davon sprechen kann, die Sinnesempfindungen an der Leitung der neuen Anpassung beteiligt. Die etwaige tierische Intelligenz kann nicht beansprucht werden, da an den Funktionen, deren Vollzug wir dem Kleinhirn unter-

stellt glauben, kein der Intelligenz zuzuschreibender Anteil erkennbar ist. Aber insofern ist doch die Verwicklung bei diesen Anpassungserscheinungen eine etwas größere, als sie nicht anders zustande kommen können, als unter dem steten Einfluß wechselnder Verhältnisse der Umwelt, die eine Nötigung enthalten zu geänderten Einstellungen des Tieres. — Ein anderer sehr durchsichtiger Fall von Kompensation oder Anpassung ist derjenige, welcher eintritt, wenn man einfache oder mehrfache Halbdurchschneidungen des Rückenmarks macht. Nach einer Halbdurchschneidung des Rückenmarks innerhalb des Brustmarks tritt zunächst eine Lähmung der Extremität ein, welche auf der Seite der Durchschneidung liegt. Dies spricht dafür, daß bisher die Impulse, welche die betreffende Extremität in Tätigkeit versetzten, auf der gleichen Seite des Rückenmarks verliefen. Nach überraschend kurzer Zeit ist jede Störung verschwunden. Noch viel eindringlicher zeugt von dem Vermögen des Rückenmarks, sich ganz neuen Verhältnissen anzupassen, die schon vor Jahrzehnten gemachte Beobachtung *Osawas,* daß nach mehrfachen halbseitigen Durchschneidungen des Rückenmarks, und zwar abwechselnd bald auf der einen, bald auf der anderen Seite, immer noch eine Wiederherstellung der Bewegung eintreten kann, woraus folgt, daß die Erregungen jetzt einen völlig ungewohnten, absolut nicht vorgebahnten Weg geschlängelter Natur einschlagen müssen. Überdenkt man den soeben geschilderten Tatbestand, so erkennt man, wie weit ab dieses geradezu wunderbare Anpassungsvermögen des Rückenmarks von herkömmlichen morphologischen Denkgewohnheiten in der Biologie steht. Alle die sicher sehr planmäßig angelegten Bahnen sind für den Gebrauch auf das gründlichste gestört, und doch finden sich im Organismus Mittel und Wege, aus sich selbst heraus seinen funktionellen Bedürfnissen in einer ganz ungewohnten Weise Genüge zu leisten.

Die dargelegten Beispiele mögen genügen, um ein, wenn auch sehr unvollständiges Bild von solchen Anpassungen zu geben, bei denen uns ihre Eigenschaft als elementarer Besitz belebter Einzelteile das hervorstechende Merkmal ist. Jetzt wollen wir an die schwierigere Frage herantreten, welches *der Mechanismus* sein mag, *dem* so geartete *Anpassungsvorgänge ihre Entstehung verdanken.* Um hierüber Aufschluß zu erhalten, müßte man solche Fälle von Anpassung näher ins Auge fassen können, bei denen man experimentell die Bedingungen beherrscht, um die Entstehung einer Anpassung auszulösen und, wenn möglich, ihren Ablauf in einzelnen Phasen zu verfolgen. Die Durchsicht über experimentell erforschte Regulationen im tierischen Organismus liefert hierzu einige nicht unwichtige Beispiele. Wir wählen hierzu einen Regulationsvorgang, dem man den Namen Schaltung oder Klinkung beigelegt hat, und der durch die sinnreichen und originellen Untersuchungen und Betrachtungsweisen von *Jakob v. Uexküll,* durch die groß angelegten Arbeiten von *R. Magnus* einer vertieften Einsicht entgegengeführt worden ist. Am Beginn dieser Erkenntnis steht die Uexküllsche Entdeckung eines einfachen, aber recht bedeutungsvollen Gesetzes für die *Regulation der Bewegung der Seeigelstacheln.* Man kann sich bei Seeigeln ein Präparat herstellen, welches aus der die Stacheln des Tieres tragenden Außenseite, den zugehörigen Muskeln und den darunter gelegenen Nervennetzen besteht. Reizt man irgend eine Stelle der Haut, so tritt eine Reaktion ein, bei welcher scheinbar ganz planlos durch die Muskeln bald dieser bald jener Stachel bewegt wird. Sofort aber kommt absolute Regelmäßigkeit in die Reaktion, sobald man die Muskeln einzelner Seeigelstacheln durch das Auflegen einer Last einseitig zur Erschlaffung bringt; dann werden alle Stacheln in völliger Ruhe verharren, außer denjenigen, deren Muskeln erschlafft sind, denn diese verkürzen sich. Durch diese Beobachtung, die an anderen Objekten ähnlicher Art von ihm bestätigt wurde, gelangte *Uexküll* zu dem Gesetz: *es fließt die Erregung in einfachen Nervennetzen immer den erschlafften Muskeln zu.* Auch bei höheren Tieren hat sich diese Regel, wie *Magnus* gezeigt hat, in geeigneten Fällen bestätigen lassen. Hat man sich durch Durchtrennung des Rückenmarks bei der Katze ein sogenanntes Reflextier geschaffen, so kann man an zwei besonderen Reflexen das Walten dieser Regel sehr gut verfolgen. Bei gewissen Reizen schlägt der Schwanz in unberechenbarer Weise bald nach der einen, bald nach der anderen Seite; vollständige Regelmäßigkeit kommt sofort in diesen Schwanzreflex, sobald man vor Auslösen des Reflexes den Schwanz nach einer Seite biegt. Dann verläuft der Reflex unfehlbar so, daß der Schwanz durch Kontraktion der Muskeln auf der gedehnten Seite dieser zubewegt wird. Auf ähnliche Weise kann man sich einen sogenannten Rückenmarkshund herstellen. An diesem lassen sich unter anderem zwei Reflexe am Kniegelenk, der Beuge- und der Streckreflex nachweisen. Bei gewissen Reizen erfolgt anscheinend regellos bald der Beuge-, bald der Streckreflex, der aber sofort sich einer festen Regel fügt, sobald man vor Auslösung des Reflexes im Kniegelenk entweder Beugung oder Streckung ausführt. Im gebeugten Gelenk tritt Streckung, im gestreckten tritt Beugung ein, so daß also wieder die Regel gilt, daß die Erregung in die gedehnten Muskeln abfließt. Man kann den Tatbestand auch so ausdrücken, daß man sagt, die Zentren der gedehnten Muskeln werden für die Erregung eingeklinkt, diejenigen der verkürzten Muskeln für die Erregung ausgeklinkt. Diese Regel gilt aber durchaus nicht allgemein, denn *Magnus* konnte zeigen, daß bei den mannigfachen Reflexen, die man an Rückenmarkstieren beobachten kann, durch ganz andere Eingriffe manchmal an Orten, die weit

vom Effekt ablagen, der Ausfall der Bewegungen in ganz bestimmte Bahnen gelenkt werden konnte. Gerade diese Tatsache vermag die vielleicht naheliegende Erklärung für die zuerst beschriebenen Regulationen verhüten, daß es sich einfach um ein Auftreten der Erregung in den vorher unerregten Teilen handle, weil die antagonistische Gruppe von Muskeln sich selbst in Erregung befindet. Es bedarf weiter keiner Häufung von den in nicht geringer Menge vorliegenden Erfahrungstatsachen, die alle dafür Zeugnis ablegen, wie durch geänderte Beziehung zwischen Peripherie und Zentrum eine Regulation eintritt, die unter natürlichen Bedingungen den Bedürfnissen des Tieres gerecht wird; denn auf diese Weise kommt die Anpassung an die wechselnden Bedingungen der Umwelt zustande. Sind wir nun durch die geschilderten Erfahrungen über den eigentlichen Mechanismus der einschlägigen Regulationsvorgänge belehrt? Das kann nicht zugegeben werden, wie sich schon daraus ergibt, daß man sich bildlicher Ausdrücke, wie Schaltung, Einklinkung usw., bedient. Diese Bezeichnungen haben sogar etwas Irreführendes, wenn wir uns verleiten lassen wollten, den Vorgang der Schaltung zu vergleichen mit demjenigen einer Bahnschiene oder eines Leitungsweges auf einer elektrischen Schalttafel; nur im Effekt gleichen sich die Geschehnisse, keinesfalls aber im wirksamen Mechanismus. Mit dieser negativen Erkenntnis müssen wir uns bescheiden, falls wir uns zurzeit nicht in uferlose Hypothesen verlieren wollen.

Das Zentralnervensystem ist nicht der einzige Ort, wo wir experimentell Bedingungen erzeugen können, bei denen wir vor unseren Augen die Regulation sich entwickeln sehen können. Es gibt auch sehr ausgesprochene Anpassungsvorgänge bei höheren Tieren an der Peripherie. Erkenntnisse dieser Art sind neueren Datums, und wir wählen einen eigenartigen Fall von Anpassung in der Peripherie, d. h. durch Vorgänge, die ohne Mitwirkung des Zentralnervensystems, ausschließlich durch Geschehnisse in einem peripheren Organ zustande kommen, ins Auge fassen, welchen der Verfasser dieses Aufsatzes gemeinschaftlich mit *Werner Jost* entdeckt hat. Man weiß, daß die Absonderung des Harnes durch die Niere sehr beeinflußt wird durch die Blutversorgung des Organes; verminderte Durchströmung der Niere mit Blut hemmt in sehr ausgesprochener Weise die Harnabsonderung. Nun erhalten die Nierengefäße eine reichliche Versorgung mit Nerven durch den Nervus Splanchnicus, die eine so ungemein starke gefäßverengernde Wirkung besitzen, daß Reizung des N. Splanchnicus zu einer Hemmung, wenn nicht sogar zu einer vollständigen Aufhebung der Harnabsonderung führt. Nun erkannten wir, daß eine vollständige Aufhebung der schädlichen Wirkungen der Splanchnicusreizungen auf die Gefäße eintritt, falls man nicht außergewöhnlich starke Reize nimmt, wenn man durch chemische Mittel, welche die spezifischen absondernden Zellen der Niere anregen, eine starke Harnabsonderung hervorruft. Reize, welche vorher eine starke Verengerung der Nierengefäße veranlaßten, bleiben jetzt ohne jede Wirkung. Hier liegt ein sehr interessanter Anpassungsmechanismus vor, indem eben die Tätigkeit des peripheren Organes die Bedingungen schafft, um ein Funktionieren, welches unter anderen Umständen einen guten Sinn haben mag, hier aber nur schädlich sein kann, vollständig auszuschalten. Welches die speziellen Mittel sind, um im vorliegenden Falle die Mindererregbarkeit der gefäßverengernden Nerven herbeizuführen, ist noch unbekannt. Man wird zunächst an eine Umstimmung durch chemische Mittel denken, wofür sich auch einige experimentelle Stützen anführen lassen. Einer der wirksamsten Stoffe, um Gefäßverengerung zu verursachen, ist das innere Sekret der Nebenniere, das Adrenalin. Aber dieses machtvolle Mittel verliert völlig seine Wirksamkeit, wenn man die Gefäße mit Lösungen durchströmt, denen das Calcium fehlt. Ebenso gut könnte Umstimmung der Nierengefäße durch das Auftreten eines Stoffwechselproduktes der Nierentätigkeit bewerkstelligt werden. Von einem allgemein physiologischen Standpunkt aus betrachtet, ist es sehr wahrscheinlich, daß der Organismus sich in einer überwiegenden Zahl von Fällen chemischer Mittel bedient, um Anpassungen zu erzielen, denn das geht ja aus der modernen Lehre von den Organen mit innerer Sekretion hervor, von denen wir erkannt haben, daß sie wesentlich der Funktion der gegenseitigen Anpassung im Organismus auf jeweilige entstehende Bedürfnisse desselben durch chemische Stoffe dienen. Diese chemische Koordination, welche, wie man sich ausdrückt, phylogenetisch die ältere ist, hat sich trotz Ausbildung des wesentlich der Koordination dienenden Nervensystems nicht allein bei den höchsten Tieren erhalten, sondern sogar in einer sehr ausgesprochenen Weise weiter entwickelt und vervielfältigt. Das spricht für eine der chemischen Anpassung innewohnende Zweckmäßigkeit in biologischer Beziehung.

