

ZEITSCHRIFT FÜR DEN PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHT

52. JAHRGANG

1939

HEFT 2

Das neue Elementarteilchen.

Von P. Jordan in Rostock.

Die Erforschung der physikalischen Elementarteilchen geht in stürmischem Tempo weiter. Als vor etwa anderthalb Jahren in dieser Zeitschrift über den Stand unserer Kenntnisse betreffs der physikalischen Elementarteilchen berichtet wurde¹, konnte hervorgehoben werden, daß die Erforschung der Atomphysik im engeren Sinne schon seit mehreren Jahren zu einem gewissen Abschluß gekommen ist: Die Untersuchung der Vorgänge an und in den Elektronenhüllen der Atome — wozu ja auch das Gesamtgebiet der chemischen Reaktionen gehört — hat uns zum Verstehen der tiefgründigen Gesetze der Quantenerscheinungen hingeführt; und die endgültige Klarstellung der Quantengesetze, wie sie in der Quantenmechanik oder Wellenmechanik (bzw. der daran anschließenden „statistischen Transformationstheorie“) erreicht worden ist², hat die grundsätzlichen Probleme der Physik der Elektronenhüllen der Atome definitiv gelöst: Alle weiteren Aufgaben in diesem Gebiete sind, vom theoretisch-prinzipiellen Standpunkt aus gesehen, nur noch Aufgaben der mathematischen Deduktion; da wir die Grundgesetze als solche kennen, handelt es sich nur noch darum, ihre Folgerungen für bestimmte Einzelprobleme mathematisch zu entwickeln — was aber natürlich in manchen Fällen auf Grund der Kompliziertheit des betreffenden Problems eine recht schwierige Aufgabe sein kann.

So hat sich die Forschung von den Elektronenhüllen mehr und mehr zu den Kernen der Atome hingewandt. In kurzer Zeit ist das früher nahezu unzugänglich erscheinende Gebiet der Kernphysik eindringlichster vielseitigster Erforschung erschlossen worden. Es trafen verschiedene Umstände zusammen, welche die fast explosionsartig rasche Entwicklung der Kernphysik in den letzten 5 bis 10 Jahren ermöglichten. Einerseits hatten die bahnbrechenden Untersuchungen der auf dem Gebiet der Radioaktivität schon seit langem arbeitenden Forscher — insbesondere der RUTHERFORD-Schule — eine Pionierarbeit geleistet, die gerade jetzt zur vollen Reife kam: die ursprünglich nur als spontane Vorgänge beobachteten Kernumwandlungen wurden in wachsender Vielseitigkeit künstlich veranlaßt durch Beschießung von Atomkernen mit den schnellen Teilchen, die bei spontanen radioaktiven Vorgängen ausgesandt werden. Andererseits gelangte die moderne Hochspannungstechnik dahin, Spannungen von einer Million Volt und mehr erzeugen zu können, vermittelt deren man geladenen Teilchen Energien von ähnlicher Größe erteilen konnte, wie sie die in radioaktiven Zerfallsprozessen ausgeschleuderten Teilchen besitzen. Die künstliche Herbeiführung von Kernumwandlungen konnte danach in wesentlich vergrößertem Maßstab durchgeführt und hinsichtlich ihrer Gesetzmäßigkeiten untersucht werden. Die Tatsache, daß, wie erläutert, die Physik der Elektronenhüllen inzwischen nach der grundsätzlichen Seite hin „fertig“ geworden war, machte neue Kräfte für die Bearbeitung der Kernphysik frei; und die bedeutungsvolle Entdeckung des Neutrons (1932) eröffnete mit einem Schläge eine Fülle neuartiger experimenteller Möglichkeiten für die Kernphysik.

¹ Jahrg. 50 (1937); S. 129—134.

² Vgl. etwa die Darstellung in: P. JORDAN, Die Physik des 20. Jahrhunderts, 2. Aufl. Braunschweig 1938.



Heute können wir bereits sagen, daß die Epoche der höchsten „Aktualität“ der Kernphysik um etwa zwei Jahre hinter uns liegt. Wenn wir die grundsätzlichen Hauptergebnisse der kernphysikalischen Forschung zusammenfassen wollen, so ist neben der Entdeckung des Neutrons (CHADWICK) die HEISENBERGSche Erkenntnis hervorzuheben, daß Protonen und Neutronen die Bausteine der Kerne sind. Die hieraus folgenden Gesetze für das dynamische Verhalten der Kerne in ihren Umwandlungsreaktionen sind durch Gedanken BOHRs weitgehend aufgeheilt. Ein Hauptergebnis der eindringlichen Untersuchungen betreffs der Bindungsenergien, welche die Kerne zusammenhalten, liegt ferner darin vor, daß wir eine recht gute Kenntnis besitzen von den nichtelektrischen Anziehungskräften, welche die Bausteine der Kerne betätigen, wenn sie bis auf sehr kleine Abstände einander nahekommen.

Wir haben ferner die β -Umwandlungen verstehen gelernt als Prozesse, bei denen jeweils ein im Kern enthaltenes Neutron sich in ein Proton verwandelt: Die Aussendung eines negativ geladenen Elektrons sorgt bei diesem Vorgang für die Erhaltung der elektrischen Ladung. Aber es hat sich gezeigt, daß die Erhaltung der Energie nur dann gewährleistet werden kann, wenn außer der Emission des Elektrons noch eine weitere Emission geschieht: Es wird ein „Neutrino“ ausgesandt, das sich jedoch einem direkten Nachweis infolge des ungeheuer großen Durchdringungsvermögens der Neutrinostrahlung bislang noch entzogen hat. Andererseits kann ein in einem Atomkern enthaltenes Proton sich in ein Neutron verwandeln, ebenfalls unter Emission eines Elektrons und eines Neutrinos; aber dieses Elektron hat positive elektrische Ladung — es ist ein Positron.

Die erste Auffindung des Positrons ist freilich nicht in dem eben erwähnten Zusammenhang geglückt, sondern im Zusammenhang der Untersuchungen an der kosmischen Strahlung (Höhenstrahlung). Damit kommen wir zu dem Forschungsgebiet, welches neustens bereits die Kernphysik im Vorrang der „Aktualität“ abgelöst hat. Aus dem Weltraum fällt in unsere Atmosphäre eine Strahlung ein, deren Primärteilchen (mindestens größtenteils) Elektronen, und zwar sowohl positive als auch negative sind. Die Elektronen dieser kosmischen Strahlung besitzen sehr hohe Energien — sie unterscheiden sich hierdurch wesentlich von jenen viel langsameren Elektronen, die von der Sonne ausgestoßen werden und in unserer Atmosphäre die Nordlichter erzeugen. Durch ihre hohen Energien sind diese Elektronen der kosmischen Strahlung — deren Herkunft übrigens trotz verschiedener Erklärungsversuche immer noch völlig rätselhaft geblieben ist — zu Prozessen befähigt, die an den uns sonst zur Verfügung stehenden viel langsameren Elektronen nicht vorkommen. Die von den radioaktiven Kernen ausgesandten Teilchen pflegen Energien von einigen Millionen Volt zu haben (d. h. man würde ihnen dieselbe kinetische Energie, mit der sie den Atomkern verlassen, dadurch erteilen können, daß man sie ein Spannungsgefälle von einigen Millionen Volt durchfallen ließe). Man hat früher versucht, die Herkunft der kosmischen Strahlung zu deuten durch Annahme gelegentlicher Prozesse der wechselseitigen Neutralisierung eines Protons und eines Elektrons: die dabei frei werdende Energie (Summe der Ruhenergien mc^2 plus der kinetischen Energien!), die etwa in Form eines Lichtquants ausgesandt und später einem Elektron übertragen werden könnte, würde rund 10^9 Volt betragen. Aber diese Vorstellung wurde hinfällig, als KUNZE durch die ersten Ausmessungen der Energien von Höhenstrahlteilchen (vermitteltst Krümmung ihrer in der WILSON-Kammer sichtbaren Bahnen durch ein ungeheuer starkes Magnetfeld) zeigte, daß die Energien bis mindestens 10^{10} oder 10^{11} Volt hinaufgehen. Neustens sind durch andersartige Untersuchungen diese Energiewerte noch wesentlich erhöht worden: Es kommen in selteneren Fällen sogar Teilchen der Energie 10^{16} Volt vor.

Die Untersuchungen an dieser Höhenstrahlung sind sehr vielseitiger Art. Ihre außerordentlich geringe Intensität macht nur für feinste Instrumente einen Nachweis

möglich: neben der Wilsonkammer, die wie bei den radioaktiven Strahlungen die Bahnen einzelner schneller Teilchen sichtbar machen kann, spielt vor allem das Zählrohr, welches den Durchgang eines einzelnen schnellen Teilchens registriert (oder etwa hörbar macht), eine entscheidende Rolle. Die außerordentliche Verwickeltheit des ganzen Phänomens der Höhenstrahlung — die einfallende Primärstrahlung erzeugt in der Atmosphäre Sekundärstrahlungen, die ihrerseits zu tertiärer, quartärer, ... Strahlung Anlaß geben — macht beispielsweise schon die Frage nach der Natur der primären Strahlung fast unangreifbar. Daß tatsächlich positive und negative Elektronen den Hauptanteil der Primärstrahlung ausmachen, konnte erst nach sehr ausgedehnten und schwierigen Untersuchungen sichergestellt werden, bei denen insbesondere die geographische Verteilung der Höhenstrahlung durch eigens ausgesandte Expeditionen untersucht wurde: Die Krümmung der Flugbahnen der schnellen Primärteilchen durch das magnetische Erdfeld bedingt nämlich merkliche Verschiedenheiten der Intensität der Höhenstrahlung an verschiedenen Orten der Erdoberfläche; doch war es nur nach sehr umständlichen Ermittlungen möglich, die beobachteten geographischen Verschiedenheiten zu zuverlässigen Rückschlüssen betreffs der Natur der Primärstrahlung auszunutzen. Ferner hat die Veränderung der Intensität der Höhenstrahlung mit der Höhe viele mühsame Untersuchungen nötig gemacht. Trotz des außerordentlichen Durchdringungsvermögens der kosmischen Strahlung bedingt doch der Durchgang durch die Erdatmosphäre schon eine erhebliche Abschwächung; in großen Höhen ist deshalb die Intensität etwa 300 mal so groß wie an der Erdoberfläche. Messungen der Strahlungsintensität auf hohen Berggipfeln, oder mit selbstregistrierenden Meßinstrumenten, die in unbemannten Ballonen in die Stratosphäre hinaufgeschickt wurden, haben ausgedehntes Material für die Beurteilung dieser Verhältnisse ergeben. Wiederum eine andere Untersuchungsrichtung befaßt sich mit der Veränderung der Höhenstrahlung beim Durchgang durch dünnere oder dickere Schichten fester Substanzen: außer der Abschwächung der Strahlung durch Absorption ist dabei interessant das Auftreten mannigfacher, durch die Strahlung ausgelöster Folgeprozesse.

Die auffälligsten dieser Prozesse sind die sog. „Schauer“. Es ergibt sich beim Durchgang der Höhenstrahlung etwa durch eine Metallplatte gelegentlich an der Austrittsseite der Strahlung eine große Menge neuer Teilchen, die im Inneren der Platte erzeugt worden sind. Schauer mit Hunderten oder sogar Tausenden von Teilchen kommen nicht selten vor. Die fraglichen Teilchen sind (in allen bislang zuverlässig geklärten Fällen) positive und negative Elektronen; man muß sich vorstellen, daß ein einzelnes energiereiches Teilchen der Höhenstrahlung die Energie für die Entstehung des gesamten Teilchenschauers geliefert hat.

Zwei verschiedene Vorstellungen betreffs des Zustandekommens dieser massenhaften Teilchenerzeugung sind erörtert worden. Einerseits ist gezeigt worden (HEISENBERG), daß mit der Möglichkeit zu rechnen wäre, daß ein sehr energiereiches Teilchen — etwa ein schnelles Elektron — beim Zusammenstoß mit einem Atomkern (die oben erwähnte Metallplatte dient nur dazu, der Höhenstrahlung recht viele Atomkerne in den Weg zu stellen) explosionsartig zum Entstehen zahlreicher neuer Elektronen Anlaß geben könnte. Natürlich müssen dabei elektrische Ladung, sowie Energie erhalten bleiben: die erstere dadurch, daß positive und negative Elektronen in gleicher Anzahl erzeugt werden; die letztere dadurch, daß dem ursprünglichen energiereichen Elektron so viel Energie entzogen wird, wie nötig ist zum Ausgleich sowohl der kinetischen als auch der Ruhenergien der entstehenden Elektronen. (Und außerdem etwaiger noch zugleich entstehender Neutrinos). Andererseits haben englisch-amerikanische Verfasser darauf hingewiesen, daß derartige Schauer auch „kaskadenartig“ entstehen könnten durch mehrfache Wiederholung der Erzeugung je eines Paares von Elektronen. Das ursprüngliche Elektron gibt zunächst in Form eines Lichtquants sehr hoher Frequenz einen Energiebetrag ab. Das energiereiche Lichtquant seinerseits läßt ein Elektronenpaar entstehen; die nunmehr schon in Dreizahl vorhandenen Elektronen

ergeben ihrerseits wieder neue Lichtquanten, und diese wiederum neue Elektronenpaare. Die Fortsetzung dieses Spieles kann in schneller Aufeinanderfolge eine sehr beträchtliche Anzahl von Teilchen entstehen lassen, falls das ursprüngliche Elektron energiereich genug war.

Diese „Kaskadentheorie“ der Schauerbildung hat den großen Vorteil, daß sie nur mit solchen Vorgängen rechnet, die anderweitig bereits gut bekannt und erforscht sind: die Erzeugung eines einzelnen Elektronenpaares durch ein sehr hartes Lichtquant ist ein hinsichtlich seiner Gesetzmäßigkeiten genau bekannter Vorgang, aus dessen mehrfacher Wiederholung also die Kaskadentheorie die ganze Schauerbildung erklärt. Man konnte deshalb von dieser Vorstellung aus genaue quantitative Angaben entwickeln über die Häufigkeiten, mittlere Teilchenzahlen usw., die betreffs der Schauerbildung unter verschiedensten experimentellen Bedingungen zu erwarten sind. Die Aussagen der Theorie haben sich in weitem Umfang glänzend bewährt, und wir sind sicher, daß die allermeisten Schauer nach diesem Schema zu verstehen sind. Ob es andererseits auch andere Schauer gibt, in denen die Teilchenerzeugung nicht sukzessive, sondern im HEISENBERGSchen Sinne auf einen einzigen Schlag erfolgt, ist eine Frage, die man vorsichtshalber nicht verneinen wird, für deren Bejahung aber andererseits zur Zeit noch keine ausreichenden experimentellen Unterlagen vorhanden sind.

Natürlich treten Schauer auch in der Atmosphäre auf; und besondere Erwähnung verdienen gewisse neuestens festgestellte „Riesenschauer“, welche, wenn der Ort ihrer Erzeugung einige Kilometer über der Erdoberfläche liegt, Hunderte von Quadratmetern der Erdoberfläche mit einem Teilchenregen überschütten. Diese Schauer haben die oben erwähnte Feststellung ermöglicht, daß in der Höhenstahlung Teilchen von mindestens 10^{16} Volt Energie gelegentlich vorkommen müssen, da nur derartig energiereiche Teilchen so große Schauer erzeugen können.

