

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

L. Jahrgang.

1937.

Viertes Heft.

Die Elementarteilchen.

Von P. Jordan in Rostock.

Gern benutze ich die Gelegenheit, durch einen Beitrag zum 50. Jahrgange meine Verbundenheit mit der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht auszudrücken.

In den Jahren von 1925 bis etwa 1928 hat unser Verständnis der Quantenerscheinungen eine feste und in gewissem Umfang abschließende Form gefunden. Die Aufstellung der Quantenmechanik (Matrizenmechanik) und Wellenmechanik — zweier von ganz verschiedenen Gedankengängen ausgehender Versuche, die geheimnisvollen Quantengesetze mathematisch festzulegen — führte, nachdem man mit Überraschung die innere Übereinstimmung und Äquivalenz dieser beiden Formulierungen erkannt hatte, zu der umfassendsten, erschöpfenden Darstellung der Quantengesetze in Gestalt der „statistischen Transformationstheorie“, welche den mathematischen Ausdruck für die so merkwürdige „Komplementarität“ bildet, in der das eigentliche Charakteristikum der Quantenphysik liegt¹. Wenn man heute rückblickend die im ersten Viertel unseres Jahrhunderts mühsam errungenen einzelnen Einsichten in die Quantengesetze überprüft, so ist man erstaunt zu sehen, wie wesentlich und weittragend manche dieser älteren Erkenntnisse bereits gewesen sind, und wie zwangsläufig von ihnen aus der Weg zu den heute voll erschlossenen quantenphysikalischen Naturgesetzen führt². Aber die Zurücklegung dieses Weges erforderte ein so entschiedenes Heraus-treten aus dem älteren Vorstellungskreise der Physik, sie eröffnete so neuartige und überraschende Vorstellungsmöglichkeiten, daß nur der unausweichliche Zwang der experimentellen Tatsachen die Physiker auf diesem Wege führen konnte.

Heute sind uns die quantenphysikalischen Gesetze, welche das innere Wechselspiel der Elektronen im Atom beherrschen, vollständig bekannt. Wir kennen damit auch die Gesetze, denen die Bildung der chemischen Moleküle aus den einzelnen Atomen unterliegt. Wir übersehen die Dynamik der Leitungselektronen im Metall, und verstehen die Erscheinungen des Ferromagnetismus. Zahllos sind die Untersuchungen, die sich mit der deduktiven Anwendung der allgemeinen Quantengesetze auf die mannigfaltigsten Einzelprobleme befassen; in dieser Entwicklung ist kein Ende abzusehen.

Aber hinter den gelösten Problemen tauchen neue, ungelöste auf; und während viele wissenschaftliche Arbeiter die seit kurzem eroberten Gebiete weiter bearbeiten, richten sich die Stoßtruppen der Forschung auf neue Festungswälle des Unerforschten. Nachdem wir die Physik der Atome grundsätzlich ebensogut verstanden haben wie die Mechanik des Planetensystems, rückt die Physik der Atomkerne in den Brennpunkt der Forschung.

Bekanntlich besteht jedes Atom aus einem schweren, fast die ganze Masse des Atoms enthaltenden Kern und einer ihn umgebenden „Elektronenhülle“, deren Elektronenzahl übereinstimmen muß mit der Anzahl Z positiver Elementarladungen, die im Kerne stecken. Während die Durchmesser der Atome in die Größenordnung 10^{-8} cm fallen, sind die Kerndurchmesser nur etwa 10^{-13} bis 10^{-12} cm groß. Man weiß dies

¹ Vgl. W. HEISENBERG: Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie. Leipzig 1930. — P. JORDAN: Die Physik des 20. Jahrhunderts. Braunschweig 1936.

² Vgl. P. JORDAN: Anschauliche Quantentheorie. Berlin 1936.

teils aus der Untersuchung des Durchgangs schneller Kathodenstrahlen durch Materie (LENARD), vor allem aber aus der Untersuchung der Streuung von α -Teilchen (Heliumkernen), die nach RUTHERFORD lehrt, daß in Abständen, die merklich größer als 10^{-12} cm sind, der Kern nur mit der seiner Ladungszahl Z entsprechenden COULOMBSchen Abstoßung auf ein α -Teilchen wirkt. Die Kernladungszahl Z ist, indem sie die Anzahl der Elektronen in der Elektronenhülle bestimmt, maßgebend für das Linienspektrum und für die chemische Natur des betreffenden Atoms: zu jedem Z von $Z=1$ bis $Z=92$ gibt es ein chemisches Element. Aber für fast jedes Element gibt es mehrere „Isotope“, die sich bei gleichem Z unterscheiden hinsichtlich des Atomgewichts A . Setzt man definitionsweise das Atomgewicht des am häufigsten vertretenen Sauerstoffisotops gleich 16, so werden alle Atomgewichte (mit alleiniger Ausnahme des Wasserstoffs) nahezu ganzzahlig.

Die radioaktiven α -strahlenden Kerne zeigen ohne unser Zutun, und viele andere Atomkerne zeigen, wenn wir sie mit sehr schnellen Teilchen (etwa α -Teilchen) beschießen, die Fähigkeit, sich zu zerspalten; obwohl also die gewöhnlichen chemischen Reaktionen alle Kerne in den beteiligten Substanzen ungeändert lassen, müssen wir doch die Kerne als zusammengesetzte Gebilde betrachten. Nur beim Kern des Wasserstoffs werden wir das Recht haben, ihn als ein unzusammengesetztes Teilchen, als ein echtes „Elementarteilchen“ zu vermuten; er hat deshalb bekanntermaßen den besonderen Namen „Proton“ erhalten.

Das Elektron und das Proton also sind als Elementarteilchen anzusehen; und ihnen steht das Lichtquant gegenüber, das erst durch die Quantenphysik als korpuskulares Teilchen entdeckt wurde.

Aber auch betreffs des Elektrons haben wir aus der Quantenforschung Wesentliches zugelernt. Man kennt schon aus den älteren Untersuchungen außer der Ladung des Elektrons — also der elektrischen Elementarladung; sie ist in elektrostatischen Einheiten gleich $4,77 \cdot 10^{-10}$ — auch seine Masse: $0,899 \cdot 10^{-27}$ g. Für die Rolle, die das Elektron im Atombau spielt, sind aber noch zwei andere Eigenschaften von fundamentaler Bedeutung. Es handelt sich um den Spin des Elektrons und um das die Elektronen beherrschende Äquivalenzverbot.

Ein Elektron besitzt, wie aus den Gesetzmäßigkeiten der Atomspektren zu erkennen ist, einen Drehimpuls relativ zu seinem eigenen Schwerpunkt; dementsprechend trägt es neben seiner elektrischen Ladung auch noch ein kleines magnetisches Dipolmoment. Man kann sich das anschaulich auszumalen versuchen, indem man sich das Elektron als eine kleine elektrische Kugel denkt, die um einen Durchmesser als Achse rotiert. Aber man muß sich sehr davor hüten, solchen grob-sinnlichen Vorstellungen viel Gewicht beizulegen. Denn es handelt sich hier um Dinge, die schlechterdings außerhalb der Anwendungsgrenzen unserer groben „makroskopischen“ Vorstellungsformen liegen. Tatsächlich ist die tiefere Erfassung der Gesetzmäßigkeiten des Elektronenspins nur durch recht abstrakte Erwägungen möglich geworden. Wieder einmal zeigt die Mathematik sich fähig, Verhältnisse zu erfassen, denen gegenüber unsere sonstigen Denk- und Vorstellungsmittel versagen. DIRAC ist es gelungen, in seiner berühmten Wellengleichung des Spinelektrons alle experimentell faßbaren Eigenschaften des Spins einheitlich darzustellen und dabei eine Erklärung zu liefern für den schon lange vorher aus den spektroskopischen Erfahrungen herausgelesenen, aber unverständlich gebliebenen Zusammenhang der Spineffekte mit den bei sehr schnell bewegten Teilchen eintretenden relativistischen Abweichungen von der gewöhnlichen Mechanik. Daß dieser Spin des Elektrons ein typischer Quanteneffekt ist — für den man eine vollständige modellmäßige Deutung nach klassischen Vorstellungen also gar nicht verlangen kann —, geht schon daraus hervor, daß das fragliche Drehmoment des Elektrons den Betrag $\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$ besitzt, wo $h = 6,7 \cdot 10^{-27}$ ergsec das berühmte, die ganze Quantenphysik beherrschende PLANCKsche Wirkungsquantum ist. Der Spin ist also als

vernachlässigbar klein anzusehen, wenn man, dem makroskopisch-klassischen Standpunkt entsprechend, Wirkungsbeträge von der Größenordnung h als vernachlässigbar betrachtet. Aber das hindert nicht, daß beispielsweise die Erscheinungen des Ferromagnetismus als Ergebnisse von Spineffekten zustande kommen.

Das Äquivalenzverbot, dem die Elektronen unterworfen sind — man sagt statt dessen auch, daß sie der „FERMI-Statistik“ gehorchen —, ist noch weniger als der Spin des Elektrons von klassischen Vorstellungen aus zu verstehen. Aber diese fundamentale Eigenschaft des Elektrons ist zugleich noch wichtiger als der Spin: daß es überhaupt eine praktisch inkompressible Materie in flüssiger und fester Form gibt, beruht wesentlich auf diesem Äquivalenzverbot. Seinen Inhalt auszusprechen, erfordert einige Vorbereitungen.

Zwischen dem Orte x, y, z eines Teilchens und seinem Impuls $p = mv$ besteht eine quantenphysikalische Komplementarität derart, daß jedes an einem Teilchen durchgeführte Messungsexperiment, welches zu einer genauen Festlegung des Ortes führt, den Impuls des Teilchens zwangsläufig in unkontrollierbarer Weise verwischt und unbestimmt macht; und umgekehrt bewirkt ein den Impuls bestimmender Messungsakt eine Verwischung des Ortes. Quantitativ ist festzustellen: Sind Δx und Δp_x die Genauigkeitsschranken für eine gleichzeitige Messung der Koordinate x und der Impulskomponente p_x , so wird im günstigsten Falle, bei der höchsten, „idealen“ Genauigkeit, welche die Quantennatur des atomaren Geschehens überhaupt zuläßt, das Produkt

$$\Delta x \Delta p_x = h$$

werden. Entsprechendes gilt für Δy und Δp_y , sowie für Δz und Δp_z (HEISENBERG'sche Ungenauigkeitsbeziehung).

Nun sagt das PAULISCHE Äquivalenzverbot: Wenn wir für mehrere Elektronen gleichzeitig die Orte und Impulse messen, und zwar bei allen Elektronen mit denselben Genauigkeiten $\Delta x, \Delta p_x$ usw., deren Produkte so klein sein mögen, wie es nur eben in Rücksicht auf die HEISENBERG'sche Ungenauigkeitsbeziehung möglich ist, dann kommt es niemals vor, daß Ort und Impuls von mehr als zwei Elektronen innerhalb dieser Genauigkeitsgrenzen übereinstimmen. Für zwei Elektronen ist die Übereinstimmung von Ort und Impuls zwar möglich, aber nur dann, wenn ihre beiden Spindrehmomente entgegengesetzt gerichtet sind.

Die merkwürdige naturgesetzliche Eigenschaft der Elektronen, die hierin zum Ausdruck kommt, kann also anschaulich als eine Art Abstoßung der Elektronen bezeichnet werden (die aber nicht das geringste zu tun hat mit der COULOMBSchen Abstoßung zwischen den Elektronen!); mehrere Elektronen können nur dann zu naher örtlicher Nachbarschaft zusammengebracht werden, wenn ihre Impulse hinreichend verschieden voneinander sind. Wenn wir also einige Elektronen in ein Gefäß einschließen, so können nur zwei darin den energieärmsten Zustand annehmen, alle anderen müssen gewisse größere Beträge Energie besitzen. Sind nun schon eine Anzahl Elektronen in dem Gefäß vorhanden, und ist die Energie des Gesamtsystems dieser Elektronen so klein, wie überhaupt möglich, so braucht man einen gewissen Energieaufwand, wenn man noch ein weiteres Elektron in das Gefäß hineinbringen will: denn dieses muß dann eine Energie mitbekommen, die größer ist als die jedes anderen, schon im Gefäß befindlichen Elektrons. Dies ist von wesentlicher Bedeutung für die Theorie der metallischen Leitungselektronen; es ist aber auch entscheidend für den Aufbau der Elektronenhüllen der Atome. Die Z Elektronen in der Elektronenhülle eines Atoms der Kernladungszahl Z sitzen in dem „Gefäß“, in dem „Potentialtopf“, wie man zu sagen pflegt, welche durch das COULOMB-Feld des Kernes gebildet wird. Nur zwei von ihnen können in dem energetisch tiefsten Zustand, in der sog. „K-Schale“, sein; die übrigen verteilen sich auf die weiteren „Schalen“ der Elektronenhülle, wie uns die Röntgenspektren der Atome zeigen. Würden wir nun versuchen, die Kerne zweier Atome einander so weit zu nähern, daß die beiden

Elektronenhüllen merklich übereinandergriffen, so müßten wir die Energien der Elektronen wesentlich erhöhen. Hierauf — also eben auf dem PAULISCHEN Äquivalenzverbot — beruht es, daß sich dem gewaltsamen Zusammendrücken flüssiger oder fester Materie ein so großer Widerstand entgegenstellt.

Nur in der außerirdischen, astrophysikalischen Erfahrung kennen wir Fälle, welche die Möglichkeit zeigen, durch entsprechende Energiezufuhr tatsächlich diesen Widerstand zu überwinden: Einige Sterne mit überaus heißem Inneren (Temperatur von etwa $4 \cdot 10^7$ Grad) zeigen ein spezifisches Gewicht in der Größenordnung 10^4 ; die hohe Temperatur gibt den Elektronen in dieser Sternmaterie eine durchschnittliche Energie, welche eine vollständige Ionisierung der Atome (also Abreißung der ganzen Elektronenhülle) bedingt. Der Siriusbegleiter ist das bekannteste Beispiel eines derartigen Sternes.

Vom Proton weiß man, daß es die beiden erläuterten Eigenschaften des Elektrons ebenfalls besitzt: Das Proton hat ein Spindrehmoment vom Betrage $\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$; das entsprechende magnetische Moment des Protons ist dann aber, entsprechend der größeren Masse des Protons — sie ist gleich $1,649 \cdot 10^{-24}$ g —, etwa 600mal so klein, wie das magnetische Dipolmoment des Elektrons. Und die Protonen sind, wie die Elektronen, dem Äquivalenzverbot (oder der „FERMI-Statistik“) unterworfen. Trotz so verschiedener Massen zeigen also Proton und Elektron eine enge Verwandtschaft; das Lichtquant dagegen zeigt eine wesentlich andere Natur, indem es keinen Spin besitzt und nicht der FERMI-Statistik unterworfen ist, sondern vielmehr der sog. „BOSE-Statistik“, welche im PLANCKSchen Gesetz der schwarzen Hohlraumstrahlung zum Ausdruck kommt.

DIRACS schon erwähnte Untersuchung der relativistischen Quantenmechanik des Elektrons, welche zur Erfassung der Gesetzmäßigkeiten des Elektronenspins führte, ergab seinerzeit andererseits Folgerungen, welche zunächst ganz rätselhaft schienen, bis DIRAC selbst aus der Verknüpfung seiner Elektronen-Wellengleichung mit dem Äquivalenzverbot die richtige Deutung dieser Folgerungen erkannte: Seine Theorie führt mit Notwendigkeit dazu, daß es neben den negativ geladenen Elektronen auch noch Teilchen gleich großer positiver Ladung geben muß, und daß einerseits ein negatives und ein positives Teilchen sich neutralisieren können — so daß die entgegengesetzten Ladungen völlig verschwinden und nur ein Energiebetrag, etwa in Form von Lichtquanten, übrigbleibt —, während andererseits auch aus Energie ein positives und ein negatives Teilchen neu entstehen können. Bei derartigen Prozessen bleibt also sowohl der Energiesatz als auch der Erhaltungssatz der elektrischen Ladung durchaus in Kraft.

Als DIRAC diese Folgerungen seiner theoretischen Untersuchungen (sog. „Löchertheorie“) vorlegte, war das Proton das einzige bekannte Elementarteilchen positiver Ladung; und es schien deshalb ein schwerer Fehler der DIRACSchen Theorie zu sein, daß sie für die positiven und negativen Teilchen gleich große Masse behauptete. Aber eine unerwartete Entdeckung von ANDERSON (1933) hat auch in diesem Punkte der DIRACSchen Theorie recht gegeben: Es gibt tatsächlich auch positive Teilchen, die abgesehen von dem Ladungsvorzeichen in jeder Hinsicht dem Elektron gleichen; man nennt sie heute positive Elektronen, oder kurz Positronen. Die merkwürdige kosmische „Ultrastrahlung“, welche aus dem Weltraum auf die Erde einfällt, enthält derartige Positronen; und da die Teilchen dieser kosmischen Strahlung ungeheuer energiereich sind — zum Teil mindestens noch tausendmal so energiereich wie die bei radioaktiven Prozessen auftretenden sehr schnellen Teilchen —, so vollziehen sich in dieser „Höhenstrahlung“ auch in erheblichem Umfang Prozesse der Erzeugung von Paaren positiver und negativer Elektronen; es kommen bei Zusammenstößen der schnellen Höhenstrahlungsteilchen mit Atomkernen sogar mitunter „Schauer“ zustande, in welchen gleich Hunderte bis Tausende von Elektronenpaaren erzeugt werden. Daß

aber eine Ansammlung von Positronen auf der Erde nicht stattfindet, beruht auf der baldigen Neutralisierung, welche jedes ankommende oder hier erzeugte Positron seitens irgendeines der zahlreichen negativen Elektronen zu erwarten hat; dies ist der Grund, weshalb das Positron bis vor kurzem der experimentellen Beobachtung entgehen konnte.

Aber das Positron ist nicht das einzige Elementarteilchen, dessen Existenz uns bis in die jüngste Zeit verborgen geblieben war. Das Studium künstlich (durch Beschießung mit α -Teilchen oder auch Protonen) angeregter Kernumwandlungen hat zur Auffindung eines anderen Elementarteilchens geführt, welches deshalb sich der Entdeckung so lange entziehen konnte, weil es elektrisch neutral ist. Dieses von CHADWICK (1932) entdeckte Teilchen hat deshalb den Namen Neutron erhalten. Nachdem es einmal gefunden war, haben die vereinten Anstrengungen vieler Physiker, ganz besonders FERMIS und seiner Mitarbeiter, recht schnell zur Entwicklung von Indikatoren und sonstigen Untersuchungsmethoden für Neutronenstrahlung geführt und Aufklärung über die hervorragende Rolle des Neutrons in der Kernphysik erbracht. Da man naturgemäß mit einem ungeladenen Teilchen viel besser auf Atomkerne „schießen“ kann, als mit den positiv geladenen α -Teilchen und Protonen, welche von den Atomkernen elektrostatisch abgestoßen werden, so ist die Beschießung von Atomkernen mit Neutronen auch das ertragreichste Verfahren für die künstliche Kernumwandlung geworden. Als grundsätzliches Ergebnis der Untersuchung des Neutrons ist festzustellen, daß abgesehen von dem Fehlen einer elektrischen Ladung dieses Neutron sich als eng verwandt mit dem Proton erweist: Seine Masse ist nahezu der des Protons gleich, und gleich dem Proton (und dem Elektron) hat das Neutron ein Spindrehmoment $\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$, und gehorcht dem Äquivalenzverbot.

Die Auffindung dieses Neutrons hat aber auch die Inangriffnahme eines Forschungsgebietes ermöglicht, das uns zuvor fest verschlossen schien. Als man noch glaubte, daß Elektron und Proton die einzigen materiellen Elementarteilchen seien, mußte man sich die zusammengesetzten Atomkerne als aus Protonen und Elektronen aufgebaut vorstellen; und das ergab grundsätzliche, unüberwindliche Schwierigkeiten vom ersten Schritte an: Sowohl die oben erläuterten Erkenntnisse in Bezug auf Spin und Äquivalenzverbot, als auch schon die HEISENBERGSche Ungenauigkeitsbeziehung traten in unlösbaren Widerspruch mit gesicherten experimentellen Tatsachen der Kernphysik, sobald man die Hypothese versuchte, daß Proton und Elektron die Bausteine der Atomkerne seien. Diese Schwierigkeiten aber verschwinden, wenn man mit HEISENBERG annimmt, daß Protonen und Neutronen die Bausteine der Kerne sind: Ein Kern der Kernladung Z mit einem Atomgewicht A enthält Z Protonen und $(A - Z)$ Neutronen. Diese Vorstellung ist seither der Ausgangspunkt eingehender Untersuchungen verschiedener Verfasser geworden, welche mit bereits sehr beachtlichen Erfolgen darauf hinstreben, von den Atomkernen und ihrer inneren Dynamik ein ebenso zuverlässiges und ebenso fein durchgebildetes Gesamtbild zu entwickeln, wie wir es für die Elektronenhüllen der Atome bereits besitzen.

Inzwischen hat die Untersuchung der radioaktiven β -Strahlung zu dem Schluß geführt, daß es noch ein weiteres Elementarteilchen geben muß; es hat den Namen „Neutrino“ erhalten (PAULI; FERMI). Bei einem β -Prozeß schleudert ein radioaktiver Kern ein Elektron aus; und man hat nun zwingende Gründe anzunehmen, daß zugleich mit dieser Elektronenstrahlung auch noch eine andere, ungeheuer durchdringende, aber gerade deshalb auch auf keine Weise unmittelbar nachweisbare Strahlung — eben die Neutrinostrahlung — ausgesandt wird. Das Neutrino nimmt nach dem, was man sich heute darunter vorstellt, eine Mittelstellung zwischen den im vorstehenden besprochenen materiellen Elementarteilchen und dem Lichtquant ein. Gleich den ersteren soll es einen Spin $\frac{1}{2} \cdot \frac{h}{2\pi}$ besitzen und der FERMI-Statistik unter-

worfen sein; aber gleich dem letzteren soll es stets mit Lichtgeschwindigkeit dahinfliegen, also eine verschwindende „Ruhmasse“ haben. Es scheint übrigens bereits fast sicher, daß dieses Neutrino auch bei den oben berührten „Schauern“ in der Höhenstrahlung eine wesentliche Rolle spielt.

Es ist also eine gar nicht ganz geringe Anzahl verschiedener Elementarteilchen, aus denen sich die physikalische Welt aufbaut; man möchte geradezu wünschen, daß diese Anzahl etwas geringer wäre, denn unsere Überzeugung von der Einfachheit der letzten physikalischen Elementargesetze kommt hier nicht ganz zu ihrem Recht. In der Tat ist bereits die Hypothese erwogen worden, daß das Lichtquant in Wirklichkeit gar nicht als primäres, elementares Gebilde anzuerkennen, sondern seinerseits noch auf das Neutrino zurückzuführen sei.

Eine andere ungelöste Frage ist diese. Es besteht eine merkwürdige Beziehung zwischen der Grundkonstante der Elektronentheorie, also der elektrischen Elementarladung e , der Grundkonstante h der Quantentheorie und der Lichtgeschwindigkeit c , der Grundkonstante der Relativitätstheorie. Der Quotient $2\pi e^2/hc$ nämlich ist eine dimensionslose Zahl, die berühmte SOMMERFELDSche „Feinstrukturkonstante“; ihr Wert ist erfahrungsgemäß ungefähr gleich $\frac{1}{137}$; vielleicht sogar — EDDINGTON vermutet dies — genau gleich $\frac{1}{137}$. Warum hat diese Zahl nun gerade diesen Wert und nicht irgendeinen anderen? Wenn wir die physikalischen Elementargesetze, welche das Auftreten von Elektronen bedingen, vollständig verstanden hätten, dann müßten wir den genauen Wert dieser dimensionslosen Konstante theoretisch zwangsläufig bestimmen können.

Warum besteht ferner ein so großer Massenunterschied zwischen Proton und Elektron? Eine theoretische Herleitung für das Verhältnis der beiden Massen müßte möglich sein. Was wir Sicheres darüber wissen, ist eigentlich nur dies (und auch das ist erst durch Untersuchungen der letzten Zeit klar geworden): Die Masse eines Elementarteilchens ist nach den Vorstellungen der Feldphysik bedingt durch das Kraftfeld, welches dieses Teilchen erzeugt; dieses Kraftfeld enthält Energien, mit deren Gesamtbetrag die Masse des Teilchens proportional ist. Nun zeigt das Proton zwar dasselbe elektrische Kraftfeld wie ein (positives) Elektron; aber daneben zeigt ein Proton auch noch andere, nichtelektrische Kraftwirkungen; auf diesen nichtelektrischen Kräften beruht der Zusammenhalt der aus Protonen und Neutronen aufgebauten Atomkerne. Diese nichtelektrischen Kräfte — die übrigens wiederum in enger Beziehung zu dem geheimnisvollen Neutrino stehen —, welche das Proton gegenüber dem Elektron auszeichnen, müssen auch für die so viel größere Masse des Protons verantwortlich sein.

Diffusion, Entmischung und Keimbildung.

Von U. Dehlinger in Stuttgart.

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung in Stuttgart.)

Die Diffusion eines Stoffes in einen anderen, z. B. einer blauen Kupfersulfatlösung in reines Wasser, bildet einen der bekanntesten physikalisch-chemischen Grundversuche. Sie wird beschrieben durch die Diffusionsgleichung:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (1)$$

(c bedeutet die Konzentration des diffundierenden Stoffes, t die Zeit, x die Eindringungstiefe; die Diffusionskonstante D ist ganz oder nahezu von c unabhängig), die für ideale Gase sich exakt ableiten läßt, aber auch für flüssige und feste Mischungen (Mischkristalle) experimentell sich vielfach bestätigt hat. Nach dem zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie kann die Diffusion bei einer bestimmten Temperatur nur dann einsetzen, wenn die beiden Stoffe bei dieser Temperatur im thermodynamischen Gleichgewicht

eine Mischung bilden; dies ist bei Gasen immer der Fall, im flüssigen und festen Zustand dagegen gibt es viele Stoffpaare, die sich überhaupt nicht mischen; andere sind im Gleichgewicht bei höheren Temperaturen mischbar, entmischen sich aber bei tieferen Temperaturen.

Im letzteren Falle kann man bei hohen Temperaturen eine homogene Mischung herstellen, diese dann abschrecken und bei Temperaturen, bei welchen im Gleichgewicht noch der entmischte Zustand vorhanden ist, die Atome aber schon genügend beweglich sind, die Entmischung vor sich gehen lassen, also die genaue Umkehrung des eingangs erwähnten Diffusionsversuchs ansetzen. Dieses Vorgehen ist bekanntlich auch technisch sehr wichtig: Metallische Mischkristalle, die so behandelt sind, werden nämlich im Verlaufe der Entmischung, aber ehe sie den endgültigen Gleichgewichtszustand erreicht haben, vielfach wesentlich härter als im abgeschreckten Anfangs- und im Endzustand. Diese Übergangszustände sind, obgleich nicht im thermodynamischen Gleichgewicht, dennoch praktisch oft vollkommen beständig und daher technisch gut zu verwenden. Ihr Entstehen zeigt, daß die Entmischung nicht so glatt vor sich geht wie die Mischung durch Diffusion, daß also die „Reaktionsgleichung: Entmisches System $\rightarrow$ Mischkristall“ reaktionskinetisch nicht ohne weiteres umkehrbar ist. Der Grund hierfür ist, daß bei der Entmischung in irgendeiner Weise eine Keimbildung einsetzen muß, auf deren Wichtigkeit schon vor langer Zeit G. TAMMANN hingewiesen hat; bei der Mischung ist dagegen eine solche nicht notwendig.

Trotz dieser Komplikation ist es gelungen, durch thermodynamische Betrachtungen eine Erweiterung der Diffusionsgleichung (1) zu finden, welche den Zusammenhang zwischen Diffusion und Entmischung und die bei letzterer beobachteten Besonderheiten grundsätzlich wiedergibt. Die Diffusionsgleichung (1) ergab sich nämlich als Sonderfall einer allgemeineren Gleichung:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -A \frac{\partial F}{\partial \lambda} / RT, \quad (2)$$

(λ bedeutet die während der Reaktion von der linken nach der rechten Seite einer im System gezogenen Grenzfläche übergehende Menge eines Bestandteils, A eine von Konzentration und Temperatur abhängige kinetische Größe, F die freie Energie des Systems, R die Gaskonstante, T die absolute Temperatur), welche sich zur Beschreibung der Beobachtungen bei Umwandlungen vielfach bewährt hat. Die Gleichung (2) kann nicht rein thermodynamisch, sondern nur statistisch begründet werden, sie ist aber die einfachste Form, in welcher die Forderung des zweiten Hauptsatzes, daß bei einer irreversiblen Reaktion die freie Energie stets abnehmen muß, mit der Reaktionsgeschwindigkeit $\frac{\partial \lambda}{\partial t}$ verknüpft werden kann¹. Hat man eine Mischung zweier idealer

Gase und an der betrachteten Grenzfläche das Konzentrationsgefälle $\frac{\partial c}{\partial x}$, so wird die beim Übergang eines Mols von der linken nach der rechten Seite eintretende freie Energieänderung²:

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = \left(\frac{\partial F}{\partial n} \right)_l - \left(\frac{\partial F}{\partial n} \right)_r = RT (\ln c_l - \ln c_r) = \frac{RT}{c} \frac{\partial c}{\partial x}.$$

(Bekanntlich ist ja die freie Energie einer Mischung von n Molen eines idealen Gases mit $m = cn$ Molen eines zweiten, abgesehen von konzentrationsunabhängigen Gliedern gleich $nRT \ln c + mRT \ln (1 - c)$; dasselbe gilt für die sogenannten idealen Mischungen im flüssigen und festen Zustand.) Setzt man noch die kinetische Größe A gleich $c \cdot D$, so wird für den betrachteten Fall aus (2) die Gleichung

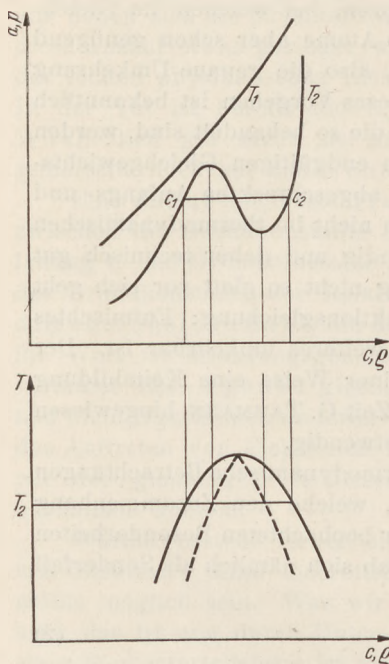
$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -D \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (3)$$

¹ Nach demselben Prinzip wird von M. PLANCK: Theorie der Wärme, S. 119, Leipzig 1930, die Wärmeleitungsgleichung abgeleitet.

² Ausführlicher sind die folgenden Rechnungen wiedergegeben bei U. DEHLINGER: Z. Physik 102, 633 (1936).

und dies ist die FICKsche Gleichung, aus der sich bekanntlich (durch Anwendung des GAUSSschen Satzes) die Gleichung (1) ergibt. Man erhält also in der Tat die Diffusionsgleichung aus (2) für den Sonderfall idealer Mischungen.

Beim Übergang zu nichtidealen Mischungen ist in thermodynamischen Formeln ganz allgemein die Konzentration zu ersetzen durch die Aktivität a ; diese ist gleich



Abhängigkeit der Aktivität a eines Mischkristalls bzw. des Drucks p eines nichtidealen Gases von der Konzentration bzw. Dichte für eine Temperatur T_1 oberhalb und eine Temperatur T_2 unterhalb des kritischen Punktes. Durch Konstruktion der Gleichgewichtslinien c_1-c_2 erhält man daraus das unten gezeichnete „Zustandsschaubild“. Nach Überschreiten der ausgezogenen „wahren Gleichgewichtskurve“ kann grundsätzlich die Entmischung bzw. Kondensation eintreten, aber erst nach Überschreiten der gestrichelt eingezeichneten „Grenzkurve des instabilen Zustands“ kann sie im Innern der Phase spontan beginnen.

dem Dampfdruck der betrachteten Komponente über der Mischung, dividiert durch den Dampfdruck der Komponente im reinen Zustand. So ergibt sich aus Gleichung (2) für nichtideale Mischungen:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{c}{a} \frac{\partial a}{\partial c} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} = D' \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (4)$$

und dies ist die erweiterte Diffusionsgleichung, welche auch Entmischungsvorgänge wiedergibt, wie im folgenden gezeigt werden soll.