Für einige der früher von uns geschilderten Beispiele von regulatorischer Anpassung sind wir im Besitz von Aufschlüssen, die uns einen Einblick in einen etwas anderen Mechanismus für die Ermöglichung der Anpassung darbieten. Wir hatten früher gesehen, daß nach Wegnahme paariger Organe oder nach Wegnahme selbst erheblicher Teile eines einzigen Organes, das übrig bleibende die ganze Funktion übernehmen kann und demnach mehr leistet, wie es früher getan hat. Hand in Hand mit dieser Mehrleistung geht eine stärkere morphologische Ausbildung der zurückbleibenden Teile, es kommt zu einer funktionellen Hypertrophie. Scheinbar liegt hier nichts anderes vor, als die längst bekannte Hypertrophie

von Organen durch Mehrgebrauch und Übung. In Wahrheit ist natürlich mit dieser Gleichsetzung noch keine Erklärung gegeben, denn der Mechanismus der Übungshypertrophie bedarf selbst noch der Erklärung. Daß aber die Dinge noch tiefer liegen, verraten eigentümliche Erfahrungen, die man bei Versuchen gemacht hat, bei normalen Organismen durch Einpflanzung eines Organes oder Organstückes einen Mehrbesitz zu erzielen. Dies gelingt nicht; das Eingepflanzte geht innerhalb kurzer Zeit zugrunde. Solche Versuche wurden angestellt, um als Gegenstück zu Krankheitsbildern, die auf dem Fehlen gewisser Organe mit innerer Sekretion beruhen, solche zu erzeugen, von denen man annimmt, daß sie durch eine erhebliche Steigerung der normalen Leistung des betreffenden Organes zustande kommen. Ganz anders wird die Sache, wenn man vorher das der Untersuchung dienende Organ entfernt hat und nun von einem anderen Individuum der gleichen Art das fehlende Organ ersetzt. Jetzt gelingt die Implantation, erkennbar daran, daß sowohl der morphologische wie auch der funktionelle Beweis für das Erhaltenbleiben des implantierten Organes erbracht werden kann. Der amerikanische Chirurg *Halsted* hat diesen Tatbestand durch den Satz zu formulieren versucht, daß erst der Ausfall die Bedingungen zur Ermöglichung des anatomischen und funktionellen Implantationserfolges schafft. Hier tritt demnach ein neuer Faktor, der Ausfall mit seinen Folgen, in den Mechanismus für die Entstehung der nachfolgenden Anpassung ein. Der Ausfall mit seinen Folgen muß in doppelter Weise wirken, indem er einerseits den Boden verändert, auf dem Einwachsen stattfinden soll, andererseits die individuellen Fremdzellen wachstums- und assimilationsfähig macht, was sie vorher nicht waren. Worin die Bodenveränderungen bestehen könnten, darüber besitzen wir noch keinen Einblick, wohl aber können wir eine Aussage darüber machen, was Zellen zum Wachstum befähigt macht. Die größte Wachstumsbefähigung besitzen Zellen im Embryonalzustande. Es liegt daher nahe, die Annahme zu machen, daß in die Mechanik derjenigen Anpassungsvorgänge, zu deren Ermöglichung gesteigertes Zellwachstum gehört, die Umwandlung der Zellen in solche mit Embryonalcharakter gehört. Möglicherweise spielt dieser Umwandlungsprozeß auch dort eine maßgebende Rolle, wo es sich um den Vorgang der Leistungssteigerung nicht völlig fehlender, sondern nur in ihrer Menge verminderter Organteile handelt. Die Gesamtheit dieser Ausführungen sollte zeigen, daß wir jetzt zwei Faktoren kennen, die in die Mechanik der augenblicklich geschilderten Anpassungsvorgänge eingehen, nämlich Ausfall und Umwandlung von Zellen zu solchen mit embryonalen Eigenschaften.

Nur andeutungsweise sei hier darauf hingewiesen, daß nach *Ehrlichs* geistvoller Seitenkettentheorie der „Ausfall" ein sehr wichtiges Glied in der Kette der Ereignisse ist, die zur Immunisierung bei der Injektion von Heilsera führen, Immunisierungen, die wir nicht anders als zu den Anpassungsvorgängen rechnen können. Es muß auf manche bekannte vorzügliche Darstellungen der Ehrlichschen Lehre in der Literatur der Immunitätsforschung verwiesen werden.

Am Schluß unserer Ausführungen angelangt, sollen die wesentlichsten Gesichtspunkte noch einmal hervorgehoben werden, welche aus einer Betrachtung der experimentell beobachtbaren Tatsachen der funktionellen Anpassung sich darbieten. Vielleicht am wichtigsten erscheint mir die Erkenntnis, daß das Vermögen, welches in den Anpassungsvorgängen zutage tritt, eine elementare Eigenschaft jeder belebten Substanz ist, ihr in gleicher Weise und unauslösbar innewohnend, wie andere elementare Lebenseigenschaften, ohne welche wir uns den Bestand des Lebens nicht denken können. Mit dieser Auffassung steht im Einklang, daß Anpassung beobachtet werden kann bis herab zu den letzten Einheiten, welche der Experimentator noch im Besitz des Vollzugs der physiologischen Funktionen zu isolieren vermag. Ferner stimmt damit überein, daß die Anpassung nicht notwendigerweise der Zeit bedarf, um in Wirksamkeit zu treten, sondern daß sie bereit steht, sobald die Erfordernisse es erheischen. Die Anpassung kann auch völlig unabhängig von dem morphologischen Aufbau zur Entfaltung kommen, eine Unabhängigkeit, die eigentlich ein Postulat ist, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Form selbst ein Geschaffenes und nicht ein Schöpfer der Funktion ist, was freilich nicht mit den sekundären funktionellen Leistungen gewisser Formen verwechselt werden darf. Viele Biologen sind geneigt, dem Zufall einen nicht geringen Anteil an dem Werden der Organismen beizumessen. Die hier vorgetragene Auffassung von dem Anpassungsvermögen als einer elementaren Eigenschaft der belebten Substanz entkleidet dieselbe des gedachten Charakters der Zufälligkeit. Sie sind Regeln unterworfen, die zwar anderer Art, aber nicht minder streng sind als diejenigen für die Vorgänge in der unbelebten Natur. Es steht zu hoffen, daß die Behandlung der Anpassung als eines Problems der allgemeinen, funktionell gerichteten Physiologie berufen sein wird, an der Lösung von Fragen mitzuwirken, die mehr erstreben als einen Einblick in die Geschehnisse, welche die individuelle Existenz ausmachen.

Vom mechanischen Äther zur elektrischen Materie

Von Prof. Dr. M. Born, Berlin.

Es ist noch nicht lange her, da war die physikalische Literatur mit Abhandlungen erfüllt, die die *mechanischen Eigenschaften des Äthers*

erörterten, und einige Überreste solcher Betrachtungen haben sich bis auf unsere Tage erhalten. Im ganzen aber hat sich die Physik neuen Anschauungen zugewandt, die man mit einem kurzen Schlagwort als die *Lehre von der elektrischen Natur der Materie* bezeichnen könnte.

Es handelt sich dabei um eine gründliche Umstellung der Gedankenwelt; was früher als das Einfache, Primäre galt (die Mechanik), wird heute zum Abgeleiteten, Sekundären, und umgekehrt wird das, was ehemals der Zurückführung auf elementare Gegebenheiten bedürftig schien (der Äther als Träger der elektromagnetischen Erscheinungen), zum Fundament des ganzen Gebäudes der Wissenschaft gemacht. Es lohnt der Mühe, diesen Wandel der Ideen zu überblicken und sich klar zu machen, ob er einen Fortschritt der Erkenntnis bedeutet.

Die „Physik des Äthers" nahm ihren Ausgang am Anfange des 19. Jahrhunderts mit der Optik. In dieser Zeit hatte die Mechanik jene Vollkommenheit erreicht, die sie zur Königin der Wissenschaften machte. Neben der Mechanik der Massenpunkte, die ihre Triumphe in der Astronomie feierte, war die Mechanik der kontinuierlich verbreiteten Medien, die elastische Theorie der Gase, Flüssigkeiten und festen Körper, entwickelt worden. So konnte es nicht ausbleiben, daß die mechanischen Gesetze auch auf die optischen Vorgänge angewandt wurden. Die Lichtwellen wurden mit den elastischen Wellen in materiellen Körpern verglichen; es entstand die erste elastische Theorie des Äthers.

In elastischen Körpern gibt es aber zwei Arten von Wellen, solche, bei denen die Teilchen in der Richtung der Wellenfortschreitung hin- und herschwingen (longitudinale Wellen), und solche, bei denen die Teilchen quer zur Fortpflanzungsrichtung pendeln (transversale Wellen). Es ließ sich nun nachweisen, daß die Lichtwellen streng transversal sind; bis zum heutigen Tage hat man keine Andeutung optischer Longitudinalwellen gefunden. Da nun longitudinale Schwingungen offenbar mit Dichteänderungen verknüpft sind, so mußte man aus dem Fehlen der longitudinalen Lichtwellen schließen, daß der Äther sich nicht (wie ein Gas) zusammendrücken läßt; andererseits aber muß er äußerst elastisch sein, da er (wie ein fester Körper) transversale Wellen sehr gut fortpflanzt.

Man kam also zu dem Schluß: Der Äther ist ein inkompressibler, vollkommen elastischer, fester Körper. Und trotzdem bewegen sich durch den Äther die Himmelskörper mit ungeheuren Geschwindigkeiten völlig reibungs- und störungsfrei.

Neben dieser Denkschwierigkeit traten bei der Durchführung der elastischen Lichttheorie noch andere Mängel zutage, so daß es keines allzu starken Stoßes bedurfte, um diese Lehre zu stürzen.

Dieser Stoß kam durch die elektromagnetische Lichttheorie von *Maxwell*. Danach wird der Äther nicht mehr als elastischer Körper vorgestellt, aber er behält doch die Natur eines kontinuierlich verbreiteten Mediums mit bestimmten Eigenschaften, die als elektrisches und magnetisches Feld in die Erscheinung treten. Schnelle Schwingungen der Felder sind Lichtwellen, ihre Geschwindigkeit läßt sich durch rein elektromagnetische Messungen ermitteln.

Diese Theorie erfordert eine beträchtliche Abstraktion. Was ist eigentlich dieser Äther, der zwar ein kontinuierliches Medium, aber von den bekannten Körpern, seien sie gasförmig, flüssig oder fest, verschieden sein soll? Das Bedürfnis nach Vorstellbarkeit, Bildhaftigkeit der Theorien fordert Zurückführung auf Bekanntes, und schon *Maxwell* ist diesem Bedürfnis durch Angabe mechanischer Modelle für gewisse Eigenschaften des Äthers entgegengekommen. Später ist die Frage der Zurückführung des Maxwellschen Äthers auf mechanische Grundlagen eine ganze Wissenschaft geworden. Besonders große Erfolge hat *Bjerknes* erzielt, der den Äther als Flüssigkeit und die elektrischen Ladungen als pulsierende Kugeln darin auffaßte, eine Lehre, die von *Korn* weiter ausgebaut wurde und noch heute vertreten wird.

Neue Entdeckungen sind auf diesen Wegen nicht gemacht worden. Gleichwohl wäre das Interesse daran vielleicht erhalten geblieben, hätte nicht die Relativitätstheorie die Vorstellung eines materiellen Äthers überhaupt unmöglich gemacht. Allerdings erfordert sie eine noch höhere Abstraktion, einen stärkeren Verzicht auf die gewöhnliche Anschaulichkeit, und darum blickt mancher Physiker wehmütig zurück auf die gute alte Zeit des soliden Äthers (ohne es öffentlich einzugestehen, wie der Amerikaner auf die „good old colonial times").

Die Erkenntnis schreitet nach der Tiefe durch Abstraktionen fort, in die Breite aber durch die lebendige Anschauung, und wenn die Theorie nichts anderes zuwege gebracht hätte, als die prinzipielle Undurchführbarkeit aller mechanischen Bilder des Äthers und seiner Eigenschaften zu erweisen, so hätte sie der Forschung einen schlechten Dienst geleistet. Aber ein Rückblick auf die Physik in den letzten Jahren zeigt deutlich, daß die Experimentierkunst in enger Fühlung mit der Theorie ihre größten Erfolge erzielt hat; also muß diese wohl der Anschauung, der Intuition neue, lebendige Bilder liefern, die fruchtbarer wirken als die Mechanisierung des Äthers. Das „elektromagnetische Weltbild" der heutigen Physik mag in den Grundlagen abstrakt genannt werden; in seinem Ausbau ist es reich an Farben und Formen.

Die Quelle dieses Reichtums beruht auf der Vereinigung der abstrakten Maxwellschen Äthervorstellung (bzw. ihrer relativistischen Vertiefung) mit der Atomistik.

Nicht nur die Materie wird heute atomistisch aufgefaßt, die Elektrizität selber wird in Atome, Elektronen genannt, aufgelöst. Atome und Elektronen aber sind anschaulich leicht zu fassen; auch wer dem Formelwust der Maxwellschen Elektrizitätstheorie mißtrauisch gegenübersteht, kann mit den Bewegungen und wechselseitigen Wirkungen der Elektronen und Atome erfolgreich operieren. Der Höhepunkt dieser Entwicklung ist der Versuch, die Atome selbst aus Elektronen aufzubauen; da in dieser Zeitschrift in letzter Zeit mehrfach über diese Arbeiten, die sich an die Quantenhypothese *Plancks* anschließen, berichtet worden ist, wollen wir hier nicht darauf eingehen[1]).

Dagegen wollen wir über einige Fortschritte berichten, die den oben geschilderten Weg vom mechanischen zum elektrischen Weltbilde der Physik besonders grell beleuchten.