Die Strahlung, die wir in der Atmosphäre beobachten, besteht natürlich nur noch zum kleinsten Teil aus Primärteilchen der kosmischen Strahlung — überwiegend handelt es sich um Teilchen, die erst in der Atmosphäre selber sekundär, tertiär . . . erzeugt wurden. Man hat nun an dieser in der Atmosphäre vorhandenen Strahlung zwei verschiedene Anteile, eine „weiche Komponente“ und eine „harte Komponente“ unterscheiden können; die letztere zeichnet sich durch ein besonders hohes Durchdringungsvermögen aus. Die weiche Komponente konnte im Zusammenhang mit der Kaskadentheorie der Schauerbildung restlos verstanden werden: sie verhält sich in jeder Hinsicht so, wie sich unserem theoretischen Wissen nach eine aus energiereichen Elektronen bestehende Strahlung verhalten muß. Die harte Komponente dagegen hat wesentlich schwierigere Rätsel aufgegeben; man ist dazu genötigt worden, eine ganz neue Teilchenart für diese Strahlung anzunehmen, nämlich elektrisch geladene Teilchen, deren Masse erheblich größer als die der Elektronen, aber doch merklich kleiner als die der Protonen ist.

Dieser Schluß hat sich erst allmählich gegen anfängliche Bedenken und Widerspruch durchgesetzt. Die Existenz dieser neuen Teilchenart war zunächst recht indirekt erschlossen, und es wurden auch andersartige Auswege versucht. Seit kurzem aber kann an der Existenz des neuen Elementarteilchens kein Zweifel mehr bestehen: mehrere Verfasser haben das Glück gehabt, in WILSON-Aufnahmen einige Teilchenbahnen zu fassen, die unzweifelhaft weder Elektron noch Proton, sondern etwas Neues darstellen. Weiteres umfangreiches Erfahrungsmaterial gibt uns die Gewißheit, daß aus diesen in einigen Fällen direkt sichtbar gemachten Teilchen die ganze „harte Komponente“ besteht.

Über den Namen, den man den neueren Elementarteilchen am besten geben kann, besteht noch keine endgültige Einigkeit. Da die Existenz dieses Teilchens — ähnlich wie beim Positron — schon vor der experimentellen Entdeckung theoretisch erschlossen worden war, und zwar durch den Japaner YUKAWA, so hat (neben allerlei

anderen Namen) die Bezeichnung „Yukon“ verschiedentlich Anklang gefunden. Die größte Aussicht, sich allgemein durchzusetzen, hat aber wohl die von BOHR vorgeschlagene Bezeichnung „Mesotron“.

Wie groß die Ruhmasse des neuen Elementarteilchens ist, steht noch nicht genau fest. Jedenfalls kommt ein Wert von ungefähr 100 bis 300 Elektronenmassen in Betracht. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß dieses neue Teilchen sogar noch in verschiedenen Ausgaben existiert (wohl verschiedenen inneren Anregungsstufen entsprechend), die verschiedene Werte der Ruhmasse besitzen. Die wichtige Frage nach Spin und Statistik (BOSE oder FERMI!) des Mesotrons wird aus theoretischen Gründen dahin beantwortet, daß es sich um BOSE-Statistik und um ein Spinmoment $1 \cdot \frac{h}{2\pi}$ handle. Nur unter diesen Bedingungen nämlich kann das neue Teilchen in Bezug auf die Kernbindungskräfte diejenige Rolle spielen, die wir hernach erläutern werden.

Die Höhenstrahllexperimente haben weiterhin ergeben, daß das Mesotron praktisch nur als ein sehr schnell bewegtes Teilchen in unserer Atmosphäre vorkommt: Mesotronen von kleiner kinetischer Energie müssen also instabil sein. Dieser zunächst sehr merkwürdige und auffällige Befund hat eine einfache Aufklärung erhalten, in deren Zusammenhang er einen schönen Beweis für die Richtigkeit der in der LORENTZ-Transformation formulierten relativistischen Kinematik bildet. Die Relativitätstheorie behauptet nämlich, daß eine relativ zu uns bewegte Uhr für uns einen langsameren Gang zeigt, als für einen mitbewegten Beobachter; ist $v = \beta \cdot c$ ($c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec) die Relativgeschwindigkeit, so ist die Bewegungsperiode der Uhr für uns um einen Faktor $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$ vergrößert. Stellen wir uns nun vor, daß das Mesotron (gewissermaßen ähnlich einem Radiumatom) eine Tendenz zu spontanem Zerfall besitzt; es dürfte sich dabei um einen Zerfall in ein Elektron und ein Neutrino handeln. Dann werden wir — da ja eine größere Menge von Mesotronen, die sich in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit bewegen, durch ihren statistisch-gesetzmäßigen Zerfall eine Art „Uhr“ darstellt — diesen Zerfall unsererseits um so langsamer fortschreiten sehen, je größer die Geschwindigkeit der betreffenden Mesotronen ist. Die experimentell gefundenen Verhältnisse entsprechen nun tatsächlich bestens der relativistischen Formel.

Wir erwähnten schon, daß das Mesotron auch in Beziehung zum Problem der Kernbindungskräfte steht, also der nichtelektrischen Anziehungskräfte, welche die Bausteine der Atomkerne aneinander binden. Die Tatsache, daß diese Kräfte nichtelektrischer Natur sind, nötigt uns dazu, über ihre Natur nachzudenken. Nun kann man folgendes sagen: Wenn wir die Gesetzmäßigkeiten des Lichtes noch gar nicht kennen würden, aber doch wüßten, daß zwischen zwei elektrischen Ladungen die COULOMBSche Anziehung besteht, so könnten wir daraus durch theoretische Deduktion die Gesetze des Lichtes ableiten. In einer der klassischen Physik entsprechenden Form, ohne Berücksichtigung von Quantenerscheinungen, ist diese Ableitung ja eigentlich in der historischen Entwicklung der Elektrodynamik bis zur elektromagnetischen Lichttheorie wirklich vollzogen worden: Vom COULOMBSchen Gesetz ausgehend hat sich die Elektrodynamik dahin entwickelt, schließlich auch die Lichterscheinungen als elektrodynamische Erscheinungen zu verstehen. In dieser historischen Entwicklung hat man sich allerdings nicht allein auf das COULOMBSche Gesetz als einzige Erfahrungstatsache gestützt, sondern weiteres experimentelles Erfahrungsmaterial mit ausgenutzt. Bei unserer heutigen Kenntnis grundsätzlicher physikalischer Gesetze (Relativitätstheorie, Quantentheorie) würden wir aber aus der bloßen Kenntnis des COULOMBSchen Gesetzes rein theoretisch die vollständige Lichttheorie ableiten können.

Etwas Analoges kann nun durchgeführt werden für die Kernbindungskräfte: Bei genauer Kenntnis der Gesetze dieser Kernbindungskräfte haben wir die Möglichkeit,

theoretisch zu ermitteln, was geschehen muß, wenn zwei Kernbausteine nicht mehr in einer statischen (oder praktisch statischen) Wechselwirkung stehen, sondern beispielsweise in schneller Schwingungsbewegung begriffen sind, derart, daß ihre nichtelektrische Wechselwirkung die Form einer wechselseitigen Zustrahlung von Kraftwellen annimmt — diese Kraftwellen würden also zu den nichtelektrischen Kernkräften in demselben Verhältnis stehen, wie die elektromagnetischen Kugelwellen, die von schwingenden Ladungen ausgehen, zu der COULOMBSchen statischen Wechselwirkung dieser Ladungen. Ferner können wir auf Grund der allgemeinen quantenmechanischen Gesetze sagen, daß dieser nichtelektrischen Wellenstrahlung gewisse Korpuskeln entsprechen müssen, analog, wie den elektromagnetischen Wellen die Lichtquanten entsprechen.

Wie gesagt, diese Überlegung würde ganz zwangsläufig und eindeutig sein, wenn wir bereits die Gesetze der statischen Kernbindungskräfte auf empirischer Grundlage ausreichend kennen würden. Tatsächlich ist das aber nicht der Fall; und infolgedessen konnte einige Zeit Ungewißheit darüber bestehen, wie die nach dieser Überlegung zu erschließende Korpuskularstrahlung aussehen müßte. Es ist versucht worden, diese theoretisch zu fordernde Korpuskularstrahlung zu identifizieren mit der β -Strahlung. Eingehende Untersuchungen haben jedoch zu dem Ergebnis geführt, daß dieser Gedanke, obwohl es eine Zeitlang berechtigt schien, ihn mit Optimismus zu betrachten, fallen gelassen werden mußte. YUKAWA hat dann die Kühnheit besessen, zu folgern, daß es ein experimentell noch nicht gefundenes Elementarteilchen geben müsse, und er hat seine Masse theoretisch zu ungefähr 200 Elektronenmassen vorausbestimmt. Die spätere Auffindung des Mesotrons in der Höhenstrahlung hat dieser kühnen theoretischen Schlußfolgerung glänzend recht gegeben.

Wir können nun umgekehrt, nachdem wir das Mesotron als wirklich existierend kennen und seine Eigenschaften schon einigermaßen übersehen, eine genauere Bestimmung des Gesetzes der Kernbindungskraft theoretisch durchführen. Das Ergebnis ist, daß diese Kernbindungskraft einem ganz ähnlichen Gesetze gehorcht, wie die COULOMBSche Formel: Während beim COULOMBSchen Gesetz das Potential die Form $1/r$ hat, erhalten wir

für die Kernbindungskraft ein Potential der Gestalt $e \frac{r}{r_0}$. Dabei ist r_0 eine Konstante, die ungefähr gleich $\approx 10^{-13}$ cm ist; der Exponentialfaktor sorgt also dafür, daß diese Kernbindungskraft nur bei sehr kleinen Abständen der betreffenden Teilchen merklich von Null verschieden ist, für größere Abstände dagegen sehr stark zu Null geht. Andererseits bekommen wir für ganz kleine Werte des Abstands r dasselbe, wie im COULOMBSchen Gesetz. Eine zusätzliche Besonderheit der zwischen einem Proton und einem Neutron wirkenden nichtelektrischen Kraft ist dann allerdings noch die, daß es sich hier um eine sog. „Austauschkraft“ handelt, welche den chemischen Valenzkräften ähnelt, und gleich diesen eine Absättigung ergibt. In der obigen Potentialformel kommt dies natürlich noch nicht zum Ausdruck; die entsprechende mathematische Formulierung sei hier übergangen¹.

Jedoch sei erwähnt, daß im Zusammenhang mit der Verknüpfung der nichtelektrischen Kernkräfte mit dem Mesotron auch eine befriedigende Erklärung erzielt werden konnte für die Tatsache, daß das Verhältnis von mechanischem Spinmoment und magnetischem Spinmoment bei Proton und Neutron nicht dasjenige ist, was man ursprünglich (im Sinne einer Analogie zu dem durch die DIRACsche Theorie beschriebenen Elektron-Spin) erwartet hatte. Übrigens sind die magnetischen Spinmomente von Proton und Neutron, deren Messung naturgemäß eine recht schwierige Aufgabe ist, in letzter Zeit Gegenstand einiger besonders schöner und geistreich durchdachter Experimente gewesen.

Wir bekommen aber im Zusammenhang mit dem Mesotron zunächst nur zwischen einem Proton und einem Neutron eine Kraft; und man weiß, daß auch zwischen je

¹ Vgl. etwa die Darstellung in: P. JORDAN, Anschauliche Quantentheorie. Berlin 1936.

zwei Neutronen oder je zwei Protonen eine ähnliche Kraft besteht. Das führt dazu, die Existenz noch eines weiteren Elementarteilchens zu vermuten, welches sich von dem Mesotron wahrscheinlich nur dadurch merklich unterscheidet, daß es keine elektrische Ladung trägt. Ein solches elektrisch neutrales Teilchen wird natürlich experimentell sehr schwer zu fassen sein. Immerhin gibt es einige experimentelle Tatsachen im Gebiet der Höhenstrahlungsforschung, die vielleicht wirklich auf das Vorkommen dieses weiteren hypothetischen Teilchens hindeuten.

Es ist nun also eine schon recht beträchtliche Zahl von Elementarteilchen, die wir heute kennen. Noch vor wenigen Jahren war man geneigt, Elektron und Proton als die einzigen materiellen Elementarteilchen anzusehen. Inzwischen haben wir nicht nur als Gegenstück zum Elektron das Positron gefunden, sondern ferner das Neutron, das Neutrino, und nun das Mesotron. Das letztere kommt mit positiver und negativer Ladung vor; und vielleicht gibt es auch ein elektrisch neutrales ähnliches Teilchen. Denken wir daran, daß es außerdem noch das Lichtquant gibt, und ferner (allerdings nicht experimentell festgestellt, sondern zur Zeit nur theoretisch erschließbar) das den von schwingenden Massen ausgehenden Gravitationswellen¹ als entsprechendes korpuskulares Teilchen zuzuordnende „Gravitationsquant“, so sehen wir, daß die Erforschung der physikalischen Elementarteilchen dazu geführt hat, dieses Gebiet uns heute nicht einfacher, sondern im Gegenteil komplizierter als früher erscheinen zu lassen. Das ist vielleicht in gewissem Sinne eine Enttäuschung: Wir glaubten bereits, dem Ziele einer endgültigen Enträtselung der Materie nahe zu sein; nun führt uns die zunehmende Kompliziertheit der Erscheinungen, die allmählich neu in unseren Gesichtskreis treten, zu der bescheidenen Anerkennung, daß wir hier anscheinend eher an einem Anfang als an einem Ende stehen. Aber wir dürfen dies, statt als Enttäuschung, auch als eine freudige Überraschung betrachten. Die Welt ist immer noch größer und reicher, als wir ahnten!

Unsere bisherige Erkenntnis erfährt dadurch keine Verminderung oder Einschränkung ihres Wertes: Tatsächlich ist kein Anlaß vorhanden, zu befürchten, daß dasjenige, was wir zu wissen glauben betreffs der Physik der Elektronenhüllen der Atome, irgendwie revisionsbedürftig sei. Die neuen Einsichten, um deren Erweiterung und Vertiefung wir noch kämpfen, beziehen sich ja auf ein ganz anderes Gebiet: indem uns die Höhenstrahlung Teilchen vorführt, deren Energie — wie wir oben sahen, geht sie bis mindestens 10^{16} Volt hinauf — ungeheuer viel größer ist, als die Teilchen der „normalen“ uns sonst bekannten Materie besitzen, gibt sie uns Gelegenheit, Phänomene kennenzulernen, die eben nur an diesen ungeheuer energiereichen Teilchen vorkommen können. Während wir einerseits überzeugt bleiben dürfen, daß unser Verständnis der Physik energieärmerer Teilchen endgültig und fest begründet ist, eröffnet sich uns als Physik der energiereichen Teilchen ein neues Gebiet, von dessen wunderbaren Erscheinungen wir wahrscheinlich heute erst die Anfänge kennen.

Kleine Mitteilungen.

Ein mechanisches Beispiel für Schwingungserzeugung durch Rückkopplung.

Von Herbert Schmidt in Halle a. S.