Die Aktivität a ist für ideale Mischungen stets gleich der Konzentration c (gemessen als Molverhältnis), also $\frac{c}{a} \frac{\partial a}{\partial c}$ stets gleich eins. Bei nichtidealen Mischungen ist $\frac{\partial a}{\partial c} > 0$, solange man sich im Mischungsgebiete des Gleichgewichtsschaubildes befindet; bei tieferen Temperaturen dagegen kann a als Funktion von c den in der Figur für $T = T_2$ gezeichneten Verlauf haben. Dann kann man durch die eingezeichnete Gerade zwei verschiedene Konzentrationen c_1 und c_2 mit gleicher Aktivität verbinden, die miteinander im thermodynamischen Gleichgewicht sind; macht man das für verschiedene Temperaturen, so erhält man die Grenzkurve des Entmischungsgebiets im Gleichgewichtsschaubild. Also auch nach Überschreiten der Grenzkurve bleibt $\frac{\partial a}{\partial c}$ und damit der „effektive“ Diffusionskoeffizient D' in (4) zunächst noch positiv, dagegen wird D' auf der zweiten, in der Figur gestrichelt eingezeichneten Kurve gleichzeitig mit $\frac{\partial a}{\partial c}$ zu Null und weiterhin negativ.

Ist D bzw. D' positiv, so folgt aus der Diffusionsgleichung (1) oder (4), wie man leicht sieht, daß eine örtliche Konzentrationserhöhung, die z. B. durch statistische Schwankungen entstanden sein kann, im Laufe der Zeit wieder abgebaut wird. Ist D' Null, so kann sie

unverändert bestehen bleiben; ist aber D' negativ, so muß diese Konzentrationserhöhung allmählich anwachsen.

In der chemischen Kinetik der Gasreaktionen bestätigt sich immer wieder der Grundsatz, daß Reaktionen von höherer als dritter Ordnung nicht vorkommen, d. h. daß die Wahrscheinlichkeit für ein gleichzeitiges Zusammentreffen von mehr als drei Gasmolekülen verschwindend klein ist. Um auf dem Boden der Wirklichkeit zu bleiben, müssen wir einen ähnlichen Grundsatz auch für die statistischen Konzentrationschwankungen in flüssigen und festen Mischungen einführen¹. Wir nehmen also an, daß innerhalb von Zeiträumen, die in der Größenordnung der mittleren Verweilzeit

¹ Die zahlreichen schon vorliegenden Rechnungen über Keimbildung usw. bieten keinen Raum für eine Anwendung dieses Grundsatzes und können daher eine Reihe wichtiger experimenteller Erscheinungen, insbesondere die scharfe Übersättigungsgrenze, den Einfluß von Ionen und Staub auf die Tröpfchenbildung usw. nicht wiedergeben.

eines Atoms an seinem Gitterplatz sind, durch die statistischen Schwankungen keine Ansammlungen von mehr als drei gelösten Atomen geschaffen werden können. Sollen sich daher Keime für die Ausscheidung im Innern der Mischung bilden, so müssen sie aus kleinen Schwankungen allmählich heranwachsen; diese Schwankungen dürfen mithin im Laufe der Zeit nicht wieder ausgeglichen werden, sondern sie müssen bestehen bleiben. Die notwendige und hinreichende Bedingung dafür, daß sich aus statistischen Schwankungen im Innern der Mischung größere Ansammlungen, d. h. Keime der gelösten Atome bilden, ist also, daß der effektive Diffusionskoeffizient D' nicht positiv, sondern Null oder negativ ist.

Es wird also die Keimbildung und damit die Entmischung im Innern des homogenen Systems nicht schon nach Überschreiten der Gleichgewichtskurve des Zustandsschaubildes, d. h. nach Beginn der Übersättigung, sondern erst nach Überschreiten der in der Figur gestrichelten Kurve, auf der $\frac{\partial a}{\partial c} = 0$ wird, einsetzen können. Ein (nicht zu großer) Keim, der sich auf irgendeine Weise gebildet hat und in das Zustandsgebiet außerhalb der gestrichelten Kurve gebracht wird, muß sich im Laufe der Zeit wieder auflösen. Durch Integration von (4) kann man, wenn D' und der Verlauf von a mit c bekannt sind, den Fortgang der Entmischung als Funktion der Zeit berechnen; der Einfluß der in kristallinen Mischungen beim Größerwerden der Keime entstehenden Spannungen ist in (4) noch nicht enthalten, kann aber berücksichtigt werden. Der Ort, an welchem sich die Keime bilden, ist durch die statistischen Schwankungen bestimmt und kann daher niemals genau berechnet werden.

An den schon von Anfang an vorhandenen Grenzflächen des Systems gilt Gleichung (4), bei deren Ableitung ja ein stetiger Konzentrationsverlauf vorausgesetzt war, nicht, sondern ist durch:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -A (c_l \ln a_l - c_r \ln a_r) \quad (5)$$

zu ersetzen, wo der Index l die Werte links, r rechts von der Grenze kennzeichnen soll. Wie man leicht sieht, besagt die Gleichung, daß ein Keim der neuen Konzentration, der sich außerhalb der Grenzfläche durch Einflüsse, die von der Struktur der Grenze abhängen und daher gesondert zu berechnen sind, gebildet hat, weiterwachsen kann, auch wenn er sich in dem Zwischengebiet zwischen Gleichgewichtskurve und gestrichelter Kurve des Zustandsschaubildes befindet.

Die experimentellen Untersuchungen der Vorgänge in übersättigten metallischen Mischkristallen zeigen die hier theoretisch abgeleiteten Verhältnisse sehr deutlich. Man findet z. B. bei Duralumin (Mischkristall von Aluminium mit etwa 4% Kupfer) durch eine röntgenographische Messung des zeitlichen Verlaufs der Gitterkonstanten, sowie durch Widerstands- und Härtemessungen zwei ganz verschiedene Vorgänge¹. Der eine, die sogenannte Kaltaushärtung, besteht in der Bildung von Keimen (häufig auch Komplexe genannt) im Innern des Mischkristalls. Dieser Vorgang geht in abgeschreckten Mischkristallen im Verlauf einiger Stunden schon bei Zimmertemperatur vor sich. Bringt man das kalt ausgehärtete Duralumin auf Temperaturen über 100° C, so geht die durch die Kaltaushärtung hervorgerufene Widerstands- und Härtesteigerung wieder zurück, d. h. die Komplexe lösen sich entsprechend der Theorie wieder auf. Dagegen tritt die sogenannte Warmaushärtung auch in dem Temperaturgebiet zwischen 100° und 500° C auf; wie eine Reihe von Experimenten zeigt, ist sie eine Ausscheidung an den Korngrenzen sowie an den innerhalb der Körner befindlichen Grenzen der submikroskopischen sogenannten Mosaikblöcke. Offensichtlich entstehen bei der Warmaushärtung stärkere Inhomogenitäten als bei der Kaltaushärtung; das hat zur Folge, daß die Entstehung von Lokalelementen und damit die Korrodierbarkeit durch die erstere meist wesentlich mehr erhöht wird als durch die

¹ Näheres z. B. bei U. DEHLINGER: Arch. Eisenhüttenwes. 10, 101 (1936).

letztere. Die Kaltaushärtung ist daher technisch meist wertvoller als die Warm-aushärtung, und es ist eine Aufgabe der Legierungstechnik, bei aushärtbaren Legierungen eine Kaltaushärtung herbeizuführen und die Warmaushärtung zu unterdrücken.

Die im vorstehenden dargestellte Theorie läßt sich auch auf ganz andere Fälle übertragen, die sie vielleicht dem Verständnis noch näherbringen können. In die thermodynamischen Formeln für kompressible Stoffe geht die Dichte ϱ in ganz derselben Weise ein wie die Konzentration c in die für Mischungen. Wenn wir daher etwa nach der VAN DER WAALSSchen Zustandsgleichung den Druck als Funktion von ϱ bei einer bestimmten konstanten Temperatur auftragen, erhalten wir Kurven, welche ganz analog den Aktivitäts-Konzentrations-Kurven der Figur sind und für Temperaturen unterhalb des kritischen Punkts auch den in der Figur gezeichneten Verlauf besitzen. Bekanntlich führt dieser Verlauf zur Konstruktion eines Gebiets, in dem nebeneinander Dampf und Flüssigkeit bestehen können; trägt man in einem T - ϱ -Schaubild die Grenzen dieses Gebietes ein, so entspricht das vollständig dem T - c -Gleichgewichtsschaubild der Mischungen. Auch hier erhalten wir innerhalb des „Zweiphasengebiets“ eine gestrichelte Kurve, auf welcher $\frac{\partial p}{\partial \varrho}$ sein Vorzeichen wechselt. Für ein von höheren Temperaturen in dieses Gebiet hinein abgeschrecktes Gas ist also die Größe $\frac{\partial p}{\partial \varrho}$ negativ. Dieser Zustand wird ebenso wie der mit negativem $\frac{\partial a}{\partial c}$ in der Thermodynamik als instabil bezeichnet, weil er niemals im thermodynamischen Gleichgewicht bestehen kann. Darüber hinaus wird er in thermodynamischen Lehrbüchern häufig als überhaupt nicht realisierbar angesehen; daß das nicht allgemein, sondern nur bei Gasen mit ihren hohen Diffusionsgeschwindigkeiten richtig ist, sieht man an dem Beispiel der metallischen Mischkristalle, wo der in das instabile Gebiet hinein abgeschreckte Zustand häufig sehr lange Zeit aufbewahrt und sogar technisch verwendet werden kann. Daher hat die Untersuchung der bisher kaum beachteten Eigenschaften dieser instabilen Zustände allgemeine Bedeutung.

Durch genau die gleichen Überlegungen, durch die wir von Gleichung (2) zu der allgemeinen Diffusionsgleichung (4) kamen, erhalten wir für ein VAN DER WAALS-sches Gas die Gleichung:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = A \frac{1}{\varrho R T} \frac{\partial p}{\partial \varrho} \frac{\partial^2 \varrho}{\partial x^2}, \quad (6)$$

worin die kinetische Größe A wesentlich positiv ist. Analog der Diffusionsgleichung besagt (6), daß ein lokaler Unterschied in der Dichte abgebaut wird, solange $\frac{\partial p}{\partial \varrho}$ positiv ist; insbesondere ist dies auch in dem schon übersättigten Gebiet zwischen der Gleichgewichts- und der gestrichelten Kurve der Figur der Fall. Dagegen wächst eine örtliche Dichteanhäufung an, wenn Temperatur und spezifisches Volumen des abgeschreckten Gases in das Gebiet innerhalb der gestrichelten Kurve fallen. Entsprechend dem oben angeführten kinetischen Grundsatz werden wir annehmen müssen, daß eine spontane, d. h. nicht durch Grenzflächen oder Fremdkörper verursachte Tröpfchenbildung aus einer solchen örtlichen Dichteanhäufung sich allmählich entwickeln muß. So kommen wir zu der Aussage: eine spontane Tröpfchenbildung ist bei kleinen Übersättigungen, d. h. unmittelbar nach Überschreiten der Gleichgewichtskurve des T - ϱ -Diagramms noch nicht möglich; sie setzt aber bei einem ganz bestimmten höheren Übersättigungsgrad ein. Dies ist experimentell wohl-bekannt¹, z. B. bildet die Tatsache, daß man bei kleinerer Übersättigung mit Wasserdampf keine spontane Tröpfchenbildung bekommt, sondern dazu Ionen einführen muß, die Grundlage der WILSON-Kammer. Der scharfe Übersättigungspunkt, bei dem die spontane Tröpfchenbildung einsetzt, wird Nebelgrenze genannt.

¹ Siehe K. PRZIBRAM: Handbuch der Physik von GEIGER-SCHEEL, Bd. 22, S. 383. 1926.

Vermutlich lassen sich auch für den Übergang flüssig-fest ähnliche Formeln aufstellen. Experimentell findet man auch hier, daß die Bildung von Keimen des festen Zustands in der unterkühlten Schmelze nicht schon am Schmelzpunkt selbst, sondern erst bei einer bestimmten tieferen Temperatur einsetzt. Besonders auffallend ist diese Erscheinung an den Gläsern, die ja nach TAMMANN unterkühlte Schmelzen sind¹. Wie man aus den Entglasungsvorgängen weiß, würde ihre Erstarrungstemperatur im Gleichgewicht bei ungefähr 700° C liegen; sie lassen sich aber ohne merkbare Veränderung ihrer Eigenschaften über diesen Punkt hinweg unterkühlen. Dagegen tritt nun bei einer bestimmten (mit der Zusammensetzung sich ändernden) Temperatur von ungefähr 500° C eine scharf ausgeprägte Veränderung vieler Eigenschaften ein; von hier ab werden die Gläser spröde und hart. Es ist anzunehmen, daß diese Veränderungen auf die Bildung von submikroskopischen Kristallkeimen zurückzuführen sind, deren Bildung also auch hier erst bei einer bestimmten Unterkühlung beginnen kann. Es ist zu beachten, daß nach einer Reihe von experimentellen Erfahrungen beim Aufschmelzen eines Kristalls Keime sehr lange Zeit in der Schmelze erhalten bleiben können, so daß in diesem Fall eine Erstarrung auch schon vor der kritischen Unterkühlungstemperatur beginnen kann.

Zusammenfassung. Zur Beschreibung des Ablaufs von Reaktionen im festen und flüssigen Zustande kommt man mit den für ideale Gase und verdünnte Lösungen ausgearbeiteten rein kinetischen Gleichungen nicht aus, sondern braucht eine Verbindung von Kinetik und Thermodynamik. Die Diffusionsgleichung kann als eine solche aufgefaßt und daher thermodynamisch erweitert werden, und gibt dann die Temperaturabhängigkeit der Keimbildung bei der Entmischung (Kaltaushärtung) und der spontanen Tröpfchenbildung bei der Kondensation wieder. Dabei zeigt sich, daß diese Vorgänge in den sogenannten grundsätzlich instabilen thermodynamischen Zustandsgebieten eintreten.

Kleine Mitteilungen.

Einige Vorlesungsversuche.

Von Walther Gerlach in München.

Vorlesungsversuche sollen so einfach sein, daß der Blick nicht vom Effekt abgelenkt wird auf eine unübersichtliche Menge von Apparaten; daher sollen auch die experimentellen Hilfsmittel primitiv sein.

Vorlesungsversuche sollen Versuche sein, in denen etwas geschieht, worüber sich der Anfänger wundert, weil er „dem Gefühl nach“ etwas anderes erwartete; dann dient der Versuch der Ausbildung des physikalischen Gefühls, ohne welches physikalisches Wissen nichts nützt. Gerade der, welcher Physik nur als Hilfswissenschaft braucht, bedarf dieses Gefühls. Mangelnder Erfolg im physikalischen Unterricht, den man gern auf die Veranlagung des Schülers abwälzt, beruht meist darauf, daß Wissen eingerichtet, nicht aber Gefühl erweckt und gebildet wird.

Populäre Vorlesungen und Bücher machen vielfach den gleichen Fehler: Wer in ihnen „neueste“ und „tiefste“ Erkenntnis bringt, erregt Verwunderung statt Verständnis und braucht nicht zu erstaunen, wenn ihre Folge nicht Aufklärung, sondern Aberglaupe wird.

I.

Die nach oben steigende Flamme einer Kerze ist die Folge der nach unten wirkenden Schwerkraft, denn sie beruht auf der Konvektion, also auf dem Auftrieb, der an g gebunden ist. Die Konvektion führt die heißen Flammengase nach oben und bewirkt so auch Zufuhr frischen Sauerstoffs. Daß im Innern eines frei fallenden Systems keine Schwerkraftwirkung zustande kommen kann, zeige ich seit 15 Jahren in der Vorlesung

¹ Siehe E. BERGER: Z. techn. Physik. 15, 443 (1934).

durch folgenden Fallversuch¹: Auf dem Boden eines 5-l-Rundkolbens ist eine kleine Stearinkerze angeklebt; sie wird angezündet, der Kolben mit einem Kork verschlossen; man läßt den Kolben dann von einer Leiter im verdunkelten Zimmer etwa 4 bis 6 m frei fallen. Die Fallhöhe ist durch eine Schnur am Hals des Kolbens, deren anderes Ende um die Hand gewickelt wird, begrenzt. Sobald die Flasche fällt, wird die Flamme ganz niedrig: Die Konvektion hört auf. Die Flamme erlischt aber erst beim Ende des Falles, wenn durch die plötzliche Abbremsung des Falles, also eine der Schwerkraft entgegenwirkende Kraft, das kleine noch bestehende Flämmchen nach unten getrieben wird (Trägheitswirkung). Was geschieht, wenn man statt der Kerze eine elektrische Glühlampe fallen läßt? Die Endtemperatur eines elektrisch mit gleichmäßiger Leistung geheizten Drahtes ist durch die je Sekunde durch Leitung, Konvektion und Strahlung abgeführte Energie bedingt (Gleichgewichtszustand). Bei Atmosphärendruck überwiegt die Konvektion. Da beim freien Fall im geschlossenen System keine Schwerkraft wirkt, also auch keine Konvektion besteht, so muß eine frei fallende elektrische Lampe heller brennen. Durch den Abschlußstopfen eines 3-l-Kolbens sind die Zuleitungen für einen gewundenen Glühdraht (5 cm Platindraht, Durchmesser 0,05 mm) geführt. Man heizt auf ganz schwache Rotglut (Zimmer verdunkeln, Auge zuerst ausruhen lassen), so daß man gerade noch einen schwachen Lichtschein sieht. Dann läßt man den Kolben frei fallen: Man beobachtet in der Tat — im großen Hörsaal sichtbar — ein deutliches Aufleuchten. Während der kurzen Fallzeit von etwa 1 sek heizt sich der Draht nur wenig auf; durch Verwendung der schwachen Rotglut als Ausgangszustand benutzt man zur physiologischen subjektiven Verstärkung des Effektes das Strahlungsgesetz und die Empfindlichkeitskurve des Auges.

II.

Die Grunderscheinung des Para- und Diamagnetismus zeigt man gewöhnlich mit der klassischen FARADAYSchen Anordnung: Eine Spule (33 Windungen, 20 cm lang, 2 mm Drahtdurchmesser, 10 Volt, 10 Amp, ohne Vorschaltwiderstand) ist um einen einseitig spitz gedrehten Eisenkern (5 cm Durchmesser) gewickelt. In kleinem Abstand von der Spitze des Eisenkernes hängt an einem etwa 20 cm langen Seidenfaden ein Kügelchen (8 mm Durchmesser) aus Aluminium (paramagnetisch) bzw. Wismut (diamagnetisch). Beim Einschalten des Feldstromes tritt im inhomogenen Feld vor der Spitze eine Kraft auf: Das Wismutkügelchen wird abgestoßen, das Aluminiumkügelchen angezogen. Betrachtet man aber die Bewegung des paramagnetischen Kügelchens genauer, so erkennt man folgendes: zuerst wird es mit großer Beschleunigung abgestoßen; erst dann kehrt es seine Bewegung um und kehrt langsam in die angezogene Lage über. Der Grund hierfür liegt in dem Induktionsstrom, welcher beim schnellen Erregen des magnetischen Feldes in dem Aluminium erregt wird. Das magnetische Feld dieses Induktionsstromes liefert ein induziertes diamagnetisches Moment (LENZsche Regel), dessen Abstoßung beobachtet wird, und das auch das langsame Kriechen in die Endlage erklärt. Bei Wismut ist bei einer nur qualitativen Beobachtung dieser anfängliche zusätzliche Diamagnetismus nicht zu beobachten, wohl aber bei Kupfer. Glüht man ein Kupferkügelchen gut aus und schreckt es ab, so ist das im Kupfer fast stets vorhandene Eisen gelöst und somit magnetisch unwirksam; das Kupfer hat einen so kleinen Diamagnetismus, daß seine Abstoßung mit der beschriebenen Anordnung fast nicht beobachtet werden kann; aber der starke „induzierte Diamagnetismus“ liefert bei Erregung des Feldes eine deutliche ballistische Abstoßung. Beim plötzlichen Unterbrechen des Feldstromes wird das Kügelchen zunächst an den Pol angezogen: nämlich durch die Wirkung des remanenten Feldes des Eisenkernes auf den jetzt in entgegengesetzter Richtung induzierten Strom im Kupfer. Ein Kügelchen aus Glas, gefüllt mit der paramagnetischen Eisenchloridlösung, zeigt wegen der geringen Leitfähigkeit nur die paramagnetische Anziehung.

¹ H. LORENZ hat diesen Versuch näher untersucht: Physik. Z. 35, 529 (1934).

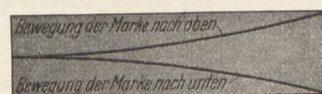
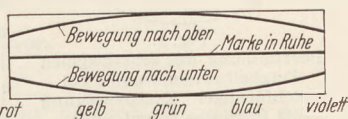
Dieser lehrreiche Versuch gelingt übrigens nur mit einfachen Mitteln! Sobald man nämlich einen großen Elektromagneten nimmt, wächst wegen seiner Selbstinduktion das Feld so langsam an, daß der induzierte Strom zu klein wird, um ein durch Abstoßung noch beobachtbares diamagnetisches Moment zu liefern.

Der Unterschied zwischen diesem „induzierten“ und dem natürlichen Diamagnetismus kann bei diesem Versuch sehr klar aufgezeigt werden: Ersterer beruht auf der Beschleunigung der Leitungselektronen, ist also wegen deren Reibung gedämpft; letzterer aber auf den Atomelektronen, welche keine Dämpfung zeigen. Daher bleibt der auf dem natürlichen Diamagnetismus beruhende Ausschlag so lange bestehen, bis durch Aufheben des Feldes im Atom ein gleich großer Gegenstrom induziert wird.

III.

Eine sonderbare optische Täuschung erhält man bei folgendem Versuch (siehe die Figur). Man projiziert ein möglichst langes und helles kontinuierliches Spektrum (breiter Spalt, Linse, Prisma aus Schwefelkohlenstoff) auf den Wandschirm. Vor den vertikalen Spalt bringt man horizontal z. B. eine Stricknadel: Im Spektrum erscheint dann ein scharfer, horizontaler schwarzer Strich. Bewegt man jetzt die Nadel auf und ab, so scheint sich der Strich umzubiegen, und zwar läuft er im grünen Teile des Spektrums schneller nach oben bzw. nach unten als im roten und im blauen.

Diese Erscheinung beruht zum mindesten zum überwiegenden Teil darauf, daß das Auge die Verschiebung einer Marke in einem hellen Gesichtsfeld um so schneller wahrnimmt, je größer die Helligkeit ist. Im sichtbaren Teil des kontinuierlichen Spektrums künstlicher Lichtquellen ist zwar die Energie am größten im Rot; multipliziert man aber mit der Augenempfindlichkeit, so rückt das Maximum der Helligkeit nach kurzen Wellen und liegt für das prismatische Spektrum der Bogenlampe im Hellgrün.



Optische Täuschung bei Verschiebung einer Marke a) im kontinuierlichen Spektrum, b) in der Projektion eines Graukeils.

Zur Begründung dieser Erklärung kann man 2 Versuche machen: a) man schwächt durch ein mäßig helles violettes Gelatinefilter das Gelbgrün stark ab; jetzt scheint die wandernde Marke im Gelbrot vorzulaufen. Es kann sein (bei geeigneter Dichte des Filters), daß sie auch im Blau vorläuft, also die Gestalt einer Sinuslinie annimmt. b) Man projiziert einen Graukeil und bewegt auf diesem die Stricknadel auf und ab; sie läuft am schnellsten im hellen Teil. Es handelt sich also hier um die optischen Täuschungen, welche durch die physiologischen Eigenschaften des Auges bedingt sind. Offensichtlich kommt der Effekt genau so zustande, wie der stereoskopische Pulfrich-Effekt. Wenn das scheinbare Voreilen nur durch die subjektive Helligkeit der Farben gegeben ist (wenn nicht noch auch ein spezifischer Farbeinfluß vorhanden ist), so bietet dieser Effekt ein Hilfsmittel zur heterochromen Photometrie¹.

München, Physikalisches Institut der Universität.

Kreisbewegung und Impulssatz.

Von H. Greinacher in Bern.

Um die Beziehung zwischen Zentralkraft und zentrifugalem Trägheitswiderstand bei gleichförmiger Kreisbewegung zu finden, kann man verschieden verfahren. Im elementaren Unterricht ist es wohl üblich, die Kreisbewegung während eines kleinen Zeitintervalls als eine tangentielle Wurfbewegung zu behandeln, d. h. eine geradlinig

¹ Ich werde an anderer Stelle über solche Versuche berichten. Selbstverständlich kann man die Erscheinung auch subjektiv an jedem Spektroskop beobachten, z. B. beim Verschieben einer Nähnnadel über den Spalt eines Taschenspektroskops.

gleichförmige Tangentialbewegung mit einer gleichförmig beschleunigten Radialbewegung zu kombinieren. Die gesuchte Beziehung erhält man dann, indem man das Zeitintervall unendlich klein werden läßt. Man kann aber auch das 2. Grundprinzip der Mechanik heranziehen: $K = m \frac{dv}{dt}$ und dv unter Berücksichtigung des Umstandes, daß der Absolutwert von v konstant bleibt, vektoriell ausrechnen. Man zeigt, daß

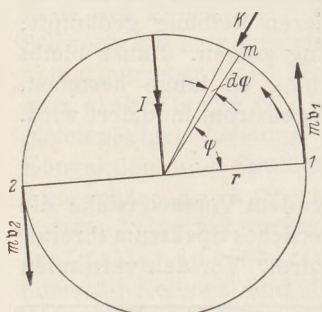


Fig. 1.

Bestimmung des zentrifugalen Trägheitswiderstandes bei gleichförmiger Kreisbewegung mit Hilfe des Impulssatzes.

die Beschleunigung $\frac{dv}{dt} \perp v$ gerichtet ist, und daß v den Wert $v d\varphi$ besitzt. Hieraus folgt unmittelbar $K = m v \frac{d\varphi}{dt}$, oder, da $v = r \frac{d\varphi}{dt}$ ist: $K = \frac{m v^2}{r}$. Bei beiden Ableitungen handelt es sich um die Betrachtung einer Bewegung innerhalb eines kleinen Zeitintervalls.

Die gesuchte Beziehung kann aber, wie hier gezeigt sei, auch unter Zugrundelegung eines beliebig langen Wegstückes gefunden werden. Zu diesem Zwecke verwenden wir den Impulssatz: Impuls = Zunahme der Bewegungsgröße. Letztere läßt sich z. B. für die Bewegung auf einem Halbkreis unmittelbar angeben. Denn es ist (Fig. 1) mv_2 gleich und entgegengesetzt mv_1 , so daß die Differenz $2mv$ beträgt. Der auf der Halbkreisbewegung übermittelte Impuls läßt sich auch unschwer berechnen. Es ist der auf dem Winkelstückchen $d\varphi$ ausgeübte Kraftantrieb $K dt = K d\varphi \cdot \frac{dt}{d\varphi} = \frac{K d\varphi}{\omega}$, wenn die Winkelgeschwindigkeit $\frac{d\varphi}{dt}$ mit ω bezeichnet wird. $K dt$ ist nun vektoriell vom Punkt 1 bis Punkt 2 zu summieren.

Der resultierende Vektor hat aus Symmetriegründen die Richtung von $\downarrow$. Also findet man diesen, indem man die differentiellen Impulskomponenten von $K dt$ in Richtung der Vertikalen bildet und sie algebraisch zueinander addiert. Wir haben daher

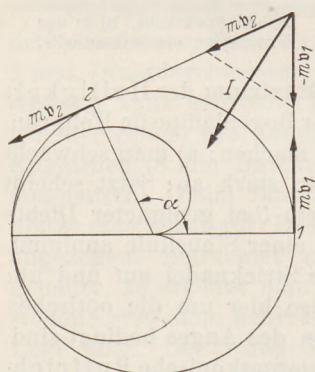


Fig. 2.

Impulsvektor und Impulskurve für gleichförmige Kreisbewegung.

$$\frac{\int_0^\pi K \sin \varphi d\varphi}{\omega} = 2mv$$

oder

$$-K \cos \varphi \Big|_0^\pi = 2mv\omega,$$

woraus

$$K = mv\omega, \text{ d. h. } K = \frac{mv^2}{r}.$$

Gewöhnlich beschränkt man sich im Unterricht auf die Anwendung des Impulssatzes auf die geradlinige Bewegung und leitet beispielsweise mit seiner Hilfe die Stoßgesetze ab. Die gleichförmige Kreisbewegung gibt nun ein dankbares Beispiel ab für die Anwendung des Impulssatzes in seiner allgemeinen, d. h. vektoriellen, Bedeutung. Man erkennt, daß auch für den Fall, wo die Geschwindigkeit sich ihrem Werte nach gar nicht ändert, ein Impuls, d. h. Kraftantrieb, vorhanden ist.

Es ist sogar instruktiv, den an den Körper übertragenen Impuls als Funktion des durchlaufenen Kreisbogens auszurechnen. Dies könnte in ähnlicher Weise geschehen, wie es oben für den Halbkreis ausgeführt wurde. Da der Impuls aber gleich der Änderung der Bewegungsgröße ist, so kann er auch direkt angegeben werden. Man hat nur die Differenz $mv_2 - mv_1$ zu bilden. Zu diesem Zwecke trägt man am Schnittpunkt der Vektorenrichtungen von v_2 und v_1 (Fig. 2) die Vektoren mv_2 und $-mv_1$ auf und erhält so durch Addition den Impulsvektor I , welcher (schon aus Symmetriegründen) auf der Richtung $\alpha/2$ liegen muß. Es ist, wie unmittelbar ersichtlich,

$$I = 2mv \sin \alpha/2.$$

Tragen wir daher die Größe von I als Funktion des vom kreisenden Punkt durchlaufenen Winkels α in radialer Richtung auf, so erhalten wir die in Fig. 2 eingezeichnete Impulskurve. Hierbei ist willkürlich $2mv = r$ gesetzt. Ferner ist zu bedenken, daß die Richtung des unter dem Winkel α aufgetragenen Impulses jeweils in Richtung von $\alpha/2$ liegt. Man erkennt, daß der in Fig. 1 dargestellte, zur Ableitung von $K = \frac{mv^2}{r}$ benutzte Fall ($\alpha = 180^\circ$) der des maximalen Impulses ist. Für einen ganzen Umlauf ($\alpha = 360^\circ$) ist andererseits der übertragene Impuls null.

Auf den ersten Blick überraschend erscheint der Umstand, daß der Verlauf der Impulskurve durchaus nicht die völlig zentralsymmetrische Bewegung des Punktes widerspiegelt. Dies ist jedoch auch nicht zu erwarten, da wir ja einen ganz beliebigen Punkt der Kreisbewegung als Anfangspunkt herausgegriffen haben. Die Impulskurve muß zwar für jeden beliebig gewählten Ausgangspunkt gleich aussehen, aber ihre Lage, d. h. die Orientierung ihrer Mittellinie ist jeweils durch den gewählten Punkt festgelegt.

Über die Helligkeit optischer Bilder.

Von E. Rüdhardt in München.

Obwohl der Gegenstand dieses Beitrages an sich recht einfach ist, sind doch unrichtige Ansichten über die Frage, wovon in einem bestimmten Falle die Flächenhelligkeit eines optischen Bildes abhängt, weit verbreitet. Es liegt dies daran, daß ein sehr allgemeiner Satz meist nicht beachtet wird, der ein wenig überraschend anmutet und meines Wissens in den elementaren Lehrbüchern nicht zu finden ist. Wir wollen der größeren Anschaulichkeit wegen an eine besondere Aufgabe anknüpfen.