Sie betreffen die Konstitution der festen Körper und die Natur der Kräfte, die sie zusammenhalten. Die festen Körper sind entweder amorph (glasig) oder kristallinisch. Doch pflegt man heute nur die Kristalle (bzw. Gemenge von

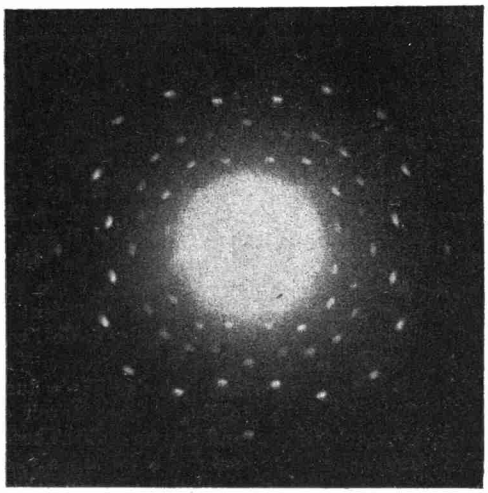


Fig. 1.

Kristallen, wie die meisten Metalle) im eigentlichen Sinne als fest anzusprechen, während die amorphen Substanzen in vieler Hinsicht als besonders zähe Flüssigkeiten zu gelten haben.

Das Wesen der Kristalle ist ihr regelmäßiger Aufbau aus den Atomen und Molekeln. Dieser kann, wie *v. Laue* entdeckt hat, mit Hilfe von Röntgenstrahlen direkt auf der photographischen Platte sichtbar gemacht werden[2]). Fig. 1 gibt eine solche Aufnahme eines Steinsalzkristalls (NaCl) wieder[1]). Wir kennen heute die Feinstruktur oder das „Gitter" einer großen Anzahl von Kristallen; so ist z. B. das Steinsalz aus Natrium- und Chloratomen nach Art eines „dreidimensionalen Schachbretts" aufgebaut, wie die Fig. 2 zeigt. Die Kristalle sind also in Wirklichkeit gar keine kontinuierlichen Medien. Es ist vielmehr eine Aufgabe, deren Lösung viel Mühe und Scharfsinn gekostet hat, nachzuweisen, daß solche Raumgitter bei grober Betrachtung sich mechanisch wie die kontinuierlichen Festkörper der alten Elastizitätstheorie verhalten. Der Ausgangspunkt der mechanischen Äthertheorien ist damit eigentlich von Grund aus zerstört; denn diese gehen von dem kontinuierlichen Festkörper als einer durch ursprüngliche Erfahrung oder Anschauung gegebenen Grundlage aus und fordern die Zurückführung aller andern Phänomene auf die Eigenschaften solcher Medien. Nun ist aber doch die kontinuierliche, elastische Substanz einfach eine Täuschung, hervorgerufen durch die Grobheit unserer Sinne. Die scheinbaren Kontinua sind in Wirklichkeit diskontinuierliche Gitter, zwischen ihren Atomen sind Lücken. Denkt man diese durch Äther erfüllt, welchen Sinn hat es dann noch, ihm Eigenschaften zuzuschreiben, die dem Verhalten der Gitter im groben, als scheinbare Kontinua, entsprechen? Dies hieße offenbar, sich im Kreise drehen.

Die heutige Physik nimmt darum einen andern Standpunkt ein, der nicht nur konsequenter ist, sondern auch zu greifbaren Resultaten geführt hat. Das elektromagnetische Feld im Äther wird als empirisch gegeben hingenommen. Der feste Körper, der Kristall, ist eine regelmäßige Anordnung elektrischer Ladungen, die nach den Feldgesetzen aufeinander wirken. Hieraus entspringen jene groben Eigenschaften, die das Kristallgitter mit dem elastischen Kontinuum der alten Mechanik gemein hat.

Diese Auffassung führt nun zu dem Schluß: *die mechanischen, elastischen Kräfte der festen Körper sind in Wahrheit elektrische Kräfte.* Wenn wir die Ladungen und Abstände der Atome in den Kristallgittern kennen, sind aber alle elektrischen Wechselwirkungen grundsätzlich bekannt; es muß also möglich sein, die elastischen Eigenschaften quantitativ vorauszuberechnen.

An dieser Stelle gelangt man über die Streitfragen der theoretischen Auffassung hinaus zu Problemen, deren Lösung die Überlegenheit des neuen Standpunkts durch zahlenmäßige Rechnung erweisen würde[2]). Der Weg zu dieser Lösung

[1]) Ausführliche Darstellungen der Quantentheorie und ihrer Anwendungen auf die Atomstruktur findet man in dem Planck-Hefte dieser Zeitschrift (6. Jahrg., Heft 17, 1918).

[2]) Darstellungen dieser Entdeckung und ihrer Ausarbeitung sind in dieser Zeitschrift mehrere erschienen: *H. Löwy*, 1. Jahrg., S. 105, 1913. *A. Sommerfeld*, 4. Jahrg., S. 1, S. 13, 1916. *F. Rinne*, 5. Jahrg., S. 48, 1917. *M. Siegbahn*, 5. Jahrg., S. 512, S. 528, 1917; außerdem zahlreiche kleinere Mitteilungen.

[1]) Die Figur stammt aus *F. Rinne*, Beiträge zur Kenntnis der Kristall-Röntgenogramme. 1. Mitteilung. Ber. d. math.-phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. LXVII. Bd., S. 303, 1915.

[2]) In der kinetischen Gastheorie verhielt es sich ähnlich. Auch hier bestand der Gegensatz zwischen

war ziemlich weit. Erst mußten die Zusammenhänge aller möglichen mechanischen, thermischen, elektrischen, optischen Eigenschaften der Kristalle auf Grund der Gittertheorie geklärt und formal auf die Kräfte zwischen den einzelnen Partikeln des Kristallgitters zurückgeführt werden[1]). Wir wollen die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen an dem Beispiel des oben erwähnten Steinsalzkristalls erläutern.

Wie wir schon sahen, ist das Gitter dieses Kristalls nicht aus NaCl-Molekeln, sondern aus einzelnen Na-Atomen und Cl-Atomen aufgebaut (Fig. 2); dies wird nicht nur durch die Röntgenaufnahmen nach *v. Laue* bewiesen, sondern auch durch das thermische Verhalten des Kristalles. Die Wärme der Körper besteht in Bewegungen ihrer kleinsten Teile; bei den Kristallen sind es Schwingungen um Gleichgewichtslagen. Nach einem fundamentalen Satz der statistischen Mechanik verteilt sich bei höheren Temperaturen die Energie dieser Schwingungen auf die einzelnen

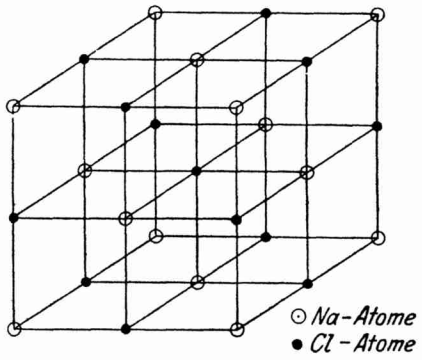


Fig. 2.

Partikel so, daß im Mittel über längere Zeit jedes Partikel *dieselbe* Energie bekommt, deren Betrag aus der kinetischen Gastheorie wohl bekannt ist, gleichgültig, wie das Partikel beschaffen ist. Mit Hilfe von thermischen Messungen läßt sich somit feststellen, wieviele Partikel, jedes mit diesem Energiebetrage versehen, in der Masseneinheit vorhanden sein müssen, damit der beobachtete Wärmeinhalt herauskommt. Man findet so, daß die Partikel nicht die NaCl-Molekel sein können; denn dann hätte die Masseneinheit nur halb so viele Partikel, als im Falle selbständiger Atome, also auch nur die Hälfte des beobachteten Wärmeinhalts.

Löst man ein Stück Steinsalz in Wasser auf, so wird die Lösung ein Leiter des elektrischen Stroms, ein sogenannter Elektrolyt. Ein solcher unterscheidet sich von einem metallischen Leiter dadurch, daß der Stromdurchgang mit Transport der gelösten Materie verknüpft ist; das zeigt sich daran, daß sich an den Eintritts- und Austrittsstellen des Stroms (den Elektroden) Natrium bzw. Chlor abscheidet. *Faraday* hat das Gesetz dieses Vorgangs entdeckt; er fand, daß beim Durchgang einer bestimmten Elektrizitätsmenge immer die gleichen Mengen der beiden Stoffe abgeschieden werden, und zwar solche Mengen, die sich chemisch gerade zu der Verbindung NaCl absättigen („äquivalent" sind). Man deutet das atomistisch durch die Annahme, daß jedes Atom die gleiche Elektrizitätsmenge transportiert; das Na-Atom trägt ein positives, das Cl-Atom ein negatives Elektrizitätsatom, Man nennt solche geladene Atome „Ionen". Dieses Elektrizitätsatom hat man bei vielen andern Erscheinungen wieder gefunden, allerdings immer nur das negative; man hat es „Elektron" genannt. Die positive Ladung ist immer an die Materie gebunden. Das neutrale Atom besteht aus einem positiven Kern, der von einer Anzahl von Elektronen umgeben ist. Das Cl-Ion ist gewissermaßen die chemische Verbindung eines neutralen Cl-Atoms mit einem Elektron. Das positive Na-Ion muß man sich dadurch entstanden denken, daß dem Bestande des neutralen Na-Atoms ein Elektron entrissen ist. Die Größe der Ladung des einzelnen Elektrons ist eine bestimmte Naturkonstante, die man auf mannigfaltige Weise bestimmen kann; sie beträgt $e = 4{,}76 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten.

Wenn man eine solche NaCl-Lösung eindampft, so daß das Steinsalz auskristallisiert, so besteht der Vorgang darin, daß sich die einzelnen Na- und Cl-Atome zu dem oben besprochenen Gitter zusammensetzen. Was wird dabei aus der Ladung der Atome? Tauschen sie diese aus oder behalten sie auch im festen Zustande ihren Ionencharakter?

Die Antwort auf diese Frage hat *Madelung*[1]) gegeben durch die Deutung einer optischen Eigenschaft der Kristalle wie NaCl. Denken wir uns etwa ein Stück Steinsalz zwischen zwei parallele, geladene Metallplatten gebracht; dann ist das in Fig. 2 dargestellte Gitter einem elektrischen Felde ausgesetzt (Fig. 3). Da nun die Na-Atome positiv, die Cl-Atome negativ geladen sind, werden die ersteren in der Richtung des Feldes, die letzteren in entgegengesetzter Richtung eine Kraft erfahren; diese wird wegen der Festigkeit des Kristallgefüges im allgemeinen nur äußerst kleine Verschiebungen der Na- gegen die Cl-Ionen hervorrufen. Man erinnere sich nun aber an die bekannte Erscheinung der Resonanz; wenn man eine Schaukel im Rhythmus ihrer eignen freien Schwingungen anstößt, kann man sie mit äußerst geringer Anstrengung zu großen Ausschlägen bringen. Ebenso wird ein periodisch wechselndes elek-

Kontinuums- und Atomtheorie, die so lange gleichwertig blieben, als die letztere nur die formalen Zusammenhänge darstellen konnte; erst als es der atomistischen Auffassung gelang, Koeffizienten der Formeln zahlenmäßig zu bestimmen (wie das Verhältnis der spezifischen Wärmen, das Verhältnis der Koeffizienten von Wärmeleitung und innerer Reibung usw.), war ihr Sieg gesichert.

[1]) *M. Born*, Dynamik der Kristallgitter (B. G. Teubner, Leipzig, 1915).

[1]) *E. Madelung*, Nachr. d. K. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl. 1909, 1910.

trisches Feld, wenn sein Rhythmus geeignet gewählt wird, das Kristallgefüge äußerst heftig erschüttern können. Die Lichtwellen sind solche periodischen elektrischen Felder; man wird also erwarten dürfen, daß Licht von geeigneter Schwingungszahl den Kristall merklich beeinflußt und natürlich umgekehrt von ihm beeinflußt wird. *Rubens*[1]) hat diese Wirkung tatsächlich entdeckt; er fand, daß sehr langwelliges (nicht mehr sichtbares) Licht von bestimmter Schwingungsdauer von dem Kristall äußerst stark reflektiert wird, während Licht von ein wenig anderer Schwingungsdauer unbeeinflußt hindurchgeht. Durch mehrfache Reflexionen konnte er dieses selektiv reflektierte Licht sauber isolieren und nannte es deswegen „Reststrahlen".

Die Reststrahlen beweisen die Ladung der Ionen; daß diese bei Kristallen vom Typus NaCl genau ein Elektron beträgt, hat man dadurch zeigen können, daß die Schwingungsdauer sich aus der Elektronenladung, den Massen der Ionen und den meßbaren elastischen Kräften des Kristalls richtig berechnen läßt.

Neuerdings ist die Ionenladung von *Debye* und *Scherrer*[2]) aber auch direkt durch Röntgen-

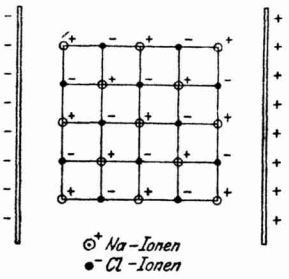


Fig. 3.