Die neuen Lehrpläne schreiben für die 7. Klasse die Behandlung der elektrischen Schwingungen und der Elektronenröhre insbesondere als Schwingungserzeuger vor. Man wird bei der Vorführung der MEISSNER-Schwingschaltung und der Dreipunktschaltung auf den Begriff der Rückkopplung eingehen müssen. Um den Schülern diesen Begriff noch näherzubringen, kann man akustische und rein mechanische Beispiele für Rückkopplung heranziehen. R. W. POHL hat in seinem Buch „Einführung in die Mechanik und Akustik“ (2. Aufl. 1931) in § 110 ein akustisches Beispiel angegeben:

¹ Diese müssen theoretisch existieren, obwohl sie für eine experimentelle Bestätigung zu schwach sind.

Ein aus einer Glasröhre austretender Wasserstrahl, der auf eine hohle Blechtrommel trifft, wird durch eine Stimmgabel in Schwingungen versetzt, die sich auf die Trommel übertragen. Durch einen über die Trommel und die Glasspitze gelegten Stab werden die Trommelschwingungen auf die Glasspitze zurückübertragen. Durch diese Rückkopplung kommt das System derart in Schwingungen, daß die Trommel den Stimmgabelton in verstärktem Maße wiedergibt.

Die Anordnung wirkt erst dann, wenn die Stimmgabel von außen her in Schwingungen versetzt ist. Man kann mit dem Versuch also wohl das Wesen der Rückkopplung erläutern; er stellt aber kein eigentliches Analogon zur elektrischen Schwingungserzeugung dar, bei der nach einem kleinen Anstoß sich die Schwingungen bis zu ihrer endgültigen Amplitude aufschaukeln.

Man kann nun eine der POHLSchen ähnliche Anordnung aufbauen, bei der die Schwingungen während des Versuches durch die Rückkopplung einsetzen und dabei außerdem noch so langsam erfolgen, daß sie mit dem Auge auch in ihrem Phasenverlauf verfolgt werden können.

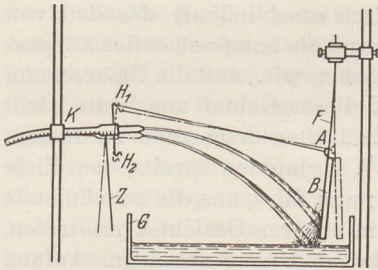


Fig. 1. Versuchsanordnung zur Schwingungserzeugung, 1. und 2. Phase.

Über einer Glaswanne *G* (vgl. Fig. 1) wird als schwingendes System eine Blechscheibe *B* mit Hilfe einer dünnen Blattfeder *F* (z. B. eines 30 cm langen ebenen Stahlmeßbandes) so an einem Gestell aufgehängt, daß die Scheibe elastische Schwingungen in horizontaler Richtung ausführen kann. Ihr gegenüber wird in die Klemme *K* eines Stellzeugs ein Gummischlauch wenige Zentimeter vor seinem Ende eingespannt, das mit einer in eine Spitze auslaufenden Glasröhre versehen wird. An dem über die Glasröhre gestülpten Ende des Gummischlauchs wird ein Draht in senkrechter Richtung befestigt, der in zwei Haken *H*₁ und *H*₂ ausläuft. Schließlich wird *H*₁ noch durch einen Gummifaden mit einem am schwingenden System angebrachten Haken *A* verbunden.

Leitet man nun Wasser durch den Gummischlauch und richtet den aus der Glasspitze austretenden Strahl gegen den unteren Rand der Scheibe *B*, so gerät das System in Schwingungen, die sich bis zu einer bestimmten Amplitude aufschaukeln und dann in ungedämpfter Form andauern: Durch den etwas unregelmäßigen Tropfenaufrall des sich vor der Scheibe *B* zerteilenden Wasserstrahls kommt diese in kleine Schwingungen, die über die als Rückkopplung wirkende Verbindung *AH*₁ der beweglichen Glasspitze mitgeteilt werden. Auf diese Weise kommt der Wasserstrahl in Schwingungen, so daß er die Scheibe *B* nur noch unterbrochen trifft (vgl. die beiden Phasen in Fig. 1) und sie dadurch in größere Schwingungen versetzt, die wieder über *AH*₁ auf den Wasserstrahl wirken usw. Läßt man die Verbindung *AH*₁ weg, so kommt es nicht zur Ausbildung von Schwingungen.

Man kann bei der kleinen Frequenz recht gut zeigen, daß sich das schwingende System und der Wasserstrahl als Erreger stets in entgegengesetzter Phase befinden: Die Scheibe und der Wasserstrahl bewegen sich gleichzeitig aufeinander zu und voneinander weg, was man noch durch einen am Gummischlauch angebrachten Zeiger *Z* verdeutlichen kann. Koppelt man nun *H*₂ mit *A*, so entstehen keine Schwingungen, weil jetzt schwingendes System und Erreger in Phase sind. Man kann hier als Parallele auf die entsprechenden Erscheinungen bei der elektrischen Schwingungserzeugung hinweisen, wo es auch auf die richtige Einstellung der Spannungsphase am Gitter der Röhre ankommt. — Bei diesem Versuch empfiehlt es sich, den Haken *H*₂ seitwärts zu biegen, damit die Verbindung *AH*₂ nicht von dem Wasserstrahl getroffen wird. Bei der Ausführung der Versuche ist ferner darauf zu achten, daß der Wasserstrahl zu Beginn des Versuches genau auf den Rand der Scheibe trifft.

Fast noch deutlicher kann man die Phasenverhältnisse übersehen, wenn man mit der nur wenig veränderten Versuchsanordnung Schwingungen um eine senkrechte Achse erzeugt. Zu diesem Zweck wird der Draht H_1H_2 horizontal angeordnet; parallel zu ihm wird am schwingenden System an Stelle des Hakens A ein entsprechend in Haken A_1 und A_2 auslaufender Draht befestigt, wie es Fig. 2 im Grundriß zeigt. Verbindet man H_1 mit A_1 und H_2 mit A_2 durch Gummifäden und richtet jetzt den Wasserstrahl gegen die Mitte der Scheibe B , so gerät sie in lebhafte Schwingungen um ihre senkrechte Achse. Dabei beobachtet man, daß der Wasserstrahl sich stets auf den nach vorn, also ihm entgegenschwingenden Teil der Scheibe B bewegt. Er ist demnach stets so gerichtet, daß er ihrer Bewegung entgegenwirkt. Legt man nun die Rückkopplungsverbindungen kreuzweise, indem man H_1 mit A_2 und H_2 mit A_1 verbindet, so kommt es wieder nicht zur Ausbildung von Schwingungen, weil schwingendes System und Erreger gleiche Phase haben.

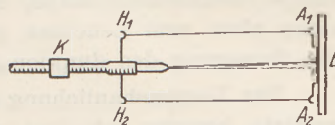


Fig. 2. Grundriß der Versuchsanordnung für Schwingungen um eine senkrechte Achse.

Chemische Vorlesungsversuche.

Von Dr. Eugen Plank in Budapest.

Vorlesungsversuche müssen immer einfach, schnell durchführbar und überzeugend sein. Soll ein Versuch einer größeren Zuhörerschaft vorgeführt werden, so muß man dafür Sorge tragen, daß der zu beobachtende Vorgang auch aus größerer Entfernung gut sichtbar sei. In Erfüllung dieser Forderungen arbeitet man, um die chemischen Grundgesetze einleuchtend zu machen, mit Gasen. Ein Gasvolumen ist gut sichtbar, und die unvermeidlichen Versuchsfehler dürfen am verhältnismäßig großen Gasvolumen vernachlässigt werden.

Zum Auffangen und Messen der entwickelten Gase kann man verschiedene Geräte verwenden (Gasbüretten, Gasometer, Meßzylinder zum Messen des verdrängten Wassers usw.), aber diese im Fachschrifttum beschriebenen Verfahren haben den gemeinsamen Fehler, daß man bei Zu- oder Abnahme des Volumens den Flüssigkeitsstand immer ausgleichen muß, wodurch der Versuch weniger überzeugend wird.

Zum Durchführen solcher Vorlesungsversuche, bei denen gleiche oder vielfache Raummengen von Gasen die Beweise der Gesetze liefern sollen, benutze ich seit einigen Jahren kleine Glockengasometer (Fig. 1). Die Glocken werden aus 3 cm weiten, dünnen Glasröhren gefertigt, sind 30 cm hoch und fassen annähernd 200 ccm Gas; sie lassen sich einsenken in einen Wasserraum von etwas größerem Durchmesser, in dessen Mitte ein senkrecht stehendes Glasrohr zum Einleiten oder Ablassen des aufgefangenen Gases eingeschmolzt ist. Dieses Einleitungsrohr ist unterhalb des Wasserbehälters im Winkel 60° gebogen und hier mit einem Dreiwegehahn zum Druckausgleichen vor Beginn des Versuches versehen. An die Wölbung der Glocke ist ein 8 cm langer, an den Enden hakenförmig gebogener Glasstab angeschmolzt; an die Haken sind zwei weiche Schnüre gebunden, die über Rollen führen und durch ein Gewicht aus Blei gespannt werden. Das Gewicht muß so gewählt werden, daß bei geschlossenem Hahne das Wasser in der Glocke und außerhalb gleich hoch steht. Da hierdurch das Gewicht der Glocke ausgeglichen ist, steigt oder sinkt die Glocke, sobald sich das Volumen des Gases ändert. Um nun diese Glockenbewegung auch für weiter entfernte

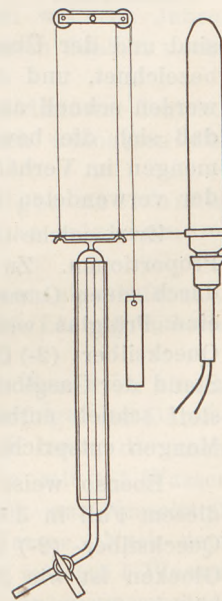


Fig. 1. Glockengasometer mit Zeiger und Lampe.

Zuschauer gut sichtbar zu machen, befestige ich an dem Glasstabe waagrecht ein dünnes Holzstäbchen, an dessen freiem Ende ein halbkreisförmig gebogenes Magnesiumbändchen oder ein steifer Papierstreifen angebracht ist. Diese Marke gleitet beim Steigen oder Sinken der Glocke an einer senkrecht stehenden mattierten Röhrenlampe (Schaufensterlampe) entlang, welche, um nicht zu blenden, mit niedriger Spannung eben zum Leuchten gebracht wird. Auf diesem leuchtenden Hintergrund ist die Bewegung des dunklen Streifens weithin sichtbar.

Zur Veranschaulichung des Zusammenhanges zwischen Atom- und Äquivalentgewicht benutze ich drei solche Gasglocken, an die je ein Gasentwickler angeschlossen ist. Die Gasentwickler (Fig. 2) sind weithalsige Kolben zu 100 cm³ Fassungsraum mit doppelt durchbohrten Gummistopfen. Durch die eine Bohrung führt ein Glasrohr, das dem Einleitungsrohre des Glockengasometers entsprechend gebogen ist und unmittelbar unter dem Stopfen endet; in der zweiten Bohrung steckt ein verschiebbarer (mit Glyzerin oder Vaseline geschmierter) Glasstab, dessen in den Kolben reichendes Ende zu einem waagrecht stehenden Löffelchen ausgebildet ist.



Fig. 2.
Gasentwickler.

Für die Ausführung des Versuches wird der erste Kolben mit 45 ccm Alkohol und 5 ccm Wasser, der zweite mit 50 ccm n-Salzsäure, der dritte mit 50 ccm Salzsäure (1:1) beschickt. In die hochgezogenen Löffelchen werden in derselben Reihenfolge 92 (= 4 × 23) mg Natrium unter reinem Paraffinöl, 97 (= 4 × 24,3) mg blank gescheuerte Magnesiumschnitzel und in den dritten Löffel 108 (= 4 × 27) mg reine Aluminiumspäne eingewogen. Nachdem die Kolben an die Einleitungsrohre der Glockengasometer angeschlossen sind und der Überdruck ausgeglichen ist, wird der Glockenstand an der Glühlampe bezeichnet, und dann senkt man die Löffelchen in die Flüssigkeiten. Die Metalle werden schnell aufgelöst, und der entwickelte Wasserstoff hebt die Glocken so hoch, daß sich die beweglichen Zeigermarken an den Glühlampen gemäß den Gasraumengen im Verhältnis 1:2:3 verschieben. Somit ist erwiesen, daß die Atomgewichte der verwendeten Metalle ganzzahlige Vielfache der Äquivalentgewichte sind.

Zwei solche Gasglocken verwende ich zur Vorweisung des Gesetzes der konstanten Proportionen. Zu diesem Zwecke wird das Einleitungsrohr des Glockengasometers durch einen Gummistopfen mit einer Proberöhre aus Quarzglas verbunden. In das eine Prüfglas werden annähernd 0,6 g, in das zweite genau die doppelte Menge Quecksilber- (2-) Oxyd eingewogen. An der Glühlampe bezeichnet man den unteren Stand der Gasglocke; dann erhitzt man die Reagenzgläser stark, wodurch der Sauerstoff schnell entbunden wird. Da der Sauerstoff dem Verhältnis der eingewogenen Mengen entspricht, steigt die zweite Gasglocke doppelt so hoch wie die erste.

Ebenso weise ich das Gesetz der multiplen Proportionen nach, nur werden in diesem Fall in die beiden Reagenzgläser die genau gleichen Mengen (annähernd 1,2 g) Quecksilber- (2-) und Quecksilber- (1-) Oxyd eingewogen. Der Aufstieg der beiden Glocken ist wie oben (genauer 1:1,92), da der entstandene Sauerstoff diesem Verhältnis entspricht.

Zwei Gasglocken verwende ich auch zum Beweise dafür, daß Luft annähernd 20% Sauerstoff enthält. Bei diesem Versuche werden die beiden Gasglocken durch eine mit reduziertem Kupfer gefüllte Quarzröhre verbunden. Die eine Glocke wird, mit Luft gefüllt, hochgezogen, die zweite hat ihren tiefsten Stand. An der Glühlampe werden der höchste und der tiefste Stand bezeichnet und deren Entfernung durch Aufkleben von Papierstreifen oder Aufschieben von Gummiringen in 5 gleiche Teile geteilt. Durch Belastung der Glocken mit entsprechenden Gegengewichten kann man die Luft mit solcher Geschwindigkeit durch das Kupfer leiten, daß nach einmaligem Durchführen der ganze Sauerstoff verbraucht wird. Wenn nun die erste Glocke den

tiefsten Stand erreicht, steigt die zweite bis zu der Marke, die $\frac{4}{5}$ des Anfangsvolumens anzeigt.

Die beschriebene Anordnung der Versuche mit den ausgeglichenen Gasglocken ist deswegen sehr überzeugend, weil die Ergebnisse ohne besondere Einhilfe von selbst erhalten werden.

Losantin statt Chlorkalk im Laboratorium.

Von Dr. Wilhelm Flörke in Gießen.

Unter dem Namen Losantin kommt seit einer Reihe von Jahren ein Chlorkalkpräparat der I. G. Farbenindustrie A. G. in den Handel, das als Entgiftungsmittel zur Zerstörung von Lost zu dienen bestimmt ist. Dieses Losantin zeichnet sich durch hervorragende Lagerfähigkeit vor dem Chlorkalk aus und ist deshalb auch zur Aufbewahrung im Laboratorium besser geeignet als der Chlorkalk. Aus käuflichen Packungen in Flaschen ungefüllter Chlorkalk verdirbt erfahrungsgemäß sehr rasch, so daß es wenig Zweck hat, eine angebrochene Packung überhaupt zur Aufbewahrung umzufüllen. Auch ist der Gehalt an wirksamem Chlor bei den Kleinpackungen nicht allzu hoch. Anders beim Losantin. Über seine Haltbarkeit seien hier einige Erfahrungen mitgeteilt.