Eine bekannte und sehr zweckmäßige Art der Galvanometerbeleuchtung für Vorführungszwecke ist in Fig. 1 und 2 dargestellt. Der Kondensor L_1 bildet die kleine Lichtquelle F_1 auf dem Spiegel S des Galvanometers ab, die Linse L_2 dagegen die Vorderfläche des Kondensors K auf der Skala A , wo ein helles kreisförmiges Bild B der Kondensorfläche erscheint. Der Kondensor ist mit einem senkrechten Draht od. dgl. mitten überspannt, der als dunkle Marke im hellen Kreis erscheint. Die Skala ist dann immer dort hell beleuchtet, wo sie abgelesen werden soll. Spiegelfläche S und Abstand a des Galvanometers von der Skala seien fest gegeben. Wie hat man die Beleuchtungseinrichtung (eine Art Bildwerfer) zu wählen, damit das Bild B möglichst hell werde? Man wird vermuten, das Bild B müsse klein sein, damit die Flächenhelligkeit groß wird, der Kondensor müsse eine kurze Brennweite haben, damit ein möglichst großer Teil des von der Lichtquelle ausgehenden Lichtes ausgenutzt wird, und es müsse dafür Sorge getragen werden, daß alles Licht, das in den Kondensor eintritt, auch auf den Spiegel fällt und nicht ein Teil unausgenutzt am Spiegel vorbeigeht. Das letztere würde bedeuten, daß das Bild F_2 der Lichtquelle F_1 auf dem Spiegel S kleiner oder höchstens ebenso groß sein müsse wie der Spiegel. Es ist für das folgende bequemer, die Anordnung Fig. 1 durch die gleichwertige der Fig. 3 zu ersetzen, um den geknickten Strahlengang zu vermeiden. Der Spiegel ist hier durch eine Blende gleicher Größe ersetzt.

Die Lichtquelle sei eine kleine leuchtende Fläche der spezifischen Helligkeit I , und ihre Normale falle in die Richtung der optischen Achse des Systems. Der von F_1

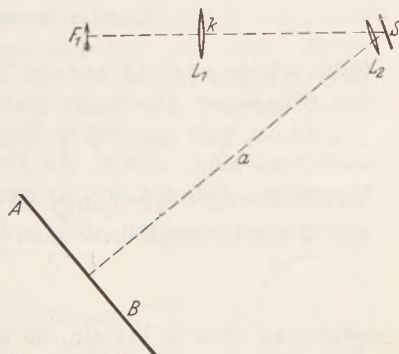


Fig. 1. Galvanometerbeleuchtung.

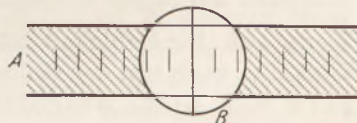


Fig. 2. Beleuchtete Skala.

in der Richtung ϑ gegen die Normale in das Raumwinkelement $d\omega$ ausgesandte Lichtstrom beträgt nach dem LAMBERTSchen Gesetz $IF_1 \cos \vartheta d\omega$, und der ganze in den Kondensor eintretende Lichtstrom ist:

$$2\pi IF_1 \int_0^{\vartheta} \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta = \pi IF_1 \sin^2 \vartheta = JF_1 \omega.$$

Hierin bedeutet ω den räumlichen Winkel, unter dem der Kondensor von der Lichtquelle aus erscheint. Wenn das ganze Licht im Bilde B zur Wirkung kommt, so ist dessen Flächenhelligkeit demnach:

$$H = \frac{JF_1 \omega}{B}. \quad (1)$$

Unsere Vermutungen sind in der Tat alle in der Formel enthalten; denn H ist um so größer, je kleiner die Fläche B des Bildes und je größer ω ist. Die Proportionalität mit F_1 bedeutet, daß kein Licht abgeblendet werden darf. Dies zeigt Fig. 4. In diesem

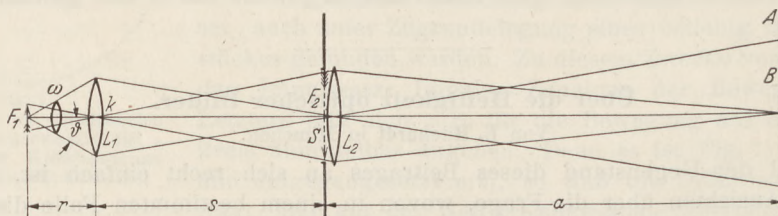


Fig. 3. Ersatzstrahlengang zur Galvanometerbeleuchtung.

Falle würde nämlich nur ein Teil der Fläche F_1 wirksam sein, und H ist ja der Größe der wirksamen Fläche verhältnisgleich.

Es ist nun ein wenig überraschend, daß alle diese Folgerungen dennoch nicht zutreffend sind, obwohl die Formel (1) ohne Zweifel richtig ist. Der Grund ist darin zu suchen, daß die drei Größen ω , F_1 und B gar nicht voneinander unabhängig sind.

Fig. 3 ergibt nämlich: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r^2}{s^2}$ und $\frac{K}{B} = \frac{s^2}{a^2}$, woraus folgt:

$$\frac{F_1}{B} = \frac{F_2 r^2}{K a^2} = \frac{F_2}{\omega a^2}; \quad (2)$$

setzt man dies in (1) ein, so ergibt sich:

$$H = \frac{IF_2}{a^2}. \quad (3)$$

Hierin bedeutet F_2 denjenigen Teil des Bildes von F_1 , der zur Lichtwirkung in B beiträgt, der also nicht abgeblendet wird. Ist $F_2 \leq S$, so ergibt sich demnach immer die gleiche Helligkeit des Bildes B , nämlich: $H = \frac{IS}{a^2} = I\omega'$, und hierin treten nur fest gegebene

Werte auf. Die Helligkeit hängt also weder von der Bildgröße, noch vom räumlichen Winkel ω , noch von der Größe der wirksamen Fläche F_1 ab, wenn nur der Spiegel ganz von Licht ausgefüllt ist. Dies ist gleichzeitig die größte Helligkeit, die man erreichen kann. ω' ist der räumliche Winkel, unter dem der Spiegel von B aus erscheint. Der Spiegel ist in diesem Falle die sog. Austrittspupille. Ist dagegen F_2 kleiner als S , so nimmt die Helligkeit ab, weil nun dieses Bild Austrittspupille ist, und damit ω' kleiner wird. Man sollte deshalb F_2 nicht kleiner machen als S . Ursprünglich schien uns dies durchaus erlaubt. Die Abblendung eines Teiles des Lichtes ist dagegen ohne Einfluß auf die Helligkeit, was überraschend wirkt. Der Satz, daß die Helligkeit eines optischen Bildes nur von der spezifischen Helligkeit der Lichtquelle und dem Raumwinkel abhängt, unter dem die Austrittspupille vom Bildort gesehen erscheint, ist jener allgemeine Satz, von dem anfangs die Rede war.

Man kann sich natürlich auch an der Hand von Formel (1) klar machen, wie das Ergebnis zustande kommt. In Fig. 3 ist F_2 gerade so groß wie S ; ersetzt man nun den Kondensor durch einen solchen von kürzerer Brennweite in gleichem Abstände

von S wie vorher, so muß man die Lichtquelle näher an den Kondensor heranbringen. ω wird damit größer. F_2 wird jetzt größer als S und deshalb (vgl. Fig. 4) die wirk-same Fläche der Lichtquelle kleiner. ωF_1 bleibt dagegen konstant und daher auch die Helligkeit von B . Bildet man die leuchtende Fläche so auf dem Spiegel ab, daß $F_2 = S$ ist, aber einmal mit einem kurzbrennweitigen Kondensor aus der Nähe und ein anderes Mal mit einem langbrennweitigen Kondensor aus größerem Abstand, so muß jedesmal die Brennweite der Linse L_2 so gewählt werden, daß die Vorderfläche des Kondensors scharf auf dem Schirm im Abstand a abgebildet wird. Im ersteren Falle ist B sowohl wie ω groß, im letzteren Falle klein.

Man kann leicht einsehen, daß $\frac{\omega}{B}$ und damit wieder die Helligkeit von B konstant bleibt. Ersetzt man endlich in Fig. 3 den Kondensor durch einen anderen von größerer Brennweite, so muß F_1 weiter von L_1 entfernt werden. F_2 wird damit kleiner als S . Man hat jetzt nur den Raumwinkel ω allein verkleinert, und die Helligkeit von B muß deshalb in der Tat kleiner werden.

Wegen der Wichtigkeit des abgeleiteten Satzes wollen wir noch kurz auf eine Reihe mehr oder weniger bekannter Anwendungen eingehen.

1. Leuchtende oder beleuchtete Flächen erscheinen dem bloßen Auge aus der Nähe und aus der Ferne gleich hell. Der räumliche Winkel ω' von der Netzhaut nach der Pupille des Auges ist bei unveränderter Pupillenweite stets praktisch gleich groß; denn wir akkomodieren durch Änderung der Linsenbrennweite und nicht durch Abstandsänderung der Netzhaut von der Linse. Das Krokodil¹ besitzt dagegen eine fast starre Linse und ändert bei der Akkommodation die Länge des ganzen Auges weitgehend. Diesem Tiere müssen daher nahe Gegenstände weniger hell erscheinen als ferne.

2. Ebenso macht es der photographische Apparat. Der räumliche Winkel ω' , unter dem das Objektiv bei der Aufnahme ferner Gegenstände von der Platte aus erscheint,

ist $\frac{\pi r^2}{f^2} = \frac{\pi D^2}{4 f^2}$, wo D den Ob-
jektivdurchmesser und f die
Brennweite bedeuten. $\frac{D}{f}$ heißt

das Öffnungsverhältnis des Ob-
jektivs. Die Belichtungszeit ist

bekanntlich dem Quadrat des Öffnungsverhältnisses umgekehrt proportional. Man hat jedoch zu beachten, daß das Öffnungsverhältnis ein Maß für die Lichtstärke des Objektivs bei Einstellung auf Unendlich ist. Wenn man mit langem Balg auszug einen Gegenstand in natürlicher Größe aufnimmt, befindet sich die Platte im Abstände der doppelten Brennweite vom Objektiv. Man muß also unter gleichen Umständen viermal so lange belichten, als bei der Aufnahme eines fernen Gegenstandes.

3. Das Okular eines Fernrohrs bildet den Rand des Objektivs vom Durchmesser D als „RAMSDEN“-schen Kreis vom Durchmesser d dort ab, wo sich die Augenpupille des Beobachters befindet (Fig. 5). $\frac{D}{d} = \frac{F}{f}$ ist die Vergrößerung des Fernrohrs (F und f

sind die Brennweiten von Objektiv und Okular). p sei der Durchmesser der Pupille des Auges A . Eine leuchtende oder beleuchtete Fläche erscheint im Fernrohr (wenn man von den Reflexionsverlusten usw. absieht) ebenso hell wie mit bloßem Auge, wenn $d \geq p$ ist. Erst wenn die Vergrößerung so groß gewählt wird, daß $d < p$ wird, nimmt die Helligkeit ab, und zwar mit dem Quadrat der Vergrößerung, weil nunmehr d und nicht p das Lichtbündel begrenzt. Das gleiche gilt auch für das Mikroskop.

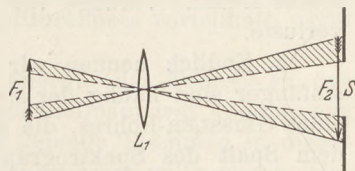


Fig. 4.
Abbildung eines Teiles des Lichtes.



Fig. 5. Fernrohr und Auge.

¹ Vgl. W. VOLKMANN: Praxis der Linsenoptik, 2. Aufl., S. 31, Berlin 1929 und Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, H. 12, S. 26. Berlin: Julius Springer 1927.

Man soll indessen die Vergrößerung mindestens gleich $\frac{D}{p}$ machen (Mindestvergrößerung), weil man andernfalls ebensogut ein Fernrohr mit kleinerem Objektivdurchmesser verwenden könnte. Sog. Nachtbläser für die Jagd oder die Marine müssen, um genügend helle Bilder zu liefern, einen großen Durchmesser des RAMSDENSCHEN Kreises haben, weil das auf Dunkelheit adaptierte Auge eine weite Pupille besitzt. Die Vergrößerung muß deshalb klein sein. Wird eine bestimmte Vergrößerung verlangt, so muß der Durchmesser des Objektivs genügend groß sein. GALILEISCHE Fernrohre besitzen übrigens für solche Zwecke Vorzüge vor den Prismenfernrohren wegen der geringeren Reflexionsverluste.

4. Endlich nennen wir als besonders lehrreiches Beispiel den Spektrographen. Anfänger sind häufig der Meinung, es wäre zweckmäßig, beispielsweise die Kapillare eines GEISSLER-Rohres, die als Lichtquelle dient, mit einer Linse möglichst klein auf dem Spalt des Spektrographen abzubilden, um ein möglichst helles Spektrum zu erhalten. Bei Spektrographen für Arbeiten mit Lichtquellen geringer Helligkeit muß man auf ein großes Öffnungsverhältnis der Kameralinse Wert legen; dagegen ist vom Öffnungsverhältnis des Spaltrohres nie die Rede. Tatsächlich kommt es auf die Brennweite des Spaltrohres überhaupt nicht an und ebensowenig auf die Art, wie der Spalt beleuchtet wird, wenn man nur dafür sorgt, daß die Kameralinse mit Licht ganz ausgefüllt ist. Tut man dies, so nützt man die Lichtstärke des Instrumentes voll aus.

München, Physikalisches Institut der Universität.

Flamme als Tonverstärker.

Von Z. Gyulai in Debrecen (Ungarn).

In meinem Beitrag „Ein alter Versuch und ein neuer Fall des Flammensingens“ [diese Zeitschr. 37, 183 (1924)] habe ich den Fall des Flammensingens beschrieben, daß eine Flamme am Ende eines Rohres, worin durch Erwärmung eines Wassertropfens eine starke Luftschwingung hervorgerufen wird, selbst zu tönen beginnt. Schon dort ist bemerkt worden, daß die Flamme den Ton des Wasser-

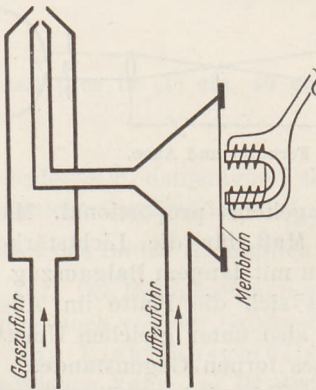


Fig. 1. Elektrische Übertragung von Tonschwingungen auf eine Flamme.

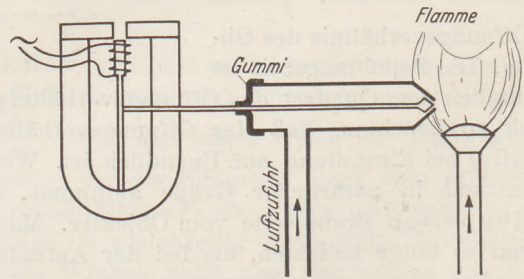


Fig. 2. Elektromechanische Übertragung von Tonschwingungen auf eine Flamme.

tropfens sehr verstärkt. Nun habe ich jetzt Versuche angestellt, bei denen ich mit Hilfe eines Radioapparates eine Flamme als Lautverstärker benutzte. Die Flamme wird genau wie in einer Glasbläserlampe angeblasen. Die schwingende Luftsäule zwingt der Flamme ihr Schwingungstempo auf, und die Flamme gerät ins Tönen. Die Übertragung der Tonschwingungen geschah nach der in Fig. 1 angegebenen Weise. Ein Telephonhörer wird in die Luftzuführung eingebaut und der Strom des Radioapparates eingeschaltet. Die Membran des Kopfhörers gerät in Schwingung, und die Flamme führt nach entsprechender Regelung der Luft- und Gasströmung die Tonwiedergabe aus. Die Übertragung der Tonschwingungen geschieht hier dadurch,

daß durch die Membran des Kopfhörers in der strömenden Luft Tonschwingungen erzeugt werden.

Bei einem anderen Versuch (Fig. 2) habe ich die Schwingungen der Luft in etwas anderer Art erregt. Die Luft ging durch eine Düse, die durch ein Ventil entsprechend der ankommenden Tonfrequenz verengt und erweitert wurde. Das Ventil war an den schwingenden Magnet eines Lautverstärkermagnets angeschlossen. Die Tonschwingung wurde also hier gleichsam mechanisch der Luftströmung aufgezwungen. Das Anblasen der Flamme kann auch exzentrisch, von der Seite her geschehen, wie es Fig. 2 andeutet. Bei dieser Anordnung wirkt die Flamme eines Schnittbrenners vorteilhaft, wenn sie ungefähr in der Mitte angeblasen wird.

Die Bedeutung der Versuche liegt darin, daß die Energie des Tones von der Flamme geliefert wird und die elektrische Energie, die vom Radioapparat kommt, nur zur Steuerung dient. Ein Hinweis auf den Bericht über tönende Flammen in dieser Zeitschrift 14, 297 (1901) wird den geschichtlich interessierten Lesern willkommen sein.

Physikalisches Institut der St. Tisza-Universität Debrecen.

Einfache Vorführung des akustischen Dopplereffektes.

Von Z. Gyulai in Debrecen (Ungarn).

Versuche zur Erläuterung des DOPPLERSchen Prinzips in der Lehre vom Schall sind in dieser Zeitschrift zahlreich beschrieben worden. Es sei z. B. hingewiesen auf die Abänderung des MACHschen Versuchs mit der rotierenden Stimmpfeife, die D. VAN GULIK 14, 288 (1901) vorgeschlagen hat; er macht dabei auf den störenden Einfluß der Reflexion an den Zimmerwänden aufmerksam, weshalb Versuche im Freien vielfach vorgezogen werden. Auch Tonhöhe und Klangfarbe sind auseinanderzuhalten. Der Bericht 17, 238 (1904) bietet eine einführende Übersicht.

Bei dem von E. GRIMSEHL 17, 159 (1904) beschriebenen Freihandversuch ist ebenso wie bei E. MACH das Anblasen der schnell gedrehten Pfeife unbequem. Daher empfiehlt sich, das Anblasen durch die Drehbewegung selbst besorgen zu lassen. Man verwendet als Pfeife eine einseitig geschlossene Röhre, etwa in der Form einer Gewehrpatronenhülse, und drückt den Mund etwas platt. Wird diese Pfeife auf einem Arm von 25 bis 30 cm Länge in rasche Drehbewegung gesetzt, so wird sie bei entsprechender Drehgeschwindigkeit von selbst ertönen. Ist der Motor mit lotrechter Achse aufgestellt, so hört man im Klassenzimmer infolge des DOPPLER-Effektes eine Art Schwebung, eine Vibration in der Tonhöhe der Pfeife.

Man stelle nun die Motorachse waagerecht und bringe den Kopf des Beobachters in die Verlängerung der Achse. Dann hört man trotz der Drehbewegung der Pfeife einen gleichmäßigen Ton.

Es ist zweckmäßig, die Pfeife an dem Arme so unter einem veränderbaren Winkel zu befestigen, daß man den günstigsten Winkel ausprobieren kann. Die Kreistangente muß zu der Pfeifenöffnung unter genau demselben Winkel liegen wie die Luftströmung beim gewöhnlichen Anblasen. Auch die Drehzahl läßt sich verschieden einstellen, bis das Tönen am schönsten wirkt. Ich habe Tönen bei drei verschiedenen Drehzahlen erhalten, wobei es am kräftigsten bei der mittleren war.

Physikalisches Institut der St. Tisza-Universität Debrecen.

Die physikalischen Übungen an der Technischen Hochschule Berlin.

Von Professor Dr. Wilhelm Westphal in Berlin-Zehlendorf.

Die physikalischen Übungen — das sog. Anfängerpraktikum — an den Universitäten und Technischen Hochschulen sind aus kleinen Anfängen entstanden, die 50 bis 60 Jahre zurückliegen. Als ihr eigentlicher Begründer ist F. KOHLRAUSCH anzusehen. Sie beschränkten sich ursprünglich auf den damals sehr engen Kreis der eigentlichen Physik-

studenten, die in weitgehend zwangloser Weise unter Aufsicht ihres Professors und seines Assistenten arbeiteten. Im Laufe der Zeit traten zu den Physikern die Studenten der meisten anderen naturwissenschaftlichen Fachrichtungen und der Medizin, an den Technischen Hochschulen die Studenten fast aller Ingenieurfächer. So erhöhte sich die Teilnehmerzahl im Laufe der Jahrzehnte beträchtlich, ohne daß im allgemeinen an der Organisation etwas Wesentliches geändert wurde.

Als vor etwa 10 Jahren die Zahl der Studenten weit über das vorher gekannte Maß anzuschwellen begann, wuchs auch die Zahl der Teilnehmer an den physikalischen Übungen an der Technischen Hochschule Berlin von 200 bis 300 in der Woche auf beinahe 1000 an, so daß trotz ihrer Verteilung auf fast alle Wochentage die Frage der ordnungsmäßigen unterrichtlichen Betreuung großer Studentenmassen dringlich wurde. Der damals durchgeführte Neubau des physikalischen Instituts gab glücklicherweise die räumlichen und finanziellen Möglichkeiten zur Durchführung einer grundlegenden organisatorischen Reform der Übungen. Sie hat sich sehr gut bewährt, und da sich die getroffenen Maßnahmen auch bei geringerer Studentenzahl als zweckmäßig erweisen dürften, so soll auf Wunsch der Schriftleitung hier darüber einiges berichtet werden.

Der Reform lagen die folgenden Richtlinien zugrunde:

1. Die physikalischen Übungen sollen sich mit der Vorlesung über Experimentalphysik in dem Sinne ergänzen, daß diese mehr in die Breite geht, jene aber an einigen geeigneten Stellen mehr in die Tiefe gehen. Der Student soll, indem er sich mit ausgewählten Aufgaben sehr gründlich beschäftigt, Verständnis für das Wesen physikalischen Denkens und Arbeitens gewinnen und dabei gleichzeitig eine Reihe von grundlegend wichtigen Meßgeräten und Meßverfahren kennenlernen. Darum kommt es nicht so sehr auf die Zahl der erledigten Aufgaben an, sondern darauf, daß die verfügbare Zeit zu einer wirklichen Vertiefung in den behandelten Gegenstand verwendet werde.

2. Damit dieses Ziel erreicht wird, ist es nötig, daß erstens die Aufgaben sehr gründlich erklärt werden, und daß zweitens die Assistenten nach erledigter Erklärung genügend Zeit und Muße haben, sich im einzelnen um den Fortgang der Arbeiten zu kümmern und notwendige zusätzliche Erläuterungen zu geben. Es geht nicht an, daß der Assistent sich fast während der ganzen Übungszeit im Erklären von Aufgaben erschöpft und die gleiche Aufgabe, wenn nicht gar mehrfach am gleichen Tage, so doch sehr oft im gleichen Semester vortragen muß. Er muß dann ermüden und seine Leistung sinken. Zu einer laufenden Beratung während der Arbeit bleibt ihm kaum Zeit, und er vermag nur schwer ein zutreffendes Urteil über die wirkliche Leistung der einzelnen Studenten zu gewinnen. So war hier eine Reform besonders nötig.

3. Aus der allmählich eintretenden Überfüllung war wohl fast überall die durch keinen sachlichen Grund gerechtfertigte und höchst schädliche Gewohnheit entstanden, daß an jeder Apparatur zwei oder gar noch mehr Studenten gleichzeitig arbeiten. (Man denke z. B. an die Waage!). Das mußte beseitigt werden. Jedenfalls mußte in allen Fällen, in denen nicht sachliche Gründe das Zusammenarbeiten zweier Studenten vorteilhaft erscheinen lassen, für jeden Studenten eine besondere Apparatur vorhanden sein.

Bevor ich die neue Organisation schildere, bemerke ich, daß an unserer Hochschule vier Gruppen von Übungsteilnehmern zu unterscheiden sind, die an verschiedenen Tagen arbeiten, und an die verschieden hohe Anforderungen gestellt werden: Physiker (1. bis 3. Semester), Chemiker und Hütteningenieure (1. und 2. Semester), Maschinenbauer, Elektrotechniker usw., Wirtschaftswissenschaftler (2. Semester), Bau- und Vermessungsingenieure (halbes 2. Semester). Für sie alle finden die Übungen einmal wöchentlich und vierstündig statt.

Es wurde nun die folgende Organisation geschaffen:

1. Die Übungsteilnehmer werden zu Beginn des Semesters zu je 10 in Arbeitsgruppen eingeteilt. Dabei wird nach Möglichkeit darauf gesehen, daß die bereits

von den Fachschaften gebildeten Arbeitsgruppen auch bei den Übungen als solche beisammen bleiben. Für je zwei Arbeitsgruppen steht ein Assistent zur Verfügung, und der gleiche Assistent leitet diese Gruppen während des ganzen Semesters. So ist er in der Lage, jeden einzelnen der 20 ihm anvertrauten Studenten genau kennenzulernen und den Übungsleiter über alles Wissenswerte genau auf dem laufenden zu halten. Auf diese Weise gelingt es auch sehr schnell, besonders gute und daher einer Förderung besonders würdige Studenten herauszufinden.

2. Jede Arbeitsgruppe arbeitet nach einem zu Semesterbeginn festgelegten Arbeitsplan, der so gestaltet ist, daß er jede Arbeitsgruppe in einem planmäßigen Gang durch die einzelnen Gebiete der Physik hindurchführt. Je zwei dem gleichen Assistenten unterstellte Arbeitsgruppen erledigen wechselweise nacheinander die gleichen Aufgaben, so daß der Assistent jede Aufgabe beiden Gruppen gemeinsam vortragen kann und sie nur einmal im Semester vorzutragen braucht. Er hat also die Möglichkeit, sich jedesmal gut vorzubereiten. Auch die Studenten haben auf Grund des Arbeitsplanes diese Möglichkeit.

3. Die einzelnen Aufgaben sind so gestaltet, daß an einem Übungstage nur eine einzige Aufgabe erledigt werden kann und soll. So weiß jeder Student, daß er genug Zeit hat, die ihm gestellte Aufgabe ordentlich und in Ruhe zu lösen. Hilfsverfahren, wie Längen-, Temperatur-, Luftdruckmessungen, sind grundsätzlich in den Rahmen einer umfassenderen Aufgabe eingebaut.

4. Zu Beginn jeder Übung versammelt der Assistent seine beiden Arbeitsgruppen und trägt ihnen entweder die beiden, an diesem und dem folgenden Übungstage zu erledigenden Aufgaben vor, oder er läßt die beiden zuletzt erledigten Aufgaben von einem Studenten noch einmal vortragen. Auf diese Weise wird jede Aufgabe zweimal durchgesprochen. Diese Aufgabenerklärung und Besprechung soll sehr gründlich vorgenommen werden und nimmt in der Regel zwischen $\frac{3}{4}$ und $1\frac{1}{4}$ Stunden in Anspruch. Für die Ausführung der Aufgaben bleiben dann immer noch rund 3 Stunden übrig, während deren der Assistent nunmehr von anderen Pflichten völlig frei ist und sich ganz der laufenden Beratung und Beaufsichtigung und am Schluß einer kritischen Beurteilung (Testat) widmen kann.

5. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, sind — den Arbeitsgruppen entsprechend — alle Apparaturen in je 10 gleichen Ausführungen vorhanden. Jeder Student hat seine eigene Apparatur. Nur bei einigen wenigen Aufgaben, bei denen sachliche Gründe eine Zusammenarbeit zweier Studenten nützlich erscheinen lassen (z. B. beim Galvanometer), sind nur 5 Apparaturen für jede Arbeitsgruppe vorhanden. Natürlich ist die ständige Bereitstellung einer so großen Zahl von Apparaturen nur möglich, wenn die Zahl der verfügbaren Aufgaben nicht zu groß ist. Da aber an einem Tage nur je eine Aufgabe erledigt wird, liegt auch ein Bedarf für eine so große Zahl von Aufgaben, wie sie früher üblich war, nicht mehr vor. Selbst die Physiker erreichen in 3 Semestern kaum je die Zahl von 40 Aufgaben.

6. Bei der Auswahl der Aufgaben war in allererster Linie ihr pädagogischer Wert im Sinne von Ziff. 1 der obigen Richtlinien maßgebend, in zweiter Linie die Wichtigkeit des ihr zugrunde liegenden Meßverfahrens.

7. Die Organisation der Übungen für Physiker unterscheidet sich von der obigen nur in einem wichtigen Punkte. Die Aufgabenerklärungen werden nicht während der Übungszeit gegeben, sondern in einer besonderen, vom Übungsleiter gehaltenen zweistündigen Vorlesung, deren Besuch Pflicht ist. In dieser Vorlesung werden nicht nur die Aufgaben erklärt, sondern auch in einen größeren physikalischen Zusammenhang gestellt. Bei den Physikern wird auch besonderer Wert auf Kritik der eigenen Leistung und Anstellung von Fehlerrechnungen gelegt.

8. Großes Gewicht wird darauf gelegt, daß die Studenten sich von Anfang an daran gewöhnen, ein sauberes, übersichtliches und ehrliches Protokoll zu führen und ihre Ergebnisse sauber graphisch darzustellen. Von den Physikern

wird in jedem Semester die schriftliche Ausarbeitung einer frei gewählten Aufgabe verlangt.

9. Die geschilderte Organisation steht und fällt mit der Möglichkeit, über eine ausreichende Zahl tüchtiger Assistenten zu verfügen. Für die Übungen ist nur ein einziger planmäßiger Assistent vorhanden. Die übrigen sind Honorarassistenten und fast durchweg noch selbst Studenten. Sie werden aus denjenigen Physikern ausgewählt, die die Übungen mit besonders gutem Erfolge schon erledigt haben. Solche waren bisher auch immer in ausreichender Zahl vorhanden. Bei der Auswahl der Honorarassistenten wird neben ihrer sonstigen Eignung ihr Einsatz in der studentischen Fachschaftsarbeit besonders gewertet. Wenn irgend möglich, wirkt der jeweilige Leiter der Fachschaft für Physik als Honorarassistent bei den Übungen der Physiker, wodurch ihm die Erlangung einer näheren Kenntnis der jüngeren Fachschaftsmitglieder sehr erleichtert wird. Überhaupt hat sich eine vertrauensvolle Zusammenarbeit mit den beteiligten Fachschaften für die Übungen als besonders wertvoll erwiesen.

Um einen Einblick in die Art der ausgewählten Aufgaben zu geben, teile ich den Arbeitsplan der Physiker mit. Die übrigen Studenten erledigen von diesen Aufgaben nur die leichteren nach Maßgabe der ihnen zur Verfügung stehenden Semesterzahl. Ich lasse die Physiker seit einiger Zeit mit den elektrischen und optischen Aufgaben anfangen. Die Erfahrung hat mich gelehrt, daß sie diese Aufgaben mit geringeren Schwierigkeiten erledigen, als manche Aufgaben aus der Mechanik und Wärmelehre, mit denen man sonst, wo überhaupt planmäßig gearbeitet wird, meist zu beginnen pflegt. Dem folgenden Arbeitsplan ist eine Wochenzahl von 13 im Semester zugrunde gelegt¹.

Arbeitsplan der Physiker.

1. Semester.

1. Widerstandsmessung mit Strom- und Spannungsmesser.
2. Widerstandsmessung in der Brückenschaltung.
3. Klemmenspannung und innerer Widerstand von Elementen.
4. Elektrisches Wärmeäquivalent.
5. Temperaturkoeffizient des Widerstandes.
6. Spannungsmessung durch Kompensation.
7. Leitfähigkeit von Elektrolyten.
8. Brennweite dünner Linsen.
9. Brennweite dicker Linsen.
10. Vergrößerung einer Lupe (9 und 10 werden am gleichen Tage erledigt).
11. Vergrößerung des Mikroskops.
12. Brechungsindex eines Prismas.
13. Wellenlängenmessung mit dem Gitter.
14. Photometrie.