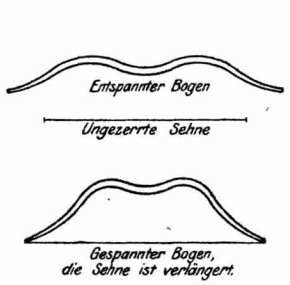


Fig. 4.

aufnahmen nachgewiesen worden. Die Röntgenwellen erschüttern die Elektronen des Atoms und erzeugen dadurch sekundäre Wellen, die von den Atomen ausgehen; diese liefern durch ihre Interferenz die von *Laue* entdeckten Erscheinungen (Fig. 1). Die Stärke der Interferenzflecke wird somit von der Anzahl der in den Atomen vorhandenen Elektronen abhängen; umgekehrt kann man durch Ausmessen der Stärke der Interferenzflecke einen Rückschluß auf die Anzahl der Elektronen der Atome ziehen. Auf diese Weise wurde für den Kristall Lithiumfluorid gefunden, daß das Li-Atom ein Elektron zu wenig, das F-Atom eines zu viel hat gegenüber dem neutralen Zustande. Das Entsprechende gilt unzweifelhaft für alle Salze der Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb, Cs) mit den Halogenen (F, Cl, Br, J).

Damit haben wir die Tatsachen gesammelt, die über die Konstitution der Kristalle bekannt sein müssen, ehe an eine absolute Berechnung ihrer mechanischen Eigenschaften aus den elektrischen Daten gegangen werden kann[1]).

Stellen wir uns nun den Steinsalzkristall mit seinen abwechselnd geladenen Na- und Cl-Atomen vor (Fig. 2), so sehen wir sofort, daß aus den Ladungen notwendig ein Kontraktionsbestreben des Gitters folgt; denn benachbarte entgegengesetzt geladene Teilchen ziehen sich an, gleiche Teilchen stoßen sich zwar ab, aber wesentlich schwächer, weil sie weiter voneinander abstehen und die elektrische Kraft nach dem bekannten Gesetz von *Coulomb* umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt.

Die strenge Berechnung dieses Kontraktionsbestrebens ist neuerdings *Madelung*[2]) gelungen. Er hat folgendes gezeigt: Man denke sich zunächst alle Ionen in unendlicher Entfernung voneinander und baue sie dann unendlich langsam zu dem Kristallgitter zusammen; wegen des Kontraktionsbestrebens leisten sie dabei eine gewisse Arbeit, die von der absoluten Dimension des Gitters abhängt. Ist δ der Abstand zweier längs einer Würfelkante benachbarter *gleicher* Ionen eines Kristalls vom Typus NaCl, so findet man für diese Arbeit $13{,}94\, e^2/\delta$, wo e die oben genannte Ladung des Elektrons ist.

Warum bleiben nun aber die Ionen in diesem bestimmten, durch δ gemessenen Abstande stehen? Warum stürzen sie nicht ganz zusammen? Das läßt sich offenbar nur durch eine Abstoßungskraft erklären, die bei großer Annäherung wirksam wird und dem Kontraktionsbestreben das Gleichgewicht hält. Überlegungen sehr allgemeiner Art führen darauf, für die Arbeit, die diese Kraft bei dem soeben geschilderten Prozeß der Entstehung des Kristalls aus isolierten Ionen leistet, einen Ausdruck der Form b/δ^n anzusetzen, wo n eine ganze Zahl und b eine Konstante ist; wie nämlich das strenge Kraftgesetz auch beschaffen sein mag, wenn es auf dem Zusammenwirken der elektrischen Ladungen des Atominnern beruht, muß es sich doch mit großer Näherung durch eine solche Formel darstellen lassen.

Die Konstante b aber läßt sich durch den Ionenabstand ausdrücken. Um das einzusehen, betrachte man als Modell für das Gleichgewicht einer kontrahierenden und einer dilatierenden Kraft (Fig. 4) einen Bogen, jene Waffe primitiver Völker. Das Holz strebt sich gerade zu strecken, die Sehne zieht die Enden zusammen. Würde man die Kraft der elastischen Biegung des Holzes und der elastischen Dehnung der Sehne kennen, so würde sich daraus die tatsächliche Gleichgewichtsfigur des Bogens und die Länge der Sehne (die etwa dem Ionenabstand δ analog ist) berechnen lassen. Denkt man sich nun nur die Kontraktionskraft der Sehne, aber nicht die Dilatationskraft des Holzbogens bekannt, aber

[1]) *Nichols* u. *Rubens*, Wied. Ann. *60*, 438, 1897, *Rubens* u. *Aschkinass*, Wied. Ann. *67*, 459, 1899. *H. Rubens*, Wied. Ann. *69*, 576, 1899, und viele weitere Arbeiten.

[2]) *P. Debye* u. *P. Scherrer*, Phys. Zeitschr. *19*, S. 474, 1918.

[1]) *M. Born* u. *A. Landé*, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. *20*, 187, 1918.

[2]) *E. Madelung*, Phys. Zeitschr. *19*, S. 524, 1918.

außerdem die Sehnenlänge bestimmt, so kann man umgekehrt die Kraft des Holzbogens aus den beiden gegebenen Größen berechnen. Das entspricht nun genau unserem Falle: die Kontraktionskraft ist bekannt, der Ionenabstand δ läßt sich aus der Dichte und den Atomgewichten einfach berechnen, folglich liefert die Gleichgewichtsbedingung eine Beziehung zur Berechnung der Abstoßung b/δ^n. Unbekannt bleibt dann nur noch der Exponent n.

Bis auf diesen ist also die bei Entstehung des Kristalls aus seinen Ionen geleistete Arbeit vollständig bekannt, und damit sind nach allgemeinen Gesetzen der Dynamik alle von dem Ionenabstand δ abhängigen Eigenschaften des Kristalls mitbestimmt. Setzt man den Kristall einem gleichförmigen, allseitigen Drucke aus, so wird er komprimiert; diese Volumenänderung[1])

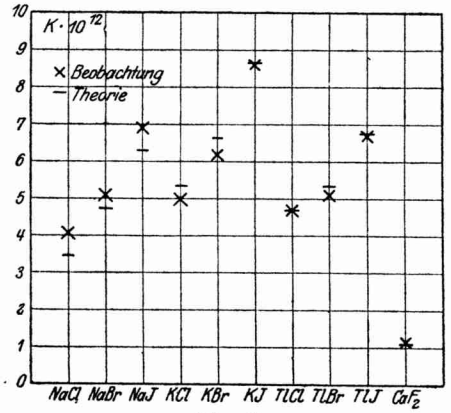


Fig. 5.

hängt offenbar nur von der Änderung des Ionenabstands δ ab, muß sich also aus unseren Prinzipien ableiten lassen. Das Verhältnis der relativen Volumenänderung zu der dazu nötigen Druckzunahme heißt Kompressibilität und wird mit $\varkappa$ bezeichnet. Es muß also möglich sein, bei geeigneter Wahl des ganzzahligen Exponenten n dieses $\varkappa$ allein aus der Ladung des Elektrons e und dem Ionenabstand δ (der wieder durch Dichte und Atomgewichte gegeben ist) zu berechnen. Mit $n = 9$ hat sich eine sehr gute Übereinstimmung ergeben, die durch Fig. 5 veranschaulicht wird[2]). Darin sind die von *Richards* und *Jones*[3]) gemessenen Kompressibilitäten in der Einheit 10^{-12} dyn/cm² als Kreuze, die nach unserer Theorie berechneten Werte als Striche eingetragen. Außer 9 Salzen vom Typus NaCl enthält die Figur auch noch den Kristall Flußspat CaF_2, bei dem ebenso gute Übereinstimmung herrscht; das ist besonders beweisend für die Richtigkeit der Theorie, weil dieser Kristall ein ganz anderes Gitter und daher das Kontraktionsbestreben einen ganz andern Zahlenwert hat ($38{,}7\, e^2/\delta$).

Damit ist der Nachweis erbracht, daß der elastische Widerstand gegen Zusammendrücken auf elektrischen Kräften beruht und im voraus berechnet werden kann. Man wird wohl nicht zögern, dieses Ergebnis zu verallgemeinern.

Es wäre nun noch viel zu sagen über die Bedeutung des Exponenten $n = 9$; dieser Zahlenwert wirft helles Licht auf den inneren Bau der Ionen, die mit großer Wahrscheinlichkeit keine Systeme von ebenen Elektronenringen (nach *Bohr*) sind, sondern die Form von Würfeln haben. Die Zahl 8 der Würfelecken wieder steht wahrscheinlich in engem Zusammenhang mit dem periodischen System der Elemente, dessen ersten beiden Perioden die Länge 8 haben. Auch zeigen sich Beziehungen zwischen chemischen Wärmetönungen und den Ionisierungsspannungen[1]) und manche andere Ausblicke. Doch sind diese Dinge noch zu sehr im Stadium der Entwicklung, um an diesem Orte dargestellt zu werden. Wir können unsere Ausführungen mit der Gewißheit schließen, daß die Wissenschaft ein Stück des Weges vom „mechanischen Äther" zur „elektrischen Materie" glücklich überwunden hat.

[1]) Bei dem Beispiel unseres Bogens entspricht diese Volumenänderung etwa der Annäherung der Sehnenenden, wenn der Bogen (zum Schusse) gespannt wird. Bei gegebener Spannkraft ist diese Annäherung offenbar durch die elastischen Eigenschaften von Bogen und Sehne völlig bestimmt.

[2]) *M. Born* und *A. Landé*, l. c.

[3]) *Th. W. Richards* und *Gr. Jones*, Journ. Amer. Chem. Soc. *31*, 158, 1909.

Die Reste fossiler Tiere im Volksglauben und in der Sage.

Von Dr. Othenio Abel,
a. o. Professor der Paläobiologie an der Wiener Universität.

(Schluß.)

Wie durch die Untersuchungen *Schraders* (Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. Wiss., 1892) wohl endgültig aufgeklärt wurde, geht die Einhornsage auf die Darstellungen des Ur oder Auerochsen (Bos primigenius) zurück, die sich auf altassyrisch-babylonischen Reliefs vorfinden. Diese Darstellungen sind ebenso wie die ägyptischen Wandmalereien und Reliefs streng im Profil wiedergegeben, so daß nur ein Horn abgebildet erscheint. Die Perser ahmten diese Abbildungen nach, ohne das Tier selbst zu kennen, da zur Zeit des Baues des Königspalastes von Persepolis der Ur in Mesopotamien bereits ausgestorben war. Der griechische Arzt *Ktesias*, Leibarzt von Artaxerxes II., sah diese Darstellungen in Persepolis und brachte von hier die Nachricht von dem merkwürdigen Einhorn nach Hause. *Aristoteles*, *Plinius* und *Aelianus* haben diese Schilderungen übernommen, doch scheint in dieser und in späterer Zeit die Vorstellung des Einhorns durch die auf ägyptischen Reliefs dargestellten Säbelantilopen (Oryx) beeinflußt worden zu sein, die in stren-

[1]) Die Ionisierungsspannung ist diejenige Spannung, die nötig ist, um einem Atom ein Elektron zu entreißen; sie ist nach den Untersuchungen von *Franck* und *Hertz* (Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. *15*, 34, 1913) eine charakteristische Konstante des Atoms.

ger Profildarstellung gleichfalls nur mit einem Horne erscheinen, da sich die Hörner in der Seitenansicht decken.

Die aus dem Altertum übernommenen Vorstellungen vom Einhorne wurden in der Scholastenzeit durch lügenhafte Berichte von Reisenden neu belebt. Manche dieser Reisenden scheinen Nashörner für das sagenhafte Einhorn gehalten zu haben; andere mögen, ihrer Schilderung zufolge, große schwarze Rinder damit verwechselt haben. In der „Cosmographey" des *Sebastianus Munsterus* (Basel, 1598, p. 1351) findet sich eine Abbildung des Einhorns, die auffallend an die Darstellung von Säbelantilopen auf altägyptischen Reliefs erinnert, wenn von der Krümmung des Horns abgesehen wird; die Figur stellt das Einhorn mit gespaltenen Hufen, also als Paarhufer dar. *Munsterus* behauptet, daß zu seiner Zeit beim „Tempel" von Mekka zwei lebendige Einhörner gezeigt worden seien, welche die Größe eines Füllens von 30 Monaten hatten.

Im 16. und 17. Jahrhundert ist über das Einhorn viel geschrieben worden. Eine ganze Reihe von „Monocerologien" hat das Interesse der zeitgenössischen Gelehrtenwelt gefesselt; Beispiele sind die Bücher und Traktate von *Paulus Ludovicus Sachsius* (Monocerologia seu de genuinis unicornibus. — Raceburgi 1676), *Th. Bartolinus* (de Unicornu. — Amsterdam, 1678), *M. Christianus Vater* (de Unicornu. — Wittenberg 1679), die ein reges Interesse weiterer Kreise an der Einhornfrage zu dieser Zeit beweisen.