1. Frisch gekaufter Chlorkalk (100 g-Päckchen) enthielt 12% wirksames Chlor. Losantin, das einer bereits vor einem Vierteljahr geöffneten Trommel entnommen war, zeigte 42% Chlor. Von jedem der beiden Stoffe wurde eine Probe in ein Becherglas eingefüllt (Schichthöhe 6 cm). Das Gefäß blieb mit einem Uhrglase verschlossen auf einem Wandbrett des Laboratoriums ruhig stehen. Nach 5 Monaten zeigte der Chlorkalk noch 10%, das Losantin noch 40% Chlor. Nach einem weiteren Jahre war der Chlorkalk völlig verdorben, das Losantin wies in der obersten Schicht noch 25%, in den tieferen Schichten 34% Chlor auf.

2. Losantin, das in einer weiten unbedeckten flachen Schale, in dünnster Schicht ausgebreitet, in gleicher Weise aufbewahrt wurde, erwies sich nach 4 Monaten als gänzlich unwirksam.

3. In verstopfter Flasche aufbewahrtes Losantin zeigte aber nach 2 Jahren keine nennenswerte Abnahme seines Gehaltes an wirksamem Chlor (1 bis 2% Abnahme).

4. 410 g Losantin, entsprechend 166 g Chlor, wurden mit 1 l Wasser aufgeschlämmt, durch ein Sieb (1,25 mm) getrieben und durch ein Tuch filtriert. Die Lösung enthielt 136 g Chlor, der Schlamm 30 g.

5. 280 g Losantin, entsprechend 112 g Chlor, wurden mit 0,5 l Wasser zu einem Brei angerührt. Nachdem vollständige Benetzung eingetreten war, erfolgte das Durchrühren durch das Sieb (1,25 mm), das im wesentlichen den Zweck hatte, die noch vorhandenen Losantinklumpchen zu zerkleinern. Der Brei wurde mit 2 l Wasser versetzt und die klare Lösung nach dem Absitzen durch einen Sack aus Nesselstoff abgossen. Zu dem zurückgebliebenen Schlamm kamen 1,5 l Wasser. Nach dem Absitzen erfolgte erneutes Abgießen. Darauf wurde der Schlamm mit 0,5 l Wasser in den Filtersack gespült, ausgepreßt und nochmals mit 0,5 l Wasser ausgewaschen. Die 5 l betragende Lösung enthielt 104 g wirksames Chlor oder rund 2%. Nach $1\frac{1}{4}$ Jahren Aufbewahrung in nicht ganz gefüllter Flasche war ihr Gehalt auf 1% gesunken.

Das wirksame Chlor des Losantins läßt sich also fast restlos in Lösung überführen. Die Lösungen haben eine immerhin beachtliche Haltbarkeit.

6. 20 g Losantin wurden mit 500 ccm Wasser im Kolben unter öfterem Umschütteln 24 Stunden stehen gelassen. Dann wurde filtriert und der Rückstand nach dem Trocknen (85°) gewogen. Das Gewicht war 8 g. Das Losantin enthielt also rund 40% Unlösliches. Der ungelöste Anteil bestand zum größten Teil aus Kalziumhydroxyd und etwas Kalziumkarbonat. Der Karbonatanteil nimmt beim Lagern allmählich zu. Die Kohlensäure der

Luft wird zunächst von dem basischen Bestandteil des Losantins gebunden, ehe sie das Hypochlorit angreift. Der Karbonatgehalt der untersuchten Probe, die schon $2\frac{1}{2}$ Jahre im Laboratorium in einer Flasche aufbewahrt worden war, wurde zu 8% ermittelt. Der Gehalt an Base ist für die gute Haltbarkeit des Losantins von ausschlaggebender Bedeutung.

Im trockenen Zustande hält sich Losantin in verstopfter Flasche lange Zeit unverändert und eignet sich deshalb zur Aufbewahrung in der chemischen Sammlung. Wenn man einen solchen Vorrat aus dem Schrank nimmt, ist man sicher, ein noch gut brauchbares Präparat in Händen zu haben. Seine gute Haltbarkeit und sein hoher Gehalt an wirksamem Chlor lassen es rätlich erscheinen, im Laboratorium Losantin an Stelle des handelsüblichen Chlorkalks zu verwenden. Sein etwas höherer Preis spielt dabei keine Rolle.

7. In einem 300 ccm fassenden einfachen Gasentwickler mit Tropftrichter wurde durch Auftropfen von verdünnter Salzsäure auf 50 g Losantin Chlor entwickelt. Mit dem entstehenden Gase konnten 6 große Standzylinder durch einfaches Einleiten gefüllt werden. Die Entwicklung erfolgte gleichmäßig bis zum vollständigen Verbrauch des Losantins. Das Chlor konnte im flotten Strom dem Gasentwickler entnommen werden. Die Menge reicht für die in der Stunde auszuführenden üblichen Chlorversuche aus.

Aus 100 g Losantin mit 40% wirksamem Chlor können 12,6 l Chlor durch Einwirken von Salzsäure erhalten werden. 100 g Kaliumpermanganat liefern beim Auftropfen von Salzsäure theoretisch 35,4 l Chlor. Bei dem wesentlich niedrigeren Preise des Losantins stellt sich aber die Chlorentwicklung aus Losantin etwas billiger. Ein Vorteil besteht bei der Demonstration darin, daß bereits im Gasentwickler die Eigenfarbe des Chlors deutlich zu erkennen ist, während dies bei der Verwendung von Permanganat wegen dessen starker Färbung schwierig ist.

8. Auf den Boden eines Standzylinders wurden 5 g Losantin gebracht und mit etwas Wasser versetzt. Dazu kam verdünnte Salzsäure. Der Zylinder füllte sich mit Chlor. Seine Wände beschlugen sich selbst bei dieser Verdünnung noch mit etwas Wasser, da die Reaktion zwischen Salzsäure und Losantin stark exotherm verläuft. Immerhin ist es auf diese einfache Art möglich, einen Zylinder ohne Gasentwickler mit Chlor zu füllen und darin Versuche vorzunehmen (Bleichwirkung, Reaktion mit Metall), wenn es nicht darauf ankommt, die Reaktionsprodukte zu isolieren.

9. Das mit Hilfe von Losantin entwickelte Chlorgas enthält, wie einige Bestimmungen zeigten, einige Prozent Kohlendioxyd (5 bis 7%). Dieser Gehalt dürfte so gering sein, daß die Bedenken, die L. DOERMER in seiner Experimentalchemie (5. Aufl. S. 307) gegen die Verwendung von Chlorkalkwürfeln geltend macht, für Losantin nicht zutreffen.

Erwähnt sei bei dieser Gelegenheit, daß sich im Universitätslaboratorium in München vor einigen Jahren ein Zerknall einer mit Chlorkalk gefüllten Glasstöpsel- flasche ereignete, der glücklicherweise keinen Schaden anrichtete (nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Prof. WEITZ in Gießen). Dieses Ereignis läßt sich wohl auf eine Selbstzersetzung des Gefäßinhaltes unter Entbindung von Sauerstoff zurückführen. Der festsitzende Stöpsel verhinderte das Entweichen des Gases. Man wird also gut daran tun, Chlorkalkpräparate in Flaschen mit Korkstopfen aufzubewahren.

Die katalytische Oxydation des Naphthalins zu Phthalsäureanhydrid¹.

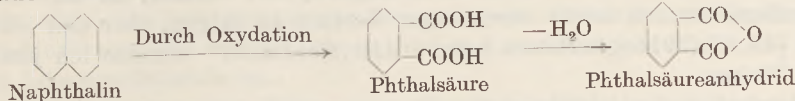
Von Eckhard Bonitz in Bremen.

Es handelt sich bei diesem Versuch um ein Verfahren, das auch in der Technik im großen angewandt wird. Man gelangt von dem billigen Naphthalin zu dem wert-

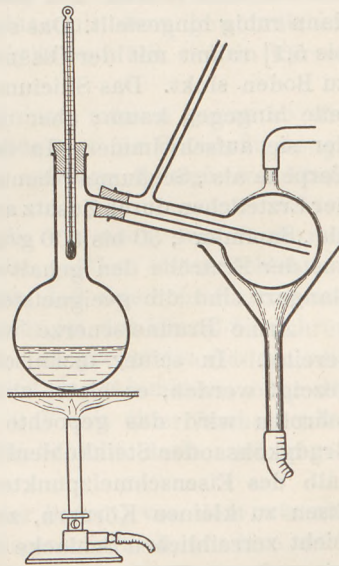
¹ Anmerkung der Redaktion. Die vorliegende Mitteilung ist eine experimentelle Studie eines Schülers, der eine höhere Lehranstalt in Bremen besucht. Herr Studienrat Dr. A. WIETZKE

vollen Phthalsäureanhydrid. Dieses kann man für viele Versuche verwenden, z. B. zur Darstellung von Fluorescein und Phenolphthalein.

Kurz geschildert, verläuft der Vorgang folgendermaßen: Das Naphthalin wird mit rauchender Schwefelsäure unter Mitwirkung einer geringen Menge Quecksilbersulfat erhitzt. Dabei wird das Naphthalin zu Phthalsäure oxydiert und das Schwefeltrioxyd zu Schwefeldioxyd reduziert. Unter Mitwirkung der Schwefelsäure spaltet die Phthalsäure Wasser ab und geht in ihr Anhydrid über. Dieses sublimiert in langen weißen Nadeln.



In einem 150-cm³-Fraktionskolben aus Jenaer Glas (siehe die Figur) bringt man 4 g Naphthalin und 30 cm³ konz. Schwefelsäure (93 bis 96%). Dazu fügt man 13 g rauchende Schwefelsäure mit dem SO₃-Gehalt 65%. Zur Herstellung des Katalysators erhitzt man in einem Reagenzglase 2 cm³ konz. Schwefelsäure (93 bis 96%) mit 0,5 g Quecksilber. Wenn sich das Quecksilbersulfat abgeschieden hat, gibt man den Inhalt des Reagenzglases ebenfalls in den Fraktionskolben. Man kann das Quecksilber auch direkt in den Kolben bringen. Doch wird die Reaktion etwas verzögert, weil sich das Quecksilbersulfat erst bei höherer Temperatur bildet. Zur Kontrolle kann man noch im Halse des Fraktionskolbens ein Thermometer anbringen, das mindestens bis 350° gehen muß. Als Vorlage dient ein zweiter Fraktionskolben mit 100 cm³ Inhalt. Nach diesen Vorbereitungen sorgt man für eine gute Wasserkühlung der Vorlage. Nun erhitzt man den Fraktionskolben langsam, bis der Inhalt zum Sieden kommt. Bei 230° beginnt die Reaktion, die sich dadurch bemerkbar macht, daß Schwefeldioxyd entweicht. Die Temperatur steigt dann weiter bis zum Siedepunkte der Schwefelsäure. Das entstehende Phthalsäureanhydrid sublimiert in die Vorlage. Als Nebenprodukt entsteht Schwefeldioxyd, das man einem Abzuge zuleitet. Die Reaktion ist beendet, wenn die Schwefeldioxydbildung aufhört. Die Reaktion dauert 20 bis 25 Min. Die Ausbeute beträgt 30% des angewandten Naphthalins. Um das Phthalsäureanhydrid als solches nachzuweisen, erhitzt man 0,5 g davon mit 0,5 g Resorcin und einigen Tropfen konz. Schwefelsäure. Nach dem Erkalten gießt man die entstandene Flüssigkeit in verdünnte Kali- oder Natronlauge. Es entsteht eine prächtige grünrote fluoreszierende Lösung von Fluorescein.



Versuchsanordnung.

Vierjahresplan und chemischer Unterricht.

Von Rud. Wunderlich in Oldenburg i. O.

Der Vierjahresplan ist eine vorausschauende Stoffwirtschaft, die nicht bloß die augenblicklich dringlichen Aufgaben zu lösen sucht, sondern für die Zukunft des ganzen Volkes arbeitet. Im Unterricht einer Schule, die nicht Wissensstoff anhäufen, sondern Verständnis erzielen will, darf dieser Grundgedanke niemals vergessen werden.

in Bremen hat die Arbeit zur Aufnahme empfohlen und als „eine absolut selbständige Leistung eines chemisch talentierten jungen Mannes von noch nicht 17 Jahren“ bezeichnet. Da der beschriebene Versuch in den gebräuchlichen Anleitungen zur Herstellung organischer Präparate nicht enthalten ist und das Verfahren bei der technischen Indigosynthese eine wichtige Rolle gespielt hat, ist der Beitrag hier abgedruckt.

Alle Beispiele sind so auszuwählen, daß sie sich ungezwungen in den Lehrstoff eingliedern, und sie sind so zu gestalten, daß sie den Wert und die Notwendigkeit einer Grundlagenforschung deutlich erkennen lassen. Hierfür sind in vielen Fällen altbekannte einfache Versuche geeignet.

Infolge des steigenden Bedarfs an Metallen müssen auch arme Erze verhüttet werden. Für Deutschland ist diese Aufgabe schon heute dringlich; sie wird einst Allgemeingültigkeit haben, weil auf den abgebauten Fundstätten kein Erz nachwächst. Von den Verfahren, mit denen arme Erze angereichert werden, ist das Schwimmaufbereiten außerordentlich leicht durch einen Versuch zu zeigen, über den ich in dieser Zeitschrift [48, 22 (1935)] berichtet habe. Als „Schäumer“ benutze ich jetzt die sehr wirksame Ölsäure.

Ein Gemisch aus viel Siliciumdioxid — am besten das feine, auf nassem Wege bereitete, käufliche Pulver — und wenig Kupfercarbonat oder wenig Pyritpulver wird mit reichlich Wasser und etwas Ölsäure in einem hohen Standzylinder geschüttelt und dann ruhig hingestellt. Das schwere Erz [Kupfercarbonat, Eigengewicht $\approx 3,8$; Pyrit 4,9 bis 5,1] rahmt mit der Ölsäure auf, während der erheblich leichtere Quarz [E. G. 2,6] zu Boden sinkt. Das Siliciumdioxid wird vom Wasser benetzt, die reinen Erzbestandteile hingegen kaum; aber diese werden leicht mit einer feinen Ölhaut überzogen, mit der sie aufschwimmen. In der Technik werden vornehmlich Phenolabkömmlinge und Terpene als „Schäumer“ benutzt, 25 bis 50 g/t; außerdem wird die Wasserbenetzbarkeit der Erzteilchen durch Zusatz aromatischer Amine und aromatischer Schwefelverbindungen als „Sammler“, 50 bis 300 g/t, noch weiter vermindert. Ein kräftiger Luftstrom wirbelt aus der Erztrübe den gehaltvollen Schaum an die Oberfläche. Für jedes Erz und seine Gangart sind die geeignetsten Zusätze durch mühsame Versuche zu ermitteln.

Arme Brauneisenerze werden nach dem Rennverfahren der Firma Krupp aufbereitet. In seiner technischen Form kann es mit den Mitteln einer Schule nicht gezeigt werden, es bietet aber dem Verständnis keine Schwierigkeit. In einem Drehrohrofen wird das gepochte Erz mit gemahlenden Brennstoffen — mit Koksabrieb, Grudekoks oder Steinkohlenklein — durch eine reduzierende Flamme bis dicht unterhalb des Eisenschmelzpunktes erhitzt. Beim Abwärtskollern sintert das entstehende Eisen zu kleinen Körnern, zu Luppen, zusammen, die nach dem Abkühlen von der leicht zerreiblichen Schlacke ohne Schwierigkeit abzutrennen sind. Die Luppen werden mit anderem Erz in die Hochöfen gegeben oder unmittelbar auf Stahl verarbeitet.