2. Semester.

1. Spezifisches Gewicht fester Stoffe (JOLLYsche Federwaage).
2. Spezifisches Gewicht von Flüssigkeiten (MOHRsche Waage).
3. Elastizitätsmodul (Dehnung und Biegung).
4. Innere Reibung von Flüssigkeiten (relativ und absolut).
5. Kapillarität.
6. Spezifische Wärme fester und flüssiger Stoffe.
7. Schmelz- und Verdampfungswärme des Wassers.
8. BOYLE-MARIOTTESches Gesetz (Volumenometer).
9. Luftthermometer.
10. Dichte der Luft.
11. Akustische Messungen (KUNDTsche Staubfiguren).
12. Empfindlichkeit der Waage.
13. Absolute Wägung².

¹ Ein Buch, in dem die hier angeführten Aufgaben ausführlich, auch an Hand je eines praktischen Beispiels nebst Fehlerrechnung, besprochen werden, befindet sich in Vorbereitung und wird voraussichtlich im Laufe des kommenden Winters erscheinen.

² Für die vorher erledigten Aufgaben genügen gröbere Waagen, oder es werden die leicht zu handhabenden Dämpfungswaagen benutzt.

3. Semester.

1. Trägheitsmoment und Richtmoment.
2. Torsionsmodul.
3. Schwingung der Waage in Abhängigkeit von der Belastung.
4. Gekoppelte Pendel.
5. Magnetisches Feld einer Spule (mit schwingendem Magnet).
6. Schwingung und Dämpfung des Galvanometers. (Hierfür stehen zwei Übungstage zur Verfügung.)
7. Empfindlichkeit des Galvanometers.
8. Sehr große und sehr kleine Widerstände.
9. Ballistisches Galvanometer.
10. Messung magnetischer Felder mit der Induktionsspule.
11. Konstanten des Galvanometers (Trägheitsmoment, Richtmoment, magnetisches Feld im Spalt, Luftdämpfung).
12. Elektrometrische Messungen.

Außerdem steht für Bedarfsfälle und freiwillige Mehrleistungen noch eine Anzahl weiterer Aufgaben — insgesamt etwa 60 — zur Verfügung, die ich hier nicht besonders anführe. Die Aufgaben des 3. Semesters, außer der letzten, stehen, wie man leicht sieht, wesentlich unter dem Stichwort „Schwingungsgleichung“ und bilden ein weitgehend zusammenhängendes Ganzes. Auch bieten sie die Möglichkeit zu einer besonders gründlichen Ausbildung im Gebrauch des Galvanometers.

Alle Apparaturen sind ständig aufgestellt. Es ist ohne Schwierigkeit möglich, mindestens bis zu 240 Studenten, also 24 Arbeitsgruppen, gleichzeitig zu beschäftigen. Bei den elektrischen Apparaturen sind die Meßgeräte, Widerstände, Schalter usw. an den Arbeitsplätzen fest angeschraubt, da sonst wegen ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeit die ständige Gefahr der Verschleppung besteht.

Einige einfache Versuche zum Le Chatelier-Braunschen Gesetz von der Verschiebung der Gleichgewichte.

Von W. A. Roth in Braunschweig.

Als dankbarer Schüler von Fr. POSKE gebe ich gern einen kleinen Beitrag zum fünfzigsten Jahrgange der Zeitschrift meines lieben, alten Lehrers.

Thermodynamik geht wohl durchweg über das Schulpensum hinaus, wenigstens so weit es sich um mathematisch strenge Formulierung handelt. Aber eine Folgerung aus dem ersten und zweiten Hauptsatz ist wichtig, einleuchtend und durch einfache Versuche zu erläutern, nämlich das LE CHATELIER-BRAUNSCHE Prinzip vom kleinsten Zwang¹ oder von der Verschiebung des Gleichgewichts bei Änderung von Druck oder Temperatur. Die quantitative Fassung (wie den Satz von CLAUSIUS-CLAPEYRON oder VAN'T HOFFs Reaktionsisochore) lassen wir beiseite und beschränken uns auf die qualitative Aussage: jedes bewegliche System verlagert bei Temperaturerhöhung das Gleichgewicht nach der Richtung, daß der Wärme verbrauchende Vorgang einsetzt, bei Erhöhung des Druckes nach der Richtung, daß das Volumen abnimmt, d. h. bei Veränderungen paßt sich das System den neuen Bedingungen so an, daß der Veränderung entgegengearbeitet, „der Zwang gemildert“ wird.

Da jedes Verdampfen Wärme verbraucht, reagiert das bewegliche System Flüssigkeit—Dampf oder feste Substanz—Dampf auf eine Temperaturerhöhung mit einer Erhöhung des Sättigungsdruckes.

Da jede Polymerisation mit Wärmeentwicklung verbunden ist (die einzige Ausnahme ist Sauerstoff und Ozon!), sinkt der Polymerisationsgrad mit steigender Temperatur.

Ammoniak entsteht aus den Elementen unter Wärmeentwicklung, aber Volumenabnahme ($N_2 + 3 H_2 = 2 NH_3$; aus 4 Molekülen werden 2; das Volumen sinkt auf die Hälfte). Man arbeitet daher bei der Hochdrucksynthese von Ammoniak bei hohem Druck und bei der tiefsten Temperatur, bei welcher der Katalysator wirksam ist.

Der Einfluß des Druckes auf ein Gleichgewicht ist nicht leicht zu demonstrieren, wohl aber der Einfluß der Temperatur, wenn man Farbreaktionen zu Hilfe nimmt.

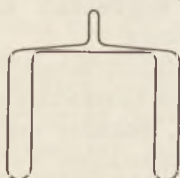
¹ Vgl. diese Zeitschrift 28, 319 (1915).

I. N_2O_4 ist schwach gefärbt, NO_2 tiefbraun. Da die Dissoziation von N_2O_4 in 2NO_2 unter Wärmebindung verläuft, verschiebt sich das Gleichgewicht mit steigender Temperatur nach der NO_2 -Seite: das Gas wird brauner.

Ein Glasrohr von der Form einer Stimmgabel (s. die Figur) wird mit dem Gase gefüllt und oben abgeschmolzen. Kühlt man den einen Schenkel mit Eis und setzt den anderen in warmes Wasser, so ist die Färbung in beiden Schenkeln deutlich verschieden.

II. Flußsäure ist eine schwache Säure, die unter Wärmeentwicklung in die Ionen zerfällt; Essigsäure hat die Dissoziationswärme Null, wie aus den Neutralisationswärmen beider Säuren mit Natronlauge folgt. Also muß Flußsäure bei tiefer Temperatur stärker dissoziiert sein als bei hoher, während der Dissoziationsgrad von Essigsäure von der Temperatur so gut wie unabhängig ist. Die H^+ -Konzentration ist leicht mit geeigneten Indikatoren (Farbstoffen mit von der H^+ -Konzentration abhängigen Farben) nachzuweisen.

Man gießt ein Reagensglas mit einer Lösung von Zelluloid in Aceton aus, läßt das Lösungsmittel unter ständigem Drehen langsam verdunsten, füllt eine etwa 1 n- (d. h. etwa 2%ige) Flußsäure ein, fügt einige Tropfen einer Lösung von Methylviolett

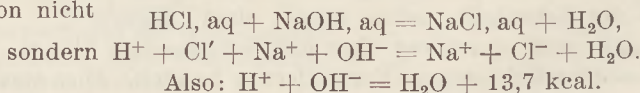


Gerät zur Vorführung
der Dissoziation von
 N_2O_4 .

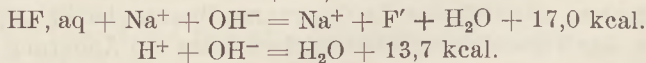
zu und rührt mit einem Holzstäbchen oder einem mit Paraffin überzogenen Glasstab um. In stark saurer Lösung ist Methylviolett grün, bei geringerer H^+ -Konzentration blau, in noch schwächer saurer Lösung violett. Setzt man die untere Hälfte des Reagensglases in Eis, so ist die Färbung dort aquamarinfarben, oben blau!

In ein zweites Glas gibt man 0,1 n-Essigsäure (etwa 0,6%ig), fügt einen Tropfen Methylorange-Lösung zu und kühlt wieder die untere Hälfte mit Eis: der Farbton ändert sich kaum.

III. Wenn man eine verdünnte Lösung einer starken Base mit einer verdünnten Lösung einer starken Säure neutralisiert, erhält man stets die gleiche Wärmetönung von +13,7 kcal. Da Säure, Base und Salz so gut wie vollständig dissoziiert sind, ist die Reaktion nicht



Bei Flußsäure erhält man etwa +17,0 kcal.



Also $\text{HF, aq} = \text{H}^+ + \text{F}^- + 17,0 - 13,7 = \text{H}^+ + \text{F}^- + 3,3 \text{ kcal.}$

Bei der großen negativen Dissoziationswärme des Wassers muß dessen (an sich schwache) Dissoziation mit steigender Temperatur erheblich größer werden, und jede Reaktion, bei der H^+ und OH^- in Aktion treten, muß mit steigender Temperatur stärker werden. Die wichtigste derartige Reaktion ist die Hydrolyse von Salzen schwacher Säuren oder schwacher Basen, die Umkehrung der Neutralisation, z. B. $\text{KCN, aq} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCN, aq} + \text{KOH, aq}$; oder „ionisch“ geschrieben: $\text{K}^+ + \text{CN}^- + \text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{K}^+ + \text{OH}^- + \text{HCN, aq}$. Eine KCN-Lösung reagiert schwach alkalisch, d. h. rötet Phenolphthalein.

Zur Demonstration eignen sich folgende einfache Versuche:

a) Man löst etwas Eisenammonalaun $[\text{Fe}^{\text{III}}\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ in kaltem Wasser auf: durch etwas kolloides $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ist die Lösung gelbbraun gefärbt. Erhitzt man den oberen Teil eines mit der Lösung gefüllten Reagensglases vorsichtig über einem Bunsenbrenner fast bis zum Kochen, während der untere Teil kalt bleibt, so ist die Färbung oben tiefbraun, unten braungelb, weil durch Hydrolyse in der warmen Lösung mehr kolloides $\text{Fe}(\text{OH})_3$ entstanden ist.

b) Eine kaltgesättigte Lösung von NaHCO_3 wird mit Phenolphthalein versetzt, der untere Teil des Glases in Eis gekühlt: die kalte Lösung ist fast farblos, die warme rötlich, weil dort durch Hydrolyse NaOH gebildet wird.

c) Eine NH_4Cl -Lösung wird mit Lackmus-Tinktur angefärbt; durch Zusatz von ein wenig Ammoniak bringt man den Farbton auf violett. Da Ammoniak eine schwache Base ist, entsteht durch Hydrolyse etwas freie Salzsäure. Erwärmt man den oberen Teil des Reagensglases fast bis zum Kochen, während man den unteren mit Eis kühlt, so schlägt die Farbe im oberen Teil in rötlich um, während sie im unteren blauviolett bleibt.

Einfluß des Druckes auf die Dissoziation schwacher Säuren. In dem beweglichen System $\text{H}_2\text{CO}_3, \text{aq} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ ist das Volumen der Ionen + Wasser kleiner als das der nicht dissoziierten Säure, weil das zwischen den Ionen befindliche Wasser durch die elektrostatische Anziehung der Ionen stark komprimiert wird („Elektrostriktion“). Also muß die Dissoziation mit steigendem Drucke wachsen.

Meerwasser enthält gelöste Kohlensäure, die schwach dissoziiert ist. In der Tiefsee, wo ein Druck von vielen hundert Atmosphären herrscht, müssen also erheblich mehr HCO_3^- -Ionen vorhanden sein als in der Flachsee. Das wirkt sich auf die Sedimente aus: in flacher See ist der Boden mit CaCO_3 bedeckt (Bildung von Muschelkalkgebirgen, wenn der Meeresboden sich hebt!), in der Tiefsee, wo viel HCO_3^- vorhanden ist, bildet sich das lösliche Calciumbikarbonat $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, und die mit Tiefseeloten heraufbeförderten Ablagerungen sind nicht CaCO_3 , sondern roter Ton! Also auch geologisch gibt der LE CHATELIER-BRAUNSCHE Satz wertvolle Erklärungen.

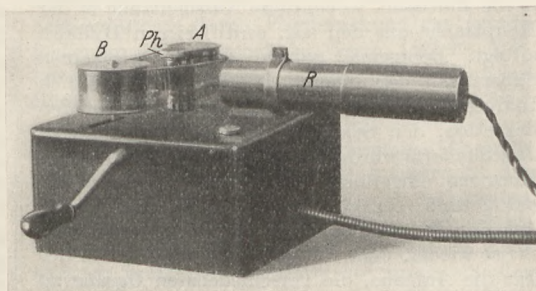
Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Apparat zur Demonstration der physikalischen Grundlagen der Tonfilme. Von Priv.-Doz. Dr. J. KOCZKÁS in Pécs (Ungarn).

Anläßlich andersartiger Versuche bedurfte ich eines Apparates, der es ermöglichte, Tonphotographien in der Art von Tonfilmen wiederzugeben. Dazu ließ ich das in der beigegebenen Figur dargestellte Gerät anfertigen. Durch einen Grammophonmotor wird ein Zylinder *A* gleichmäßig gedreht. Ihm gegenüber ist ein zweiter Zylinder *B* auf einem leichtbeweglichen Achsenlager so angeordnet, daß dessen Entfernung vom Zylinder *A* mittels einer Feder um 5 cm verkürzt bzw. verlängert werden kann. Das ist nötig, weil der 50 bis 60 cm lange Film zusammengeklebt um die beiden Zylinder gelegt und durch den mit Feder versehenen Zylinder *B* dauernd gespannt gehalten werden soll. Die Photozelle *Ph* befindet sich in einem mit einem Spalt versehenen geschlossenen Zylinder; auf diesem Spalt liegt der Film fest an. Der Photozelle gegenüber befindet sich in dem Rohre *R* eine Lampe, die einen dünnen feinen Spalt beleuchtet. Man bildet diesen beleuchteten Spalt mittels einer Linse auf den vor der Photozelle sich bewegenden Film ab. Werden nun die Zylinder *A* und *B* in Drehung versetzt, so rotiert der Film, und es fällt mehr oder weniger Licht auf die Photozelle, entsprechend dem auf dem Film photographierten Ton. Wenn sich der Film ebenso schnell bewegt, wie die Tonaufnahme geschah, der Strom der Photozelle verstärkt und weiterhin dieser verstärkte Strom in einen Lautsprecher geleitet wird, dann wird aus dem Lautsprecher derselbe Ton zu hören sein, durch den die Tonkurve gewonnen wurde. Auf einem 50 bis 60 cm langen Film können nur Wörter oder kurze Sätze aufgenommen werden.

Bei der Herstellung des Gerätes müssen folgende Gesichtspunkte beachtet werden. 1. Das Bild des Spaltes muß zur Rotationsachse des Filmes parallel sein. 2. Die Länge des Spaltbildes muß mit der größten Elongation der Tonphotographie übereinstimmen. 3. Das Spaltbild muß schmal genug sein,



Gerät zur Wiedergabe von Tonphotographien nach Art von Tonfilmen.

damit es auch den feinen Änderungen der Tonkurve treu folgen kann. 4. Die Verstärkung muß tadellos sein (es wurde Widerstandsverstärkung angewendet.)

Wird der Film schneller bewegt, als die Tonaufnahme geschah, so hört man einen höheren Ton; bei langsamerer Bewegung dagegen hört man einen tieferen Ton, als der ursprüngliche war. Auf diese Weise können die Wörter derartig verzerrt werden, daß sie unverständlich bleiben.

Die Vorrichtung kann auch als Photosirene benutzt werden; in diesem Falle sind Sägezähne verschiedener Frequenz auf den Film zu zeichnen.

Physikalisches Institut der Elisabeth-Universität in Pécs (Ungarn).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Ergebnisse der Hormon- und Vitaminehemie¹.
Von Prof. Dr. PAUL BAUMGARTEN in Berlin.

Einleitung. Die Hormone und Vitamine sind Stoffe der belebten Natur von größter, oft lebensnotwendiger Bedeutung. Sie spielen im biologischen Geschehen aber nicht, wie im allgemeinen die Fette, Kohlenhydrate, Eiweißstoffe und viele Mineralsalze, die Rolle von Bau- oder direkten Betriebsstoffen; würden doch für solche Zwecke schon die absoluten Mengen, in welchen die Hormone und Vitamine sowohl im tierischen als auch im pflanzlichen Organismus vorkommen, keineswegs hinreichen. Es ist geradezu ein Kriterium dieser Stoffe, daß sie trotz kleinster, mitunter unwägbarer Mengen überraschend große Wirkungen verursachen können. Sie gleichen in dieser Hinsicht einer anderen Stoffklasse der organischen Natur, den Enzymen oder Fermenten. Man hat deswegen angenommen, daß auch die Hormone und Vitamine im biologischen Geschehen die Rolle von Reaktionsbeschleunigern spielen, wenn auch wohl nicht immer im gleichen Sinne, wie es für die Enzyme gilt, sondern mehr im Sinne von Reaktionsauslösern oder Reaktionsreglern. Man kann somit die Wirkstoffe Hormone und Vitamine ganz allgemein als biologische Katalysatoren oder Regulatoren definieren.

Die Hormone, die wir zunächst betrachten wollen, sind in erster Linie die Wirkstoffe der inneren Sekretion. Ebenso wie es eine äußere Sekretion gibt, z. B. aus Schweiß- oder Speicheldrüsen, so gibt es auch eine innere Sekretion, d. h. eine unmittelbare Ausschüttung von Wirkstoffen in die Blutbahn, wobei diese Ausschüttung in der Hauptsache aus den sog. endokrinen Drüsen erfolgt. Demgemäß nannte man die wirksamen Substanzen der inneren Sekretion ursprünglich Inkrete, in Analogie zu den Produkten der äußeren Sekretion, den Sekreten. Erst zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde die jetzt übliche Bezeichnung Hormone eingeführt. Diese Bezeichnungsweise, auf deutsch: Antreiber oder Anreger, gibt nun die Art der Betätigung dieser Stoffe in treffender Weise wieder, denn die Hormone haben ja in der Tat die Aufgabe, die verschiedensten Organe zu lebensnotwendiger Tätigkeit anzuregen.

Als endokrine Drüsen haben wir vor allem die folgenden anzusprechen: die Nebennieren, die Schilddrüse, die Nebenschilddrüsen, den Hirnanhang oder die Hypophyse, die Zirbeldrüse oder Epiphyse und die Thymusdrüse. Das sind die rein endokrinen Drüsen, Drüsen ohne äußeren Ausführungsgang, die ihre Wirkstoffe unmittelbar in die Blutbahn abgeben und die man früher wegen ihrer unbekannten physiologischen Funktion für rudimentäre Organe gehalten hatte.

Neben diesen rein endokrinen Drüsen gibt es eine Anzahl Drüsen, die wie die Drüsen mit äußerer Sekretion einen äußeren Ausführungsgang besitzen und einen Teil ihrer Sekrete durch diesen

entleeren, die daneben aber noch eine endokrine Funktion haben, also Hormone produzieren und in die Blutbahn ausschütten können. Die wichtigsten dieser Drüsen sind die Bauchspeicheldrüse oder das Pankreas und die männlichen und weiblichen Keimdrüsen, Hoden und Ovar. Auch von anderen Organen, die keinen ausgesprochenen Drüsencharakter aufweisen, nimmt man an, daß sie innersekretorische Funktionen haben, also Hormone hervorbringen können. Es sei hier besonders auf die Hormone der Leber und des Darmes hingewiesen.

Wegen dieses allgemeinen Vorkommens von Wirkstoffen hat man den Hormonbegriff auch nicht mehr auf die Drüsen mit endokriner Funktion beschränkt, sondern die Hormone ganz allgemein als Stoffe definiert, die auf chemischem Wege die Organe anregen und zwischen ihnen Beziehungen herstellen.

Doch auch die Vitamine sind Stoffe, die die verschiedensten Organe zu lebensnotwendiger Tätigkeit anregen. Auch sie sind wie die Hormone Anreger und Reizstoffe. Hierin und auch in mancher anderen Beziehung — vielfach handelt es sich bei Hormonen und Vitaminen um chemisch ähnliche Stoffe — besteht Übereinstimmung. Was die Hormone aber von den Vitaminen unterscheidet, ist folgendes. Die Hormone werden, wie wir gesehen haben, im Organismus selbst, und zwar vorwiegend in den endokrinen Drüsen, aus den dort zur Verfügung gestellten Materialien gebildet; sie gelangen nicht etwa fertig mit der Nahrung von außen in den Körper hinein, um dann in den Ursprungsorganen, den endokrinen Drüsen, gespeichert zu werden. Anders die Vitamine. Sie kommen mit der Nahrung, fertig vorgebildet, in den Körper hinein; sie werden also nicht erst im Körper in bestimmten Organen gebildet. Man hat daher auch die Vitamine als exogene Hormone den eigentlichen als endogenen Hormonen gegenübergestellt. Doch ist auch dieser Unterschied nicht unbedingt gültig. Es gibt Übergänge zwischen Hormonen und Vitaminen. So gibt es Wirkstoffe, die bei einer Tierart als Vitamine, bei einer anderen Tierart aber als Hormone zu gelten haben. Während der Mensch z. B. für seinen Bedarf an antiskorbutischem Vitamin auf die Zufuhr durch die Nahrung angewiesen ist — für ihn ist der Stoff also tatsächlich ein Vitamin —, können Ratte und Hund diesen Wirkstoff selbst bilden; sie sind nicht auf die Zufuhr durch die Nahrung angewiesen, für sie ist das antiskorbutische Vitamin eben ein Hormon.

Woran erkennt man nun die Wirkungen der Hormone und Vitamine im Organismus? Betrachten wir zunächst wieder die Hormone. Fehlen sie im Organismus, weil die sie produzierenden Organe erkrankt oder verkümmert sind, fällt also die Tätigkeit der endokrinen Drüsen aus, so kommt es zu typischen Krankheitsbildern, die man sinngemäß als Ausfallserscheinungen bezeichnet hat. Fällt z. B. die Bauchspeicheldrüse mit ihrer endokrinen Tätigkeit aus, so kommt es zu dem

¹ Nach einem vor der „Vereinigung der Schulchemiker“ in Berlin am 15. Januar 1937 gehaltenen Vortrage.

als Zuckerkrankheit bezeichneten Krankheitsbild, das sich bekanntlich hauptsächlich in einer Störung des Kohlenhydratstoffwechsels mit ihren Folgeerscheinungen äußert. Es ist nun charakteristisch, daß man die Symptome dieser Krankheit heilen, also die fraglichen Ausfallserscheinungen beheben kann, indem man den von dieser Krankheit betroffenen Menschen oder Tieren das fehlende Hormon von außen als Medikament zuführt, im betrachteten Falle dadurch, daß man das aus Bauchspeicheldrüsen von Schlachttieren hergestellte Hormon Insulin in die Blutbahn bringt. Selbstverständlich wird dadurch nicht die Ursache des Leidens, die ungenügende innersekretorische Funktion der Bauchspeicheldrüse, behoben, sondern es wird nur das fehlende Hormon ersetzt, eine Maßnahme, die man notwendigerweise, wenn auch mit kurzen Unterbrechungen, das ganze Leben lang fortsetzen muß.

Ganz ähnlich erkennt man die Wirkungen der Vitamine. Mangeln sie in der Nahrung, so kommt es auch hier zu typischen Krankheitsbildern, die man sinngemäß als Mangelkrankheiten oder Avitaminosen bezeichnet hat und die sich in ihrem Verlauf und in ihren Heilungsmöglichkeiten eng den endokrinen Krankheitsbildern anschließen. Fehlt z. B. in der Nahrung des Kleinkindes ein bestimmter Stoff, den wir Vitamin D nennen, so verharrt der Knochenknorpel im unverkalkten Zustand, und es kommt zu den so charakteristischen rachitischen Knochenverbiegungen. Auch hier kann man die Krankheit dadurch heilen, vorausgesetzt, daß sie nicht zu weit vorgeschritten ist, daß man jetzt eine Nahrung verabreicht, die das fehlende Vitamin in hinreichender Menge enthält.

Die eben geschilderten Wirkungen der Hormone und Vitamine sind von größter Wichtigkeit für die Erkennung und Bestimmung der fraglichen Wirkstoffe für die Zwecke ihrer Isolierung, ihrer Reindarstellung aus dem natürlichen Material: aus den endokrinen Drüsen oder Körpersäften bei den Hormonen und dem pflanzlichen oder tierischen als Ernährung dienenden Material bei den Vitaminen. Will man ein Hormon oder Vitamin isolieren, so muß man es von einer riesigen Menge unwirksamer Substanzen abtrennen, denn die Hormone und Vitamine kommen in dem natürlichen Material, wie schon erwähnt, nur in äußerst geringen Mengen vor. Man hat bei der Isolierung eines Wirkstoffes eine Aufgabe vor sich, die mit dem Auffinden einer Nadel in einem Heuschaber verglichen werden kann, wobei diese Vergleichung keineswegs übertrieben ist, in manchen Fällen eher viel zu günstig erscheinen mag. Und diese Aufgabe der Isolierung eines Hormons oder Vitamins hat nun zur Voraussetzung, daß man über irgendein Nachweisverfahren verfügt, mit dessen Hilfe sich der betreffende Wirkstoff in dem natürlichen Material und den daraus gewonnenen Konzentraten erkennen und, wenn angängig, möglichst quantitativ bestimmen läßt. Die Nachweismethode ist gewissermaßen der Wegweiser bei der Anreicherung des Wirkstoffes.

Am einfachsten wäre es natürlich, man verfügte über ein chemisches Nachweisverfahren, mit

dessen Hilfe sich schnell eine Entscheidung darüber herbeiführen läßt, ob das gesuchte Hormon oder Vitamin in dem fraglichen Material vorhanden ist oder nicht. Doch war man bisher nur in zwei Fällen, bei den beiden Hormonen Adrenalin und Thyroxin, den Hormonen der Nebennieren und der Schilddrüse, in der glücklichen Lage, über eine solche chemische Nachweismethode zu verfügen. Beim Adrenalin, dem Wirkstoff der Nebennieren, ist eine Grünfärbung mit Ferrichlorid, beim Schilddrüsenhormon Thyroxin ein leicht zu bestimmender Jodgehalt charakteristisch. Und nur diesen chemischen Nachweisverfahren und allerdings auch dem Umstande, daß gerade Nebennieren und Schilddrüse verhältnismäßig reich an den betreffenden Wirkstoffen sind, war es zu verdanken, daß Adrenalin und Thyroxin als erste chemisch reine Hormone isoliert werden konnten. In allen anderen Fällen, bei allen anderen Hormonen und bei sämtlichen Vitaminen, versagten aber so einfache chemische Nachweise, und zwar schon meist deswegen, weil die im natürlichen Material vorkommenden Wirkstoffe in viel zu geringen Mengen vorliegen, um noch auf einen chemischen Nachweis, dessen Empfindlichkeit für die vorliegenden Zwecke viel zu gering ist, ansprechen zu können.

Was aber der chemische Nachweis nicht vermag, das leistet die biologische, die physiologische Testmethode. Diesen Verfahren liegen in erster Linie die schon geschilderten Wirkungen der Hormone und Vitamine, das Auftreten von Ausfallserscheinungen bei den Hormonen und von Mangelkrankheiten bei den Vitaminen, zugrunde. Wir haben gesehen, wie man die durch Ausfall der endokrinen Tätigkeit bedingten Krankheitssymptome durch Verabreichung des gerade fehlenden Hormons beheben kann. Solche Ausfallserscheinungen lassen sich auch künstlich bei einem Versuchstier dadurch herbeiführen, daß man eine bestimmte endokrine Drüse operativ entfernt. Die so künstlich hervorgerufenen Ausfallserscheinungen können nun zur Auswertung des von der betreffenden Drüse gerade produzierten Hormons herangezogen werden, indem man zusieht, ob nach Verabfolgung der auf das fragliche Hormon zu prüfenden Substanz die gesamten oder einzelne besonders hervortretende Ausfallserscheinungen behoben werden. In vielen Fällen verfügt man nur über dieses etwas umständliche Verfahren zur Testierung von Hormonen. Oft läßt sich aber der biologische Test vereinfachen, und zwar dadurch, daß man statt der Heilung der Ausfallserscheinungen an einem drüsenektomierten Tiere typische Wirkungen der Hormone auf bestimmte Organe gesunder, nicht operierter Versuchstiere heranzieht. So erniedrigt z. B. das Insulin, das Hormon der Bauchspeicheldrüse, wenn es gesunden Versuchstieren injiziert wird, den normalen Blutzucker dieser Tiere in charakteristischer Weise. Und auf diese Wirkungsweise gründet sich nun auch die Bestimmung des Insulins. Die Durchführung einer Testmethode dieser Art gestaltet sich naturgemäß viel einfacher, da man ja am Versuchstier keinen operativen Eingriff vorzunehmen braucht. Statt der Wirkung am Tiere selbst kann

vielfach auch die Wirkung auf ein herauspräpariertes, überlebendes Organ, ein Herz, einen Uterus oder dergl., zur Testierung herangezogen werden.

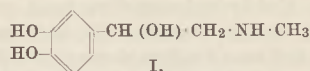
Ganz allgemein sind die biologischen Testmethoden außerordentlich empfindlich, viel empfindlicher, als ein chemischer Nachweis je gestaltet werden kann. Die Empfindlichkeit eines biologischen Testes wetteifert durchaus mit der Empfindlichkeit spektroskopischer und radiochemischer Verfahren, was die eine Angabe beweisen mag, daß sich noch 10^{-16} g Adrenalin mit Hilfe eines solchen Testes sicher nachweisen lassen.

Ähnlich wie bei den Hormonen verfährt man zur Testierung der Vitamine. Man erzeugt hier künstlich eine Mangelkrankheit, indem man Versuchstieren eine Nahrung verfüttert, die alle notwendigen Nahrungselemente: Fette, Kohlenhydrate, Eiweißstoffe, Mineralsalze und auch die bekannten Vitamine, nur nicht das Vitamin, auf das gerade geprüft werden soll, enthält. Es treten dann am Versuchstier gewisse krankhafte Erscheinungen auf, die oft das Bild einer typischen Mangelkrankheit zeigen. So z. B. wird Rachitis auftreten, wenn der Nahrung gerade das antirachitische Vitamin gefehlt hat. Jetzt setzt man der inkompletten Nahrung die auf das betreffende Vitamin zu prüfende Substanz, im Falle von Rachitis z. B. Lebertran, hinzu und untersucht, ob Heilung der Krankheit oder des sonst zutage getretenen Mangels erfolgt. Wie man sieht, ist das ein umständliches, vor allem zeitraubendes und dabei von manchen Zufälligkeiten abhängiges Verfahren, ein Umstand, der die chemische Bearbeitung des Vitamingebiets ungemein erschwert hat und bei neu aufzufindenden Vitaminen noch erschwert. Daher ist die Isolierung der Vitamine auch erst verhältnismäßig spät erfolgt, nachdem auf dem Hormongebiete, wo die Testierung, wie wir gesehen haben, doch leichter ist, längst Erfolge zu verbuchen waren. Nach erfolgter Isolierung der Vitamine lernte man allerdings auch in einigen Fällen andere Verfahren, z. B. spektroskopische, kennen, die es gestatten, das betreffende Vitamin unabhängig vom Tierversuch zu erkennen und auszuwerten, was natürlich wegen der damit verbundenen Zeit- und Materialersparnis von größter Wichtigkeit ist. Aber für die Isolierung der Vitamine haben diese nicht biologischen Testmethoden mit einer Ausnahme nur geringen Wert gehabt.

Nach diesen allgemeinen Ausführungen komme ich zur Besprechung der neueren Ergebnisse der Hormon- und Vitaminchemie. Ich beginne mit den Hormonen.

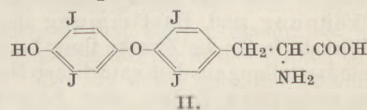
Hormone. Das am längsten in reiner Form bekannte Hormon ist das Hormon der Nebennieren, das schon erwähnte Adrenalin, dessen Isolierung auf Grund seiner besprochenen leichten chemischen Nachweisbarkeit bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts erfolgte und das bald darauf auch synthetisch dargestellt werden konnte. Seine Konstitution ist die eines N-Methylaminomethyl-3,4-dioxyphenylcarbinols (I). Seine physiologische

Wirkung besteht in einer enormen Erhöhung des Blutdruckes.