Seitdem man aber das Einhorn nicht nur aus Büchern kannte, sondern seine Reste selbst gefunden zu haben glaubte, stieg der von den Wunderdoktoren genährte Glaube an die Heilkraft des Einhorns außerordentlich. Man hielt selbst kleine Stücke eines solchen „Horns" für ein unfehlbares Mittel gegen Gift und Biß; *Michael Ettmüller* führt in seinen Opera medica (1682, p. 802) aber noch eine Reihe weiterer Heilwirkungen an, die das Einhorn besitzen sollte. Dieses „Unicornu fossile" oder „Unicornu verum" meinte man in den Stoßzähnen des Mammuts (Elephas primigenius) gefunden zu haben, die in vielen Gegenden Süddeutschlands, z. B. in Schwaben sowie in den von Löß bedeckten Gebieten Österreichs zu häufigen Funden gehören. Solche Stoßzähne wurden als kostbare Raritäten gesammelt und von den Apothekern zu enormen Preisen bezahlt. Aber bald machten sich Fälschungen breit; Narwalzähne wurden von spekulativen Köpfen als Einhörner zum Verkauf gebracht und es bedurfte scharfer Artikel der Gelehrten, um auf den Unterschied zwischen „Unicornu verum" und „Unicornu falsum" aufmerksam zu machen. Das dem Einhorn des englischen Wappens aufgesetzte Horn ist ein Narwalzahn.

Noch heute tragen manche Apotheken Deutschlands Schild und Namen aus dieser Zeit des Einhornglaubens, wie die Einhornapotheke in Würzburg. Aber schon 1714 klagt *Valentini* über den Preissturz des Unicornu fossile, das nur mehr nach dem Pfund um wenige Taler bezahlt werde, „und es sei fast keine Offizin mehr zu finden, in der nicht Unicornu verum aufgehängt sei, aber nicht mehr in Gold und Silber, wie ehedem, sondern an eiserner Kette. Die Kraft des Einhorns gegen Gift und Biß bewährte sich, scheint es, schlecht, und sein hohes Ansehen ist verschwunden bis zur heutigen Stunde" (*O. Fraas*).

Noch immer aber lebt im Volke, wenn auch sehr vereinzelt, die Vorstellung dieses Fabeltiers fort, und der niederösterreichische Bauer im Lößgebiet des Marchfeldes nennt (nach einer Mitteilung von Prof. Dr. *R. Much*) die von ihm ausgegrabenen Mammutstoßzähne noch heute das „Hurn von an Oang'hürn".

Wir besitzen auch eine *Rekonstruktion des Einhorns,* die vom Erfinder der Luftpumpe, *Otto von Guericke,* stammt. Er hatte 1663 am Zeunickenberge bei Quedlinburg ein Haufwerk von Knochen und Zähnen ausgegraben, das er kühn zu einem Monstrum zusammenfügte und dessen Abbildung er an den Philosophen *Leibniz* sandte, in dessen posthumer „Protogaea" (1749) sie zum ersten Male veröffentlicht wurde. Dies ist die älteste Skelettrekonstruktion eines fossilen Wirbeltiers, wenn wir von den Lindwurm- und Drachenbildern absehen, von denen noch die Rede sein wird.

Eine sehr große Bedeutung besitzen die Zähne und Knochen fossiler Säugetiere noch heute in der chinesischen Medizin. Die Chinesen unterscheiden die fossilen Säugetierzähne als *Drachenzähne* (Lung-tschih) und die fossilen Säugetierknochen als *Drachenknochen* (Lung-ku). In den pliozänen und plistozänen Ablagerungen des chinesischen Reiches scheinen fossile Säugetierreste in großen Mengen vorzukommen und sie sind von den Chinesen auch außerhalb Chinas gesammelt worden. Die hauptsächlichsten Fundplätze liegen jedoch im Inneren Chinas, wo die Knochen entweder in Tonen und anderen lockeren Schichtgesteinen oder in Höhlen begraben liegen.

Ein Jahresbericht der chinesischen Zollbehörden vom Jahre 1885 besagt, daß an allen Hafenplätzen Chinas in diesem einen Jahre nicht weniger als 20 Tonnen (= 350 Picul) Lung-ku und Lung-tschih verfrachtet wurden. Und wenn auch zu berücksichtigen ist, daß vielleicht in diesen Angaben ein und dasselbe Quantum wiederholt in Rechnung gestellt erscheint, so bleibt doch eine gewaltige Menge übrig, die bei jedem Paläontologen ein lebhaftes Bedauern erwecken wird, weil diese Funde nicht dazu bestimmt sind, in Museen aufbewahrt zu werden, sondern als eines der Hauptarzneimittel der chinesischen Bevölkerung leider der Vernichtung anheimfallen.

Der Handelspreis dieser fossilen Säugetierreste ist ein verhältnismäßig hoher. Nach einer Mitteilung von Dr. *K. A. Haberer* an *M. Schlosser* (Abhandl. d. bayr. Akad. d. Wiss., 1902) schwankt der Preis je nachdem, ob es sich um große, weiße

Drachenzähne (Fun-lung-tschih) oder um kleine, schwarze Zähne (Tsing-lung-tschih) handelt; das Kilo kommt etwa auf 2—3 Mark zu stehen (1 Piccul für 20—30 Tael), während Knochen niedriger bewertet werden (1 Kilo für 1 Mark, d. i. 1 Piccul für 10 Tael).

Die fossilen Reste werden jedoch von den Kaufleuten häufig mit rezenten Knochensplittern und Zähnen durchmischt und verfälscht. Leider werden sie von den Händlern meist in kleine Stücke zerschlagen, so daß es schwer ist, auf diesem Wege größere und vollständigere Reste zu erwerben; die Fundplätze werden meist geheim gehalten.

Die „Drachenknochen" und „Drachenzähne" sollen nach der Vorstellung der Chinesen von Drachen herrühren, die infolge Mangels an Wolken und Regen nicht mehr imstande waren, sich zum Himmel emporzuschwingen.

Die Heilkräfte der „Drachenknochen" sind in einem medizinischen Werke aus der Zeit des Kaisers Ch'ienhung (1736—1796) ausführlich angegeben. Sie gelten fast als ein Universalheilmittel und sollen besonders wirksam sein gegen Verstopfung, Epilepsie, böse Träume, Fieber, Ruhr, Schwindsucht und Hämorrhoiden, Atmungsbeschwerden, Blasenkrankheiten und Geschwüre. Die Zubereitung der Drachenknochen ist sehr verschieden; meist werden sie mit kaltem oder warmem Reiswein (Samshu) vermischt oder mit Fett geröstet oder auch roh genossen. Unter den Leiden, welche die Drachenknochen heilen sollen, werden auch Herz-, Nieren-, Darm- und Leberleiden angeführt; beim sonst gesunden Menschen sollen sie die Lebenskraft erhöhen und besonders in Fällen von Arteriosklerose und Neurasthenie zu empfehlen sein.

Tritt uns in den bisher besprochenen Anschauungen von der Heilkraft fossiler Tierreste ein buntes Gemisch von fratzenhaftem Aberglauben und Quacksalberei entgegen, so ist doch in einem einzigen Falle die Heilkraft einer von fossilen Tieren herrührenden Medizin noch heute anerkannt; dies betrifft das Ichthyol aus den Fischschiefern Nordtirols, das allgemein als sehr wirksames Mittel gegen rheumatische Erkrankungen gilt. Die ersten Nachrichten über das Ichthyol, d. i. Erdöl aus den triadischen Asphaltschiefern von Seefeld in Tirol, bringt der „Tiroler Landreim" (1557—1558), wo im Zusammenhange mit der Drachensage und Riesensage des Klosters Wilten von dem auf dem „Zierler-Perg" auftretenden *„Thuerschen-Pluet* (d. i. *Riesenblut*), *Bitumen zuo Latein"* die Rede ist. In *Burglechners* „tirolischen Adler" (1620) kehrt der „Thürsenbach" und das „Thürsenbluet" wieder. Auch *Schmeller* führt in seinem „Bayerischen Wörterbuch" ein „Türschenöl" an und nennt als Fundort das bayerische Achental.

Dieses „Türschenbluet" von Seefeld in Verbindung mit der Drachen- und Riesensage von Wilten in Tirol führt uns zur Erörterung der Drachen-, Lindwurm- und Riesensagen, die fast ausnahmslos auf die Funde vorzeitlicher Tierreste zurückgehen oder doch durch solche Funde ihre Ausgestaltung und Umformung erfahren haben, soweit ihre Wurzeln viel weiter zurückreichen und nicht unmittelbar mit Fossilfunden verknüpft sind.

Eine der ältesten *Riesensagen* ist uns durch die Odyssee überliefert, in der Schilderung der einäugigen Zyklopen und des Riesen Polyphem. Man ist in dem Bestreben, den realen Kern der Polyphemsage herauszuschälen, auf weite Abwege geraten; *Zell* hat sogar wahrscheinlich zu machen versucht, daß Odysseus mit einem Gorilla zusammengetroffen sei, und andere haben die Meinung vertreten, daß Fälle von sogenanntem Zyklopismus, wie er z. B. bei Schweinen beobachtet ist, die Entstehung der Sage veranlaßt hat. Ich habe (Kultur der Gegenwart, III. Teil, Abt. IV, 4, 1914, p. 303) darzulegen versucht, daß es sich bei dem Kern der Polyphemsage aller Wahrscheinlichkeit nach um Funde von Zwergelefantenschädeln (Elephas mnaidriensis) in sizilianischen Knochenhöhlen handelt.

In den unweit des Meeresstrandes gelegenen Höhlen der Gegend von Messina und anderen Stellen Siziliens, z. B. bei Palermo und Trapani, sind zahlreiche Reste von Zwergelefanten gefunden worden, die der Plistozänzeit angehören. Schon *Empedokles* (492—432 v. Chr.) berichtet über solche Funde und hält sie, wie noch *A. Kircher* im „Mundus subterraneus" (1664), für Reste eines erloschenen Titanengeschlechtes.

Betrachtet man den Schädel eines Elefanten von vorne, so fällt zunächst die querstehende, brillenförmig umgrenzte Nasenöffnung unter der Stirn auf, also an der Stelle, wo der Mensch die Augenhöhlen trägt. Der Elefant war dem Seefahrer der odysseischen Zeit, also den homerischen Helden der mykenischen Kulturepoche, jedenfalls gänzlich unbekannt. Kein anderes Tier zeigt eine auch nur entfernte Ähnlichkeit mit dem Schädel eines Elefanten. So mußte der erste Entdecker eines solchen Schädels mit dem riesigen Loch quer unter der Stirne zu der Vorstellung eines einäugigen Ungetüms gelangen.

Wahrscheinlich brachten Seefahrer, die in den Strandhöhlen Siziliens Schutz vor Unwetter suchten, die erste Kunde von diesen Ungetümen in die Heimat. Spätere Zutaten der Volkssage mögen aus diesen Berichten den lebendigen Riesen und die Schilderung seiner Bekämpfung hinzugefügt haben, so wie wir dies auch an Funden vorzeitlicher Tiere auf dem Boden Deutschlands im Mittelalter und in späterer Zeit nachzuweisen vermögen.

Ebenso wie Funde großer vorzeitlicher Säugetiere auch heute in eiszeitlichen oder tertiären Ablagerungen nicht zu den Seltenheiten gehören, sind schon im Altertume derartige Entdeckungen gemacht worden. Solche Berichte finden wir bei verschiedenen alten Schriftstellern;

Herodot erzählt von dem Funde eines sieben Ellen langen Skelettes bei einer Brunnengrabung in Tegea, das ein Schmied entdeckt hatte. Die Spartaner erkannten in dem Skelette das des Riesen Orestes und stahlen es nächtlicher Weile, da die Pythia geweissagt hatte, daß die Spartaner siegen würden, wenn sie sich die Gebeine des Orestes, des Sohnes Agamemnons, verschafften. Ein bei Milet gefundenes, 10 Ellen langes Gerippe hielt *Pausanias* für die Gebeine des Telamoniers Ajax. Kaiser Augustus besaß eine stattliche Sammlung von „Riesen-Knochen" in seiner Villa auf Capri, wo sie *Suetonius* noch zur Zeit des Kaisers Hadrian sah; alle diese Funde sind wohl zweifellos als Reste tertiärer oder quartärer großer Säugetiere, meist wohl als Elefantenreste zu deuten. Sicher war es ein Mastodonzahn, den der heilige *Augustinus* zu Utica sah; er schildert ihn als einen Zahn mit Hügeln wie ein Menschenzahn, aus dem man 100 Menschenzähne hätte machen können.