Im Modellversuch glüht man fein zerstoßenen Brauneisenstein zusammen mit Holzkohlenpulver im schwer schmelzbaren Prüfglas. Es entsteht ein magnetisches Pulver, während die Ausgangsmasse völlig unmagnetisch ist.

Sobald die Lagerstätten erschöpft sein werden, ist das Ende der aufbereitenden Verfahren gekommen. So wird z. B. der Vorrat an Brauneisenerz im Bezirk Peine-Salzgitter auf etwa 500 Millionen t geschätzt, und die Reichswerke A. G. für Erzbergbau und Eisenhütten „Hermann Göring“ wollen jährlich 21 Millionen t Eisenerz bei Salzgitter fördern. Mag auch der Vorrat viel zu niedrig geschätzt sein, so ist doch das Ende abzusehen, nicht nur für diesen Einzelfall, sondern ganz allgemein. Infolgedessen muß eine vorausschauende Stoffwirtschaft danach trachten, die zur Neige gehenden Schwermetalle durch schier unerschöpflich greifbare Leichtmetalle vollwertig zu ersetzen.

Jedermann denkt dabei sofort an das Aluminium. Bei dieser Gelegenheit muß den Schülern nicht nur gesagt, sondern auch anschaulich gezeigt werden, warum es möglich ist, das unedle Aluminium als Austauschwerkstoff für edlere Metalle zu verwenden. Der Grund ist die schützende Oxydschicht, die dünn, farblos, für Wasser und Luft undurchlässig und für schwache Säuren schwer angreifbar ist. Wird die Oxydschicht entfernt, so wird das Aluminium angegriffen.

Zwei gleiche Proben von Aluminium-Raspelspanen oder zwei zusammengeknüllte Aluminiumblätter werden mit mäßig starker Salzsäure und mit Natronlauge über-

gossen. Nach einer kurzen Zeit scheinbarer Ruhe, während der die Oxydschicht aufgelöst wird, beginnt die Masse zu gasen; sie schäumt schließlich hoch auf, weil die Reaktionswärme den Vorgang des Lösens immer schneller werden läßt.

Zwei gleiche Proben von zerknülltem Aluminiumblatt werden in Entwicklerflaschen mit verdünnter Salzsäure, etwa $\frac{1}{10}$ normal, übergossen; zur zweiten Probe wird außerdem etwas Sublimat hinzugesetzt. Es dauert sehr lange, bis die verdünnte Salzsäure die Oxydschicht aufgelöst hat und mit dem Metall langsam Wasserstoff entwickelt. Hingegen beginnt im zweiten Fall sehr rasch ein Gasen, weil das Quecksilberchlorid sich mit dem punktwise frei gelegten Aluminium zu Quecksilber und Aluminiumchlorid umsetzt und an diesen Stellen Lokalelemente bildet, in denen das Aluminium Lösungselektrode ist.

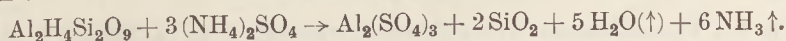
Wird ein Aluminiumblatt [Hülle einer Schokoladentafel od. dgl.] mit Sublimatpulver und einem Tröpfchen verdünnter Säure kräftig eingerieben und dann unter einen Zylinder voll Wasser gebracht, so ist an jeder Stelle, wo die Oxydschicht fortgeschuert worden ist, ein Lokalelement entstanden, das mit dem gewöhnlichen Wasser Aluminiumhydroxyd und Wasserstoff gibt; der Zylinder füllt sich in kurzer Zeit damit.

Die Kohle und alle Metalle, die edler sind als Aluminium, müssen genau so wie das Quecksilber schädliche Lokalelemente bilden, was besonders für Wasserflugzeuge höchst bedenklich ist; das Aluminium enthält ja immer geringe Spuren von Eisen und anderen Metallen und Spuren von Kohlenstoff.

Die Erkenntnis, daß der Angriff auf das Aluminium erst nach dem Entfernen der schützenden Oxydschicht erfolgt, hat zu der Aufgabe geführt, diese Schicht so zu verstärken und mechanisch widerstandsfähig zu machen, daß eine hohe Korrosionsbeständigkeit gewährleistet ist. Als bestes Verfahren hierfür ist das Eloxal-Verfahren im Gebrauch, die elektrische Oxydation des Aluminiums. In geeigneten Bädern, die Oxalsäure, Schwefelsäure oder Chromsäure enthalten, wird das Aluminium oder die Al-Legierung als Anode bei 1 bis 3 A/dm² und 12 bis 60 V mit einer festhaftenden Oxydschicht von der Härte des Korunds überzogen. Die Schicht bietet auch gegen Chloridlösungen einen vollkommenen Schutz¹.

Als Rohstoff für das Aluminium dient noch immer der Bauxit, von dem wir nur geringfügige Lager besitzen; aber es sind nicht nur wissenschaftlich, sondern auch technisch verschiedene Verfahren ausgearbeitet worden, die im Bedarfsfall ein sofortiges Umstellen auf Ton als Ausgangsstoff erlauben. Eines dieser Verfahren ist mit bescheidensten Mitteln bequem zu zeigen.

Kaolin wird mit Ammonsulfat verrieben und im schwerschmelzbaren Glas erhitzt. In den Vorlagen ist das Auftreten von Wasser und viel Ammoniakgas unmittelbar zu beobachten.



Der Glührückstand wird mit warmem Wasser ausgelaugt und gefiltert. Aus dem Klarlauf fällt Ammoncarbonat kleistriges Aluminiumhydroxyd. Ist der Rohstoff, wie in Wirklichkeit immer, mit Eisen verunreinigt, so wird der abgesaugte Hydroxydniederschlag mit überschüssiger Natronlauge verrührt; dadurch wird lösliches Natriumaluminat gebildet. Wie beim Verarbeiten des Bauxits wird die Aluminatlösung vom Rotschlamm abgehebert, gefiltert und durch Kohlensäuregas zerlegt. Jeder dieser Teilvorgänge ist bekannt und leicht zu zeigen. Das Ammoniak, das beim Aufschließen des Tons entweicht, kann aufgefangen und zu Ammoncarbonat umgearbeitet werden; das beim Ausfällen entstehende Ammonsulfat kann aus seiner Lösung durch Abdampfen gewonnen und zu neuem Aufschluß verwendet werden.

¹ Hierzu HELLMUT FISCHER: „Moderne elektrochemische Verfahren zum Schutze metallischer Oberflächen; ihre chemischen und physikalisch-chemischen Grundlagen“. Z. angew. Chem. 49, 493—498 (1936).

Neben den Metallen bieten die Brennstoffe hinreichend Gelegenheit, im chemischen Unterricht die Notwendigkeit einer planvollen Wirtschaft klarzumachen. Allenthalben ist der Bedarf an flüssigen Brennstoffen sehr groß und noch dauernd im Steigen. Wie groß die Vorräte im Boden sind, läßt sich gerade beim Erdöl sehr schwierig abschätzen, vielleicht überhaupt niemals mit Sicherheit feststellen. Für Deutschland ist jedenfalls die Tatsache gewiß, daß wir bei weitem nicht genug Erdöl besitzen; aber in Deutschland sind die Hochdruck-Hydrierverfahren erdacht und ausgearbeitet worden, die unseren Reichtum an festen Brennstoffen vorteilhaft ausnutzen. Leider kann das Verfahren der I. G. Farben-Industrie nicht durch Schulversuche gezeigt werden; für die Schule bleibt in diesem Gebiete der flüssigen Brennstoffe wohl nur das Herausholen des Benzols aus Kokereigas und Leuchtgas.

Ein Strom Wasserstoff wird durch eine Flasche geleitet, die ein paar Tropfen Benzol enthält; infolgedessen brennt das entzündete Gas leuchtend und rußend. Wird dieser Gasstrom durch ein Röhrchen mit gekörnter A-Kohle (Carbo Norit) geleitet, so hört das Leuchten auf. Nach einiger Zeit wird die aktive Kohle kräftig erhitzt, sie gibt dann Benzol ab, wodurch die Flamme wieder leuchtet. Sobald man aufhört zu erhitzen, nimmt die Leuchtkraft sofort ab; sie ist verschwunden, wenn die aktive Kohle wieder kühl wird.

Nach diesem „Benzorbon“-Verfahren wird in vielen Kokereien und Leuchtgaswerken Benzol gewonnen. Nach dem Abscheiden des Ammoniaks und Teers aus dem Rohgas wird es durch Behälter mit Benzorbonkohle geführt. Sobald die Kohle gesättigt ist, wird umgeschaltet und Wasserdampf durch die Kohle getrieben, der alles Benzol mitnimmt. In den Abscheidern liegen die nicht mischbaren Flüssigkeiten Benzol und Wasser übereinander. Die wieder getrocknete Kohle ist sofort neu betriebsfähig.

In allen Beispielen, die im Unterricht behandelt werden, muß der Zusammenhang mit der Grundlagenforschung erkennbar sein, denn wir wollen nicht in den Fehler verfallen, diese zu verachten und nur die Verwertbarkeit zu schätzen. Auf diesen Punkt hat der Chef des Amts für Roh- und Werkstoffe ausdrücklich hingewiesen: „Wir wissen genau, daß wesentliche Teile dessen, was wir jetzt durchführen, der stillen, jahrelangen, zähen und von Augenblicksaufgaben losgelösten Tätigkeit der Grundlagenforschung zu verdanken sind. Daher wird diese Art der Forschung nie behindert werden, denn die Dinge, die uns im Moment nicht zugute kommen, können vielleicht die Grundlage für die Rohstofffreiheit unserer künftigen Geschlechter auf anderen Gebieten bilden¹.“

Für die Praxis.

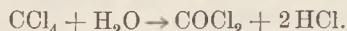
Vorsicht bei Versuchen mit Tetrachlorkohlenstoff. Von W. Albach in Michelstadt. Durch die besondere Betonung der Luftschutzchemie kommt der Tetrachlorkohlenstoff im Chemieunterricht stärker zur Verwendung als früher, einmal bei Feuerlöschversuchen und dann bei der Darstellung des BERGERSchen Nebelgemisches. Die Stärke des Nebels beim Verbrennen des Gemisches und die einfache Art der Herstellung läßt diesen Versuch in fast jedem Luftschutzchemiebuch erscheinen. Da jedoch nur ganz vereinzelt² auf die Gefahr der Phosgenvergiftung hingewiesen wird, dürfte die folgende Mahnung zur Vorsicht bei diesen Versuchen nicht unangebracht sein. Eigene Erfahrungen und eine Mitteilung von A. BENKEL³ gaben die Veranlassung zu der vorliegenden Mitteilung.

¹ LOEB in Z. Ver. Dtsch. Ing. 81, 1234 (1937).

² KINTTOF, W., Schulversuche zur Chemie der Kampfstoffe. Berlin 1935.

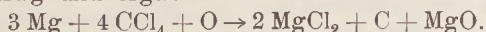
³ BENKEL, A., Notwendige Vorsichtsmaßnahmen beim Tetralöschverfahren. Die Feuerlöschpolizei 1938; Bd. 2, S. 428.

1. Wenn Tetrachlorkohlenstoff zum Feuerlöschen benutzt wird, so verdampft er sofort an dem heißem Brennmaterial, und der schwere Dampf soll den Luftzutritt verhindern. Erhitzt sich nun der Dampf und trifft mit Wasserdampf der Luft oder dem Wasserdampf der Verbrennungsgase zusammen, so setzt er sich chemisch zu Salzsäuregas und Phosgen um:



Wie giftig die Phosgendämpfe sind, braucht hier nicht erörtert zu werden. Die Unerträglichkeitsgrenze ist mit 20 mg im m³ Luft angegeben. BENKEL führt zwei Fälle von Phosgenvergiftung mit üblen Folgeerscheinungen an, die bei Tetralöschversuchen im Freien sich kürzlich ereignet haben. Das Löschen mit Tetrachlorkohlenstoff scheidet in geschlossenen Räumen ganz aus, ebenso sind Versuche an ungeeignetem Brennmaterial (Holz, Spiritus, Benzin) zu vermeiden. Auch die oben erwähnte Nebelherstellung darf nur im Freien vorgenommen werden, und das Einatmen des Nebels muß unbedingt vermieden werden. Der Nebel kann phosgenhaltig sein.

2. Auch der folgende Fall, der sich kürzlich ereignete und zu meiner Kenntnis gelangte, ist sehr lehrreich. Im Chemieunterricht einer Oberschule fing durch Unachtsamkeit des Lehrers eine Flasche mit Magnesiumpulver Feuer. Der Lehrer glaubte nun, die Gelegenheit sei gekommen, den schon jahrelang an der Wand hängenden Tetralöscher in Tätigkeit treten zu lassen und den Schülern seine verblüffende Wirkung zu zeigen. Diese war in der Tat verblüffend. Die Flasche zersprang, und das Magnesiumpulver verbrannte explosionsartig und ergab das schönste Feuerwerk mit Vernebelung:



Die Schüler verließen sofort den Saal und der Lehrer löschte den „Brand“ mit Wasser. Schaden war dabei nicht entstanden. Es dürfte sich hier um den einzigen Fall handeln, bei dem die „Löschung“ mit Tetrachlorkohlenstoff sich in das Gegenteil umkehrt. Auch weist die gemachte Erfahrung auf die Unbrauchbarkeit des Tetralöschers bei Brandbomben nach dem Elektron-Thermit-Prinzip hin.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Messung kleiner Zeiten mit der Elektronenröhre. Von Dr. B. STRÖHER in Wien.

Als Beispiel einer Messung kleiner Zeiten soll die Falldauer einer Messingkugel *K* auf dem beliebigen kleinen Wege *s* bestimmt werden. Zur Erklärung der Schaltskizze (Fig. 1) und zur Durchführung des Versuches soll folgendes bemerkt werden:

Die in Fig. 1 gezeichnete Elektronenröhre wird an eine Gleichstromquelle *A. B.* angeschlossen, deren Spannung so hoch gewählt sein soll, daß das Elektrometer *E* einen hinreichend großen, meßbaren Ausschlag zeigt. Bei entsprechender Wahl des Elektrometers genügen die üblichen Netzspannungen. Nach Einschaltung der Gleichstromquelle *A. B.* fließt durch die Röhre ein Strom, wenn das Gitter gar keine oder nur eine geringe negative Vorspannung gegenüber der Kathode besitzt. Durch eine entsprechend große Gittervorspannung kann jedoch der Anodenstrom völlig unterbunden werden.

Schaltet man die Gleichstromquelle *A. B.* ab, wobei die Kathode weiterhin geheizt werden soll, so kann durch die Röhre nur ein Strom bei gleichzeitiger Entladung des aufgeladenen Kondensators *C* über einen veränderlichen Widerstand *W*_v fließen.