Die Nebennieren bestehen aus zwei histologischen Teilen, dem Mark und der Rinde. Das Adrenalin ist das Hormon des Markes. Doch auch die Rinde produziert ein lebensnotwendiges Hormon, wie die tödlich endenden Ausfallserscheinungen bei nebennierenlosen Tieren trotz Zufuhr des Markhormons, des Adrenalins, beweisen. Dieses Rindenhormon, das die erwähnten Ausfallserscheinungen weitgehend beheben kann — auf dieser Wirkung fußt auch seine Testierung — wird Cortin genannt. Es konnte in letzter Zeit in weitgehend reiner, wenn auch noch nicht kristallisierter Form hergestellt werden, und es konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß es sich bei ihm um ein ungesättigtes Keton handelt, das möglicherweise der Sterinreihe, von der wir noch wiederholt Vertretern unter den Hormonen begegnen werden, angehört (1)¹.

Auch das Thyroxin, das Hormon der Schilddrüse, ist wie das Adrenalin verhältnismäßig lange (1919 von dem Amerikaner Kendall isoliert) in reiner, kristallisierter Form bekannt. Dieses den Stoffwechsel regulierende Hormon — unter seiner Einwirkung erfolgt eine Beschleunigung des gesamten Stoffwechsels — wurde 1926 von HARRINGTON (2) synthetisch dargestellt und damit seine Konstitution als eine tetrajodierte β -Oxyphenoxypheyl- α -aminopropionsäure (II) sichergestellt. Von Interesse für seine mögliche Entstehung im Organismus ist seine vor kurzem erfolgte künstliche Darstellung durch Jodieren von Eiweiß und



hydrolytische Spaltung des erhaltenen Jodeiweißes (3).

Bei den Nebenschilddrüsen, deren endokrine Funktion in der Regulierung des Kalkstoffwechsels liegt — bei Ausfall ihrer Tätigkeit kommt es zu intermittierenden Krämpfen, zu Tetanie —, sind in letzter Zeit in Bezug auf die Reindarstellung des fraglichen Hormons, das als Parathormon bezeichnet wird, keine weiteren Fortschritte erzielt worden. Dies liegt daran, daß wir es beim Parathormon mit einem eiweißstoffähnlichen Stoff (4) zu tun haben, dessen chemische Bearbeitung naturgemäß, wie wir das auch bei den anderen eiweißstoffähnlichen Hormonen sehen werden, eine recht spröde Angelegenheit ist. Zu erwähnen ist, daß photochemische Umwandlungsprodukte des Ergosterins besonderer Art — wir werden später anderen photochemischen Umwandlungsprodukten des Ergosterins als Vitamin D begegnen — das schwer zugängliche Nebenschilddrüsenhormon

¹ Die eingeklammerten Zahlen mit arabischen Ziffern bedeuten die Nummern des an den Schluß gesetzten Schrifttumsverzeichnisses.

bei der Behandlung der als Ausfallserscheinung bei fehlenden oder atrophierten Nebenschilddrüsen auftretenden Tetanie in gewissem Umfang ersetzen können (5).

Auch das Insulin, das blutzuckersenkende Hormon der Bauchspeicheldrüse, dessen Fehlen im Organismus zu einem abnormen Ansteigen des Zuckers im Blut und somit zur Zuckerkrankheit führt, ist ein Hormon von Eiweißcharakter. Die wegen der Wichtigkeit dieses Hormons bei der Behandlung der weit verbreiteten Zuckerkrankheit in breitem Ausmaß erfolgte chemische Bearbeitung ergab wegen seiner Proteinnatur hinsichtlich der synthetischen Darstellung keine Fortschritte. Die chemischen Untersuchungen bestätigten auch beim kristallisierten Insulin — Insulin kann gleich manchen anderen Eiweißstoffen in kristallisierter Form erhalten werden — die Proteinnatur. Eine wirksame Komponente, an die man sich mitunter die physiologische Wirkung geknüpft dachte, ließ sich nicht isolieren. Die spezifische Wirkung des Insulins hängt daher nicht von einem wirksamen Anteil ab, etwa einer wirksamen Aminosäure, die in die Polypeptidketten des Insulins eingebaut ist, sondern wohl mehr von der besonderen Verknüpfung seiner Bausteine, der in ihm vorliegenden Aminosäuren. Sicher ist, daß die blutzuckersenkenden Eigenschaften des Insulins an die Gegenwart gewisser Disulfidbindungen und ebenso an das Vorhandensein gewisser freier Aminogruppen geknüpft sind (6). Wenn auch wegen der eindeutig festgestellten Proteinnatur des Insulins seine künstliche Darstellung einer weiteren Zukunft vorbehalten sein dürfte — fällt doch diese Aufgabe mit dem noch ungelösten Problem der Eiweißsynthese zusammen —, so ist es ein Trost bei dieser Sachlage, daß es der Technik in den letzten Jahren gelungen ist, die Insulingewinnung aus natürlichem Material, den Bauchspeicheldrüsen von Schlachttieren, weiter erheblich zu verbessern, so daß jetzt gegenüber früher ein Vielfaches des segensreichen Wirkstoffes gewonnen werden kann.

Bei der Hypophyse, dem Hirnanhang, einem endokrinen Organ von allergrößter Bedeutung, sind zwar in neuerer Zeit weitere erhebliche physiologische Fortschritte erzielt worden, dagegen treten die rein chemischen Ergebnisse etwas zurück. Die Hypophyse besteht im wesentlichen aus zwei histologischen Teilen, dem Vorderlappen und dem Hinterlappen. Beide sind Produktionsstätten von Hormonen. Im Hinterlappen unterscheidet man zwei Hormone, ein blutdrucksteigerndes, das auch harnhemmend wirkt, und ein uterusanregendes Hormon. Besonders bei dem letzteren, dem Oxytocin, wurden chemische Fortschritte erzielt. Es konnte gezeigt werden, daß es sich bei ihm um einen insulinartigen, wenn auch niedriger molekularen Stoff handelt, in dem wahrscheinlich Cholin chemisch gebunden ist (7).

Zahlreich sind die physiologischen Funktionen, die dem Vorderlappen zukommen. Man kennt nicht weniger als 10 oder 11 solcher verschiedenen Funktionen, denen wohl ebenso viele verschiedene Hormone entsprechen (8). Die chemische Natur

dieser Hormone ist noch nicht eindeutig geklärt, da sie bisher nicht in chemisch reiner Form vorliegen. Die Schwierigkeiten einer Reindarstellung sind hier um so größer, als es sich bei diesen Hormonen um eiweißstoff- oder polypeptidähnliche Substanzen handelt. Verhältnismäßig rein ist das schon vor 10 Jahren, aber auch nur als amorpher Eiweißstoff erhaltene Wachstumshormon (9), dem die Regulierung des von der Hypophyse aus gesteuerten Wachstums obliegt. Auch das Sexualhormon des Vorderlappens, das Prolan, ist ein einigermaßen definierter, eiweißähnlicher Stoff. Das Prolan ist ein übergeordnetes und dabei geschlechtsunspezifisches Sexualhormon, d. h. es stimuliert nicht nur die weiblichen, sondern auch die männlichen Keimdrüsen, es ist das gonadotrope, das keimdrüsenstimulierende Hormon schlechweg. Besonders untersucht sind die Beziehungen, die zwischen Prolan und den weiblichen Keimdrüsen bestehen. Dem Prolan kommen hier zwei verschiedene Wirkungen zu, die man meist zwei verschiedenen in ihm vorkommenden Stoffen, dem Prolan A und dem Prolan B, zuschreibt. Prolan A bewirkt im Ovarium die Reifung eines Follikels mit seiner Eizelle und hiermit gleichzeitig die Bildung eines Hormons, das man wegen seines Ursprungs im Follikel als Follikelhormon bezeichnet hat. Das Prolan B ist das Hormon der Gelbkörperbildung; es wandelt einen infolge des Eiaustritts geplatzten Follikel in ein drüsiges Organ um, das seines Carotingehaltes wegen als Gelbkörper bezeichnet wird, und veranlaßt hierin zugleich die Bildung eines weiteren weiblichen Sexualhormons außer dem Follikelhormon, des sog. Gelbkörperhormons (10).

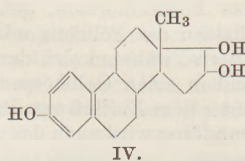
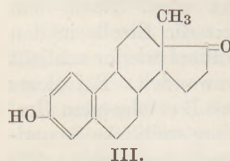
Diese beiden weiblichen Sexualhormone sind von größter physiologischer Bedeutung. Ihr Vorhandensein erkannte man zunächst an den typischen Ausfallserscheinungen, die sich nach operativer Entfernung des Ovars durch Atrophie der Genitalorgane und der sekundären Geschlechtsmerkmale bzw. bei operativer Entfernung nur der Gelbkörper unter möglichster Schonung des Ovars durch die Unmöglichkeit des Eintretens von Schwangerschaft zu erkennen geben. Für die Reindarstellung der beiden Hormone war indessen der durch diese Ausfallserscheinungen gegebene Test nicht eindeutig genug. Doch konnte ein eindeutiger Test in der Beeinflussung der zyklischen Genitalvorgänge des weiblichen Organismus gefunden werden.

Wir haben gesehen, wie unter der Einwirkung des Hypophysensexualhormons Prolan A im Ovar ein Follikel und in ihm eine Eizelle reift und zugleich das eine weibliche Sexualhormon, das Follikelhormon, gebildet wird. Nach dem Platzen des Follikels wandert die Eizelle in den Uterus, während sich der Follikel wieder schließt und in einen Gelbkörper umwandelt. Bei dieser unter dem Einfluß von Prolan B erfolgenden Umwandlung wird auch das andere weibliche Sexualhormon, das Gelbkörperhormon, mobilisiert. Die Vorgänge im Ovar sind nun histologisch durch einen parallel damit stattfindenden Aufbau der Uterusschleimhaut gekennzeichnet. Wir unter-

scheiden auch hier zwei Phasen. Die erste Phase erfolgt unter dem Einfluß des Follikelhormons und besteht in einer Wucherung der Uterusschleimhaut als Vorbereitung zur Aufnahme des Eies. Ist das Ei gereift und aus dem Follikel in den Uterus gewandert, wobei der Follikel seinerseits in einen Gelbkörper übergeht, so wirkt jetzt das im Gelbkörper gebildete Gelbkörperhormon auf die gewucherte Uterusschleimhaut ein und wandelt sie in der zweiten Phase zu einem drüsigen Organ um, das die Aufgabe hat, die Einbettung des Eies für und während der Schwangerschaft zu übernehmen. Tritt aber keine Befruchtung ein, so wird das unbefruchtete Ei zusammen mit der aufgebauten Uterusschleimhaut in der Menstruation abgestoßen, und der Zyklus beginnt von neuem.

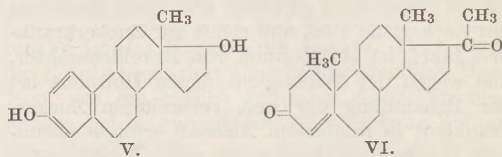
Die erste dieser Phasen, die Wucherung der Uterusschleimhaut, die unter der Einwirkung des Follikelhormons vor sich geht, kann man mikroskopisch an einem Vaginalausstrich beobachten; auch die zweite Phase, die Umwandlung der gewucherten Uterusschleimhaut in ein drüsiges Organ, läßt sich mikroskopisch, allerdings hier nur an Schnitten des herausgenommenen Uterus von Versuchstieren, einigermaßen leicht feststellen. Für die Zwecke der Testierung verwendet man nun kastrierte weibliche Tiere, die wegen des Fehlens der beiden Sexualhormone (eine Folge der Kastrierung) keinen Zyklus mehr zeigen, und ruft diesen dann wieder durch Verabreichung der beiden Hormone hervor. Das Follikelhormon erkennt man an dem Eintreten der ersten Phase, die im Vaginalausstrich durch mikroskopische Beobachtung der hier auftretenden Zellen leicht zu ermitteln ist, was für die Aufstellung eines Testes besonders wichtig war. Zur Erkennung des Gelbkörperhormons muß selbstverständlich durch Verabfolgung von Follikelhormon zunächst die erste Phase ausgelöst werden, die dann unter der Einwirkung des Gelbkörperhormons in die zweite übergeht und, wie schon erwähnt, an mikroskopischen Schnitten des Uterus festgestellt werden kann.

Mit Hilfe dieser Testmethoden sind nun in den vergangenen Jahren die beiden weiblichen Sexualhormone in reiner, kristallisierter Form hergestellt worden. Zuerst wurde das Follikelhormon fast gleichzeitig (1929) von DOTSY und BUTENANDT (10) isoliert, und zwar aus Harn Schwangerer, der besonders reich an diesem Hormon ist. Es erwies sich als ein Sterinderivat, dessen Konstitution (III) durch Überführung in bekannte Verbindungen (11) und durch die Synthese (12) aus einem natürlichen Sterin, dem Ergosterin, bewiesen werden konnte. Außer dem Fol-



likelhormon, das auch, weil es den Oestrus hervorruft, Oestron genannt wird, konnten aus Schwangerenarn und Ovarien in den letzten Jahren noch

zwei andere physiologisch hochwirksame Stoffe isoliert werden, die mit dem Oestron chemisch sehr nahe verwandt sind. Es handelt sich hier um das weniger wirksame Oestriol (IV) (10) und um das Oestradiol (V) (10, 13), das mit der etwa fünffachen Wirksamkeit des Oestrone das wirk-



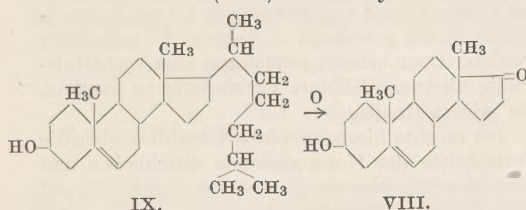
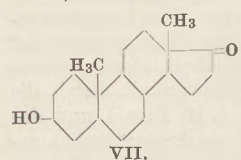
samste der Follikelhormone ist. Mit nur 0,02 μ Oestradiol kann an der kastrierten weiblichen Maus die vorhin gekennzeichnete Umwandlung der Uterusschleimhaut hervorgerufen werden. Es wurde auch künstlich durch Reduktion von Oestron erhalten, und das schon vor seiner Auffindung in natürlichem Material, in Schweineovarien. Auch aus dem Harn schwangerer Stuten sind physiologisch wirksame Verwandte des Oestrone erhalten worden (10), die sich vom Oestron durch ein Mehr von einer bzw. zwei Doppelbindungen im Molekül unterscheiden und Equilin, Hippulin und Equilenin genannt werden.

Das Gelbkörperhormon, das zweite weibliche Sexualhormon, wurde erst 1934 in reiner Form gewonnen, und zwar unabhängig voneinander von ALLEN, SLOTTA und BUTENANDT (14). Es ist ebenfalls ein Sterinderivat (VI) und wurde kurz nach seiner Isolierung auch synthetisch aus einem Sterin, dem Stigmasterin, bzw. dem im Schwangerenarn vorkommenden Sterinabkömmling Pregnandiol erhalten (15). Das Gelbkörperhormon wird als Progesteron bezeichnet.

Erfolgreich war auch die chemische Bearbeitung der männlichen Sexualhormone, die in den männlichen Keimdrüsen, den Hoden, gebildet werden und zum Teil mit dem Harn zur Ausscheidung kommen. Obwohl nach den hormonalen Wirkungen der Hoden seit beinahe einem Jahrhundert kannte — sie erbrachten in den bekannten Versuchen des Göttinger Physiologen BERTHOLD an kastrierten Hähnen aus dem Jahre 1849 die ersten sicheren Kenntnisse über hormonale Wirkungen überhaupt —, erfolgte die Isolierung eines reinen Hormones erst im Jahre 1931. Man mußte nämlich zunächst lernen, die von BERTHOLD gefundene Behebung der bei kastrierten Hähnen auftretenden Ausfallserscheinungen, die sich in einem Ausbleiben oder einer wesentlich schwächeren Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale, zumal im Zurückbleiben des Kammwachstums, äußern, zu einer brauchbaren Testmethode auszuarbeiten, was erst 1928 amerikanischen Forschern gelang (16). Bald darauf erfolgte auch die Gewinnung eines reinen Hormons durch BUTENANDT (17). Wir sehen hier wieder, eine wie große Rolle ein geeignetes Testobjekt bei der Isolierung von Hormonen spielt. Die Gewinnung des ersten männlichen Sexualhormons erfolgte aus Männerharn. Es erwies sich als ein Verwandter des Follikelhormons und damit als Sterinabkömmling und wurde deswegen Androsteron (männliches Steron)

benannt. Seine chemische Konstitution entspricht der Formel VII. Es ist wie das Oestron ein Oxyketon, doch hat es im Gegensatz zu diesem gesättigten Charakter und eine weitere Methylgruppe. Die Konstitution konnte durch die 1934 von RŮŽICKA ausgeführte Synthese (17), die von dem wichtigsten tierischen Sterin, dem Cholesterin, ausgeht, eindeutig bewiesen werden.

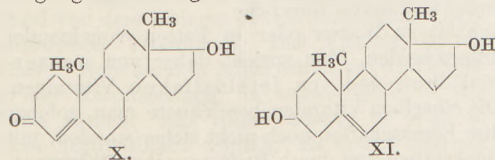
Außer dem Androsteron konnte noch ein weiterer männlicher Prägnanzstoff aus Männerharn isoliert werden. Er unterscheidet sich vom Androsteron durch das Fehlen von zwei Wasserstoffatomen und hat die Konstitution eines Dehydroandrosterons (VIII). Die Synthese dieses



Hormons erfolgt in besonders durchsichtiger Weise vom Cholesterin (IX) aus — sie sei deswegen hier angeführt —, und zwar durch einfachen oxydativen Abbau von dessen Seitenkette.

Schließlich ist als drittes männliches Sexualhormon ein Stoff zu nennen, der 1935 von dem holländischen Forscher LAQUEUR gewonnen wurde (17). Seine Isolierung erfolgte aber nicht aus Harn, sondern aus den Testikeln. Auch dieses Hormon ist ein Sterinderivat und wird deswegen und wegen seiner Gewinnung als Testosteron (X) bezeichnet. Es ist physiologisch noch wirksamer als die beiden anderen männlichen Prägnanzstoffe, und zwar sechs- bis siebenmal so wirksam wie Androsteron. Mit 30 γ Testosteron kann man beim Kapaun ein Wachstum der Kammfläche um 20% bewirken. Auch die Konstitution des Testosterons konnte durch Synthese, die z. B. vom Dehydroandrosteron ausgehen kann, gesichert werden.

Hier auf dem Gebiete der männlichen Sexualhormone war die chemische Synthese in letzter Zeit besonders fruchtbar. Es konnten die verschiedensten Verwandten der bisher erwähnten männlichen Prägnanzstoffe hergestellt werden; und fast alle



diese Kunststoffe, die im natürlichen Material bisher nicht gefunden wurden, erwiesen sich als physiologisch wirksam, wobei die Wirksamkeit mitunter die des wirksamsten Testosterons erreichen und sogar noch etwas übertreffen kann. Es sind hierbei auch interessante Übergänge zu den weiblichen Sexualhormonen aufgefunden worden.

Reduziert man im Dehydroandrosteron die Keto- zur Carbinolgruppe, so kommt man zum Dehydroandrostandiol (XI), das bisexuell, also nicht nur als männlicher, sondern auch in kleinsten Mengen als weiblicher Wirkstoff (im Sinne des Follikelhormons) funktionieren kann (17). Aber auch das Testosteron selbst, das wirksamste der natürlichen männlichen Hormone, wirkt, so wurde kürzlich gefunden, wie ein weiblicher Prägnanzstoff. Es entfaltet dabei sowohl die Wirksamkeit des Follikelhormons, etwa tausendmal so gering wie dieses, wie auch die des Gelbkörperhormons, in Bezug worauf es sogar nur zehnmals so schwach ist (18).

Von allen in der Einleitung aufgezählten Drüsen mit endokriner Funktion konnten bisher Wirkstoffe in chemisch reiner oder doch wenigstens hochkonzentrierter Form hergestellt werden, nur noch nicht von der Thymusdrüse und der Epiphyse. Dies hat seinen Grund darin, daß man für die Hormone dieser beiden Drüsen bisher eindeutige biologische Testobjekte nicht hat finden können. Solche sind aber, wie wir das besonders eindringlich beim männlichen Sexualhormon gesehen haben, Voraussetzung für erfolgreiche Isolierungsversuche.

Dagegen hat man aus anderen Organen, die keinen ausgesprochenen Drüsencharakter zeigen, Stoffe isolieren können, die den Hormonen zugerechnet werden müssen. So sondert die Darmschleimhaut einen Wirkstoff ab, der die Bauchspeicheldrüse zu lebhafter Sekretion anregt. Dieses Sekretin benannte Hormon erweist sich seinen chemischen Eigenschaften nach als eine basische eiweißstoffähnliche Substanz (19). Auch das altbekannte, zuerst in der Galle gefundene Cholin $[(CH_3)_3N(CH_2 \cdot CH_2 \cdot OH)]OH$ ist ein Wirkstoff des Darmes. Man hat es früher direkt als Hormon der Darmbewegung angesprochen, womit eine seiner Hauptwirkungen, die Anregung der Peristaltik, gekennzeichnet ist. Eine etwa tausendmal so starke Wirkung wie das Cholin entfaltet sein Acetylderivat, das Acetylcholin, das sich ebenfalls frei im Organismus findet und als das eigentliche Peristaltikhormon anzusehen ist.

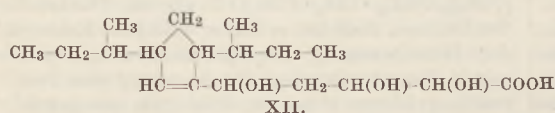
Schließlich möchte ich noch das wichtige antianämische Hormon der Leber erwähnen, dem größte Bedeutung für die Verhütung und Heilung der perniziösen Anämie zukommt. Ein hochwirksamer Stoff konnte kürzlich aus Leber isoliert werden (20), doch steht es noch nicht fest, ob es sich hier schon um das reine Hormon handelt. Interessant ist, daß vermutlich das gleiche antianämische Prinzip auch bei der Verdauung von Muskelfleisch aus einem darin vorkommenden unbekannten Substrat und einem im Magen befindlichen Enzym gebildet wird (21).

Phytohormone. Ebenso wie im biologischen Geschehen des tierischen Körpers gewisse Wirkstoffe als Hormone eine große Rolle spielen, so erweisen sich auch bestimmte Stoffe als von gleich großer Wichtigkeit für den pflanzlichen Organismus. Man spricht in diesem Sinne von Phytohormonen. In gleicher Richtung liegt wohl auch die Bedeutung der im pflanzlichen Material

vorkommenden Vitamine für die Lebenstätigkeit der Pflanzeseibst. Dafür spricht schon der Umstand, daß die Stoffe, die für den tierischen Organismus als Vitamine zu gelten haben, oft im Samen der Pflanzen anzutreffen sind, wo sie für den Aufbau der werdenden Pflanze sicherlich von größter Bedeutung sind. Für das Vitamin B₁ konnte eine spezifische Wirkung auf den Pflanzenwuchs, und zwar auf das Wurzelwachstum, auch bereits nachgewiesen werden (22). Doch sind unsere Kenntnisse über die Wirkungen der Vitamine im pflanzlichen Organismus noch nicht sehr weit gediehen, dagegen hat man andere ebenfalls in der Pflanze gebildete Stoffe gefunden, deren Bedeutung für das Wachstum der Pflanze eindeutig festgestellt werden konnte. Phytohormone dieser Art sind die sog. Wuchsstoffe.

Unter Wachstum versteht man in erster Linie Wachstum durch Zellteilung. In dieser Weise geht das Wachstum des Tieres und auch der pflanzlichen Mikroorganismen vor sich. Bei der höheren Pflanze haben wir aber neben der Zellteilung noch die Zellstreckung als weitere Wachstumsmöglichkeit. Für beide Wachstumsstufen verfügt nun die Pflanze über die entsprechenden Phytohormone.

Die Phytohormone der Zellstreckung, die auch zur Erklärung der Erscheinungen der Phototropie und Geotropie heranzuziehen sind, sind die Auxine: Auxin-a und Auxin-b, die von KÖGL vor wenigen Jahren erstmalig in kristallisierter Form aus Malz, Maisöl und auch aus Harn isoliert werden konnten (23). Beide Verbindungen sind einander chemisch nahe verwandt. Durch Abbauprobversuche konnten die Formeln (XII) für Auxin-a und (XIII) für Auxin-b sichergestellt werden.



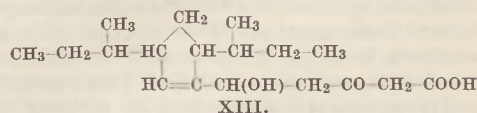
Außer diesen beiden Stoffen gibt es noch eine Verbindung, die mit den Auxinen überhaupt nicht chemisch verwandt ist, die aber eine gleichartige, allerdings nur halb so große physiologische Wirkung entfaltet wie die beiden Auxine und auch in Auxin enthaltenden Materialien (Harn, Hefe) zu finden ist. Bei diesem Heteroauxin genannten Stoff handelt es sich um die schon lange bekannte β -Indolyl-essigsäure (XIV). Es konnte indessen festgestellt werden, daß in den Gräserspitzen, dem klassischen Versuchsobjekt der Wuchsstoffforschung, nicht Heteroauxin, sondern Auxin-a erzeugt wird.

Auch bei den Phytohormonen der Zellteilung sind in den letzten Jahren bedeutsame Fortschritte erzielt worden (22, 23, 24). Diese Wuchsstoffe, als Bios-Stoffe bezeichnet, haben schon eine lange geschichtliche Entwicklung hinter sich, aber erst in neuerer Zeit gelang es, Substanzen dieser Art in reiner Form zu isolieren. Man gewann bisher ein Bios I, das für sich allein nicht als Wuchsstoff im Sinne einer Zellteilung wirksam ist und das mit meso-Inosit, dem meso-Hexaoxy-cyclohexan, identisch ist, und ein

Bios II. Dieses Bios II, das im tierischen und pflanzlichen Organismus weit verbreitet ist, konnte von KÖGL in kristallisierter Form gewonnen werden und wurde von ihm Biotin genannt. Biotin ist nun das eigentliche Phytohormon der Zellteilung, das also für sich allein schon wirksam ist, allerdings in seiner Wirksamkeit durch die anderen Biosfaktoren, wie z. B. Bios I und das bisher unbekannte Bios III, noch beträchtlich gesteigert werden kann. Doch ist auch die alleinige Wirksamkeit des Biotins eine außerordentlich große. $\frac{1}{25000}$ γ Biotin vermag z. B. bei 240 γ Hefe einen Zellzuwachs um 100% zu bewirken. 1 mg dieses Stoffes ist noch in 40000 Liter Lösung deutlich nachweisbar. Die chemische Konstitution des Biotins konnte wegen der Geringfügigkeit der bisher erhaltenen Substanzmenge — aus dem besten Ausgangsmaterial, Trockeneigelb, wurden bei einem Ansatz von 250 kg nur 1,1 mg kristallisiertes Biotin gewonnen — noch nicht aufgeklärt werden. Doch scheint es sich um eine verhältnismäßig niedrigmolekulare Verbindung zu handeln, die stickstoffhaltig ist.

Ich möchte hiermit meinen Überblick über die Fortschritte der Hormonchemie abschließen und jetzt über die neueren chemischen Ergebnisse auf dem Vitamingebiete berichten.

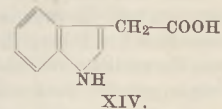
Vitamine. Die Kennzeichnung der Vitamine als lebensnotwendige Nahrungsbestandteile, bei deren Fehlen in der Nahrung es zu typischen Mangelkrankheiten, den Avitaminosen, kommt, und die vielfachen Übereinstimmungen ihrer Wirkungsweise und die Ähnlichkeiten ihrer Bestimmungsmethoden mit den entsprechenden Eigenschaften der Hormone habe ich bereits eingangs geschildert. Der Name Vitamin rührt von dem



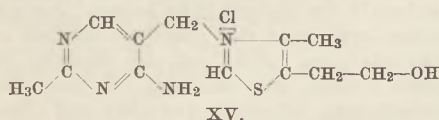
ersten bekannten Vertreter dieser Stoffklasse her, bei dem man einen Stickstoffgehalt fand und in dem man ein Amin vermutete. Vitamin, d. i. lebensnotwendiges Amin. Diesen Namen hat man auch dann beibehalten, als man stickstofffreie Stoffe dieser Art kennen lernte.

Die Einteilung der Vitamine geschieht zunächst in zwei Gruppen, deren Vertreter sich durch ihre Löslichkeit in Wasser oder in Fetten voneinander unterscheiden. Man spricht daher von wasserlöslichen und von fettlöslichen Vitaminen. Die einzelnen Vitamine bezeichnete man, solange ihre Eigenschaften noch nicht sicher standen, mit Buchstaben und durch Beifügung ihrer Wirkungsweise. So spricht man z. B. vom Vitamin A oder dem fettlöslichen Wachstumsvitamin bzw. vom Vitamin C oder dem antiskorbutischen Vitamin usw.

Das am längsten bekannte Vitamin ist das wasserlösliche Vitamin B₁ oder das Antiberiberi-Vitamin. Es wurde gefunden bei der Erforschung der Beriberi, einer Krankheit, die in Ländern mit



Reisnahrung besonders verbreitet ist, oder vielmehr war, und die stets dann auftritt, wenn polierter Reis, bei dem das Vitamin B₁ enthaltende sog. Silberhäutchen im Polierprozeß verloren geht, Hauptnahrungsmittel ist. Obwohl dieses Vitamin als erstes schon seit mehr als 20 Jahren weitgehend angereichert vorlag und 1926 von dem Holländer JANSEN in reiner Form dargestellt wurde, erfolgte die endgültige Konstitutionsaufklärung doch erst im letzten Jahre. Jahrelang hatte man nämlich übersehen, daß das Vitamin Schwefel enthält. Der Schwefelgehalt wurde 1932 von WINDAUS entdeckt. Darauf setzten erfolgreiche Arbeiten zur Konstitutionsaufklärung hauptsächlich von WINDAUS und dem Amerikaner WILLIAMS und ihren Mitarbeitern ein (25). Sie führten zu der Erkenntnis, daß das Vitamin einen Pyrimidin- und Thiazolring in der Verknüpfung und mit den Seitenketten der Formel (XV) enthält. Diese Formel ist durch

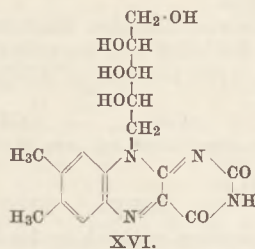


die im letzten Jahre von WILLIAMS (26) und bei der J. G. Farbenindustrie durchgeführte Synthese sichergestellt worden. Das jetzt synthetisch in beliebiger Menge zugängliche Vitamin bezeichnet man wegen seiner heilenden Wirkung auf die für Beriberi besonders charakteristischen nervösen Symptome auch als antineuritische Vitamin oder kurz als Aneurin.

Das Aneurin kommt außer im Samenhäutchen des Reiskornes auch in Hefe vor und wurde daraus vor seiner synthetischen Herstellung mit Vorteil isoliert. Man glaubte nun früher, daß dieses Vitamin das einzige in Hefe vorkommende wasserlösliche Vitamin sei, bis besonders amerikanische Forscher zeigen konnten, daß in der Hefe außer dem Antiberiberi-Vitamin noch mehrere andere wasserlösliche Vitamine enthalten sind, die man dann als Vitamine B₂, B₃ usw. von dem ersten Vitamin B₁, eben dem Vitamin B₁, unterschied. Zur Zeit kennt man etwa 7 B-Vitamine.