Die zahlreichen Funde großer Knochen in den oberflächlichen Schichten des Erdbodens, die in Deutschland, Österreich, Frankreich, Italien, in der Schweiz und an anderen Orten während des Mittelalters und der späteren Zeit gemacht wurden, sind fast ausnahmslos mit Riesen oder Drachen, meist aber mit Riesen in Verbindung gebracht worden. An vielen Orten wurden und werden noch solche Knochen und Zähne als Reste des heiligen Christophorus verehrt, wie in Valencia; andere Funde wurden als die Gebeine des im Kampfe gegen Marius gefallenen Cimbernkönigs Teutobochus erklärt, wie das heute noch im Jardin des Plantes in Paris aufbewahrte Dinotheriumskelett aus dem Tertiär des Chaumonter Feldes in der Dauphiné, das zur Zeit Ludwigs XIII. (am 11. Januar 1613) entdeckt wurde und das ein Arzt namens *Mazurier* an sich brachte, der es in einem ausgemauerten Grabmal gefunden zu haben vorgab. Das „Riesentor" der Stephanskirche in Wien verdankt seinen Namen einem 1443 gefundenen und noch heute in der Wiener Universitätssammlung aufbewahrten Oberschenkelknochen eines Mammuts; auch die im Benediktinerstifte Kremsmünster in Oberösterreich aufbewahrten, im Jahre 1645 bei Schanzgrabungen von den Schweden bei Krems entdeckten Knochen des „Kremser Riesen", sind Mammutreste; der „Luzerner Riese", über den *Felix Plater* berichtet und der 1557 unter den Wurzeln einer vom Sturme gefällten Eiche beim Kloster Reyden in der Schweiz zum Vorschein kam, ist wohl gleichfalls ein derartiges fossiles Säugetier gewesen. So haben viele Orte Mittel- und Südeuropas ihre lokalen Riesensagen, die auf Fossilfunde zurückgehen.

Spanische Missionäre haben diese Sagen auch auf den Boden Südamerikas verpflanzt. Der Franziskaner *Torrubia* berichtet in seiner „Gigantologie espagnole" (Apparato para la Historia natural espaniola, T. I., p. 54 und 79) von Riesenknochenfunden aus Mexiko und Peru.

Aber auch andere, von Pilgern oder Kreuzfahrern in die Heimat gebrachte Raritäten gaben Veranlassung zur Entstehung von Riesensagen und Tierfabeln. So geht die Gründungssage des Klosters Wilten bei Innsbruck, in welcher der Riese Heymo eine Rolle spielt, worüber der älteste Bericht aus den Jahren 1240—1256 vorliegt, auf das Rostrum eines Schwertfisches (Histiophorus gladius) zurück, der jetzt im Ferdinandeum zu Innsbruck aufbewahrt wird. Der Dominikanermönch *Felix Faber* berichtet, daß er 1484 im Kloster Wilten eine „Drachenzunge" gesehen habe. An die Schilderung dieses „Beweisstückes" schließt er den Bericht über den Riesen, der den Drachen erschlug. Dessen Blut ist eben das früher erwähnte „Thürschenpluet", das Erdöl aus den Asphaltschiefern von Seefeld. So verknüpfen sich verschiedene Überlieferungen und Vorstellungen schließlich zu einer einheitlich erscheinenden Volkssage und es ist kein Zweifel, daß wirkliche, aber unrichtig gedeutete und übertriebene Fossilfunde in den meisten Fällen den Kern solcher Sagen bilden. Glücklicherweise ist uns in diesem Falle wie in vielen andern das „drakenhöltumb" erhalten geblieben, über dessen Schicksale in Geschichte und Sage wir *Josef Seemüller* (Zeitschrift des Ferdinandeums in Innsbruck, 1895) einen eingehenden Bericht verdanken.

Auch die *Lindwurmsagen* sind in den meisten Fällen auf Funde fossiler Wirbeltiere zurückzuführen. Entweder waren es Funde eiszeitlicher großer Säugetiere oder Funde von Reptilskeletten, wie sie in den mesozoischen Schichten Deutschlands nicht selten sind.

Der „Klagenfurter Lindwurm" ist noch heute erhalten; es ist der Schädel eines um die Mitte des 16. Jahrhunderts in der „Drachengrube" des Zollfeldes in Kärnten gefundenen wollhaarigen Nashorns (Rhinoceros antiquitatis) und wird in der städtischen Sammlung zu Klagenfurt aufbewahrt. Im Jahre 1590 verfertigte ein Steinmetz das auf dem Stadtplatze von Klagenfurt aufgestellte Denkmal des Lindwurms, dem er einen Krokodilleib und Flügel gab, während er sich in den Umrißlinien des Kopfes sichtlich an den fossilen Nashornschädel hielt.

Die Kombination von Krokodilleib und Fledermausflügeln ist nicht geistiges Eigentum des Klagenfurter Künstlers. Da zu dieser Zeit *Gesners* „Schlangenbuch", wie die anderen Werke dieses Autors, besonders die „Historia animalium" (1550—1587) als naturwissenschaftliches Evangelium galten, ist auch das Lindwurmdenkmal von der Darstellung der im „Schlangenbuche" (S. 43) mitgeteilten Abbildung der „fliegenden Schlange" zweifellos beeinflußt worden.

Die Fabel vom *Basilisken*, die im Mittelalter weit verbreitet war und sich ebenso wie die von geflügelten Schlangen bis in das Altertum zurückverfolgen läßt, erhielt durch Unglücksfälle in

Höhlen, Brunnen und Kellergewölben immer neue Nahrung. Entweder waren es Schwefelwasserstoffgase, wie im Falle des „Wiener Basilisken", der im Jahre 1212 im Brunnen des Hauses Schönlaterngasse 7 in Wien sein Unwesen trieb, aber erlegt wurde und noch heute am Hause eingemauert ist (es ist eine eigentümlich geformte Sandsteinkonkretion aus den Congerienschichten, die schwefelwasserstoffhaltiges Wasser führen), oder es waren Kellergase und Kohlensäureexhalationen in Kellern und Höhlen, welche die Eindringenden betäubten. Obwohl *C. Gesner* noch am Glauben an den Basilisken festhielt, gibt er doch der Wahrheit die Ehre, wenn er schreibt:

„Aber daß die gmeinen leute glauben / daß in vnseren landen ein sölich schedlich thier von dem außbrüten der krotten herkomme / und lige in den verborgnen löcheren / und töde die leut / wenn sie in sölche löcher und die erden gehen / ist weyber täding und ein falscher wahn. Daß ettliche leut sterben wenn sie in solche löcher kommen / geschieht darumb / daß daselbst vil böser dünsten / wüst gestanck / schimlige / und gifftige dämpff von dem verschlossnen lufft entspringen und auffsteigen / die dem menschen den atthem erstecken / unnd offt gar töden. Darzu ohne zweyffel offt auch helffen kan / gifftiger tieren athem / so in den tieffen hölen verborgen ligen" („Schlangenbuch", S. 28).

Von den *„fliegenden Schlangen"*, die von den Gelehrten der Scholastenzeit überall vermutet wurden, berichtet schon *Herodot*. Es ist von großem Interesse, seinen Bericht kritisch zu prüfen; es geht aus ihm mit voller Klarheit hervor, daß es sich auch in diesem Falle um Funde fossiler Wirbeltiere handelt, wie ich 1915 (Verhandl. d. k. k. zool.-bot. Ges. Wien, 65. Bd., p. (115) — (117)), nachwies.

Nach *Herodot* (II. Bd., Kap. 75) sollen in der Nähe der alten (von den Archäologen vergebens gesuchten und in den östlichen Teil des Nildeltas verlegten) Hauptstadt Unterägyptens Buto in jedem Frühjahre fliegende Schlangen auftreten. Diese Ungeheuer sollen nach einer an *Herodot* berichteten Sage aus Arabien kommen und in Ägypten einzudringen versuchen; sie werden jedoch jedesmal in einem Hohlwege, der von den Felsenbergen nach der Wüstenebene herabzieht, von den rasch herbeieilenden heiligen Ibissen überfallen und vernichtet. *Herodot*, der sich an Ort und Stelle von der Richtigkeit dieser Angaben zu überzeugen wünschte, wurde von den ansässigen Arabern in den Hohlweg geführt, wo er die Skelette der getöteten Schlangen vorfand, und zwar konnte er große, mittlere und kleinere Haufen von „Akanthai" (d. i. Wirbelfortsätze, übertragen = Wirbelsäulen) an diesem Fundorte feststellen. Zweifellos handelt es sich um den an fossilen Knochen sehr reichen Horizont 5 a der oberen Mokattamstufe Ägyptens, die dem oberen Eozän angehört. Nach der Schilderung der Lokalität kann es sich nur um den Ostabfall des Mokattamgebirges handeln, was auch mit der von *Herodot* angegebenen Entfernung stimmen würde. Da im Frühjahre aus diesen Bildungen die Knochen in größerer Zahl auszuwittern pflegen und *Herodot* die „Akanthai" in der Tat in diesem Hohlweg fand, so scheint damit das Rätsel von der Entstehung dieser Fabel gelöst. Die Stadt Buto würde nach diesen Erwägungen nicht im Deltaland, sondern am Ostabhange des Mokattamgebirges zu suchen sein.

Die verschiedenen Funde fossiler Wirbeltiere, wie die häufigen Funde von Ursus spelaeus (Höhlenbär) in den Höhlen Deutschlands haben der Lindwurmfabel immer neuen Stoff zugeführt und die Sagen von den Kämpfen mit Drachen wiederholt neu belebt. Der Aufenthaltsort solcher Ungetüme sind ja angeblich zumeist Steinklüfte oder Höhlen gewesen. So erklärt es sich, daß noch im 18. Jahrhundert ein bei Kremsmünster in Oberösterreich gefundener Höhlenbärenschädel als „Drachenschädel" betrachtet wurde. In mittelalterlicher Zeit sind solche Funde sowohl von den Entdeckern als auch von den alles Abergläubische und Abenteuerliche blindlings übernehmenden Volksschichten übertrieben und mit den seltsamsten Zutaten ausgeschmückt worden.

Der Drachenfund am Pilatus in der Schweiz, von dem *Ath. Kircher* im 2. Bande des „Mundus subterraneus" (1678, p. 117) berichtet, geht wahrscheinlich gleichfalls auf die Entdeckung eines fossilen Wirbeltierrestes zurück, ebenso auch der Drachenfund am Mummelsee (Wildsee), ohne daß es jedoch in diesen Fällen möglich wäre, etwas genaueres zu ermitteln. Die Drachenknochenfunde in Höhlen des Rötelsteins an der Mur, von denen *A. Kircher* an derselben Stelle erzählt, sind wohl zweifellos auf einen Höhlenbärenfund zurückzuführen, ebenso wie die Fabel von den dort hausenden Riesen früherer Zeiten, von denen „ossa quamplurima, modicum fodicata terra" gefunden worden sein sollen.

Auch die bildnerische Darstellung der Lindwürmer ist, wie wir schon beim Klagenfurter Lindwurm sahen, durch Funde fossiler Wirbeltiere stark beeinflußt worden. Hierher gehört wohl auch die eigentümliche, spitze Flossenform der Drachenflügel in der Darstellung eines „Drachenkampfes", die sich im „Mundus subterraneus" *A. Kirchers* (1678) findet. Hier kämpft ein Ritter mit einem Drachen, dessen kleiner Schädel einem langen, schlangenähnlichen Halse aufsitzt; auf dem Rücken des Drachen stehen zwei lange, schmale und spitze Flügel. Die allgemeine Körperform dieses Drachens in Verbindung mit den „Flügeln" erinnert in so hohem Grade an die Körperform und Flossengestalt eines Plesiosaurus, daß kaum an einen Zufall zu denken ist. In den Liasschiefern Schwabens sind solche Skelette fossiler Reptilien wohl auch in früherer Zeit gefunden worden, und es liegt die

Annahme nahe, daß sie für die Vorstellung von der Existenz spitzflügeliger Drachen bestimmend gewesen sind. Die Plattenindustrie, bei der heute noch zahlreiche Fossilfunde gemacht werden, ist uralt, und Trümmer auf der Hohenstaufenburg zeigen, daß dort schon bei Gründung der Wiege des alten Kaisergeschlechtes Platten gewonnen wurden, wie *O. Fraas* (1866) hervorhebt. Auch verschiedene in Stein gehauene Fratzen aus der Blütezeit der romanischen und gotischen Baukunst sind wahrscheinlich auf Funde fossiler Schädel zurückzuführen. Die zahlreichen „Drachenlöcher" und „Drachenhöhlen" in verschiedenen Gegenden Deutschlands und Deutschösterreichs, die „Drachengrube" im Zollfeld bei Klagenfurt usw. erinnern an die Zeit, in der unsere Vorfahren in den Funden fossiler Wirbeltiere Drachen und Lindwürmer zu sehen meinten, ebenso wie verschiedene Ortsnamen, an deren Zusammensetzung „Riesen" beteiligt sind, an die Zeiten gemahnen, in denen man in Knochen des eiszeitlichen Mammuts Riesengebeine zu sehen vermeinte.

Es hat lange gedauert, bis sich eine unbefangenere Anschauung der fossilen Tierreste Bahn brach und man aufhörte, in ihnen Fabelwesen oder Lusus naturae (Naturspiele) oder heilkräftige Wundergebilde zu sehen. Freilich hat sich schon zu alter Zeit mancher freiere Geist seine eigenen Vorstellungen gebildet, wie *Lucilio Vanini* (1585—1619), der in seinem „Amphitheatrum aeternae providentiae" (1615) den Ausspruch wagte, daß ein einziger Floh mehr Kraft habe als alle kostbaren Steine mit ihren Steinfiguren zusammengenommen. *Vanini* starb, der Ketzerei angeklagt, vor genau dreihundert Jahren, am 19. Februar 1619 zu Toulouse im Alter von vierunddreißig Jahren den Feuertod.

Besprechungen.