Die Kugel *K* hängt an einem dünnen, blanken Draht, der mit dem negativen Pol der

Kugel *K* hängt an einem dünnen, blanken Draht, der mit dem negativen Pol der

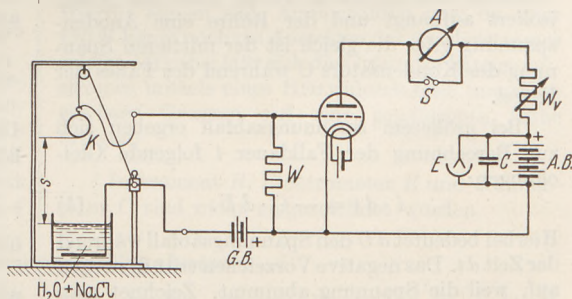


Fig. 1. Schaltanordnung zur Messung der Fallzeit einer Kugel.

Gitterbatterie *G. B.* verbunden ist. Von der Kugel führte ein zweiter loser Draht zum Gitter der Röhre. Hierdurch wird der Gitterkreis geschlossen, wobei die Spannung längs des Widerstandes *W* abfällt. Solange also die Kugel hängt, hat das Gitter eine negative Vorspannung, die so groß gewählt wird,

daß kein Strom durch die Röhre fließen kann. Brennt man den Draht, an dem die Kugel hängt, durch, so wird die Verbindung zwischen Gitter und negativem Pol der Gitterbatterie unterbrochen, so daß das Gitter über den Widerstand W die Spannung der Kathode erhält. Während des Falles der Kugel fließt also ein Strom durch die Röhre und entlädt zum Teil den Kondensator C . Erreicht nun die Kugel die Wasseroberfläche, so wird der Stromkreis der Gitterbatterie wieder geschlossen, da sich, wie aus Fig. 1 zu erkennen ist, im Wassergefäß eine Metallplatte befindet, die mit dem negativen Pol der Gitterbatterie leitend verbunden ist.

Ist der Widerstand der Flüssigkeit klein gegenüber dem Widerstand W — was man durch einen geringen Zusatz von Kochsalz im Wasser erreicht —, so fällt die Spannung zum größten Teil längs des Widerstandes W ab; das Gitter hat also, sobald die Kugel die Flüssigkeitsoberfläche berührt, fast die negative Spannung der Gitterbatterie, wodurch der Elektronenstrom in der Röhre sofort abgestoppt wird. Der Kondensator C wird also nur während der Zeit des Falles der Kugel auf dem Wege s entladen. Die „Uhr“ ist in diesem Falle der Kondensator, das Aus- und Einschalten bewirkt die Elektronenröhre als trägheitsloser Schalter.

Die Falldauer ist bei kleinem Spannungsabfall ΔU durch die Gleichung

$$t = \frac{C \cdot \Delta U}{i_m}$$

gegeben, wobei i_m die mittlere Stromstärke während der Entladung bedeutet. ΔU wird mit dem Elektrometer E gemessen, i_m mit einem Milliampereometer A . Letztere Messung wird nach dem Versuche durchgeführt, indem man die Kugel isoliert aufhängt und der Röhre eine Anodenspannung gibt, die gleich ist der mittleren Spannung des Kondensators C während des Falles der Kugel.

Bei größerem Spannungsabfall ergeben sich zur Berechnung der Falldauer t folgende Gleichungen:

$$i \cdot dt = -C \cdot dU. \quad (1)$$

Hierbei bedeutet dU den Spannungsabfall während der Zeit dt . Das negative Vorzeichen tritt deswegen auf, weil die Spannung abnimmt. Zeichnet man die Stromstärke i als Funktion der Anodenspannung U , so erhält man den Kurvenverlauf der Fig. 2.

Im geraden Teil der Kurve (Fig. 2) hängen die Größen i und U durch die Beziehung

$$i = mU + b$$

miteinander zusammen; m und b sind hierbei Konstanten. Wenn W von Null verschieden ist, so

bedeutet U die Kondensatorspannung. Durch Differentiation erhält man

$$\frac{di}{dU} = m.$$

Setzt man aus dieser Gleichung dU in Gleich. (1) ein, so folgt

$$i \cdot dt = -\frac{C}{m} di,$$

oder

$$dt = -\frac{C}{m} \frac{di}{i}.$$

Durch Integration erhält man

$$\int dt = -\frac{C}{m} \int \frac{di}{i},$$

also

$$t + k = -\frac{C}{m} \ln i.$$

Die Integrationskonstante k ist dadurch bestimmt, daß für $t = 0$ die Anfangsstromstärke i_1 herrscht. Daher ist also

$$k = -\frac{C}{m} \ln i_1.$$

Für die Falldauer t ergibt sich somit folgende Gleichung:

$$t = \frac{C}{m} \ln i_1 - \frac{C}{m} \ln i = \frac{C}{m} \ln \frac{i_1}{i} \quad (2)$$

$$= \frac{C}{m} \lg \frac{i_1}{i} \lg 10,$$

wenn man von dem natürlichen Logarithmus zum BRIGGSschen übergeht.

Zur Ausführung eines Versuches mögen folgende Unterlagen dienen: Der Fallweg s betrug 14,3 cm. Die angelegte Gleichspannung betrug anfangs 220 V und sank während des Falles der Kugel auf 170 V. Die anfängliche Stromstärke $i_1 = 1,5$ mA fiel auf den Wert $i = 0,9$ mA. Der verwendete Papierkondensator besaß die Kapazität $C = 4 \mu$ F. Den Wert m bestimmt man durch die Gleichung

$$m = \frac{di}{dU} = \frac{\Delta i}{\Delta U} = \frac{i_1 - i}{220 - 170}$$

solange man im geraden Teil der Kurve (Fig. 2) arbeitet. Aus Gleichung (2) errechnet man

$$t = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{(1,5 - 0,9) \cdot 10^{-3}} \lg \frac{1,5}{0,9} \cdot 2,3026 = 0,17 \text{ sec.}$$

Dieser Wert stimmt gut mit dem aus der Fallhöhe s errechneten Wert

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

überein.

Das Milliampereometer kann beim Fallversuch, wie man aus Fig. 1 ersieht, durch einen Schalter S kurz geschlossen werden, um den Anodenstromkreis induktionsfrei zu machen. Da der lose Draht, der die Kugel mit dem Gitter verbindet, beliebig dünn gewählt werden kann, ist es wirklich ein freier Fall. Die Genauigkeit des Ergebnisses hängt nur von der Genauigkeit der verwendeten Meßinstrumente ab, bzw. von der genauen Kenntnis der Kondensatorkapazität C . Der Kondensator muß auch eine gute Papierisolation besitzen, da

er die angelegte Spannung längere Zeit halten muß. Es ließe sich auch umgekehrt aus einem Fallversuch die Kapazität des Kondensators C bestimmen.

Als zweites Beispiel soll die Dauer eines Stoßes einer Metallkugel K gegen eine Stahlwand StW

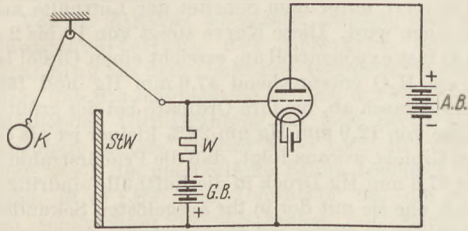


Fig. 3. Schaltanordnung zur Messung der Stoßdauer einer Metallkugel an einer Stahlwand StW ¹.

bestimmt werden. Aus Fig. 3 ergibt sich, daß das Gitter der Röhre während der Dauer der Berührung zwischen Kugel und Stahlwand die Spannung der Kathode besitzt; im allgemeinen besitzt das Gitter eine negative Spannung (durch die Gitterbatterie) gegenüber der Kathode, durch die der Elektronenstrom in der Röhre abgestoppt wird. Gegenüber einer direkten Entladung des Kondensators über einen Widerstand hat diese Anordnung den Vorteil, daß die Spannungsdifferenz zwischen Platte und Kugel (= Spannung der Gitterbatterie) sehr klein, also die Funkenschlagweite ebenfalls minimal ist. Bei geringer Stoßdauer und schnell abfallendem Felde kleinerer Papierkondensatoren ist es zweckmäßig, die Anodenstromstärke größer zu

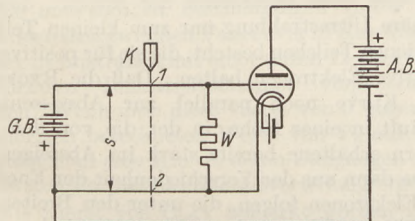


Fig. 4. Schaltanordnung zur Messung der Geschwindigkeit einer Pistolenkugel¹.

wählen. Bei dem beschriebenen Versuch ergab sich als Stoßdauer $t = 1,2 \times 10^{-4}$ Sek.

Zum Schluß der Betrachtung soll noch die Messung einer Geschwindigkeit beschrieben werden. Auf dem in Fig. 4 und 5 eingezeichneten Wege s würde eine aus einer Pistole abgeschossene Kugel K die Zeit t gebrauchen, wobei ihre Geschwindigkeit durch die Größe s/t zu bestimmen ist. Die Fig. 4

und 5 geben 2 verschiedene Schaltungsmöglichkeiten an. An den Stellen 1 und 2 müssen die betreffenden Leitungen von dem bewegten Körper (Pistolenkugel) durchbrochen werden. Wird die Leitung bei Stelle 1 unterbrochen, so erhält das Gitter die Spannung der Kathode, so daß dann ein Strom durch die Röhre fließen kann. Bei Unterbrechung der Leitung an der Stelle 2 wird in Fig. 4 der Anodenstrom unterbrochen, während in Fig. 5 das Gitter über die Widerstände W_1 und W_2 eine negative Vorspannung gegenüber der Kathode erhält, durch die der Elektrodennstrom in der Röhre wiederum abgestoppt wird. Verfasser erprobte beide Schaltungen bei der Bestimmung der maximalen Geschwindigkeit eines schweren Pendels. An den Stellen 1 und 2 waren sehr dünne Drähte

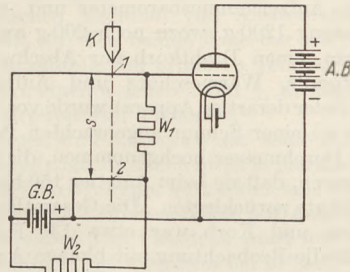


Fig. 5. Abgeänderte Schaltanordnung zur Geschwindigkeitsmessung¹.

gespannt, die von der mit einer Spitze versehenen Pendelkugel durchgerissen wurden.

Es möge noch bemerkt werden, daß man statt des Kondensators C als „Uhr“ ein ballistisches Galvanometer verwenden kann, wodurch die Messungen besonders einfach werden, da dieses Instrument direkt $\int i \cdot dt$ anzeigt.

Würde die Entladungsstromstärke i konstant bleiben, so wäre auch bei größerem Spannungsabfall ΔU die Entladungszeit t durch $\frac{C \Delta U}{i}$ gegeben. Weitgehend läßt sich dies verwirklichen, wenn man im Sättigungsgebiet der Röhre arbeitet. Hierfür eignen sich Audionröhren gut, da über 120 V kaum noch ein Ansteigen des Anodenstromes erfolgt. Hierbei läßt sich die Größe des Sättigungsstromes mittels eines Heizwiderstandes innerhalb gewisser Grenzen auf eine gewünschte Höhe bringen.

¹ Instrument R , Elektrometer E und Kondensator C sind nicht eingezeichnet worden.

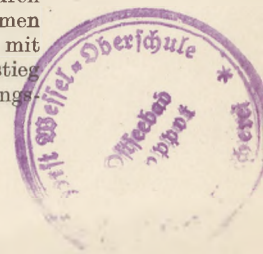
2. Forschungen und Ergebnisse.

Über neuere Forschungen auf dem Gebiete der kosmischen Ultrastrahlung. V¹. Von R. PYRKOSCH in Breslau.

In diesen Berichten war zuletzt von den Registrierballonaufstiegen von REGENER und PROTZER die Rede [diese Zeitschrift 52, 32 (1939)]. Sie haben ein Gegenstück in Aufstiegen derselben

¹ Berichte I bis IV s. diese Zeitschr. 51, 76; 117; 168 (1938) und 52, 25 (1939).

Art gefunden, die von R. A. MILLIKAN, H. V. NEHER und S. K. HAYNES am 6., 7. und 8. Juli 1936 in Texas unter 39° magnetischer Breite mit NEHERSchen Elektroskopen veranstaltet worden sind (1). Die Verfasser bemerken, daß die Ultrastrahlungsmessungen mit Elektroskopen, die durch Registrierballone in große Höhen genommen wurden, bisher daran gelitten hätten, daß man mit einer einzigen Aufladung für den Auf- und Abstieg auskommen mußte, obgleich die Entladungs-



geschwindigkeit in den größten Höhen etwa 200mal so groß ist wie in Seehöhe. Dies bedeute, daß, wenn ein Elektroskop eine für große Höhen geeignete Empfindlichkeit hat, es für kleine fast wertlos ist, und umgekehrt. Für Flugzeuge und bemannte Ballone wurde diese Schwierigkeit durch das NEHERsche Elektroskop beseitigt, das von einer Batterie selbsttätig alle 5 Minuten während eines Fluges von 3 bis 4 Stunden aufgeladen wird; aber Registrierballone können eine Batterie von 300 bis 400 V wegen ihres Gewichts nicht tragen. Darum haben NEHER und HAYNES in 2jähriger Arbeit Kondensatoren von genügender Leichtigkeit, Kapazität und Isolation hergestellt, die sich als Ersatz der Batterie durchaus bewährt haben. Das Gewicht jedes Instruments mit Uhrwerk, Abbildungsvorrichtung, Aufzeichnungsbarometer und -thermometer betrug 1200 g, wozu noch 200 g auf einen Fallschirm, einen Drahtkorb zur Abschwächung des Aufpralls, Wärmeschutz und Aufhängung kamen. Jeder derartige Apparat wurde von 5 übereinander an einer Schnur angebrachten Ballonen von 1 m Durchmesser hochgenommen, die so weit gefüllt waren, daß sie beim Aufstieg 150 bis 200 m in der Minute zurücklegten. Die Gesamtlänge mit Fallschirm und Korb war etwa 130 Fuß, das Ganze für die Beobachtung mit bloßem Auge und Theodolit gut sichtbar und der Hauptvorteil folgender: wenn der erste Ballon bei der Annäherung an den höchsten Punkt platzt, wird die Geschwindigkeit verringert, und das Platzen des zweiten Ballons läßt den Apparat längere Zeit in derselben Höhe verweilen, bis ein dritter platzt und der Abstieg beginnt. Es ist also für einen waagerechten Flug in der Höhe, wo die Messungen am wichtigsten sind und wie man ihn sonst in geringeren Höhen mit Flugzeugen auszuführen pflegt, gesorgt. Die Uhr war mit einem besonderen Kontakt versehen, der den Fallschirm mit dem Apparat nach $3\frac{1}{2}$ Stunden mit dem Ablauf des Films von den Ballonen ablöste, so daß der Apparat verhältnismäßig schnell auf den Erdboden gelangte. Der Fallschirm bestand aus roter Seide, um die Aufmerksamkeit zu erregen, und war mit einem Schreiben versehen, das dem Finder für die Überbringung eine Belohnung versprach. 3 von den 5 Apparaten kamen innerhalb von 2 Tagen zurück, der vierte erst nach 2 Monaten. Sein Fallschirm hatte sich in einem Baume verfangen, wo er 30 Meilen vom Aufstiegsort entfernt von einem Reiter aufgefunden wurde. Der fünfte blieb verschollen.