Das Vitamin B₂, dem wir uns jetzt zuwenden wollen, ist das wasserlösliche Vitamin, das zum normalen Wachstum von Tieren notwendig ist. Es wird deswegen als wasserlösliches Wachstumsvitamin B₂ bezeichnet, wasserlöslich zum Unterschied von dem anderen Wachstumsvitamin, dem fettlöslichen Vitamin A. Das Vitamin B₂ ist außer in Hefe auch in Milch enthalten und bleibt bei der Käsebereitung, da wasserlöslich, in der Molke zurück. Aus dieser konnte es 1933 in reiner Form isoliert werden. Es erwies sich als ein gelber Farbstoff und wurde deshalb und im Hinblick auf sein Vorkommen in der Milch als Lactoflavin bezeichnet. Bald erfolgte die Aufklärung seiner chemischen Konstitution durch KUHN und KARRER und 1935, von den gleichen Forschern gleichzeitig durchgeführt, seine Synthese (27). Das Lactoflavin ist ein Derivat des Iso-alloxazins, das außer zwei Methylgruppen

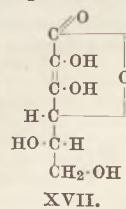
noch einen natürlichen Zucker, die d-Ribose, als Seitenkette trägt (XVI). Das Lactoflavin ist ein Bestandteil des gelben Atmungsfermentes, in welchem es als Phosphorsäureester in Verbindung mit Eiweiß vorliegt. Dieses Ferment



konnte ebenfalls künstlich hergestellt werden, und zwar aus der synthetischen Lactoflavin-phosphorsäure und der natürlichen Eiweißkomponente des gelben Fermentes (28). Sicherlich geht der gleiche Vorgang auch im Tierkörper vor sich, so daß die Wirkungsweise von B₂ als Wachstumsvitamin auf die katalytischen Wirkungen des im Tierkörper daraus entstehenden gelben Atmungsfermentes zurückzuführen ist.

Die anderen B-Vitamine sind in ihrer chemischen Natur noch nicht erkannt.

Ein wasserlösliches Vitamin ist auch das Vitamin C, dessen Fehlen in der Nahrung den schon seit Jahrhunderten bekannten und gefürchteten Skorbut hervorruft. Eigenartig war, daß dieses Vitamin schon 1928 in reiner, kristallisierter Form aus Nebennieren isoliert wurde, ohne daß man die antiskorbutischen Eigenschaften der kristallisierten Substanz erkannte. Erst 1932 erfolgte durch ihren Entdecker SZENT-GYÖRGYI die Identifizierung mit dem Vitamin C. Bei dem Vitamin C handelt es sich um ein Zuckerderivat, dessen Konstitution der Formel (XVII) entspricht. Es ist ein Lacton, das zwei enolische Hydroxyle trägt, von denen eines der Verbindung den Charakter einer Säure erteilt. Daher auch die Bezeichnung Ascorbinsäure (antiskorbutische Säure) für das Vitamin. Die angeführte Konstitution wurde durch die 1933 von HAWORTH sowie von REICHSTEIN durchgeführten Synthesen zweifelsfrei bewiesen (29).



Auf synthetischem Wege sind auch andere ähnlich gebaute Substanzen zugänglich, die zum Teil auch antiskorbutische Wirksamkeit aufweisen (30). Wir haben es hier mit einem auch bei den meisten anderen Vitaminen vorliegenden Falle zu tun, daß außer dem natürlichen Vitamin noch andere verwandte Stoffe die gleichen physiologischen Wirkungen ausüben können, eine Angelegenheit, der wir übrigens auch schon bei den Hormonen begegnet sind. Das Vitamin C ist ein Wirkstoff, der erst in relativ großen Mengen, mit etwa 0,5 mg beim Meerschweinchen, mit 30 bis 60 mg beim Menschen, seine Wirkung entfaltet, während die anderen Vitamine meistens schon in einem 100- bis 10000mal so kleinen Betrag wirksam

Fehlen der Doppelbindung und einer Methylgruppe in der Seitenkette. Das aktive Bestrahlungsprodukt wurde auch in reiner, definierter Form hergestellt. Daraufhin wurden Isolierungsversuche an Lebertran, und zwar an Thunfisch-, später auch an Heilbuttlebertran, mit Hilfe der sog. chromatographischen Adsorption durchgeführt; und diese Versuche erbrachten im vorigen Jahre (35) das bedeutsame Ergebnis, daß der aktive Stoff aus Lebertran, das in ihm enthaltene natürliche Vitamin D, identisch mit dem Bestrahlungsprodukt aus 7-Dehydrocholesterin und nicht mit dem aus Ergosterin ist. Das 7-Dehydrocholesterin ist nach diesen Versuchen also das Provitamin des natürlichen Lebertranvitamins. Auch im Säugetierorganismus, worin es neuerdings aufgefunden wurde, spielt es wohl die Rolle des Provitamins (36). Da die Konstitution des 7-Dehydrocholesterins bekannt war, so ergaben sich damit auch die Konstitution des Lebertranvitamins (XXIII) und der Übergang des Provitamins in das Vitamin gemäß Schema XXII $\rightarrow$ XXIII.

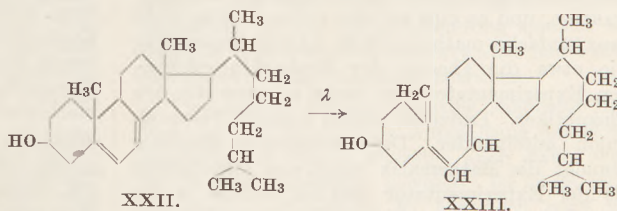
Zum Schluß noch einige Worte über das fettlösliche Vitamin E, dessen Mangel in der Nahrung bei Tieren zu Sterilität führt, weswegen es auch als Antisterilitätsvitamin bezeichnet wird. Auch bei diesem Vitamin konnten in letzter Zeit gewisse Fortschritte erzielt werden. Aus Weizenkeimöl und aus Baumwollsaamenöl konnte von amerikanischen Forschern (37) ein sehr wirksamer Alkohol, α -Tocopherol genannt, gewonnen werden, der zwar selbst noch nicht kristallisiert erhalten, aber in Gestalt kristallisierter Derivate dargestellt werden konnte. Vielleicht bestehen auch bei diesem Vitamin Beziehungen zu den Sterinen, deren Vertreter ja sowohl im Vitaminreich als auch auf dem Gebiete der Hormone, besonders bei den Sexualhormonen, als weitverbreitete, lebensnotwendige Wirkstoffe erkannt worden sind.

Schrifttumsverzeichnis.

Das Schrifttum konnte wegen der gewaltigen Fülle nur auswahlweise unter hauptsächlichster Berücksichtigung letzter Forschungsergebnisse herangezogen werden. Frühere Ergebnisse sind den angegebenen zusammenfassenden Darstellungen zu entnehmen. Bei Arbeiten in schwerer zugänglichen Zeitschriften wurde nicht das Original, sondern das Referat im Chemischen Zentralblatt angeführt.

1. PFIFFNER, J. J., O. WINTERSTEINER u. H. M. VARS: J. of. biol. Chem. **111**, 585 (1935). — 2. REICHSTEIN, T.: Helvet. chim. Acta **19**, 29 (1936). — 3. HARRINGTON, CH. R. u. G. BARGER: Biochemic. J. **21**, 169, 189 (1927). — 4. HARRINGTON, CH. R. u. W. TH. SALTER: Biochemic. J. **24**, 456 (1930). — 5. LUDWIG, W. u. P. V. MUTZENBECHER: Z. physiol. Chem. **244**, IV (1936). — 6. TWEEDY, W. R. u. M. TORIGOR: J. of biol. Chem. **99**, 155 (1932). — 7. TWEEDY, W. R., W. P. BELL u. CH. VICENS-RIOS: J. biol. Chem. **108**, 105 (1935). — 8. HOLTZ, F.: Mercks Jb. **47**, 20 (1934). — 9. FREUDEN-

BERG, K. u. TH. WEGMANN: Z. physiol. Chem. **233**, 159 (1935). — 10. JENSEN, H., E. A. EVANS jr., W. O. PENNINGTON u. E. D. SCHOOK: J. biol. Chem. **114**, 199 (1936). — 11. FREUDENBERG, K., E. WEISS u. H. BILLER: Z. physiol. Chem. **233**, 172 (1935). — 12. FREUDENBERG, K. u. H. BILLER: Naturwiss. **24**, 523 (1936). — 13. Literatur bis 1934 s. F. LAQUER: Z. angew. Chem. **47**, 573 (1934). — 14. COLLIP, J. B., H. SELYE u. D. L. THOMSON: Chem. Zbl. **1933** II, 1381 (Referat). — 15. DINGEMANSE, E. u. J. FREUD: Chem. Zbl. **1935** II, 1198 (Referat). — 16. Literatur bis 1934 s. WADEHN, F.: Z. angew. Chem. **47**, 559 (1934). — 17. BUTENANDT, A.: Naturwiss. **24**, 529, 545 (1936). — 18. COHEN, A., J. W. COOK u. C. L. HEWETT: J. chem. Soc. Lond. **1935**, 445. — 19. MARKER, R. E., O. KAMM, TH. S. OAKWOOD u. J. F. LAUCIUS: J. amer. chem. Soc. **58**, 1503 (1936). — 20. DIRSCHERL, W.: Z. physiol. Chem. **239**, 53 (1936). — 21. WINTERSTEINER, O. u. W. M. ALLEN: J. biol. Chem. **107**, 321 (1934). — 22. SLOTTA, K. H., H. RUSCHIG u. E. BLANKE: Ber. dtsh. chem. Ges. **67**, 1947 (1934). — 23. BUTENANDT, A., U. WESTPHAL u. W. HOHLWEG: Z. physiol. Chem. **227**, 84 (1934). — 24. BUTENANDT, A. u. J. SCHMIDT: Ber. dtsh. chem. Ges. **67**, 1901, 2088



(1934). — 25. FERNHOLZ, E.: Ber. dtsh. chem. Ges. **67**, 2027 (1934). — 26. BUTENANDT, A. u. U. WESTPHAL: Ber. dtsh. chem. Ges. **67**, 2085 (1934); **69**, 443 (1936). — 27. GALLAGHER, T. F. u. F. C. KOCH: Chem. Zbl. **1931** I, 1776 (Referat). — 28. Literatur bis 1935 s. TSCHERNING, K.: Z. angew. Chem. **49**, 11 (1936). — 29. RUTZICKA, L.: Helvet. chim. Acta **19**, (Sonder-Nr.), 89 (1936). — 30. AGREN, G.: Chem. Zbl. **1935** I, 1079 (Referat). — 31. SUBBAROW, Y., B. M. JACOBSON u. V. PROCHOWNICK: J. amer. chem. Soc. **58**, 2234 (1936). — 32. KLEIN, L. u. J. F. WILKINSON: Biochemic. J. **28**, 1684 (1934). — 33. KÖGL, F. u. A. J. HAAGEN-SMIT: Z. physiol. Chem. **243**, 209 (1936). — 34. KÖGL, F.: Ber. dtsh. chem. Ges. **68** A, 16 (1935). — 35. KÖGL, F. u. B. TÖNNIS: Z. physiol. Chem. **242**, 43 (1936). — 36. KÖGL, F. u. W. VAN HASSELT: Z. physiol. Chem. **242**, 74 (1936). — 37. Literatur bis 1934 s. WAGNER-JAUREGG TH.: Z. angew. Chem. **47**, 547 (1934). — 38. GREWE, R.: Naturwiss. **24**, 657 (1936). — 39. WILLIAMS, R. R.: J. amer. Chem. Soc. **58**, 1063 (1936). — 40. WILLIAMS, R. R. u. J. K. CLINE: J. amer. chem. Soc. **58**, 1504 (1936). — 41. KUHN, R.: Z. angew. Chem. **49**, 6 (1936). — 42. KUHN, R. u. H. RUDY: Ber. dtsh. chem. Ges. **69**, 2557 (1936). — 43. Literatur bis 1934 s. MICHEEL, F.: Z. angew. Chem. **47**, 550 (1934). — 44. REICHSTEIN, T., L. SCHWARZ u. A. GRÜSSNER: Helvet. chim. Acta **18**, 353 (1935). — 45. Literatur bis 1934 s. BROCKMANN, H.: Z. angew. Chem. **47**, 523 (1934). — 46. Literatur bis 1934 s. LÜTTRINGHAUS, A.: Z. angew. Chem. **47**, 552 (1934). — 47. WINDAUS, A., H. H. INHOFFEN u. S. V. REICHEL: Liebigs Ann. **510**, 248 (1934). — 48. WINDAUS, A., u. W. GRUNDMANN: Liebigs Ann. **524**, 295 (1936). — 49. WINDAUS, A., H. LETTRÉ u. FR. SCHENCK: Liebigs Ann. **520**, 98 (1935). — 50. WINDAUS, A., FR. SCHENCK u. F. v. WERDER: Z. physiol. Chem. **241**, 100 (1936). — 51. BROCKMANN, H.: Z. physiol. Chem. **241**, 104 (1936); **245**, 96 (1937). — 52. WINDAUS, A. u. F. BOCK: Z. physiol. Chem. **245**, 168 (1937). — 53. EVANS, H. M., O. H. EMERSON u. G. A. EMERSON: J. biol. Chem. **113**, 319 (1936); Science (N. Y.) **83**, 421 (1936). Ref. Chem. Zbl. **1936** II, 1755.

4. Unterricht und Methode.

Experimentelle und theoretische Physik¹. Von
Prof. Dr. MAX VON LAUE in Berlin.

I.

Erörterungen, die seit einigen Jahrzehnten innerhalb der Physik spielten, haben in der letzten Zeit ihre Wellen bis in die Tageszeitungen geworfen, und so den Anlaß gegeben, auch außerhalb des Fachschrifttums etwas über das Daseinsrecht der theoretischen und der mathematischen Physik zu sagen. Man wirft beide oft zusammen; so verfährt z. B. PHILIPP LENARD mit seinem kürzlich erschienenen Lehrbuch „Deutsche Physik“, in dem er ein ziemlich hartes Verdammnisurteil über sie fällt. Sie sind aber gar nicht sachlich dasselbe. Es gibt manche schöne, rein theoretische Untersuchung, in der von Mathematik kaum mehr gebraucht wird als Addition und Subtraktion, und es gibt auf der anderen Seite nicht ganz einfache mathematische Ausführungen, die, wie etwa die Theorie der Beobachtungsfehler, den Experimentator viel mehr angehen als den Theoretiker. Trotzdem stehen beide in Personalunion miteinander. Der theoretische Physiker braucht die Mathematik mehr und eingehender als der Experimentator und ist deshalb in der Regel auch mathematischer Physiker. Insofern sich also die Vorwürfe gegen die theoretischen und mathematischen Physiker richten, ist die Gleichsetzung in der Tat berechtigt.

Wie kommt die Mathematik in die Physik hinein? Nun, es ist Kennzeichen aller Naturwissenschaften, die wie Physik, Chemie, Astronomie, Kristallographie nicht mit den Lebenserscheinungen zu tun haben, daß in ihnen das Quantitative, Maßmäßige einen wesentlichen Zug bildet. Deshalb unterscheidet man sie auch als „exakte Wissenschaften“ von der Biologie, in der (bis heute wenigstens) das Quantitative nicht so ausgeprägt ist. Jede Denkooperation mit dem Quantitativen ist aber Mathematik. Wollte man die Mathematik aus der Physik verbannen, so könnte man mit demselben Rechte dem Kaufmann das Addieren der Posten in seinen Geschäftsbüchern verbieten oder einer Versicherungsgesellschaft die Benutzung der Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Ermittlung ihrer Prämien.

Nun wollen freilich die heutigen Kritiker der Theorie etwas Mathematik zulassen. Sie wenden sich nur gegen ein nach ihrer Meinung vorhandenes Übermaß. Ja, wo ist aber die Grenze, an der das Übermäßige beginnt? Für die abgeschlossenen Zweige der Physik kann man das Maß der notwendigen Mathematik angeben. Aber die Physik erobert neue Gebiete. Will man den Forschern, die dies tun, in der Benutzung mathematischer Methoden Fesseln anlegen? Das würde wahrscheinlich den Fortschritt in der Physik unmöglich machen.

¹ Erstmals veröffentlicht in der „Ostdeutschen Tagespost“ in Beuthen O/S (Nr. 89 vom 29. 3. 36 und Nr. 91 vom 31. 3. 36); mit Genehmigung der Ostdeutschen Tagespost und unter unwesentlichen Änderungen abgedruckt.

Als der klassische Vertreter einer der Form nach nicht mathematischen Denkweise in der Physik gilt mit Recht MICHAEL FARADAY, der große Engländer, dem der heutige Kulturmensch zu unendlichem Danke verpflichtet ist. Ob er nun telephoniert, Rundfunk hört, in der elektrischen Bahn fährt oder zu einem der vielen häuslichen Zwecke Strom dem öffentlichen Leitungsnetz entnimmt, immer benutzt er Hilfsmittel, zu deren Entwicklung FARADAY den Grund gelegt oder doch mindestens viel beigetragen hat. Und der Physiker nun gar wird nie vergessen, daß FARADAY als erster den Gedanken der unvermittelten Fernwirkung, den nicht NEWTON, wohl aber dessen Nachfolger eigentlich der ganzen Physik zugrunde gelegt hatten, zuerst mit Erfolg bekämpfte. Aber FARADAYS Ideen fanden anfangs wenig Verbreitung. Selbst ein HELMHOLTZ gestand, wie schwereres Kopfzerbrechen ihm FARADAYS Schriften gemacht hätten. Erst als der nicht minder geniale Theoretiker CLERK MAXWELL FARADAYS Ideen mathematisch umgeformt und schließlich in wenige leicht zu handhabende Gleichungen zusammengefaßt hatte, konnte diese Theorie ihren Siegeszug durch Wissenschaft und Technik antreten. Hier tritt eine zweite Funktion der Mathematik in der Physik zutage. Sie ist nicht nur Forschungsmittel; sie macht die Physik eigentlich erst lehrbar. Lehrbarkeit aber ist ein notwendiger Zug jeder Wissenschaft, die ohnedies nicht Wissenschaft wäre.

Gewiß, es gibt auch einen Mißbrauch der Mathematik. Der liegt z. B. vor, wenn jemand auf unsicherer, noch nicht hinreichend genauer, vielleicht sogar mißverständlicher physikalischer Grundlage ein mathematisches Luftschloß errichtet, wenn er gar, verführt durch die Eleganz einer mathematischen Methode, fast ohne Grundlagen eine anspruchsvoll auftretende Theorie der staunenden Welt verkündet. Solche Fälle sind in der Tat vorgekommen. Aber ehe man gegen eine Veröffentlichung ein solches Urteil ausspricht, soll man vorsichtig überlegen. Wir kennen Beispiele, in denen die empirischen Fundamente einer Theorie sich nachträglich befestigten, indem die Experimentatoren, durch die theoretischen Folgerungen angeregt, überraschende, manchmal sogar schlagende Bestätigungen für sie fanden. Das eindrucksvollste Vorkommnis dieser Art aus neuerer Zeit ist die Auffindung der Lichtablenkung durch die Sonne, die vor ihrer Beobachtung durch die außerordentlich kühne allgemeine Relativitätstheorie vorausgesagt war. Ja, in jüngster Zeit ist es bei der DIRACschen Form der Wellenmechanik sogar vorgekommen, daß die erste Beobachtung des positiven Elektrons durch ANDERSON aus dem bösesten Einwand ihre glänzendste Bestätigung machte; denn die Theorie hatte dieses positive Elektron gefordert, nur daß niemand hatte daran glauben wollen.

II.

Doch lassen wir einmal einen Kritiker selbst zu Worte kommen. J. STARK schreibt Anfang 1936:

„So ist die Theorie unbeteiligt gewesen an der Entdeckung des Elektrons; was sie nach seiner Entdeckung über seine Dynamik zusammenschrieb, ist heute ein literarischer Schutthaufen. Die Theorie war weiter unbeteiligt an der Entdeckung der Röntgenstrahlen und der radioaktiven Erscheinungen. Sie war unbeteiligt an der Entdeckung des Einflusses des magnetischen Feldes auf Spektrallinien (ZEEMAN-Effekt); nach dieser Entdeckung schrieb zwar LORENTZ eine Theorie darüber und erhielt sogar dafür einen halben Nobelpreis, aber heute ist diese Theorie als unzutreffend bekannt. Die Theorie war unbeteiligt an der Entdeckung des Einflusses eines elektrischen Feldes auf Spektrallinien, ja, die Entdeckung erfolgte sogar entgegen einer Vorhersage der Theorie, und wenn HEISENBERG . . . es so darstellt, als ob die Erscheinungen dieses Effektes von der Theorie erschöpfend ermittelt und wiedergegeben seien, so ist dies auch unrichtig; nicht einmal in dem einfachsten Fall des Wasserstoffatoms ist die Theorie in voller Übereinstimmung mit der Erfahrung, ganz zu schweigen von den übrigen chemischen Elementen.“

Was verlangt hier J. STARK von der Theorie? Hoffentlich doch nicht, daß sie die Beobachtungen ersetzt! Nimmt man das Wort „unbeteiligt“ aber in weniger überspitztem Sinne, so sieht die Sache doch anders aus. Der Gedanke, daß ein Atom der Elektrizität da sein müsse, hat sich keineswegs erst entwickelt, als man in den Kathodenstrahlen dieses Atom, das Elektron fand. Er war viel älter und an so vielen Stellen im Anschluß an die Gesetze der Elektrolyse entstanden, daß es unmöglich scheint, den ersten Autor dafür zu nennen. Was sodann MAX ABRAHAM in Göttingen über die Dynamik des Elektrons schrieb, hat die Physik recht nachhaltig beeinflusst. Vollkommen richtig sagte er voraus, daß die Masse von der Geschwindigkeit abhängt, und zwar mit wachsender Geschwindigkeit zunehmen müsse. Gewiß, seine Annahme einer unveränderlichen Form des Elektrons und die daraus fließende Formel für diese Abhängigkeit hat sich nicht bestätigt. Aber noch bevor die Experimentatoren dies festgestellt hatten, lag schon eine andere, ein stärkeres Zunehmen bedingende Formel von H. A. LORENTZ, dem großen Holländer, vor; und diese hat sich gegenüber unzähligen Messungen so gut bestätigt, daß z. B. auch PH. LENARD in seinen späteren Arbeiten durchaus von ihr Gebrauch macht. Wir begründen sie heute aus der Relativitätstheorie.

Die Röntgenstrahlen und die radioaktiven Erscheinungen mußten naturgemäß von Experimentatoren entdeckt werden. Knapp ein Jahr aber nach RÖNTGENS Entdeckung konnten G. G. STOKES in England und E. WIECHERT in Königsberg seine Strahlen durchaus richtig als die elektrischen Wellen deuten, die bei der Bremsung der Elektronen nach MAXWELL entstehen müssen. Nicht alle glaubten zunächst daran. Aber seit der Entdeckung der Röntgenstrahlinterferenzen, bei der sich die physikalische und kristallographische Theorie brüderlich die Hand reichen und den Experimentatoren die entscheidenden Versuche an

die Hand gaben, besteht daran kein Zweifel mehr. Für das Verständnis der radioaktiven Erscheinungen gibt es heute kaum einen wichtigeren Gesichtspunkt als jenen Zusammenhang zwischen Energie und Masse, den EINSTEIN 1907 aus der Relativitätstheorie ableitete¹.

Als ZEEMAN 1897 daran ging, den Einfluß eines magnetischen Feldes auf die Lichterzeugung zu beobachten, stand er unter dem Eindruck einer alten, auf FARADAY zurückgehenden Theorie (denn auch die Experimentatoren haben ihre Theorien), daß ein solcher Einfluß als Gegenstück zur magnetischen Beeinflussung der Fortpflanzung des Lichtes da sein müsse. Und was H. A. LORENTZ zur Deutung des ZEEMAN-Effektes hinzutut, war folgerichtige Durchführung einer bis dahin durchaus bewährten Anschauung über das Atom, hatte zudem die bleibende Bedeutung, völlig klarzustellen, daß Elektronen im Atomverbände die Hauptrolle bei der Lichtentstehung spielen: wie denn die Ergebnisse von LORENTZ auch heute noch für manche Fälle durchaus zutreffen.

Und nun zu STARKS eigenster, schönster Entdeckung, der elektrischen Aufspaltung der Spektrallinien. J. STARK schreibt, auch dabei wäre die Theorie unbeteiligt gewesen. Ist er da nicht ein wenig undankbar? Er hat doch noch vor kurzem öffentlich berichtet, wie ihn ein Vortrag WOLDEMAR VOIGTS, des Vertreters der theoretischen Physik in Göttingen, anregte, den Versuch anzustellen. Gewiß, er tat es, weil er VOIGTS Ergebnis nicht glaubte; aber wäre er ohne jenen Vortrag überhaupt auf den Gedanken gekommen? Niemand kann es wissen. Jedenfalls sehen wir hier die Theorie in einer ihrer wichtigsten Funktionen: sie regt Experimentatoren so oder so an. Nun sagt freilich J. STARK mit Recht, ihre Voraussage war falsch. Ja, wie sollte sie denn zu einer besseren Voraussage kommen, bevor die Experimentatoren ihr die nötigen Erfahrungsgrundlagen bereitgestellt hatten? VOIGT hatte dieselbe Theorie wie H. A. LORENTZ folgerichtig durchgeführt. Wie würde J. STARK über ihn urteilen, hätte er andere, aus der Luft gegriffene Hypothesen seiner Theorie zugrunde gelegt? Inzwischen hat ja nun die Atomtheorie den langen, aber erfolgreichen Weg über das BOHRsche Atommodell zur Quanten- und Wellenmechanik gemacht, und sie vermag heute die Aufspaltung sehr gut zu deuten. J. STARK, der dafür besonders zuständig ist, meint freilich, es beständen noch gewisse, kleine Unstimmigkeiten. Wenn dem so ist, so liegt es aber bestimmt nicht an zu viel Mathematik in der Theorie, eher daran, daß die Mathematiker leider noch nicht alle die Methoden bereit gestellt haben, die die Atomtheorie eigentlich brauchte.

J. STARK fährt dann fort:

„Selbst die an und für sich aner kennenswerte theoretische Leistung der Entdeckung der PLANCKschen Konstanten ist nicht ohne die entscheidende Vorarbeit der Experimentalphysik erfolgt.

¹ Energie gleich Masse mal Quadrat der Lichtgeschwindigkeit.

Als nämlich PLANCK versuchte, eine von dem großen Physiker BOLTZMANN ausgearbeitete mathematische Darstellung des thermischen Zustandes von Gasen auf die thermische Strahlung anzuwenden, gelang ihm dies erst, als er von den Messungen Kenntnis erhielt, welche an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über die thermische Strahlung damals durchgeführt wurden.“

Hier schneidet J. STARK ein Kapitel an, das ich als eines der größten Ruhmesblätter der theoretischen Physik bezeichnen möchte. Das PLANCKsche Strahlungsgesetz, das zuerst die PLANCKsche Konstante in die Physik einführt und alle Fragen nach Stärke und spektraler Verteilung der Wärmestrahlung beantwortete, ist nur der Schlußstein einer 50jährigen Entwicklung. Die Theorie der Wärmestrahlung begann um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit der Aufstellung des KIRCHHOFFSchen Gesetzes über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption der Strahlung. Sie wurde weitergeführt durch die theoretische Ableitung des STEFAN-BOLTZMANNschen Gesetzes über die Intensität der Strahlung und sodann bis zu dem äußersten, ohne neue Hypothese erreichbaren Ziele vorgetrieben durch das WIENSche Verschiebungsgesetz, das eine Teilaussage über das Spektrum der Wärmestrahlung liefert. Alle drei Gesetze entsprangen der Vereinigung zweier Zweige der Theorie, die sich unabhängig voneinander entwickelt hatten, der Thermodynamik und der Optik, und alle drei fanden, obwohl rein theoretisch abgeleitet, in den Messungen der besten Experimentatoren eine mit der Zeit immer genauer werdende Bestätigung. Mit dem WIENSchen Verschiebungsgesetz waren zunächst diese Möglichkeiten ausgeschöpft, und es bedurfte notwendigerweise neuer Messungen, damit PLANCK den letzten, größten, von der klassischen zur modernen Physik hinüberführenden Schritt machen konnte. Wiederum muß ich fragen: Wie würde J. STARK urteilen, wenn er ihn ohne Rücksicht auf die Erfahrung getan hätte? Gerade wir Deutsche haben allen Anlaß, auf dieses Kapitel aus der Physik mit Stolz zurückzublicken, denn die Theorie der Wärmestrahlung ist von Anfang bis zu Ende „made in Germany“.

Abschließend dürfen wir also wohl sagen, die Theorie braucht sich ihrer Leistungen im allgemeinen nicht zu schämen.

III.

Wir möchten aber noch einiges Besondere über die theoretische Physik in den letzten Jahrzehnten hinzufügen, zumal sich die meisten Angriffe gegen sie auf diesen Zeitraum beziehen. Zwar ist es heute kaum noch nötig, die 1905 entstandene Relativitätstheorie zu verteidigen: sie war eine rein physikalische Angelegenheit von Anbeginn an, hatte allenfalls noch mit der philosophischen Erkenntnistheorie etwas zu tun, nie aber mit ethischem Relativismus, wie man ihr vorgeworfen hat, und ist nur durch eine Flut „populärer“ Schriften, in denen neben vielen guten, rein sachlichen Ausführungen auch manchmal höchst unsachliche Stimmungen von fanatischer

Bewunderung bis zu krankhaft erbitterter Anfeindung zu Worte kamen, in unwissenschaftliche Zusammenhänge geraten. Nun, diese Flut ist allmählich abgeebbt; geblieben ist ihr physikalischer Kern, der nicht nur der allein berechtigten nüchtern-wissenschaftlichen Kritik standhält, sondern sich zu einem unentbehrlichen Bestandteil aller physikalischen Forschung, z. B. der Erforschung des Atomkerns, entwickelt hat. Gerade die Gegner der Relativitätstheorie, soweit es ihnen um die Wahrheit ernst war, haben dazu beigetragen, indem sie die grundlegenden Versuche zur Relativitätstheorie wiederholten und zu einer Genauigkeit steigerten, für die man nur die höchste Bewunderung haben kann (das gilt z. B. von den Wiederholungen des TROUTON-NOBLE-Versuches durch einen der besten deutschen Präzisionsphysiker R. TOMASCHKE). Weiter haben auch die Bestrebungen, die der Relativitätstheorie vorausgehende Äthertheorie den neueren Erfahrungen anzupassen, in ihrem wenig befriedigenden Ergebnis zur Stärkung der Relativitätstheorie beigetragen; schreibt doch selbst P. LENARD, einer der Wortführer in diesen Kämpfen, 1936 in seiner „Deutschen Physik“ I (S. 12): „Der Äther ist offenbar schwerer zu begreifen als die Materie; er scheint schon die Grenzen des Begreiflichen zu zeigen.“

Was an der Physik jetzt die Geister aufregt, liegt auf anderem Gebiete.

In der Atomtheorie ist man nämlich auf ernstliche Schwierigkeiten gestoßen. Nach der ursprünglichen, aus dem Altertum stammenden Wortbedeutung soll das Atom das denkbar kleinste Ding sein. Als dann zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Chemiker Teile der Materie fanden, die sich experimentell nicht weiter zerlegen ließen, übertrugen sie diesen Namen auf diese Teile. Aber die fortschreitende Experimentierkunst fand auch „Messer“ zur Zerschneidung dieser chemischen Atome. Heute ist die Zahl der Urbestandteile aller Materie auf 4 herabgesunken (vielleicht ist diese Zahl noch nicht endgültig); nur das Elektron und sein positives Gegenstück, das Positron, ferner das Proton, welches die positive elektrische Elementarladung und die Masse des Wasserstoffatoms trägt, sowie das gleichschwere, aber ungeladene Neutron, erkennen wir noch als unzerlegbar an; wir meinen sogar, daß dieses „Unzerlegbar“ sich nicht nur auf experimentelle Unmöglichkeit bezieht, sondern daß tatsächlich Teile eines dieser Urbestandteile nicht existieren. Wir finden also hier in empirisch begründeter Fassung die alte Atomidee wieder.