Wiedemann, E., und F. Hauser, Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen. Nova Acta. Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. CIII Nr. 2. S. 163—202 und 10 Figuren.

Im Jahrgang 1916 dieser Zeitschrift (S. 410) wurde bereits eine Arbeit der gleichen Verfasser besprochen: „Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur". In dieser Arbeit haben die Verfasser auf eine dem Archimedes zugeschriebene Uhr hingewiesen, über die sie sich nun eingehender verbreiten auf Grund zweier arabischen Handschriften in Paris und London und einer kleineren, nur den Anfang enthaltenden, in Oxford. Die Verfasser haben sich jedenfalls große Mühe um die Entzifferung und klare Deutung des Textes gegeben und man kann wohl sagen, daß es ihnen gelungen ist, ein anschauliches Bild von dieser überaus komplizierten Vorrichtung zu entwerfen.

In den Vorbemerkungen erfährt man, daß sich bei Archimedes selbst keinerlei Andeutungen über das Werk vorfinden und daß wir erst auf dem Umweg über die arabische Übersetzung davon — wie von so manchen anderen Errungenschaften der Griechen — Kenntnis erhalten haben. Da der Text in seiner natürlichen Unbeholfenheit auch im Verein mit den teilweise sehr primitiven Zeichnungen nicht immer ganz leicht verständlich ist, geben die Verfasser zunächst eine große Übersichtsfigur der ganzen Anlage in Gestalt einer zeichnerischen Rekonstruktion mit den nötigen Erklärungen. Man ist erstaunt über diesen sinnreichen und verwickelten Mechanismus und fühlt sich mehr und mehr angezogen von der Fülle der Einzelheiten — „Spielereien" würde mancher moderne Mensch vielleicht urteilen —, mit denen der Verfertiger der Uhr in naiver Freude über seine mechanische Geschicklichkeit sein Werk ausgestattet hat. Sicherlich wird es manchem einen Genuß bereiten, die im allgemeinen wohlgelungene Übersetzung des arabischen Textes eingehend zu studieren an Hand der nach beiden Handschriften reproduzierten Figuren. Die zahlreichen Fußnoten bemühen sich dem Verständnis möglichst entgegenzukommen und über die arabischen Spezialausdrücke Aufklärung zu geben.

Dem Prinzip nach handelt es sich um eine Wasseruhr, bei der aus einem großen Behälter Wasser durch eine kleine Öffnung langsam und möglichst gleichmäßig abfließt. Der verstrichene Zeitraum wird sowohl gemessen durch die Menge des ausgeflossenen Wassers — indem ein an einem Hebel durch ein Gewicht ausbalancierter Löffel sich senkt und entleert, sobald das in ihn geflossene Wasser das Gegengewicht aufhebt —, als auch durch die Senkung des Niveaus in dem Wasserbehälter — angezeigt durch einen mit der Wasseroberfläche sich senkenden Schwimmer, der durch Schnüre mit den einzelnen Mechanismen der Uhr in Verbindung steht. — Ganz besonderer Beachtung wert erscheint nun dem Referenten die Vorrichtung, die an der Uhr angebracht ist, um den Abfluß des Wassers entsprechend der Zeiteinteilung der Alten zu regeln. Da nämlich sowohl der Tag wie die Nacht je für sich 12 Stunden zählten, waren nicht nur die Tag- und Nachtstunden von verschiedener Länge, sondern die Länge der Stunden variierte auch mit der Jahreszeit. Durch eine sinnreiche Einrichtung, bei welcher an einem geteilten Halbkreis die Abflußröhre entsprechend der Stellung der Sonne im Tierkreis eingestellt wird, ist es erreicht, daß das Wasser mehr oder weniger rasch abfließt, der Ablauf des Uhrwerkes also rascher oder langsamer vor sich geht.

Eine Reihe von Nebeneinrichtungen werden teils von dem mit dem Wasser sich senkenden Schwimmer, teils von dem abfließenden Wasser in Betrieb gesetzt. Da speit ein Rabe alle Stunden eine Kugel aus, die auf eine Zymbel fällt und so einen Glockenschlag hervorruft; eine mit verschiedenfarbigen Steinen besetzte Rolle versieht einen am Gehäuse angebrachten Menschenkopf mit immer neuen Augen; gefesselte Männer werden der Reihe nach von einem Henker enthauptet; Flügeltüren öffnen sich und lassen Reiter erscheinen; aus zwei Bergen kommen Schlangen hervor und lassen Sperlinge auf einem Baum laut aufkreischen. Die Stunden selbst werden durch Männchen angezeigt, die sich an Säulen mit Marken auf- und abbewegen. Manche Einzelheit der Einrichtung bleibt zwar unklar, aber im ganzen gewinnt man doch eine anschauliche Vorstellung.

Im letzten Teil der Arbeit werden noch zwei Einrichtungen besprochen, welche offenbar zum Messen kürzerer Zeiträume dienten. Da der Text sehr unklar ist, begnügen sich die Verfasser mit einer Inhaltsangabe und einer ungefähren, manchmal auf Mutmaßungen gestützten Rekonstruktion. Doch verfolgt

man auch hier mit Interesse das Spiel der rollenden Kugeln und ist den Verfassern dankbar, daß sie mit so viel Mühe und Geschick die Kenntnis dieser Einrichtungen vermitteln. *H. Kienle, München.*

Zuschriften an die Herausgeber.

Lichtmessungen an Planetenscheiben.

Eine Mitteilung in Heft 51 der „Naturwissenschaften" (*6*, 760) berichtet über die von *E. Schönberg* in Dorpat ausgeführten Lichtmessungen an Planetenscheiben, und der Referent hebt ausdrücklich hervor, daß diese namentlich wegen des angewandten neuartigen Instruments von Interesse seien. Die betreffende Arbeit war im Jahre 1914 in Dorpat erschienen. Schon vier Jahre früher habe ich jedoch in den Astron. Nachrichten Nr. 4431 (August 1910) genau dasselbe Instrument beschrieben und die mit ihm bei der Beobachtung des Halleyschen Kometen, der Milchstraße, des Ringnebels und des Planeten Jupiter gewonnenen Resultate veröffentlicht. Ich habe dort überhaupt zuerst auf die große Bedeutung der Messung von Flächenhelligkeiten aufmerksam gemacht. Leider konnte ich diese Beobachtungen in Göttingen nicht fortsetzen, da hier ein Refraktor von hinreichend großer Brennweite fehlt.

Göttingen, den 22. Januar 1919.

J. Hartmann.

Berichtigung zum Dialog über die Relativitäts-Theorien.

Nachdem Herr *Einstein* zu einigen Einwänden gegen die Relativitätstheorien Stellung genommen[1]) hat, ist es von Interesse, seine Darlegungen näher zu untersuchen und zu berichtigen. Die Sache kann kurz erledigt werden.

1. Der „Relativist", den *Einstein* mit einem „Kritikus" sich unterhalten läßt, äußert sich zunächst zu meinem, gegen die alte, spezielle Relativitätstheorie erhobenen Einwand[2]): Wenn von zwei Uhren A und B, die anfangs nebeneinander liegen und völlig gleiche Zeiten anzeigen, die eine, etwa B, von A fort- und wieder zurückbewegt wird, so muß sie gemäß der Theorie nachgehen; aus diesem Schluß habe ich seinerzeit einen Widerspruch mit dem Prinzip der Relativität hergeleitet. *Einsteins* Relativist erkennt die Richtigkeit des Schlusses an, daß die Uhr B gegen die Uhr A nachgeht, und wendet sich ausdrücklich gegen solche „Autoren, die diesem unvermeidlichen Ergebnis ausweichen wollten". Insoweit also sind Herr *Einstein* und ich durchaus einig. Wenn nun aber der Relativist auf eine Erklärung des Nachgehens übergeht und auf die Beschleunigungszustände hinweist, in denen die Uhr B im Gegensatz zu A sich befunden habe, so ist hierzu zweierlei zu bemerken. Erstens ist unverständlich, was diese Beschleunigungen mit dem Nachgehen zu tun haben sollen, wo doch der Betrag, um den B nachgeht, durch die unbeschleunigte, gleichförmige Bewegung gegeben ist; man kann immer, z. B. durch genügende Länge des mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegten Weges, einen von dem Ruck im Umkehrpunkt oder Endpunkt der Bewegung herrührenden Anteil des Nachgehens auf beliebige Kleinheit gegenüber dem Anteil aus der gleichförmigen Bewegung herabdrücken. Weitere, aus dieser Wendung des Relativisten folgende Konsequenzen zu erörtern, erübrigt sich um so mehr, als zweitens der Grund des Nachgehens hier überhaupt nicht in Betracht kommt. Es handelt sich gar nicht um die Frage, *warum* die Uhr B nachgeht, sondern darum, *daß* sie nachgeht. In der Anerkennung des Nachgehens von B liegt inbegriffen, daß der Uhr B das Prädikat der Bewegung zugesprochen werden muß, daß also die Uhr B vor der Uhr A ausgezeichnet ist. Es ist nicht mehr möglich, umgekehrt zu behaupten, A habe sich bewegt und B habe geruht. So gibt auch der Relativist zu, daß „von zwei nebeneinander ruhend angeordneten Uhren nicht jede gegenüber der anderen nachgehen könne". Die Gleichberechtigung der Uhren wird aufgehoben, und damit wird auch die Gleichberechtigung ihrer Bewegungen aufgehoben, das Prinzip der Relativität wird durchbrochen. Statt also dem Relativisten zuzugestehen, daß er „den Einwand unwirksam gemacht" habe, hätte ein klügerer Kritikus als der von Herrn *Einstein* bestellte sich in obigem Sinne geäußert. Wie die Antwort des Relativisten nunmehr ausgefallen wäre, weiß vielleicht Herr *Einstein*. Ich will noch bemerken, daß man natürlich die Unterhaltung fortspinnen kann, daß man auch, wie ich dies früher tat, ein Beispiel, in dem überhaupt keine Beschleunigungen vorkommen, betrachten kann. Immer aber stößt man auf einen inneren Widerspruch, den man nicht los wird, mag man die Sache wenden, wie man will.

2. Bezüglich der neuen, allgemeinen Relativitätstheorie setzt der Relativist auseinander, daß ebenfalls „die Systeme K und K' (entsprechend den oben genannten Uhren) mit Bezug auf den betrachteten Vorgang keineswegs gleichberechtigt sind", und er legt dar, welche Beschleunigungen und Gravitationsfelder vorhanden sind, wie wir uns aber andererseits „ebensogut des Koordinatensystems K' bedienen können, als des Koordinatensystem K''. Also Relativität hat jetzt den von mir früher[1]) erörterten, in der ursprünglichen, speziellen Relativitätstheorie nicht enthaltenen Sinn, auf den, wie ich zeigte, zuerst *Minkowski* hingedrängt wurde. Ich will mich nicht wiederholen und verweise in diesem Zusammenhang auf meine genannte frühere Abhandlung. Hier sei nur folgendes bemerkt: Der Relativist, den Herr *Einstein* sprechen läßt, hat eine Eigentümlichkeit: er versteht es zwar, *bis* zu den Formeln und mathematischen Begriffen zu abstrahieren, aber er läßt die philosophische Ader vermissen, die ihn befähigte, *über* die Formeln und Begriffe *hinaus* zu abstrahieren. Wie könnte er sonst den Ausspruch tun: „die Unterscheidung real — nicht real könne uns wenig fördern"! Um auf das Lenardsche Beispiel[2]) des Eisenbahnzuges zurückzukommen, so behauptet der Relativist, es sei „gleichberechtigt", zu sagen, der Eisenbahnzug werde verzögert, oder die Umgebung des Zuges werde in entgegengesetzter Richtung verzögert. Die Versicherung, daß sich a priori nichts gegen diese Ansicht einwenden lasse, ist hier ohne Interesse. Denn es handelt sich um a posteriori. Dieses a posteriori übersieht der Relativist, der meint, daß „wir die Komplikationen, in welche uns die Theorie führt, willig auf uns nehmen müssen". Wenn der Relativist zur Verteidigung seines Standpunktes Gravitationsfelder

[1]) *A. Einstein*, „Die Naturwissenschaften" *6*, S. 697, 1918.

[2]) *E. Gehrcke*, Sitzungsber. d. bayer. Akadem. d. Wiss. 1912, S. 209. Siehe auch „Die Naturwissenschaften *1*, S. 62, 1913. — *Einstein* führt etwas andere Buchstaben ein wie ich; warum?

[1]) *E. Gehrcke*, Kantstudien *19*, S. 481, 1914.