Eines der Instrumente erreichte eine Höhe von 12,9 mm Hg Luftdruck, entsprechend etwa 28 km, und damit die höchste, in der Elektroskopmessungen stattgefunden haben. Die Entladungsgeschwindigkeiten werden wie bei den entsprechenden Messungen von REGENER aus der Neigung gerader Linien erhalten, die so fein und scharf sind, daß eine große Genauigkeit erzielt werden kann, wie auch aus der Übereinstimmung der bisher ausgemessenen beiden Registrierstreifen untereinander und des Auf- und Abstiegs jedes einzelnen hervorgeht. Die Änderung der Temperatur im Apparat betrug während eines Fluges nur 20°.

Die Übereinstimmung der Aufzeichnungen der beiden Elektroskope findet ihren Ausdruck in derselben Höhenionisationskurve, wenn die Zahl der Ionenpaare je Sekunde und Kubikzentimeter Luft von Normaldruck gegen den Druck von m H₂O-Wert unter dem Scheitel der Lufthülle aufgetragen wird. Diese Kurve steigt von 10 bis 2 m H₂O fast exponentiell an, erreicht einen Gipfel bei 64 cm H₂O entsprechend 47,6 mm Hg und fällt darauf rasch ab, bis ihre Ordinate bei der größten Höhe von 12,9 mm Hg um 22% kleiner ist als die des Gipfels, woraus folgt, daß die Primärstrahlung bis 47,6 mm Hg Druck in die Lufthülle eindringen muß, ehe sie mit der in ihr ausgelösten Sekundärstrahlung in Bezug auf Richtung und Zusammensetzung im Gleichgewicht ist. Ein solcher Gipfel ist von REGENER und PROTZER wohl bei den Kurven festgestellt worden, die mit Zählrohren zur Ausblendung der senkrechten Strahlen aufgenommen wurden, aber noch nicht bei den mit Ionisationskammern oder einzelnen Zählrohren erhaltenen, die auf Strahlen aller Richtungen ansprechen. Diese zeigen vielmehr an der höchsten Stelle eine Abflachung, aber keinen Abfall (2).

Die Verfasser suchen den Unterschied auf Grund der Verschiedenheit der magnetischen Breiten (50° N und 39° N) zu erklären, unter denen die Aufstiege von REGENER und MILLIKAN stattgefunden haben. Diese Erklärung hängt eng mit der Frage nach der Zusammensetzung der primären Ultrastrahlung zusammen. Wie schon früher berichtet [diese Zeitschrift 49, 221 (1936)], sind MILLIKAN und seine Mitarbeiter der Ansicht, daß die primäre Ultrastrahlung nur zum kleinen Teil aus geladenen Teilchen besteht, die sie für positive und negative Elektronen halten. Daß die REGENERsche Kurve noch parallel zur Abszissenachse verläuft in einer Höhe, in der die von den Verfassern erhaltene bereits stark im Absteigen ist, müsse dann aus der Verschiedenheit der Energien der Elektronen folgen, die unter den Breiten 50° und 39° zur Überwindung des magnetischen Erdfelds notwendig sind. Da diese Energie für 39° größer ist als für 50°, dringen die Elektronen bei 50° nicht so tief in die Lufthülle ein, bevor sie mit ihren Sekundärstrahlen im Gleichgewicht sind, wie bei 39°.

Im Gegensatz zu MILLIKAN und seinen Mitarbeitern halten die meisten Forscher auf dem Gebiete der Ultrastrahlung Photonen nur für einen unwesentlichen Bestandteil der Primärstrahlung, wenn überhaupt dafür. Dieser Standpunkt wird besonders entschieden in einem Aufsatz von A. H. COMPTON: Cosmic Rays as Electrical Particles, vertreten (3). Aus der Tatsache, daß CLAY im Äquatorgürtel in Seehöhe nur 83% der Ionisation in hohen Breiten fand, ging hervor, daß die fehlenden 17% elektrische, vom magnetischen Erdfeld beeinflusste Teilchen sein mußten. Aus den Untersuchungen des Richtungseffektes [diese Zeitschrift 48, 264 (1935)] ergab sich, daß von den 83% äquatorialer Strahlen noch 10% geladene Teilchen sein mußten, so daß schließlich 73% als scheinbar feldunempfindlicher Rest in Seehöhe übrig blieben. Nach den Erfahrungen über die Zunahme des

Breiteneffekts mit der Höhe sei aber anzunehmen, daß dieser Rest in großen Höhen auf mindestens den 4. Teil, vielleicht sogar auf nur wenige Prozent der Strahlung in hohen Breiten zusammenschmelzen würde.

Von H. ZANSTRA ist gezeigt worden, daß die Energieverteilung der primären Ultrastrahlung aus dem Umstand hergeleitet werden kann, daß das magnetische Erdfeld der senkrecht einfallenden Ultrastrahlung für jede Breite eine angebbare untere Grenze $V_0 = 1,92 \cdot 10^{10} \cos^4 \lambda$ setzt, wo λ die magnetische Breite bedeutet (4). Wenn $\Phi(V)$ dV die Ionisation ist, die von den senkrechten Primärstrahlen mit Energien zwischen V und $(V + dV)$ herrührt, gilt nach ZANSTRA $\Phi(V) \cdot dV = -\frac{d\psi}{dV_0} \cdot dV$, wo ψ die von den senkrechten Strahlen überhaupt erzeugte Ionisation unter der betreffenden Breite ist. Diese ist zwar mit Zählrohranordnungen zur Ausblendung der senkrechten Strahlen gemessen worden, doch reicht deren Genauigkeit für den vorliegenden Zweck nicht aus. Indessen zeigen die Messungen der Verteilung der Ultrastrahlung nach dem Zenitwinkel, daß sie innerhalb der Fehlergrenzen von der Breite unabhängig ist. Folglich kann als relativer Wert für ψ die über alle Richtungen erstreckte Strahlungsstärke J genommen werden, wie sie durch eine Ionisationskammer geliefert wird, und die Formel von ZANSTRA durch $\Phi(V) = -\frac{dJ}{dV_0}$ ersetzt werden.

Die notwendigen Bestimmungen von J sind auf 4 Seereisen zwischen Vancouver in Kanada und Sidney in Australien mit einer durch 12 cm Pb abgeschirmten Ionisationskammer vorgenommen worden. Wenn man diese Werte von J gegen die zugehörigen berechneten Werte von V_0 aufträgt, so erhält man eine Kurve, deren Steigungen nach der letzten Formel die Energieverteilung ergeben.

Wie zuerst von CLAY bemerkt worden ist (5 und 6), gibt es einen kritischen Wert von V_0 entsprechend einer kritischen Breite, unter der die Teilchen, welche gerade genug Energie besitzen, um das magnetische Erdfeld zu überwinden, gerade auch die Reichweite einer Atmosphäre haben, während unter einer höheren Breite die Teilchen mit geringerer Energie, die hier wohl das Erdfeld noch bewältigen können, wegen zu kleiner Reichweite nicht mehr zur Erdoberfläche gelangen, sondern in der Lufthülle stecken bleiben. Für Werte von V_0 unter diesem kritischen, der von COMPTON zu $0,9 \cdot 10^{10}$ eV angegeben wird, macht sich daher der Einfluß der irdischen Lufthülle bemerkbar, indem er die auf die Erdoberfläche gelangenden Strahlen auf eine höhere Energie beschränkt, als durch das magnetische Erdfeld geboten ist. Dieser Umstand macht sich an der Kurve durch ein Knie bei $V_0 = 0,9 \cdot 10^{10}$ geltend. Für größere Werte von V_0 aber, wo die Absorption durch die Lufthülle kein wesentlicher Umstand ist, fällt die Kurve in glattem Verlauf ab, bis sie die Abszissenachse schneidet, und zeigt eine stetige Energieverteilung bis $1,92 \cdot 10^{10}$ eV an, ein Wert, jenseits dessen das Verfahren nicht mehr anwendbar ist. Die Richtung

der Kurve deutet aber an, daß elektrische Teilchen viel höherer Energie in beträchtlicher Zahl vorhanden sind und die Ultrastrahlen sehr wohl von der Äquatorgegend durch ein stärkeres Magnetfeld der Erde vollständig ausgeschlossen werden könnten, wodurch ihre Natur als die elektrischer Teilchen unzweideutig nachgewiesen wäre.

Für V_0 -Werte unter $0,2 \cdot 10^{10}$ V verläuft die Kurve parallel zur Abszissenachse in Übereinstimmung mit dem Ergebnis von J. CLAY, C. G. t'HOOFD und P. H. CLAY, die auf einer Fahrt von Amsterdam nach dem Nordkap mit Ionisationskammern und Zählrohren an Bord des Schiffes festgestellt haben, daß der Breiteneffekt zwischen magn. 53° und 67° weniger als 0,6% beträgt und folglich die kritische Breite auf dem magnetischen Meridian von Amsterdam kleiner als 53° ist (6). Die beiden Knie der Kurve lassen zwei Bestandteile der primären Teilchenstrahlung vermuten, einen weicheren von \pm Elektronen und einen härteren von Protonen.

Dagegen sind MILLIKAN und seine Mitarbeiter der Ansicht, daß Protonen nicht in merklicher Zahl in der Primärstrahlung vorhanden sind (1). Denn ihre Kurve des Breiteneffekts auf dem magnetischen Meridian von Pasadena weist nur ein Knie gerade südlich von Pasadena bei 41° auf, während die Ionisation nördlich davon sehr beständig ist. Während nämlich Protonen und Elektronen der hier in Betracht kommenden großen Energie ungefähr denselben Widerstand des magnetischen Erdfeldes zu überwinden haben, ist der Widerstand, den die Lufthülle ihnen entgegensetzt, sehr verschieden. Da die Protonen bei ihrem Durchgang durch Materie keine Strahlung erzeugen wie die Elektronen und die von ihnen hervorgebrachte Ionisation etwa dieselbe ist wie die durch die Elektronen erzeugte, so beträgt der atmosphärische Widerstand bei ihnen nur 2 bis $3 \cdot 10^9$ eV anstatt $6 \cdot 10^9$ bei den Elektronen. Wenn sie daher in merklicher Zahl auf die Erde gelangten, würden sie von 41° an nach Norden in Seehöhe zunehmen und unter 54° , wo der Widerstand des magnetischen Erdfeldes etwa $2^{1/2} \cdot 10^9$ eV beträgt, ein Knie der Ionisationskurve derselben Art hervorrufen wie die Elektronen bei 41° .

In der vorliegenden Arbeit von COMPTON geht dieser sodann zu der Bedeutung der Koinzidenzversuche für die Erkenntnis der Primärstrahlung über. Daß die mit übereinander angeordneten Zählrohren beobachteten Koinzidenzen von einzelnen Teilchen großer Energie herrühren, die alle Rohre durchsetzen, wurde besonders durch Versuche bewiesen, die von AUGER und EHRENFEST (7) und von STREET, WOODWARD und STEVENSON ausgeführt worden sind [8; vgl. auch diese Zeitschr. 49, 172 (1936)]. Ferner haben ROSSI (9) und HSIUNG (10) Versuche angestellt, die den Nachweis erbringen, daß diese durchdringenden Teilchen keine Sekundärstrahlen sein können, die in Seehöhe entstehen, sondern von weither kommen müssen. Sie können auch nicht hoch in der Lufthülle durch primäre Photonen ausgelöst werden, denn sie weisen denselben Breiteneffekt wie die Gesamtultrastrahlung und auch Richtungsasymmetrie

am Äquator auf, wie AUGER und LEPRINCE-RINGUET (11) und CLAY (12) gezeigt haben. Sie seien also höchstwahrscheinlich selbst primäre geladene Teilchen.

Die Photonen, welche die Schauer auslösen und von GEIGER und FÜNFER als B-Strahlen bezeichnet worden sind, könnten nicht primärer Natur sein, da sie dem Breitereffekt unterworfen sind, wie JOHNSON nachgewiesen hat [13; vgl. auch diese Zeitschr. 49, 259 (1936)]; sie müssen also von primären elektrischen Teilchen erzeugt sein. Zu ihnen gehören auch die Photonen, von denen die Schauer auf gewissen Nebelkammeraufnahmen von ANDERSON herrühren, die bis zu $2,5 \cdot 10^9$ eV Gesamtenergie besitzen und deshalb von MILLIKAN, BOWEN und NEHER als Hauptbeweis für das Vorhandensein primärer Photonen angeführt werden [vgl. diese Zeitschr. 49, 221 (1936)]. Dagegen zeigt der Verfasser an diesen Lichtbildern selbst, daß die betreffenden Schauer nach ihrem geometrischen Verhalten von Photonen ausgelöst sein müßten, die von Punkten in geringer Entfernung über der Kammer herkämen und daher sekundär wären. Auch sei die große Energie von $2,5 \cdot 10^9$ eV für sekundäre Photonen nicht unmöglich, da es primäre Elektronen mit mehr als 10mal so großer Energie gibt, wie aus Richtungsversuchen am Äquator hervorgeht.

Der Umstand, daß die primären elektrischen Teilchen solche Photonen in der Lufthülle erzeugen, entkräftet auch einen andern Einwand der 3 genannten Forscher gegen das Vorwiegen der elektrischen Teilchen in der Primärstrahlung, daß nämlich diese keine solche Höhenabsorptionskurve von exponentieller Art liefern könnten, wie sie von Seehöhe bis zu einem Luftdruck von 4,5 m H₂O-Wert gemessen worden ist; denn wenn der Energieverlust von Elektronen großer Energie zumeist durch die Erzeugung von Photonen bedingt ist, so reiche dies vollkommen hin, um die Verminderung der Ionisation längs der Bahn eines solchen Elektrons annähernd exponentiell zu gestalten.

Eine Reihe von Gründen, die von der gegnerischen Seite für die Vorherrschaft von Photonen in der Primärstrahlung geltend gemacht werden, wie z. B. daß Photonen 100 mal so durchdringend sein könnten wie Elektronen derselben Energie [vgl. diese Zeitschr. 49, 221 (1936)], werden nach COMPTON durch die erfolgreiche Theorie von BETHE und HEITLER widerlegt, nach der die Absorption von Elektronen mit mehr als $5 \cdot 10^8$ eV nur wenig größer als die von Photonen mit derselben Energie ist. Doch wird die Gültigkeit dieser Theorie für die hier in Betracht kommenden hohen Energien von MILLIKAN, BOWEN und NEHER auf Grund ihrer Höhenionisationsmessungen bestritten (1).