Schon längst kennt dagegen die Philosophie den Einwand, daß ein solches Atom gar kein Körper wie die anderen sein könne; denn bei dem Körper denken wir immer an etwas, was einen Raum erfüllt und somit, wie jener Raum, jedenfalls gedanklich, unterteilbar ist. Wenn aber ein Ding unterteilbar ist, so kommt notwendigerweise einmal die Frage, wie denn seine Teile aufeinander wirken, d. h. es muß früher oder später eine Physik des Inneren dieses Dinges geschaffen werden. Dann aber ist es kein kleinstes Ding mehr, weil man ja eben von seinen Teilen reden

muß. In der Tat hat man lange aus diesem Einwande geschlossen, daß es gedanklich kleinste Körper nicht geben könne.

Wenn wir nun heute dennoch meinen, bei der fortschreitenden physikalischen Forschung zu solchen Körpern gelangt zu sein, so stützt sich das auf die Erfahrung, daß die Beziehungen dieser Körper zum Raum in der Tat ganz andere sind, als wir sie bisher kannten. Mit diesen Körpern sind Wellenerscheinungen verbunden, unmittelbar daran nachweisbar, daß wir mit den vom Licht und von den Röntgenstrahlen her gewohnten experimentellen Hilfsmitteln die Wellenlänge von Elektronenwellen oder Protonenwellen messen können, sogar mit erheblicher Genauigkeit. Wie aber sonst die Beziehung dieser Wellen und der Körper zum dreidimensionalen Raum ist, das ist eine von jenen Fragen, die den Physikern heute so schweres Kopfzerbrechen machen. Man hat für die genannte Erscheinung und einen riesigen, damit zusammenhängenden Bereich von Erscheinungen eine sehr elegante mathematische Theorie, die den Anforderungen aller bekannten Experimente gerecht wird, und die zu den größten Leistungen unserer Wissenschaft überhaupt gehört, wohl auch kaum jemals wieder ganz aus der Physik entschwinden dürfte! MAX BORN, WERNER HEISENBERG, PASCUAL JORDAN, ERWIN SCHRÖDINGER und P. A. M. DIRAC müssen als ihre Väter bezeichnet werden. Mit diesem mathematischen Formalismus sind die meisten Physiker durchaus einverstanden. Die Schwierigkeiten kommen bei seiner physikalischen Interpretation. Es gibt bisher nur eine Deutung: Sie verzichtet grundsätzlich auf die Möglichkeit, bei Versuchen mit Atomen bestimmte Voraussagen zu machen. Kennt man auch noch so genau die Bedingungen, mit denen zwei Atome zusammenstoßen, so kann man dennoch das Ergebnis nicht genau voraussagen. Ein Naturgesetz, so sagt diese Deutung, steht dem entgegen. Wahrscheinlichkeitsaussagen sind allerdings möglich. Wissen wir auch nicht, um bei dem Stoßbeispiel zu bleiben, ob die kinetische Energie beider Atome erhalten bleiben oder zum Teil in innere Energie der Atome übergehen wird, so kann man immerhin für jeden Verlust an kinetischer Energie eine bestimmte Wahrscheinlichkeit vorausberechnen. Mehr aber ist nicht möglich.

Diesen Standpunkt bezeichnen HEISENBERG, NIELS BOHR und viele andere namhafte Forscher als durchaus befriedigend und endgültig. Andere Physiker hingegen, z. B. EINSTEIN und SCHRÖDINGER, erklären, das letzte Ziel physikalischer Wissenschaft könne damit nicht erreicht sein.

Es müsse vielmehr in einer vollständigen Theorie möglich sein, alle Unbestimmtheit abzustreifen. Und auch mir will es scheinen, als gäbe die Physik sich selber auf, wenn sie ihre Aufgaben in der genannten Weise beschränkte. Schon heute melden sich Stimmen, welche in diese Lücke der physikalischen Bestimmtheit fremde Elemente einschieben wollen. Ob diese nun Zufall heißen oder ob religiös gestimmte Physiker (A. H. COMPTON in Chicago) hier den Platz für ein unmittelbares Eingreifen Gottes sehen wollen, das ist für die Physik kein so großer Unterschied. Sie bildet danach eben kein im strengen Sinne begreifliches Ganzes, keine Wissenschaft mehr.

Den tiefsten Grund dieser Schwierigkeiten möchte ich in folgendem sehen. Wenn die Beziehungen der genannten kleinsten Dinge zum Raum anders sind als die gewohnten, so müssen auch die Begriffe des Orts und der Ortsveränderung (Geschwindigkeit) an Bedeutung verlieren. Man hat aber bisher keinen Ersatz dafür und operiert in der neuen Atomtheorie infolgedessen neben dem Wellenbilde immer noch mit ihnen (oder statt mit der Geschwindigkeit mit der Bewegungsgröße, dem Produkt aus Masse und Geschwindigkeit). Man füllt also einen neuen Wein in alte Schläuche, und das rächt sich eben, indem man damit nicht durchkommt. Ganz unmittelbar erklären ja die berühmten HEISENBERGSchen Ungenauigkeitsbeziehungen, daß man Ort und Geschwindigkeit nicht gleichzeitig mit beliebiger Genauigkeit messen könne; das wäre naturgesetzlich unmöglich. Meines Erachtens ist es eben überhaupt unmöglich, diese Begriffe beizubehalten, und wenn wir es heute tun, so ist es nur ein schlechter Notbehelf. Näher läßt sich hier nicht darauf eingehen. Man ersieht aber an dieser kurzen Betrachtung, wie tief die Schwierigkeiten gehen; denn die Begriffe des Orts, der Geschwindigkeit eines Korpuskels gehörten ja zu den Grundbegriffen aller physikalischen Betrachtungen. Daß wir an ihnen revidieren müssen und noch nicht können, begründet meines Erachtens das Unbehagen, das man vielfach der neueren Physik gegenüber empfindet und das sich dann auch gelegentlich in heftigen Angriffen auf sie äußert. Natürlich ist mit diesen Angriffen nichts gebessert. Es bleibt gar nichts anderes übrig als abzuwarten, wann die Wissenschaft wieder zu einer voll befriedigenden Naturerklärung kommt. Alle Außenstehenden können nur eines dabei tun: ihren natürlichen Entwicklungsgang nicht stören — was sagte nach der Anekdote Diogenes zu Alexander dem Großen? „Bitte, geh' mir aus der Sonne.“

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einführung in die theoretische Physik. Von REINHOLD FÜRTH. XIV, 483 Seiten mit 128 Abbildungen im Text. Wien: Julius Springer 1936. Preis geh. RM 18,—; geb. RM 19,80.

Das vorliegende Buch ist der eine Teil eines zweibändigen Physikwerkes: dem theoretischen Teil soll der experimentelle aus der Hand des-

selben Verfassers möglichst bald folgen. Einer der Gründe, die der Verfasser für die Abfassung des Buches angibt, geht für die Tatsache zurück, daß viele gerade der jüngeren Physiker sich schon gar zu früh einseitig auf die theoretische oder die experimentelle Seite der Physik entscheiden, obwohl doch „die gegenseitige Durchdringung und

Verflechtung von Experimentalphysik und theoretischer Physik so innig ist, daß eine erfolgreiche Forschung ohne die beständige Wechselwirkung zwischen beiden Zweigen der Physik kaum denkbar ist.“ Deshalb will der Verfasser „schon dem Anfänger ein nach einheitlichen Prinzipien und von einem einzigen Autor geschriebenes Buch in die Hand geben, dem er das Material für den Bau des Fundamentes seiner physikalischen Bildung entnehmen könne.“ Dieser Grundgedanke scheint mir recht glücklich, und zweifellos ist der Verfasser, der ja auf experimentellem wie auf theoretischem Gebiete bestens bewährt ist, für die Durchführung der geeignete Mann.

Ist schon die Schaffung des Doppelbuches durch einen Autor etwas Neues, so weicht auch die Stoffanordnung in dem vorliegenden theoretischen Teil mehrfach vom Üblichen ab. Das Ziel ist, ein theoretisches Verständnis derjenigen wichtigsten Erscheinungen zu vermitteln, die der Student etwa in der Anfangsvorlesung über Experimentalphysik kennen lernt. Damit hängt zusammen, daß z. B. die analytische Mechanik zurücktritt, während die statistischen Theorien (statistische Mechanik, kinetische Theorie der Materie, Elektronentheorie, Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen in materiellen Körpern, Strahlungstheorie) und die Wellenmechanik eine größere Rolle spielen. Nach einer Übersicht über Aufgaben und Methoden der theoretischen Physik stellt Verfasser im 2. bis 6. Kapitel zunächst das mathematische Werkzeug bereit. Hierzu rechnet er außer den wichtigsten Ergebnissen der Vektor- und Tensorrechnung auch die Kinematik des Punktes und der Punktsysteme, Wellenbewegung, Wellenfelder und physikalische Statistik. Dem Leser bleibt anheimgestellt, diese Kapitel geschlossen durchzuarbeiten oder erst je nach Bedarf vorzunehmen. Es folgt dann die Mechanik (Punktsysteme, starre und elastische Körper, Flüssigkeiten und Gase). Daran schließt sich nun sogleich die Atommechanik an (SCHRÖDINGER-Gleichung, Ungenauigkeitsrelation, Wasserstoffatom, Atomzerfall usw.); den Übergang liefert die Vergleichung der HAMILTON-JACOBI-Gleichung mit der Eikonalgleichung. Daß in den nun folgenden Kapiteln über Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik die statistischen Methoden eine große Rolle spielen, wurde schon oben erwähnt.

Im ganzen stellt das Buch einen sehr interessanten und bemerkenswerten neuen Versuch dar. Dadurch, daß z. B. Wellenmechanik und statistische Methoden überall mitten hineingestellt werden in das übrige Gebäude der Theorie, wird ihnen das Geheimnisvolle genommen, das ihnen auch für manche Physiker immer noch anhaftet, ohne daß die wirklich vorhandenen Schwierigkeiten dadurch verkleinert werden. Die Darstellung ist gut, klar und verständlich (man beachte z. B. die Abschnitte über den zweiten Hauptsatz, die statistische Wärmelehre u. a.), freilich ist sie auch sehr straff und gedrängt, was bei der Fülle des dargestellten Stoffes und dem verhältnismäßig geringen Umfang des Buches nicht verwunderlich ist, was aber auch vom Leser naturgemäß eine sehr aufmerk-

same Lektüre erfordert. Es ist zu hoffen, daß das Buch viele Freunde unter den Physikstudenten, vor allem unter den älteren Semestern, finden wird.
E. Lamla.

Die Welt der Strahlen. Von P. DEBYE, U. DEHLINGER, W. FRIEDRICH, W. KOLHÖRSTER, H. PFLEIDERER, W. RAMM, H. SCHREIBER, H. WINTZ. Herausgegeben von H. WOLTERECK. VIII u. 292 Seiten mit 96 Abbildungen. Leipzig: Quelle & Meyer 1937. Preis geh. RM 14,—; geb. RM 15,—.

Das vorliegende Sammelwerk soll „einen umfassenden Überblick über den Gesamtbereich der heutigen Strahlungsforschung und ihre Ergebnisse“ geben. Die Verfasser der einzelnen Aufsätze sind erste Fachgelehrte, und bei näherer Durchsicht des Buches findet man die hohen Erwartungen, die die Autorennamen auslösen, durchaus erfüllt. Das Buch beginnt mit einer inhaltlich wie formal gleich ausgezeichneten, klaren Darstellung der „Grundlagen der Strahlungsphysik“ von P. DEBYE und W. RAMM. Es folgt ein Kapitel über „Die Strahlen im Dienste der Heilkunde“ aus der Feder des Erlanger Röntgenologen und Gynäkologen H. WINTZ. Die Darlegungen über Röntgendiagnostik und Röntgentherapie, Strahlenschädigung und Allgemeinschädigung, dann auch über Kurzwellentherapie und ähnliches sind auch gerade für den Nichtmediziner äußerst reizvoll. H. PFLEIDERER, der Leiter der bioklimatischen Forschungsstelle in Kiel, behandelt die bioklimatische Bedeutung der Strahlen (Sonnen- und Himmelsstrahlung, Strahlungsklima, Meßmethoden, Wirkung der Strahlen auf Pflanzen, Tiere und Menschen, Ultraviolettwirkung, insbesondere die Erythembildung u. a., Heliotherapie). W. FRIEDRICH (Institut für Strahlenforschung in Berlin) und H. SCHREIBER besprechen die „Organismenstrahlung“, also einmal die Erscheinungen der Biolumineszenz und dann ausführlich das immer noch umstrittene, aber hochinteressante Gebiet der sog. mitogenetischen Strahlung. (Bekanntlich spielt diese Strahlung nach Ansicht ihres Entdeckers, des russischen Histologen GURWITSCH, bei der Zellvermehrung eine entscheidende Rolle; doch ist bisher weder ein physikalischer noch ein chemischer Nachweis der Strahlung gelungen — angegeben wird das Wellenlängengebiet von 180 bis 250 m μ —, und es ist unsicher, ob diese Strahlung, falls sie vorhanden ist, wirklich wachstumsfördernd wirkt. Sicher und bedeutsam ist aber, daß zwischen den Zellen im Gewebe oder den Individuen einer Protistenkultur enge Wechselbeziehungen bestehen.) Die Höhenstrahlung wird in einem inhaltreichen Aufsatz von W. KOLHÖRSTER behandelt, der ja selbst auf diesem Gebiete bahnbrechend und entscheidend mitgearbeitet hat. Den Beschluß des Buches bildet ein Aufsatz von U. DEHLINGER (Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung) über „Die technische Anwendung der Strahlen“ (Energieübertragung durch Strahlung; chemische Wirkung der Strahlen; Strahlen als Untersuchungs- und Kontrollmittel der Technik). Nicht behandelt werden z. B. die Anwendungen der Radiumstrahlen in der Medizin.

Im ganzen liegt ein ausgezeichnetes Buch vor. Der Physiker erkennt aus ihm, daß die „Welt der Strahlen“ weit über das rein Physikalische hinaus gewachsen ist, und er kann sich aus ihm auf das beste gerade auch über die nicht rein physikalische Seite des Gebietes unterrichten. Aber auch dem Mediziner, dem Biologen, dem Ingenieur und besonders dem Lehrer der Naturwissenschaften ist das Buch warm zu empfehlen. *E. Lamla.*

Komplexe Zahlen und Zeiger in der Wechselstromlehre. Von M. LANDOLT. VIII und 185 S. mit 160 Abbildungen, Gr. 8°. Berlin: Julius Springer 1936. Preis geh. RM 14,40; geb. RM 15,60.

Viele Physiker und Ingenieure sind gewöhnt, mit komplexen Zahlen und Vektoren zu arbeiten. Der Begriff „Zeiger“ war jedoch noch nicht sehr tief in die Rechenmethodik eingedrungen und wurde immer etwas stiefmütterlich behandelt. Die Verwendung der komplexen Zahlen ist aus dem Gebiet der Wechselstromlehre und -technik nicht mehr fortzudenken. Wenn die Aufgaben der Technik früher mehr oder weniger in den Problemen der niederfrequenten Wechselströme zu suchen waren, so hat sich im letzten Jahrzehnt durch die Entwicklung der Elektronenröhre als Hochfrequenzzeuger das Schwergewicht auf die Lösung von Aufgaben über hochfrequente Wechselströme verlegt. Hierbei soll jedoch nicht gesagt werden, daß der Niederfrequenztechniker heutzutage nichts zu tun hätte; im Gegenteil, die Wechselstromaufgaben bei Transformatoren und Gleichrichtern sind nicht zu unterschätzen.

Wenn man auch die Grundlagen der Theorie komplexer Zahlen und Vektoren annähernd beherrscht, so wird man als Anfänger auf dem Gebiete der Wechselstromtechnik oftmals Enttäuschungen erleben, da der praktische Umgang mit den Elementen dieser Theorie zunächst noch nicht so einfach ist, wie man es sich gedacht hatte. Aber mit einiger Ausdauer lernt man auch „komplex“ denken und vektoruell bzw. zeigermäßig zeichnen. In den Lehrbüchern über Wechselströme kommt die Darstellung der Grundzüge der Theorien oft zu kurz, während die Bücher über Vektorlehre zu wenig die Eigenheiten der Wechselstromlehre berücksichtigen können.

Die größte Schwierigkeit im Umgang mit komplexen Zahlen liegt, wie der Verfasser mit Recht im Vorwort sagt, im Übergang von der physikalischen Erscheinung zum Zeigerbild und zur komplexen Gleichung; das hat oft seinen Grund in den nicht ausreichend strengen Formulierungen der Grundgesetze und der darin vorkommenden Größen. In diese Lücke greift das vorliegende Buch von LANDOLT ein.

Der Verfasser bringt in breiter Darstellung den Unterschied zwischen „Zeiger“ und „Vektor“. Unter „Zeiger“ sind diejenigen Verrückungen in der Ebene zu verstehen, die den Rechenregeln der gewöhnlichen komplexen Zahlen folgen. Die Bezeichnung „Vektor“ gilt allein für Größen, auf die man die Regeln der räumlichen Vektorrechnung anwendet. Mit anderen Worten: die Darstellung einer komplexen Zahl in der GAUSSschen Zahlen-

ebene geschieht durch einen Zeiger. Anschließend werden die Rechenregeln für Zeiger abgeleitet.

Der zweite Teil des Buches behandelt die Grundbegriffe und Grundgesetze der Elektrizitätslehre, die eine Vorbedingung für den mathematischen Ansatz eines Problems sind. Sehr wichtig ist hierbei, daß man sich bei den in der Durchführung einer Aufgabe auftretenden Größen wie Strom, Spannung, Feldstärke, Induktionsfluß, Drehmomente usw. über den Richtungs- oder Bezugssinn Klarheit verschafft. Dies ist auch für den Verfasser Ausgangspunkt seiner Betrachtungen, die dann über die Erläuterung der Begriffe Spannung, wirbelfreies Feld und Wirbelfeld, Wechselspannung, Klemmenspannung, elektromotorische Kraft zu den Grundgesetzen von OHM und NEUMANN führen. Nachdem die Rechenregeln für die Zusammenfassung von Zweipolen und die Leistungsgrößen der Zweipole erläutert worden sind — wobei man unter Zweipol das Stück eines Stromkreises versteht, das auf beiden Seiten durch je einen Pol abgegrenzt ist (Widerstand, Spule usw.) —, ist der Weg zur Anwendung der Grundtatsachen gebet.

Im dritten Teil kommt der Verfasser auf die komplexen Gleichungen und Zeigerbilder für sinusförmig veränderliche Größen von Wechselstromkreisen zu sprechen. Da die Berechnungen mit harmonischen Schwingungen im allgemeinen zu Ergebnissen führen, die auch für die sinusförmig veränderlichen Größen in Wechselstromkreisen gelten, so werden die Aufgaben dieses Kapitels mit Hilfe von harmonischen Schwingungen und Sinusströmen behandelt.

Komplexe Gleichungen und Zeigerbilder für Scheinwiderstände und Scheinleitwerte bilden den vierten, diejenigen für Leistungsgrößen den fünften Teil der LANDOLTschen Darstellung.

Wenn man sich auch an mancher Stelle des Buches die Ausführung eines Zahlenbeispiels gewünscht hätte, so wird man durch die im sechsten Teil gestellten Übungsaufgaben durchaus entschädigt. Da die Fragestellung der Aufgaben schon sehr lehrreich ist, möchte Referent dem Leser diese nicht vorenthalten.

1. Es sind 100 gleiche galvanische Elemente mit 100 gleichen Verbindungsstücken zu einem in sich geschlossenen Ring vereinigt. Je die Plusklemme des vorangehenden ist über ein Verbindungsstück an die Minusklemme des nachfolgenden Elementes angeschlossen. Der Widerstand eines Verbindungsstückes und der innere Widerstand eines Elementes sind bekannt. Welche Spannung mißt ein Voltmeter, wenn es an zwei beliebige Klemmen angeschlossen wird?

2. Um das Joch eines in Betrieb befindlichen Einphasentransformators ist ein in sich geschlossener Drahtkreis geschlungen. Er besteht aus zwei aneinander gelöteten, je 1,2 m langen Drahtstücken aus Kupfer und Manganin, die je 1 mm² Querschnitt aufweisen. Der Transformator führt einen sinusförmig veränderlichen Induktionsfluß, dessen Scheitelwert $5 \cdot 10^6$ Maxwell und dessen Frequenz 50 Hz beträgt. Welche Spannungen messen zwei an die beiden Lötstellen angeschlossene,

hochohmige Voltmeter, wenn die Zuleitungen des einen längs des Kupferdrahtes und die Zuleitungen des anderen längs des Manganindrahtes verlegt sind?

Nach der Aufgabe 3 über Addition und Subtraktion von Wechselspannungen und Wechselströmen wird in Aufgabe 4 der resultierende Strom einer Parallelschaltung (Drosselspule und Widerstand) berechnet.

5. Welche Bedingung besteht für die Bemessung der Löschdrosselspule von PETERSEN?

6. Für einen vorgelegten Niederfrequenzverstärker ist die Spannungsverstärkung $\mathfrak{B} = U_{g2}/U_{g1}$ zu berechnen.

Die übrigen Aufgaben behandeln die Arbeitsart einer Drehstrom-Synchronmaschine, das Zeigerbild eines Einphasen-Reihenschluß-Kommulator-Motors in Fahrt- und Bremschaltung. Weiterhin kann eine Frequenzkompensation und eine Scheinleistungsbilanz eines Kraftwerkes berechnet werden.

Das Durcharbeiten des LANDOLTSchen Buches ist an einigen Stellen nicht ganz einfach, da man sich von bestimmten Dingen gewisse Vorstellungen gemacht hat. Doch dieses „Umdenken“ zu oftmals klareren Bildern erhält eine gute Stütze durch die zahlreichen, übersichtlichen Abbildungen. Zum Schluß wird noch eine Zusammenstellung einiger wichtigen Größen und ihrer Einheiten im GRIEGSchen Maßsystem und im cm-sec-Amp-Ohm-System gegeben.

Um das Auffinden der zitierten Gleichungen und Textstellen zu erleichtern, verwendet LANDOLT ein besonderes System der Numerierung, ein Dezimalsystem. An einem Beispiel ist der Sinn dieser Numerierung leicht zu erkennen: § 213 = Abschnitt 213, d. h. 3. Unterabschnitt des Oberabschnittes 21, der selbst der 1. Unterabschnitt des Oberabschnittes 2 ist. — § 213.4 = 4. Absatz von Abschnitt 213. — Abb. 213a = „a-te“ Abbildung von Abschnitt 213. — Anm. 213b = „b-te“ Anmerkung zu Abschnitt 213.

Im September 1936 erschien zu dem Buche von LANDOLT eine ausführliche Druckfehlerberichterstattung, auf die noch besonders hingewiesen sei.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das LANDOLTSche Buch dem Physiker und Ingenieur auf dem Gebiete der Wechselstromtechnik gute Dienste leisten wird; dem Studierenden kann das Buch sehr empfohlen werden. *J. Böhme.*

The Measurement of Inductance, Capacitance and Frequency. Von A. CAMPBELL und E. C. CHILDS. 475 Seiten mit 453 Abbildungen. London: Macmillan and Co., Limited, 1935. Preis 30 shillings.

Das Buch enthält folgende Abschnitte: 1. Theorie des Wechselstroms; 2. Stromquellen; 3. Meß- und Anzeigeeinstrumente; 4. Vibrationsgalvanometer; 5. Wechselstromwiderstände; 6. Berechnung von Induktivitäten; 7. Konstruktion von Gegeninduktionen; 8. Transformatoren; 9. Konstruktion von Selbstinduktionen; 10. Elektrische Netze und Brücken; 11. Messung von Gegeninduktionen; 12. Prüfung von Transformatoren;

13. Messung von Selbstinduktionen und Widerständen; 14. Induktivität von Meßinstrumenten; 15. Kapazität, Einführung und Theoretisches; 16. Dielektrizitätskonstante und Energieverlust; 17. Konstruktion von Kondensatoren; 18. Messung von Kapazitäten; 19. Frequenzmessung; 20. Wechselstrom-Kompensatoren. Wirkungsweise und Entwicklung; 21. Theorie der Phasenteiler; 22. Beschreibung verschiedener Wechselstromkompensatoren; 23. Anwendung von Wechselstromkompensatoren.

Man kann darüber im Zweifel sein, ob nach dem Erscheinen des bekannten Werkes von HAGUE „Alternating current bridge methods“ in mehrfacher Auflage noch ein zweites über einen wesentlich gleichen Fragenkomplex notwendig gewesen wäre. Doch wenn ein Forscher wie Altmeister CAMPBELL das Wort ergreift, so darf man schon eine besonders wertvolle Bereicherung der einschlägigen Literatur erwarten. Dies trifft auch in vollem Umfange zu. Das Buch überrascht, wie bereits aus dem Inhaltsverzeichnis erkennbar wird, durch die überwältigende Menge Stoff, die es enthält. Es gibt wohl kaum eine Frage auf dem weiten Gebiete der Blindwiderstands- und Frequenzmessungen, die nicht mindestens berührt wäre. Selbstverständlich kann, mit Rücksicht auf einen annehmbaren Umfang und Preis des Buches, nicht alles bis in die Einzelheiten ausgeführt sein, doch werden fast bei allen besprochenen Meßschaltungen und Apparaten nicht nur meßtechnische Gesichtspunkte behandelt, sondern auch das Theoretische kurz gestreift, die Gleichungen meistens abgeleitet. Bei schwierigeren Aufgaben sind zum Teil eingehende Angaben gemacht. Das Buch, das die Erfahrungen eines arbeitreichen Lebens enthält, ist daher eine wahre Fundgrube von Meßmöglichkeiten, Anregungen, praktischen Ratschlägen. Was man allein bemängeln könnte, ist die Tatsache, daß die neueste Entwicklung des Gebietes, wenigstens was die apparative Seite betrifft, etwas zu kurz gekommen zu sein scheint. Wie sich aus dem Vorwort ergibt, ist das Buch bereits vor längerer Zeit geschrieben und durch spätere Einschießel und Nachträge dem heutigen Stande der Meßtechnik nahegebracht worden. Für den mit dem Stoff Vertrauten ergibt sich auch beim Lesen ein solcher Eindruck, gleichzeitig aber auch der, daß diese Nachtragsarbeit nicht immer restlos durchgeführt ist. So sind daher stellenweise Apparate und Methoden aufgeführt, die nach heutiger Auffassung nur noch historisches Interesse beanspruchen können, während modernere Einrichtungen fehlen.

Besonders erfreulich für Leser, die sich eingehender mit Einzelheiten befassen wollen, sind die nahezu überall angegebenen Literaturhinweise. Doch auch hier fehlen gelegentlich neuere Arbeiten. Befremdlich ist z. B., daß die zweite Auflage des KOHLRAUSCH von 1905 zitiert wird, die heute fast niemand mehr nachschlagen kann, weil sie praktisch ausgestorben ist.

Im einzelnen sind besonders zu erwähnen eine gute Zusammenstellung der in Deutschland noch wenig bekannten Induktometer des Verfassers;

interessante Angaben über die Berechnung von Induktivitätsvariometern; ferner ein gutes theoretisches Kapitel über Kapazitäten. Andererseits könnte, wenn auch die Natur der dielektrischen Verluste noch nicht hinreichend geklärt ist, heute doch bereits sehr viel mehr über dieses Gebiet gesagt werden, als man in dem entsprechenden Abschnitt findet. Auch über die neueren keramischen Isolatoren wird wenig mitgeteilt, ebenso über Kettenleiter und über die neuen statischen Meßinstrumente, insbesondere für Hochfrequenz. Doch bleibt trotz dieser kleinen Mängel der Eindruck eines außerordentlich wertvollen Nachschlagebuches vorherrschend, das unbedenklich jedem zu empfehlen ist, der sich mit dem behandelten Gebiete befaßt oder befassen will.

Druck und äußere Ausstattung sind vorzüglich.
Zi.

Stereoskopbilder von Kristallgittern. Herausgegeben von M. VON LAUE und R. VON MISES. Teil II. 56 Seiten Text und 24 Tafeln. Berlin: Julius Springer 1936. Preis in Mappe RM 18,—.

Der vorliegende 2. Teil ist eine Fortsetzung des 1926 erschienenen ersten Bandes, der seinerzeit an dieser Stelle ausführlich besprochen worden ist [diese Zeitschr. 40, 290 (1927)]. Was damals gesagt worden ist, gilt auch für den neuen Band: eine wirkliche, auf Anschauung beruhende Einsicht in den Aufbau eines Kristalles aus Atomen läßt sich durch bloße ebene Abbildungen nicht vermitteln. Hier gibt es nur 2 Möglichkeiten: entweder müssen körperliche Modelle benutzt werden (und die sind sehr teuer), oder aber man betrachtet Stereoskopbilder, wie sie hier geboten werden. Die Bilder sind wieder unter Zugrundelegung eines Augenabstandes von 65 mm und einer Distanz zwischen Augen- und Bildebene von 250 mm berechnet und sehr sorgfältig gezeichnet. Die Zeichnungen stammen, wie früher, von E. REHBOCK-VERSTÄNDIG, der Text von G. MENZER. (Der Text ist wieder deutsch und englisch).

Im vorliegenden Bande handelt es sich um kompliziertere Strukturen als im ersten. Dem wird durch eine ausführlichere Beschreibung zu den einzelnen Tafeln Rechnung getragen. Dargestellt werden auf den 24 Tafeln die Strukturen einiger Elemente (As, Se, W, Graphit) sowie von Verbindungen, die 2 oder 3 Elemente enthalten (Oxyde, Sulfide, Halogenide, Karbonate usw.). Es ist überaus reizvoll, hier den Unterschied des Kristallaufbaues von Verbindungen gleicher Formel wirklich zu „schauen“, z. B. Rutil und Anatas (beide TiO_2), β -Quarz und β -Cristobalit (SiO_2), Kalkspat und Aragonit (CaCO_3), oder den Aufbau von Verbindungen mit sehr vielen Atomen in der Molekel, wie Kaliumtetrachloroplatinat (K_2PtCl_4) oder Kaliumhexachloroplatinat (K_2PtCl_6).

Jedem, der schnell, sicher und gründlich durch lebendige Anschauung in die Schwierigkeiten des Kristallaufbaues auch bei komplizierteren Substanzen eindringen will, ist der vorliegende zweite Band ebenso warm zu empfehlen wie der erste.

E. Lamla.

Kernphysik. Vorträge gehalten am Physikalischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich im Sommer 1936. Herausgegeben von E. BRETSCHER. IV u. 141 Seiten mit 68 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1936. Preis geh. RM 12,—.

Alle 2 bis 3 Jahre wird von PAULI und SCHERRER am Physikalischen Institut der Technischen Hochschule in Zürich eine Vortragswoche durchgeführt, während der von prominenten Vertretern Vorträge über aktuelle Themen gehalten werden. Das vorliegende Buch enthält die im Sommer 1936 gehaltenen Vorträge als Autorreferate; sie beziehen sich (ebenso wie die Vorträge 1931 und 1933) auf Kernphysik und Höhenstrahlung. Voran geht eine „Einleitung“ von E. BRETSCHER, in der für den „Nichtkernspezialisten“ die wesentlichen Begriffe und Tatsachen kurz dargestellt werden. Die ersten Aufsätze handeln über „Kernphysik“, und zwar von J. R. DUNNING-New York (The interaction of neutrons with matter), L. MEITNER-Berlin (Künstliche Umwandlungsprozesse beim Uran), H. v. HALBAN jun. und P. PREISWERK-Paris (Über Resonanzniveaus für Neutronenabsorption und Über Neutronenbeugung), R. FLEISCHMANN-Heidelberg (Energietönung bei der Anlagerung von Neutronen), G. BERNARDINI-Florenz (Energie und Intensität der $\text{Po} + \text{Be}$ -Neutronen), M. L. E. OLIPHANT-Cambridge (The conservation of mass-energy and momentum in the transformation of the light elements), J. D. COCKCROFT-Cambridge (The energy emission in transmutations in which electrons or positrons are emitted), W. BOTHE-Heidelberg (Starke Energieverluste von Elektronen). Es folgen zwei Aufsätze zu dem Thema „Experiment und Photonen-theorie des Compton-Effekts“, nämlich von W. BOTHE (Koinzidenzversuche am Compton-Effekt) und von G. BERNARDINI und S. FRANCHETTI (Zählrohrkoinzidenzen und Compton-Effekt). Zuletzt wird die „Kosmische Strahlung“ behandelt, und zwar von J. CLAY-Amsterdam (Die Eigenschaften der primären kosmischen Strahlung), P. AUGER-Paris (Analyse de quelques propriétés des portions dure et molle des rayonnements cosmiques), E. J. WILLIAMS-Manchester (Disintegration of a nucleus by cosmic radiation), H. GEIGER-Tübingen (Die kosmischen Strahlenschauer), W. BOTHE (Ultrastrahlgarben von großem Durchdringungsvermögen) und E. J. WILLIAMS (General survey of theory and experiment for high-energy electrons).