[2]) *P. Lenard*, Jahrbuch d. Radioaktivität und Elektronik *15*, S. 117, 1918.

zuläßt, die *nicht* von gravitierenden Massen erzeugt werden, wenn er, um ein Eisenbahnunglück zu erklären, die ganze Landschaft und die Erde mit allen Planeten und Fixsternen in ein ruckartig auftretendes Gravitationsfeld versetzt, gegen welches nur die Masse des Eisenbahnzuges in geheimnisvoller Weise abgeschirmt ist und das sofort wieder auf ebenso geheimnisvolle Weise verschwindet, so kann man wohl als feststehend erachten: *Diese* Deutung ist, bei aller Willigkeit für Komplikationen, a posteriori unrichtig. Die Verquickung unserer Frage der Existenz und der Wahrheit mit der Frage der Zweckmäßigkeit, wie es der Relativist tut, bringt uns auch nicht weiter, sondern führt die Diskussion vom geraden Wege ab. Die Sache liegt doch so: Um den inneren Widerspruch der alten, speziellen Relativitätstheorie zu vermeiden, wurde die neue, allgemeine Relativitätstheorie ausgebildet, und diese führt, wie sich auf die verschiedenste Weise einsehen läßt, zu unhaltbaren physikalischen Folgerungen. Der Kritikus von Herrn *Einstein* hatte also einen leichten Stand gegenüber dem Relativisten: er brauchte nur darauf aufmerksam zu machen, daß es nötig ist, neben dem a priori auch das a posteriori zu berücksichtigen, wenn man sich über eine physikalische Angelegenheit unterhalten will.

Berlin-Lichterfelde, den 20. Januar 1919.

Prof. Dr. E. Gehrcke.

Eine Erwiderung hat Herr *Einstein* als aussichtslos abgelehnt. Die Schriftleitung.

Zeitschriftenschau (Selbstanzeigen).

Annalen der Physik; Nr. 1, 1918.

Ein für Thermoelektrizität und metallische Wärmeleitung fundamentaler Effekt; von *Carl Benedicks.*

Nr. 2, 1918.

Die flüssigen Kristalle der 10 — Bromphenanthren — 3 od. 6 — sulfosäurehydrate; von *O. Lehmann.* Die schleimig-flüssigen Kristalle des wasserärmeren Hydrats zeigen beim Strömen künstliche Zwillingsbildung, welche an das Auftreten von Zwillingslamellen bei Deformation fester Kristalle erinnert. Konische Strukturstörungen treten nicht auf. Die tropfbar-flüssigen Kristalle des wasserreicheren Hydrats sind damit beschränkt mischbar und umgekehrt. Die Kristalltropfen zeigen keine Zwillingsebene, entsprechend können auch keine schraffierten Tropfen erhalten werden. Sie benetzen das Glas sehr leicht, wobei Anschmiegung und infolgedessen Bildung von Schraubenstruktur erfolgt; welche Drehung der Polarisationsebene und Zirkularpolarisation bedingt. In ausgedehnten Schichten zeigen sich nur halbe Kern- und Konvergenzpunkte, keine ganzen. Die Spurlinien trennen Gebiete mit verschiedener Drehung der Polarisationsebene. Innere Lösung erfolgt auffällig.

Nr. 3, 1918.

Elektronentheorie des optischen Drehungsvermögens isotroper und anisotroper Flüssigkeiten; von *M. Born.* Zur Erklärung des optischen Drehungsvermögens sind keine besonderen Hypothesen notwendig, vielmehr reicht die gewöhnliche Dispersionstheorie aus, wenn zwei fast selbstverständliche Verallgemeinerungen vorgenommen werden: 1. die Molekel ist ein gekoppeltes System geladener Teilchen, 2. der Molekeldurchmesser ist nicht verschwindend klein gegen die Wellenlänge. Daraus werden die optischen Formeln für den allgemeinen Fall anisotroper Flüssigkeiten abgeleitet und an 3 Beispielen (isotrope Flüssigkeiten, elektrischer Kerr-Effekt, flüssige Kristalle) diskutiert.

Nr. 4, 1918.

Über den Intensitätsverlauf in Serienspektren bei der Erregung mit Kathodenstrahlen; von *J. Holtsmark.* Das Intensitätsverhältnis der Wasserstoffserienlinien H_α, und H_β und H_γ wird bei der Lichterregung durch schwache Kathodenstrahlen ungefähr linear von dem Logarithmus des Gasdrucks abhängig gefunden, bei höherem Druck werden die röteren Linien stärker. In Mischungen von Wasserstoff mit anderen Gasen ist nur der Teildruck des Wasserstoffs maßgebend. Bei Helium wird dasselbe gefunden. Die früher hierfür gegebene Erklärung, daß bei höherem Druck die äußeren Bohrschen Bahnen nicht zustandekommen, wird als zum mindesten unzureichend erwiesen.

Untersuchungen über die Dielektrizitätskonstante von Mischungen fester Körper mit Luft; von *Wilhelm John.* Die Dielektrizitätskonstanten wurden durch Kapazitätsmessungen nach der Stimmgabelmethode bestimmt; als Körper dienten Kugeln und Würfel in isotroper Anordnung. Auf Grund der Messungen der Dielektrizitätskonstante wurde die Wienersche Formzahl für Mischungen untersucht. Es ergab sich, daß bei wachsendem Mischungsverhältnis für Kugeln die Formzahl von 2 auf höhere Werte ansteigt, für Würfel dagegen von höheren Werten auf 2 herabsinkt, entsprechend theoretischen Ergebnissen.

Nr. 5, 1918.

Zerreißen von Flüssigkeiten zwischen rollender Kugel und ebener Platte; von *Max Toepler.* Hinter dem Auflagepunkte zerreißt bekanntlich beim Rollen die Flüssigkeit bei bestimmter Rollgeschwindigkeit v_R, kenntlich am Auftreten eines hellen „Mondchens" im System der Newtonschen Ringe. Die pendelnde Rollbewegung einer Linse, angetrieben durch ein schweres Triebpendel, wird den Messungen zugrunde gelegt. Zwischen reinen Oberflächen gilt bei Vermeidung von Zerreißverzug: v_R und δ_R (die Schichtdicke der Flüssigkeit am Reißorte) sind fast unabhängig vom Gasgehalte der Flüssigkeit, von der Linsenbelastung, der Linsenkrümmung und von der Schwingungsdauer. Es ist angenähert $v_R \cdot \eta = 0{,}00714$, wo η den Reibungskoeffizienten der Flüssigkeit bedeutet, und es ist δ_R rund $5 \cdot 10^{-6}$ cm für alle 17 untersuchten Flüssigkeiten. Schließlich wird versucht, Aufschluß über den inneren Druck und den maximalen Rotor der Flüssigkeitsströmung beim Zerreißen zu gewinnen.

Die thermische Ausdehnung regulär kristallisierender fester Körper; von *E. Grüneisen.* Es wird gezeigt, daß die Ausdehnungsmessungen von *Valentiner* und *Wallot* an Pt, Jr, Flußspat und Pyrit die früher theoretisch abgeleitete Formel $(v-v_0) : v_0 = E : [Q_0 - kE]$, wo v = Volumen, E = molekulare Schwingungsenergie, Q_0 und k Konstanten sind, gut bestätigen. Gleiches gilt für ältere Messungen an Diamant, Cu, Al, Au.

Über die scheinbare Gestalt des Himmelsgewölbes; von *H. Dember* und *M. Uibe.* Diese erste von drei zusammengehörigen in Teneriffa ausgeführten Arbeiten zeigt, daß die scheinbare Höhe des Himmelsgewölbes von der Helligkeit des Himmels stark abhängt, daß sie in den Subtropen größer ist wie in Deutschland, daß sie in mondscheinlosen ganz klaren Nächten Halbkugelform des Gewölbes liefert. — Die Kugelscalotte gibt eine gute Darstellung der scheinbaren Form des Himmelsgewölbes. Die Blickwicklungstheorie erklärt die Form des Gewölbes nicht, diese wird wesentlich durch atmosphärisch-optische Umstände bestimmt. Letzteres wird in einer später zu referierenden Arbeit zwingend und quantitativ ins einzelne dargelegt.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner,* Berlin W 9
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Anfang 1919 erschien:

Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette

sowie der ihnen verwandten Stoffe

Von

Professor Dr. D. Holde

Geheimer Regierungsrat

Dozent an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg

Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage

bearbeitet unter Mitwirkung von

Dr. G. Meyerheim

Assistent am Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde

Mit 136 Figuren

Gebunden Preis M. 36.—

In der neuen Auflage dieses Buches sind die während des Krieges erschienenen Neuerungen bis zur letzten Zeit berücksichtigt worden, insbesondere wurden die Ersatzstoff-Fragen an mehreren Stellen behandelt. Neue wichtige Abschnitte, wie „Elektrische Erregbarkeit und Leitfähigkeit", „Schmelzwärme", „Graphitschmiermittel", „Oberflächenspannung", „Cumaronharz", „Kunstharze", „Harzleim" u. a. wurden eingefügt; andere Kapitel wie die „Zähigkeitsbestimmung", „Theorie der Reibung", „Bestimmung des Heizwerts", „Prüfung von Balsamölen (Terpentinöl usw.)", „Wollfett", „Cholesterin", „Seifen" usw. wurden weitgehend umgearbeitet und aktueller gestaltet. Um den Umfang durch diesen erheblichen Materialzuwachs nicht zu sehr zu belasten, wurden wesentliche Vereinfachungen im Text, Tabellen und in der sonstigen Anordnung vorgenommen. Trotz dieser Vereinfachungen weist diese neue Auflage gegenüber der vorhergehenden einen Mehrumfang von etwa 160 Seiten, 19 Figuren und 30 Tabellen auf.

Inhaltsübersicht.

I. Kapitel. **Allgemeine Prüfungsmethoden.**
A. Physikalische und physikalisch-chemische Prüfungen. — B. Chemische Prüfungen.

II. Kapitel. **Erdöl und seine Verarbeitungsprodukte.**
A. Rohes Erdöl (Rohpetroleum). — B. Benzin. — C. Leuchtpetroleum. — D. Putzöle. — E. Gasöle. — F. Transformatorenöle. — G. Treib- und Heizöle. — H. Staubbindende Öle. — I. Mineralschmieröle. — K. Leitfähige Schmiermittel. — L. Konsistente Fette und ähnliche Stoffe. — M. Graphitschmiermittel. — N. Bohröle, Gleitöle, Textilöle. — O. Paraffinmassen und fertiges Paraffin aus Erdöl. — P. Vaselin, Vaselinöl, Paraffinöl, Paraffinum liquidum. — Q. Teer- und pechartige Destillationsrückstände. — R. Abfälle der Erdölverarbeitung.

III. Kapitel. **Naturasphalt.**

IV. Kapitel. **Erdwachs.**

V. Kapitel. **Durch Destillation aus Kohlen, Schiefer, Balsamen und Holz gewonnene Kohlenwasserstofföle (Teere).**
A. Braunkohlenteer. — B. Schwelprodukte des bituminösen Schiefers. — C. Torfteer. — D. Holzteer. — E. Terpentinöl (Balsamterpentinöl) und dessen Surrogate. F. Steinkohlenteer und ähnliche Produkte (Ölgasteer, Wassergasteer, Hochofenteer usw.

VI. Kapitel. **Pflanzliche und tierische Fette und Öle.**

VII. Kapitel. **Technische, aus Fetten hergestellte Umwandlungsprodukte.**
A. Gehärtete Fette. — B. Produkte der Stearinindustrie. — C. Glyzerin. — D. Seifen. — E. Seifenpulver. — F. Saponine. — G. Wollschmälzöle. — H. Türkischrotöl. — I. Leinölfirnisse für Anstrich- und Druckfarben. — K. Ölfarben und Kitte. — L Lacke und deren Bestandteile (flüchtige Lösungsmittel, fette Öle und Harze). — M. Harzleim. — N. Geblasene Öle. — O. Lederfette. — P. Linoleum. — Q. Jodfette. — R. Faktis. — S. Lösliches Rizinusöl. — T. Voltolöle. — U. Abfallöle.

VIII. Kapitel. **Wachse.**

IX. Kapitel. **Physikalisch-chemische Tabellen.**

Nachträge.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Soeben erschien:

Chemiker-Kalender 1919

Ein Hilfsbuch

für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw.

Von Dr. **Rudolf Biedermann**

In zwei Teilen

Vierzigster Jahrgang

I. Teil gebunden, II. Teil geheftet Preis M. 6.60

Soeben erschien:

Pharmazeutischer Kalender 1919

Herausgegeben von

Ernst Urban

48. Jahrgang. Zwei Teile

I. Teil gebunden, II. Teil geheftet Preis M. 5.80

Soeben erschien:

Ingenieur-Kalender 1919

für Maschinen- und Hütten-Ingenieure

Herausgegeben von

Baurat Professor **Fr. Freytag,** Chemnitz

Herausgeber des „Hilfsbuches für den Maschinenbau"

XLI. Jahrgang. In zwei Teilen

Mit über 400 Textfiguren und vielen Zahlentafeln

I. Teil gebunden, II. Teil geheftet

Preis zusammen M. 5.60

Soeben erschien:

Forst- und Jagd-Kalender 1919

69. Jahrgang. Zwei Teile

Bearbeitet von

Dr. **M. Neumeister**

Geh. Oberforstrat und Oberforstmeister in Dresden

Erster Teil (Kalendarium, Hilfsbuch, Tabellen usw.)

Ausgabe **A**

Schreibkalender (106 Seiten): 7 Tage auf der linken Seite, rechte Seite frei

Preis gebunden M. 4.—

Ausgabe **B**

Schreibkalender (188 Seiten): auf jeder Seite 2 Tage

Preis gebunden M. 4.20

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann in Berlin SW.