Bei der großen Zahl verschiedener Referate ist es nicht möglich, auf Einzelheiten einzugehen. Der Leser muß das Buch selbst zur Hand nehmen. Er wird hier über die schnellen und erstaunlichen Fortschritte auf dem Gebiete der Kernphysik unmittelbar durch die führenden Forscher selbst auf das beste unterrichtet.

E. Lamla.

25 Jahre Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Herausgegeben von MAX PLANCK. Zweiter Band: Die Naturwissenschaften. Redigiert von MAX HARTMANN. VIII, 433 Seiten. Berlin: Julius Springer 1936. Preis geb. RM 28,50.

Das Buch ist der zweite von den 3 Bänden des großen Werkes, das zur Feier des 25jährigen Bestehens der Kaiser Wilhelm - Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften von ihrem Präsidenten MAX PLANCK herausgegeben worden ist. Der erste Band ist ein „Handbuch“; der dritte führt den Titel „Die Geisteswissenschaften“. Der vorliegende zweite Band enthält im ersten Drittel zusammenfassende Aufsätze erster Forscher zu dem Thema „Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften“, und zwar über Philosophie der Naturwissenschaften von MAX HARTMANN, Astronomie von H. KIENLE, Physik von P. DEBYE, Atomchemie von O. HAHN, Mineralogie von W. EITEL, Wege und Ergebnisse der geologisch-tektonischen Forschung von H. STILLE, Biochemie von R. KUHN, Biologie von F. v. WETTSTEIN. Die Verfasser gehören alle der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft (KWG) an bis auf KIENLE und STILLE, deren Forschungsgebiete (Astronomie und Geologie) bisher von der KWG nicht betreut werden. In allen Aufsätzen werden die in den letzten Jahrzehnten besonders behandelten Fragestellungen und die erzielten Ergebnisse herausgestellt und ungelöste wichtige Probleme aufgezeigt. So bilden die Aufsätze in ihrer Gesamtheit einen kurzen und gedrängten, aber guten Überblick über die Entwicklung der Naturwissenschaft. (Über den einleitenden Aufsatz von HARTMANN vgl. die folgende Besprechung).

Den Hauptteil des Buches nehmen wissenschaftliche Berichte ein, und zwar Berichte über die Arbeiten, die seit der Gründung in den einzelnen Instituten und Abteilungen geleistet worden sind. Bei dem gewaltigen Umfange des Stoffes verbietet es sich von selbst, hier Einzelheiten anzugeben. Immerhin mag es dem Außenstehenden einen gewissen Eindruck von der Tätigkeit der KWG vermitteln, wenn hier wenigstens die 30 berichtenden Institute kurz angegeben werden. Es handelt sich erstens um physikalisch-chemisch-technische Institute, und zwar für Strömungsforschung und Aerodynamik in Göttingen, Wasserbau und Wasserkraft in München, Meteorologie in Danzig, Chemie in Berlin, physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin, Metallforschung in Stuttgart (bis 1933 in Berlin), Eisenforschung in Düsseldorf, Faserstoffchemie (Berlin; aufgelöst), Silikatforschung in Berlin, Kohlenforschung in Mülheim, Kohlenforschung in Breslau, Lederforschung in Dresden, dazu die Höhenobservatorien des Sonnblickvereins in Österreich, und zweitens um biologisch-medizinische Institute, nämlich für Biologie in Berlin, Züchtungsforschung in Müncheberg, Entomologie in Berlin, Hydrobiologie in Plön, Biologie (bis 1930; seit 1931 für Zellphysiologie) in Berlin, experimentelle Therapie in Berlin, Biochemie in Berlin, Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik in Berlin, medizinische Forschung in Heidelberg, Arbeitsphysiologie in Dortmund und Münster, Hirnforschung in Berlin-Buch, Psychiatrie in München, dazu die Vogelwarte in Rossitten, die biologische Station Lunz am See in Niederösterreich, das deutsch-italienische Institut für Meeresbiologie in Rovigno d'Istria, die Forschungsanstalt

für Mikrobiologie in São Paulo (Brasilien), Forschungsstelle des Prof. ABDERHALDEN in Halle a. S.

Die teilweise recht ausführlichen Berichte geben ein treffendes Bild von der erstaunlich reichen und überaus fruchtbaren Tätigkeit der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft.

E. Lamla.

Philosophie der Naturwissenschaften. Von MAX HARTMANN. 46 Seiten. Berlin: Julius Springer 1937. Preis brosch. RM 3,60.

Die vorliegende Schrift ist ein Abdruck aus der Festschrift zum 25jährigen Bestehen der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft (vgl. die vorstehende Besprechung). Hinzugekommen sind nur eine Anzahl Anmerkungen und ein Schriftenverzeichnis. Der Verfasser, der ja als hervorragender Biologe allgemein bekannt ist, der aber, wie sich hier zeigt, auch ein guter Kenner der Physik und der philosophischen Gedankengänge ist, setzt sich mit den erkenntnistheoretischen Fragen auseinander, die im Zusammenhange mit der neueren Entwicklung vor allem der Physik, aber auch der Biologie, aufgetreten sind und allgemeines Interesse erregt haben.

Sein Ausgangspunkt ist die Erkenntnistheorie und insbesondere der Apriorismus KANTS. KANTS Aussage, daß „die Bedingungen der Möglichkeit der Erfahrung überhaupt zugleich Bedingungen der Möglichkeit der Gegenstände der Erfahrung“ seien, wird unbedingt aufrecht erhalten. Dagegen hat z. B. die Relativitätstheorie gezeigt, daß KANTS eigene Auffassungen des Apriorischen in Bezug auf Raum und Zeit von der Physik NEWTONS beeinflusst und zu eng waren, und daß sie daher zu modifizieren sind. Und ebenso betont der Verfasser: „Die Kausalität im richtig verstandenen apriorischen Sinne ist die Voraussetzung jeglicher Naturerkenntnis; sie stellt die grundlegende Kategorie allen Naturerkennens dar“; die neuere Quantentheorie hat aber gezeigt, daß strenge Determinierbarkeit und strenge Voraussagbarkeit des Einzelgeschehens nicht dasselbe ist wie die apriorische Gültigkeit des Kausalsatzes. Man wird der klaren Formulierung des Verfassers, daß die Quantenmechanik keineswegs zur Aufgabe des Kausalsatzes allgemein zwingt, gern zustimmen; man muß nur zugleich feststellen, worauf übrigens auch der Verfasser in einer Anmerkung der vorliegenden Schrift ausdrücklich hinweist, daß damit zwar ein Versuch zur Lösung der Schwierigkeiten als nicht zwingend und sogar als nicht zutreffend abgewiesen ist, daß aber damit das eigentliche komplizierte Problem nicht gelöst ist, wie weit sich das Geschehen der Mikrophysik als determiniert auffassen und (etwa durch Differentialgleichungen) darstellen läßt.

Im biologischen Teile betont der Verfasser, daß die vergleichende und die experimentelle Methode, die generalisierende und die exakte Induktion für die Biologie gleich wichtig sind. Er geht dann ausführlich auf die Mißverständnisse ein, die die Anwendung des Begriffs der Kausalität in der Biologie verursacht hat [er wendet sich z. B. auch gegen JORDAN, vgl. die Besprechung in dieser Zeitschr. 50, 86 (1937)], und setzt sich dann mit

DRIESCH auseinander, dessen Vitalismus und Entelechienlehre sich „als unbegründet, als verfrühte Schlußfolgerungen“ erweisen.

Es ist im Rahmen der Besprechung leider nicht möglich, näher auf die Schrift einzugehen. Ich hoffe aber, daß schon die kurzen Andeutungen genügen werden, um jeden Physiker und Biologen, der an den philosophischen Grundlagen seiner Wissenschaften interessiert ist, zu eingehender Beschäftigung mit der HARTMANNSchen Arbeit anzuregen.

E. Lamla.

Das Weltbild der neuen Physik. Von MAX PLANCK. Fünfte, unveränderte Auflage. 52 Seiten. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1936. Preis geh. RM 2,70.

Das Schriftchen enthält im wesentlichen den Inhalt eines Vortrages, den MAX PLANCK im Februar 1929 im Physikalischen Institut der Universität Leiden gehalten hat. Der Vortrag mündet in ein Problem, das PLANCK in den letzten Jahren wiederholt und von verschiedenen Seiten her beleuchtet hat, das Problem der Kausalität [vgl. z. B. die ausführliche Besprechung in dieser Zeitschr. 46, 40 (1933)]. PLANCK geht von der These aus, daß es neben oder hinter der Sinnenwelt noch eine zweite, die reale Welt gibt, die wir niemals direkt, sondern nur durch das Medium der Sinnenwelt indirekt erkennen. Diese These läßt sich logisch nicht beweisen, so wenig wie sich etwa der Solipsismus rein logisch widerlegen läßt. Zu den beiden genannten Welten tritt als dritte die „Welt der physikalischen Wissenschaft“ oder das physikalische Weltbild. Dieses ist eine bewußte Schöpfung des Menschengesistes und als solche wandelbar und der Entwicklung unterworfen. Die Aufgabe des physikalischen Weltbildes besteht einerseits darin, die reale Welt möglichst vollständig zu erkennen, und andererseits darin, die Sinnenwelt möglichst einfach zu beschreiben. Je nach Veranlagung arbeiten die Physiker bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin am Weltbild; dazu kommt als dritte Gruppe die der Axiomatiker, denen es auf die innere Geschlossenheit und den logischen Aufbau des Weltbildes ankommt. Jede der drei Richtungen ist nützlich und nötig, und jede für sich allein ist der Gefahr der Einseitigkeit ausgesetzt.

Geschichtlich stellt sich die Wandlung des physikalischen Weltbildes nach PLANCK nicht als ein Hin- und Herpendeln dar, sondern als eine Entwicklung in mehr oder weniger bestimmter Richtung, und zwar als eine Abkehr des Weltbildes von der Sinnenwelt und eine fortschreitende Annäherung an die reale Welt. PLANCK zeigt diese Tendenz zur „Entsinnlichung“ besonders an der Entwicklung der Physik in den letzten Jahrzehnten auf, die durch das Auftreten der Relativitätstheorie und der Quantentheorie gekennzeichnet ist. Als die eigentlichen Bausteine der klassischen Physik und als die „greifbarsten Zeichen einer realen Welt“ bezeichnet PLANCK die universellen Konstanten (Gravitationskonstante, Lichtgeschwindigkeit, Masse und Ladung von Elektron und Proton), die Erhaltungsprinzipien (Energie-

und Impulserhaltung), die Hauptsätze der Thermodynamik und das Relativitätsprinzip. Die Quantentheorie brachte als Neues dazu das Wirkungsquantum; die PLANCKsche Konstante h liefert mit der Formel $E = h\nu$ etwas grundsätzlich Neues: nämlich die Äquivalenz einer Energie (d. h. einer additiven Größe) und einer Schwingungszahl (also einer lokalen Größe). Dadurch wird gegenüber früher eine wesentlich andere Einstellung nötig; wir dürfen nicht mehr einen beliebigen physikalischen Vorgang als zusammengesetzt aus lokalen Vorgängen in verschiedenen (beliebig kleinen) Raumelementen auffassen und dabei annehmen, daß jeder dieser Lokalgänge durch die Vorgänge in der unmittelbaren räumlichen und zeitlichen Nachbarschaft bestimmt sei. Wir müssen vielmehr das physikalische Gebilde als Ganzes betrachten. Der grundlegende und elementarste Begriff der klassischen Mechanik, der Begriff des materiellen Punktes, verliert seine zentrale Bedeutung, ja er muß — von besonderen Grenzfällen abgesehen — grundsätzlich aufgegeben werden. Für die Wellenmechanik sind die Elemente eines Bewegungsvorganges nicht die materiellen Punkte, sondern die Materiewellen. Ein „Wellenpaket“ kann angenähert, aber niemals genau dem früheren „materiellen Punkt“ gleichkommen. Die hiermit zusammenhängende HEISENBERGSche Ungenauigkeitsrelation ist etwas der klassischen Physik durchaus Fremdes; denn hier handelt es sich nicht um eine praktische, sondern um eine grundsätzliche Grenze der Meßgenauigkeit. Besonders auch die Entwicklung der Lichtquantenlehre hat gezeigt, daß weder eine reine Wellentheorie noch eine reine Korpuskulartheorie die Forderungen der neuen Physik erfüllen kann.

PLANCK erwähnt dann die Schwierigkeiten, die darin liegen, daß die Wellenmechanik den Begriff der Koordinaten und des Impulses eines materiellen Punktes sowie die Begriffe der kinetischen und der potentiellen Energie eines Punktsystems benutzt, während sich hinterher herausstellt, daß Lage und Impuls eines Punktes gar nicht gleichzeitig genau gemessen werden können, ja daß eigentlich der materielle Punkt seine Bedeutung verloren hat; er weist auf die Unanschaulichkeit der Materiewellen hin, und er kommt dann zu der wesentlichen Frage: Müssen wir das Prinzip der strengen Kausalität opfern? PLANCK weist das entschieden zurück. Man darf zunächst nicht eine Überlegenheit der Wellenmechanik durch den Hinweis begründen wollen, daß sie es nur mit prinzipiell beobachtbaren Größen und nur mit physikalisch sinnvollen Fragen zu tun habe. Das hat auch die klassische Mechanik von ihrem Standpunkt aus getan. Ob nämlich eine Größe prinzipiell beobachtbar ist oder nicht, ist eine Frage, die sich nur vom Standpunkt einer bestimmten Theorie aus beantworten läßt. (Beispiel: Die absolute Geschwindigkeit der Erde ist nach der FRESNEL-LORENTZschen Theorie des ruhenden Äthers prinzipiell beobachtbar, nach der Relativitätstheorie nicht. Das Problem der Konstruktion eines Perpetuum mobile war vor Einführung des Prinzips der Energieerhaltung sinnvoll, nachher

nicht mehr.) Immerhin sprechen die bisherigen Experimente durchaus für die Richtigkeit der HEISENBERG'schen Ungenauigkeitsrelation. Es ist aber sehr wohl möglich, daß die Unmöglichkeit einer bestimmten Antwort nicht in der Beschaffenheit der Theorie, sondern in der Beschaffenheit der gestellten Frage liegt. Derartige ist auch in der klassischen Physik wohl bekannt. (Beispiel: Sind von 2 sich in einer Ebene stoßenden, elastischen Kugeln die Geschwindigkeiten vor dem Stoß und die Stoßgesetze genau bekannt, so kann man daraus allein die Geschwindigkeiten nach dem Stoße noch nicht berechnen; denn den 4 Unbekannten, den Geschwindigkeitskomponenten nach dem Stoß, stehen nur die 3 Gleichungen gegenüber, die aus der Erhaltung der Energie und der Impulskomponenten folgen.) Wir haben leider kein Meßgerät, das auf eine einfache periodische Materiewelle ebenso reagiert wie etwa ein akustischer Resonator; unsere bisherigen Messungen gestatten keinen eindeutigen Schluß auf alle Einzelheiten des Vorgangs. Aber daraus kann man nicht auf die Undeterminiertheit der Gesetze der Materiewellen schließen. Erst recht ist es falsch, auf die Undeterminiertheit aus dem Umstande zu schließen, daß nach der Wellenmechanik ein System materieller Punkte nicht durch den Anfangszustand eindeutig bestimmt ist; denn hier ist die Fragestellung der alten Mechanik entnommen und unzulässig. Man kann aber in der klassischen Mechanik die Bewegung eines Systems für alle Zeiten auch dadurch vollständig determinieren, daß man seine Konfiguration zu 2 verschiedenen Zeiten angibt (z. B. die Lagekoordinaten der oben erwähnten stoßenden Kugeln vor und nach dem Stoß und die Zwischenzeit). Das läßt sich entsprechend auf die Wellenmechanik übertragen. Vollständig determiniert erscheint dann freilich nicht die Konfiguration, sondern die Materiewelle. Daß die Welle weit weniger eng mit der Sinnenwelt zusammenhängt als die Konfiguration, ist vielleicht ein weiterer Schritt auf dem Wege der oben erwähnten „Entsinnlichung“. Daß das physikalische Weltbild aber auch bei seiner Weiterentwicklung nicht etwa den notwendigen Kontakt mit der Sinnenwelt verliert, dafür bietet die gerade gegenwärtig sehr enge Zusammenarbeit zwischen Theorie und Experiment Gewähr.

Wie die anderen Schriften PLANCK's ist auch die vorliegende von wunderbarer, kristallener Klarheit und von zwingender Kraft. Und durch alle Ausführungen leuchtet nicht nur die große Forschergestalt, sondern auch die große menschliche Persönlichkeit hindurch; überall spürt man des alten Meisters jugendliche Begeisterung und seine Ehrfurcht vor den Geheimnissen der Natur.

E. Lamla.

Lehrbuch der Chemie. Von WALTER HÜCKEL. 1. Teil: Anorganische Chemie. 657 Seiten, mit 169 Abbildungen, 5 Tafeln und 2 farbigen Spektreltafeln. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1936. Preis geb. RM 18,—.

Die Absicht des Verfassers ist, ein Lehrbuch der Chemie, der anorganischen wie der organischen

und allgemeinen Chemie zu schreiben, das diese verschiedenen Zweige der chemischen Wissenschaft nach einheitlichen Gesichtspunkten behandelt. Der vorliegende 1. Teil „Anorganische Chemie“ ist aus der Vorlesung über anorganische Experimentalchemie hervorgegangen und demgemäß für Anfänger im chemischen Studium bestimmt, bei denen chemische Vorkenntnisse von der Schule her nicht vorausgesetzt werden. Der Verfasser schreibt im Vorwort: „Es ist nämlich eine Tatsache, die leider immer wieder festgestellt werden muß, daß in Deutschland die überwiegende Mehrzahl der Studierenden so gut wie keine chemischen Kenntnisse auf die Hochschule mitbringt, oft auch gar keinen richtigen Begriff von der Chemie hat.“ Diese Behauptung, die von Hochschullehrern schon so oft aufgestellt worden ist, stimmt nachdenklich, wenn man weiß, daß in der Mehrzahl der höheren Schulen in den Oberklassen Chemie gelehrt wird. Wir Schulmänner sind seit Jahrzehnten ernstlich bemüht, dieser ungünstigen Beurteilung durch Steigerung der Schulleistungen den Boden zu entziehen. Obwohl sich derartige Urteile trotzdem immer wiederholen, können wir doch nicht glauben, daß die Art des Chemieunterrichts an den höheren Schulen oder die Leistung der Lehrer im allgemeinen unzureichend sein sollte. Wir wollen auch den Spieß nicht umkehren und etwa sagen: die Chemielehrer der höheren Schulen erhalten ihr wissenschaftliches Rüstzeug in der Chemie ausschließlich auf Universitäten und Technischen Hochschulen, und diese Ausbildung sollte dann so unzureichend sein, daß „die überwiegende Mehrzahl der von diesen Lehrern unterrichteten Schüler keine chemischen Kenntnisse mitbringt und oft gar keinen richtigen Begriff von der Chemie hat“. Einer objektiven Nachprüfung können derartige Urteile ganz bestimmt nicht standhalten. Wir Lehrer an den höheren Schulen wissen aus eigenen Beobachtungen an Studienreferendaren, die ein mehrsemestriges chemisches Hochschulstudium hinter sich haben, nur zu gut, daß sich selbst bei diesen neben guten Kenntnissen und Fähigkeiten in der Chemie gelegentlich auch erschreckende Unkenntnis und Unfähigkeit finden. Das zeigt doch deutlich, daß es falsch ist, die Beobachtungen an Unfähigen und Mittelmäßigen zu verallgemeinern. Die wirklich Befähigten befinden sich leider stets in der Minderzahl.

Die ungünstige Beurteilung der chemischen Leistungen der Abiturienten höherer Schulen könnte auf den Gedanken führen, daß die Art, wie die höheren Schulen ihren Lehrstoff darbieten, vom Verfasser nicht für richtig gehalten würde. Das Gegenteil ist der Fall: grundlegende Gedanken über die Methode und Didaktik des chemischen Unterrichts, die seit Jahrzehnten den chemischen Schulunterricht und die besseren chemischen Schullehrbücher beherrschen, sind in vorbildlicher Weise in diesem Hochschullehrbuch der Chemie verwirklicht. Es stellt in dieser Hinsicht eine Neuerscheinung dar, welche die Beachtung aller Chemielehrer an höheren Schulen in weitem Umfange verdient.

Trotz der großen Fortschritte der Wissenschaft geht der Verfasser absichtlich nicht von den neuesten Errungenschaften bei der Gestaltung seines Stoff- und Lehrplanes aus, weil seiner Ansicht nach „heute ebenso wie früher der Anfänger von Beobachtungen des täglichen Lebens aus zum Versuch und von diesem weitergehend zu Hypothesen und Theorien geführt werden muß, der historischen Entwicklung der Wissenschaft entsprechend“. Die auf den Anfänger eingestellte Stoffanordnung wird von folgenden Grundsätzen geleitet: Leichtes hat dem Schwierigen voranzugehen; systematische Gesichtspunkte müssen deshalb hinter didaktischen zurücktreten. Aus diesem Grunde sind nicht, wie sonst in Hochschullehrbüchern üblich und in Lehrplänen und Lehrbüchern höherer Schulen noch zu finden, alle Nichtmetalle vor den Metallen abgehandelt; die Alkali- und Erdalkalimetalle, die mit einer ganzen Anzahl einfacher, für den weiteren Aufbau unentbehrlicher Stoffe und Begriffe bekannt machen, schieben sich vielmehr z. B. zwischen die Nichtmetalle ein. Das Chlor, die Chloride und der Chlorwasserstoff stehen noch vor diesen Metallen, während die Sauerstoffverbindungen des Chlors nicht mit dem Chlor zusammen, sondern erst später hinter den Alkali- und Erdalkalimetallen beschrieben werden, weil sie dem Anfänger sonst zu viele Schwierigkeiten bereiten.

Den oben genannten Grundsätzen entspricht im übrigen die gesamte Stoffanordnung, für die das Periodische System der Elemente daher — im Gegensatz zu den heutigen Hochschullehrbüchern der Chemie — nicht das herrschende Ordnungsprinzip ist. Der Verfasser ist der Auffassung, daß bei einer Anordnung nach dem Periodischen System vieles für den Anfänger noch Unverständliche vorweggenommen werden muß. Im Vorwort und im einführenden ersten Abschnitt, namentlich im Kapitel über Erlernen naturwissenschaftlichen Denkens, begründet der Verfasser seine oben zum Teil schon gekennzeichnete didaktische Einstellung, indem er die besondere Eigenart der naturwissenschaftlichen Forschung darlegt und aufzeigt, daß Naturgesetze und naturwissenschaftliche Theorien nur aus mühsamen Beobachtungen heraus aufgestellt werden können. Es hat für die Chemielehrer höherer Schulen großes Interesse, was der Verfasser z. B. zur Frage des induktiven und deduktiven Verfahrens bei der Einführung in die Chemie ausführt. Er lehnt für den Anfänger — wohlgemerkt für junge Studenten — im allgemeinen den deduktiven Weg ab. „Beginnt der Unterricht gleich auf diese Weise, so gewinnt der Anfänger nur zu leicht den Eindruck, als handle es sich in den Naturwissenschaften lediglich um die Kunst in der Anwendung gewisser Regeln. Ferner verleitet dieses Verfahren zu einer Überschätzung der an die Spitze gestellten Theorien, wenn man nur von deren Erfolgen erfährt; der Anfänger wird dann daher dazu neigen, die Theorien für unfehlbare Dogmen und für das Wesentliche zu halten, zumal er nicht weiß, auf welchen Wegen sie aus den Beobachtungen hergeleitet sind. Die Beobachtung,

bildet die Grundlage aller Naturwissenschaft, und das muß dem Anfänger von vornherein zum Bewußtsein gebracht werden. Daher ist es zweckmäßig, von einer Anzahl planmäßig gesammelter Beobachtungen, die aus dem täglichen Leben vertraut sind, auszugehen. Aus ihnen wird dann die Anregung zu neuen Versuchen gewonnen und schließlich gezeigt, wie aus dem erweiterten Beobachtungsmaterial verknüpfende Ideen und Theorien erwachsen. So geht der Anfänger einen Weg, den jeder Forscher gehen muß, der sich auf ein neues, ihm noch unbekanntes Gebiet begibt, diesem gegenüber also sich in der gleichen Lage befindet wie der Anfänger einer Wissenschaft gegenüber, die er lernen will. Dieser induktive Weg ist im großen und ganzen derselbe, der dem historischen Entwicklungsgang einer Naturwissenschaft entspricht.“

Diese Ausführungen sind von überzeugender Klarheit und lassen das pädagogische Geschick des Verfassers deutlich erkennen; sie stehen in einem wohlthuenden Gegensatz zu den Bestrebungen einzelner Chemielehrer an höheren Schulen, schon für die Schüler (etwa der Obersekunda) den fertigen Atombegriff (Dalton-Avogadro) an den Anfang der Atomlehre zu stellen und die chemischen Grundgesetze daraus herzuleiten, die doch nun einmal Erfahrungstatsachen sind. Man wird dem Verfasser auch voll zustimmen, wenn er sagt: „Der Reiz, welcher der Beschäftigung mit einer Naturwissenschaft innewohnt, liegt nicht im Beobachten und Feststellen einer Tatsache, sondern in der Freude am Suchen, Finden und Entdecken; er muß die Anregung bei der Beschäftigung mit den Naturwissenschaften bilden.“

Es ist selbstverständlich, daß ein Lehrbuch, das von einem Bildungsgedanken ausgeht, das nicht so sehr Tatsachen zusammenstellen, sondern Zusammenhänge miterleben lassen will, das Erzielung von Können neben dem Wissen anstrebt, keine trockene Aneinanderreihung von Mitteilungen sein kann. Die Stoffbehandlung geht daher in die Tiefe; lückenlose Herausstellung der Zusammenhänge und klare Formulierungen zeichnen das Lehrbuch vor vielen anderen vorteilhaft aus. Das gilt namentlich auch für die an passenden Stellen eingefügten Abschnitte aus der allgemeinen Chemie.

Die gesamte Anlage des Buches läßt auf Schritt und Tritt das Vorherrschen methodisch-didaktischer Gesichtspunkte erkennen, so daß in der Ordnung und Behandlung des Stoffes eine unverkennbare Ähnlichkeit mit bekannten Schulchemiebüchern herauskommt, bei denen die pädagogischen Gesichtspunkte ja ausschlaggebend sind. Der chemische Teil des Buches beginnt in elementarster Darstellung mit den Verbrennungserscheinungen, der Analyse der Luft und der Entdeckung des Sauerstoffs. Dann folgen die Oxyde des Kohlenstoffs, die Entstehung des Wasserstoffs aus Metallen und Wasserdampf, Oxydation, Reduktion, Säuren, Basen, Titration

Äquivalentgewicht, Verbindungsgewicht, Atomlehre, chemische Formeln, stöchiometrische Rechnungen. Es schließen sich an: das Chlor und die Chloride, Chlorwasserstoff, Elektrolyse, Theorie der elektrolytischen Dissoziation, Alkali- und Erdalkalimetalle, Halogene und Edelgase, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Bor, Silicium, Aluminium, Eisen, Nickel, Kobalt, Mangan, Chrom, Molybdän. Dann folgen das Periodische System der Elemente, Radioaktivität und Umwandlung der Elemente, die übrigen Metalle und Metalloide, Voltaische Ketten und als Abschluß Bau der anorganischen Verbindungen und Kristalle. — Die anorganische Chemie von HÜCKEL ist ein wirkliches Lernbuch, in das der Student sich vertiefen und aus dem auch der erfahrene Chemielehrer stofflich wie methodisch noch vieles für seinen Unterricht gewinnen kann. Es gehört in die Handbücherei jeder höheren Schule, an der chemischer Unterricht erteilt wird. Dem Erscheinen der organischen Chemie, die das eigentliche Arbeitsgebiet des Verfassers darstellt, kann man mit Spannung entgegensehen. *Dm.*

Bemerkung zu der vorstehenden Besprechung.

Obwohl es sonst nicht üblich ist, daß ein Autor zur Kritik an seinem Werke Stellung

nimmt, so habe ich mich doch in diesem Falle, einer Anregung der Redaktion folgend, dazu bereit gefunden. — Meine vom Referenten herangezogene Äußerung im Vorwort über die chemischen Kenntnisse der Abiturienten sollte keineswegs eine Kritik an den Leistungen der Schullehrer bedeuten. Die mangelhaften Kenntnisse der Studierenden haben nämlich, wie ich hier näher ausführen möchte, hauptsächlich ihren Grund darin, daß an den Gymnasien der Chemie ein viel zu geringer Raum gewährt wird, und daß dort öfters die der Chemie zustehenden Stunden von dem betreffenden Lehrer für den Physikunterricht verwendet worden sind; letzteres habe ich in einer ganzen Reihe von Fällen auf Befragen erfahren. Mit der Schulreform wird hier hoffentlich eine Wandlung geschaffen werden; allerdings ist mir bei der Diskussion der Lehrpläne noch nichts über den Grad, in dem die Chemie berücksichtigt werden soll, zu Ohren gekommen. Ferner bin ich mir aber auch bewußt, daß lange Zeit hindurch an vielen Hochschulen die Ausbildung der Studierenden für das höhere Lehrfach in Chemie unzureichend war, worauf ein Versagen mancher Lehrer im Schulunterricht, von dem auch der Referent spricht, zurückzuführen ist. *Hückel.*

Korrespondenz.

Kongreß für ärztliche Fortbildung in Berlin.

Mit einem vom 19. bis 24. August 1937 im Langenbeck-Virchow-Haus in Berlin stattfindenden Kongreß, der dem ärztlichen Fortbildungswesen gewidmet sein soll, wird eine Ausstellung von Lehrmitteln verbunden, wie sie für den Universitäts- und Fortbildungsunterricht in Betracht kommen. Es handelt sich um optische Geräte aller Art, auch solche zur Projektion von Operationsvorgängen, Stereo-Projektion, Projektion körperlicher Gegenstände, Kino-Projektion, Augen- und Ohrenspiegel zu gleichzeitiger Benutzung durch Lehrer und Schüler, Mikroskope ähnlicher Art; ferner um Verdunkelungsvorrichtungen, Wandtafeln, Präparate, photographische Hilfsmittel, Lautsprecher-Einrichtungen; endlich um Ausrüstungen zur Erleichterung der Verhandlungen auf Tagungen usw., kurz um alles, was

für den Unterricht oder für Vorträge vor einer größeren Hörerzahl an Hilfsmitteln geboten werden kann. Dabei liegt entscheidender Wert darauf, daß nur Neuerungen auf dem angegebenen Gebiete gezeigt werden; die üblichen Mikroskope, Projektionseinrichtungen usw. auszustellen, hätte geringere Bedeutung.

Die Ausstellung findet statt im Langenbeck-Virchow-Haus, Berlin NW 7, Luisenstr. 58/59, und ist von Donnerstag, d. 19. August bis einschließlich Dienstag, d. 24. August 1937, bei freiem Eintritt täglich von 10 bis 15 Uhr geöffnet. Ihr Besuch wird auch für die naturwissenschaftliche Lehrerschaft anregend sein.

Die Leitung der Ausstellung hat Herr Oberingenieur G. MYLIUS, Langenbeck-Virchow-Haus; an ihn sind Anfragen, Anmeldungen usw. zu richten.