Schließlich wird von COMPTON noch ein Beweis für die Teilchennatur der Primärstrahlung aus der Größe der Veränderung hergeleitet, welche die Strahlungsstärke durch die Bewegung der Erde im Weltraum infolge der Drehung des Milchstraßensystems erfährt [vgl. diese Zeitschr. 49, 264 (1936)]. Falls der Ursprung der Strahlung als außerhalb der Milchstraße ruhend und ihre Geschwindigkeit

als nahe der des Lichts vorausgesetzt wird, ergibt sich daraus zwischen den Strahlen, welche die Vorder- und Rückseite der Erde treffen, ein Dopplereffektsunterschied von 0,2% in der Frequenz. Der entsprechende Dopplereffekt der Strahlungsstärke würde beim Eintritt in die Lufthülle 4mal so groß, also 0,8% sein. Mit Berücksichtigung der Absorption in der Luft und des Umstandes, daß die Messungen mit der Ionisationskammer Strahlen aller Richtungen einschließen, wird dieser Unterschied zwischen der Vorder- und Rückseite der Erde von COMPTON und GETTING auf 1% zurückgeführt. Wenn die Primärstrahlen aus Photonen oder neutralen Teilchen beständen, sollte dieser Betrag voll beobachtet werden. Wenn sie dagegen zum größeren Teile elektrische Teilchen sind, würde infolge der Ablenkung durch das magnetische Erdfeld ein erheblich kleinerer Effekt zu erwarten sein. Wie schon früher berichtet, waren zur Prüfung dieser Ergebnisse die Messungen von HESS und STEINMAURER in den Jahren 1932 bis 1934 herangezogen worden. Diese sind unterdessen von W. ILLING in Bezug auf Luftdruckänderungen berichtigt und gegen Sternzeit aufgetragen worden (13). Aus ihnen folgt als Amplitude der täglichen Strahlungsschwankung 0,03% und als ihre Phase 20h 50m, während die Rechnung auf Grund des Dopplereffekts für Photonen und elektrische Teilchen dieselbe Phase 20h 40m, aber für die ersteren eine Amplitude von 0,25%, für die letzteren eine von 0,02 bis 0,10% ergibt. Ganz ähnlich verhielt es sich bei der Vergleichung mit Messungen von SCHONLAND und Mitarbeitern in Kapstadt auf der südlichen Halbkugel, von denen weiter unten noch die Rede sein wird. Der Translationseffekt, wie er von COMPTON genannt wird, ist also auch eine Stütze der Ansicht, daß die Primärstrahlung zum größten Teile, wenn nicht ganz, aus elektrischen Teilchen besteht.

Über die Untersuchungen der primären Ultrastrahlung, im besonderen ihre Zerlegung in einen weichen und einen harten Bestandteil durch P. AUGER und L. LEPRINCE-RINGUET und ihre Mitarbeiter ist bereits früher berichtet worden [diese Zeitschr. 49, 223 (1936)]. Letzterer hat in einer neueren Mitteilung (14) seine Ergebnisse näher erklärt durch die Annahme, daß der weiche Bestandteil aus negativen und positiven Elektronen bestehe, die bis zu 7 cm Pb durchdringen können mit einem Energieverlust von wenigstens $9 \cdot 10^8$ eV. in Übereinstimmung mit den letzten Ergebnissen von ANDERSON und NEDDERMEYER und der von BETHE und HEITLER vorausgesagten Zunahme des Energieverlustes bei Elektronen mit zunehmender Energie; der harte sei dagegen eine Strahlung anderer Art, deren Teilchen fast sämtlich positiv geladen und vielleicht Protonen sind. Eine ähnliche Auffassung wird von P. AUGER vertreten (15).

Der Nachweis von Protonen oder anderen schweren Teilchen in der Ultrastrahlung ist das Ziel einer Reihe neuerer Arbeiten. Nachdem V. HESS und F. RIEDER einige solche Teilchen auf Nebelkammeraufnahmen in 2300 m Höhe (16), G. HERZOG und P. SCHERRER die Spur eines solchen von 18 cm Länge in 3500 m Höhe (17)

festgestellt hatten, haben T. R. WILKINS und H. St. HELENS bei einem Stratosphärenflug eine Spur in einer besonderen photographischen Emulsion erhalten (18) und auf Grund des vorher untersuchten Verhaltens der Emulsion zu α -Teilchen die Spur als zu einem solchen gehörig gedeutet. Von ihr zweigte sich eine andere ab, von der angenommen wird, daß sie von einem unterwegs herausgeworfenen Proton herrührt. Die beiden Forscher sind der Ansicht, daß mit diesem Verfahren ein einfaches Mittel zur Untersuchung der Ultrastrahlung in großen Höhen gegeben sei.

Auch von L. H. RUMBAUGH und G. L. LOCHER wurde ein Stratosphärenflug benutzt, um photographische Platten besonderer Art mitzunehmen (19). 17 dieser Platten von $10 \cdot 10 \text{ cm}^2$ waren mit etwa 1 cm dicken Schichten überzogen, die 20 Elemente enthielten, H, Li, Be usw., und in eine flache, mit N gefüllte Flasche aus Kautschuk gebracht; 15 Platten ohne Überzug wurden in 2 Schachteln aus dünnem Holz gepackt. Die Platten verblieben 2 Stunden lang in einer Höhe von $\frac{1}{2}$ m H_2O -Wert unter dem Atmosphärenscheitel. Darauf wurden 70 cm^2 der Emulsion unter Schichten von Paraffin, Al, Pb, Kohle und ohne Überzug mikroskopisch untersucht mit dem Ergebnis, daß sich auf Platten ohne Überzug keine Spuren von α -Teilchen vorfanden außer solchen radioaktiven Ursprungs, und daß auf 1 cm^2 von Paraffinplatten ($4,5 \pm 1$) Protonenspuren kamen, aber nur ($0,8 \pm 0,4$) in Platten mit Pb- und Kohleüberzug, so daß die Protonen offenbar von Kernzusammenstößen mit Neutronen herrühren. Außerdem kam eine kleine Zahl α -Teilchen und vielleicht auch Protonen als sekundäre Strahlung in den Platten unter Al vor.

Zur Kontrolle wurden alle Platten mit anderen der gleichen Art und mit denselben Überzügen verglichen, die einen Monat lang in 4300 m Höhe aufbewahrt worden waren. Die Paraffinplatten unter ihnen wiesen nur 2 Protonenspuren in 6 cm^2 Emulsion gegen 27 bei einer entsprechenden Fläche der Stratosphärenplatten auf. Diese Tatsachen machten es sehr wahrscheinlich, daß die Neutronenrückstoßspuren in den letzteren in der Stratosphäre erzeugt wurden und die Stärke der Neutronenstrahlung 6 m H_2O -Wert unter dem Scheitel der Lufthülle nicht mehr als 0,0005mal so groß ist wie $\frac{1}{2}$ m H_2O unter ihm. Wenn diese Neutronen primäre Bestandteile der Ultrastrahlung seien, müsse das freie Neutron trotz seiner großen Masse ziemlich stabil sein. Ferner lasse das Vorhandensein von Neutronen vermuten, daß die primäre Ultrastrahlung mit beträchtlichen Mengen von Materie verbunden gewesen ist und auch einen erheblichen Anteil von γ -Strahlung enthalten sollte. Mit der Annahme, daß die Primärstrahlung in großen Höhen zum merklichen Teil aus α -Teilchen bestehe, seien diese Beobachtungen nicht verträglich, wohl aber mit den Ergebnissen von WILKINS und HELENS, da ihre Spuren fast sämtlich parallel und waagrecht waren, also kaum von primären Teilchen herkommen konnten.

R. B. BRODE, H. G. MACPHERSON und M. A. STARR haben mit einer Nebelkammer nach schweren Teilchen in der Ultrastrahlung gesucht (20).

Diese hatte 30 cm Durchmesser und 10 cm Tiefe, einen Inhalt über 7 Liter und enthielt N von 2 Atmosphären Druck nebst einer Mischung von Alkohol und Wasser. Die Betätigung der Kammer war automatisch und wurde durch die gleichzeitige Entladung zweier Zählrohre ausgelöst, von denen eines unter und eines über der Kammer angebracht war. Wie aus der Breite der Spuren der auslösenden Strahlen hervorging, verfloßen 0,015 sec von ihrer Ankunft bis zur vollen Entspannung. 0,035 sec später setzte die Beleuchtung ein und währte ungefähr 0,1 sec lang. Eine Koinzidenzentladung fand etwa alle 2 Min. statt. 75% der Lichtbilder zeigten die nach beiden Rohren gerichteten Spuren der auslösenden Strahlen. Ein elektrisches „Klärungsfeld“ beseitigte die erzeugten Ionen, um die Kammer für Neuaufnahmen frei zu machen. Das beleuchtete Gebiet ließ die Teilchen bis zu einer Bahnlänge von 60 cm Normalluft in der Kammer verfolgen und die kosmischen so leicht von den α -Teilchen radioaktiven Ursprungs unterscheiden, die nur eine Reichweite von wenigen Zentimetern haben.

Schwere Teilchen sind in einer Nebelkammer dadurch zu erkennen, daß sie bei mäßigen und kleinen Geschwindigkeiten stärker ionisieren als Elektronen. Es ist möglich, die Ionisationsstärke eines Teilchens nach der Breite seiner Spur zu beurteilen, wenn die Zeit zwischen dem Durchgange des Teilchens und der Entspannung bekannt ist. Das Teilchen hinterläßt nämlich Ionen, die zuerst in einer sehr engen Säule enthalten sind, aber von ihrer Mitte aus schnell diffundieren und die Säule so verbreitern. Diese Diffusion wird durch die Entspannung angehalten, indem jedes Ion zum Kern eines schweren Wassertropfens wird. Das Lichtbild einer solchen Spur zeigt dann im Innern völlige Schwärzung bis zu einer Stelle, wo die Dichte der Tröpfchen einen kritischen Mindestwert erreicht, und von da an einen an Dunkelheit schnell abnehmenden äußeren Rand. Die Breite der Spur wird bis zu der kritischen Stelle gemessen und ist eine Funktion der spezifischen Ionisation.

Bei den 8500 Aufnahmen wurden im ganzen 80 Spuren beobachtet, die eine merklich schwerere Ionisation aufwiesen als die eines Elektrons; bei 21 von ihnen wurde sie auf mehr als 50 mal so groß geschätzt und ähnelte sehr derjenigen eines α -Teilchens oder Protons, doch kamen α -Teilchen wegen der Länge der Spuren nicht in Betracht. Die längste Spur betrug 44 cm und entsprach dem Energieverlust eines Protons in der Kammer von $5,8 \cdot 10^6$ eV. Der Aufsatz enthält schöne Abbildungen solcher Spuren. Bei 24 Spuren war die Ionisationsdichte 10 bis 50mal so groß wie bei einer Elektronenspur. Sie zeigten keine Enden in der Kammer, so daß die zugehörigen Teilchen das Gas in der Kammer vollständig durchsetzt hatten. Bei weiteren 21 Spuren war die Ionisation 3 bis 10mal so groß wie bei einem Elektron, und auf 3 Aufnahmen waren Atomzertrümmerungen angezeigt, die in der vorderen Glaswand stattfanden und bei denen schwere Teilchen ausgeschleudert wurden. Eine von ihnen enthielt 3 schwere Spuren, eine andere 2 und die dritte außer 2 schweren

Spuren noch 3 Elektronenspuren von demselben Entstehungsort aus.

Die 45 Teilchen mit der schwersten Ionisation sind wahrscheinlich sekundärer Art und stammen von solchen Zertrümmerungen her, wie auch dadurch nahe gelegt werde, daß sie zu jeder beliebigen Zeit während der 1,5 sec vor der Entspannung auftraten, die für die Aufzeichnung von Spuren in Betracht kamen, und ihre Richtungen ganz willkürlich waren. Ihre Energie erschien nicht ausreichend, um die Glaswände der Kammer zu durchdringen. Dagegen schienen auch 14 Spuren von Teilchen, die durch die beiden Zählrohre gegangen waren und die Entspannung veranlaßt hatten, dichter als die von Elektronen zu sein, und zwar zur Hälfte 2 bis 5mal, zur andern 5 bis 20mal so dicht. Ob solche Teilchen primärer oder sekundärer Art sind, sei nicht zu entscheiden, ebenso wenig wie die Frage, ob die primäre Ultrastrahlung sehr schnelle Protonen enthalte oder nicht. Der Anteil, den die schweren Teilchen in der Aufnahmezeit, 10 500 Sek., an der Ionisation in der Kammer hatten, wird auf 1% der gesamten geschätzt.

Zu ähnlichen Folgerungen kamen C. D. ANDERSON und S. H. NEDDERMEYER (21). Der Nebelkammerapparat, der früher in Pasadena benutzt worden war, ist von ihnen 6 Wochen lang im Sommer 1935 dazu verwandt worden, ungefähr 10 000, auch durch Zählrohrentladungen ausgelöste Aufnahmen auf dem Gipfel des Pikes Peak (4300 m) in Kalifornien zu machen. Ein stetiges magnetisches Feld von 7900 Gauß wurde mit einem Solenoidstrom von 215 A und 110 V durch einen transportablen Generator aufrecht erhalten, der von einer Automobilmaschine betrieben wurde. Da derselbe Apparat in Pasadena und auf dem Pikes Peak gebraucht wurde und das abschirmende Material um die Kammer fast dasselbe war, konnten zuverlässige Vergleichen in Bezug auf die Schauerhäufigkeit und das Vorkommen von schweren Teilchen angestellt werden.

Bei den Aufnahmen, wo es sich um Schauer handelte, enthielt die kreisförmige Kammer wie schon früher längs ihres waagerechten Durchmesser eine Pb-Platte von 0,35 cm Dicke. Die Ergebnisse sind mit denen von JOHNSON, den MONTGOMERYS, YOUNG und WOODWARD in guter Übereinstimmung. Jedenfalls könne als sicher betrachtet werden, daß Schauer und Stöße mit der Höhe schneller zunehmen als die Gesamtstrahlung, und daß nach den Nebelkammerversuchen, bei denen Elektronenschauer bis zu 300 Teilchen vorkamen, die Stöße nur als große Schauer aufzufassen sind.

Die Versuche der Verfasser, primäre Protonen in der Ultrastrahlung nachzuweisen, sind bisher erfolglos gewesen. Die Schwierigkeit bestehe dabei hauptsächlich darin, daß der Energieverlust durch Ionisation, der bei einem Proton auf seinem senkrechten Wege durch die Atmosphäre $2000 \cdot 10^6$ eV beträgt, klein ist gegen die Energie von mindestens $5000 \cdot 10^6$ eV, die es besitzen muß, um das magnetische Erdfeld unter der Breite von Pasadena zu überwinden. Deshalb sei die Wahrscheinlichkeit gering, ein primäres Proton genügend nahe dem

Ende seiner Reichweite zu beobachten, um es durch seine stärkere Ionisation von einem Elektron sicher unterscheiden zu können.

Anders verhalte es sich mit sekundären Teilchen von Protonenart. Bei 9188 Aufnahmen auf dem Pikes Peak zeigten 113 Stück 123 stark ionisierende Teilchen, von denen die meisten Protonen zu sein schienen. Sie sind von α -Teilchen durch größere Reichweite leicht zu unterscheiden und scheinen von Atomzertrümmerungen herzuführen, die im Füllgase der Kammer und in der Pb-Platte stattfinden und vermutlich ganz besonderer Art sind. Ein großer Teil dieser Spuren verläuft fast waagerecht, und in einer Anzahl Fälle sind sie nach oben gerichtet. Wo die Richtung sicher bekannt ist wie bei den Teilchen, die von einer Zertrümmerung in der Kammer herrühren, ist die Krümmung im Magnetfeld immer die von positiv geladenen Teilchen.

Mit der Ionisationskammer hat J. CLAY sekundäre, von der Ultrastrahlung ausgelöste Protonen nachgewiesen (22), und mit einer Ionisationsdoppelkammer, die der früher benutzten ähnlich war [diese Zeitschr. 51, 168 (1938)], haben C. G. MONTGOMERY, D. D. MONTGOMERY, W. E. RAMSEY und W. F. G. SWANN nach primären Protonen der Ultrastrahlung gesucht (23).

Es ist zuerst von SWANN darauf hingewiesen worden, daß solche Protonen am Ende ihrer Reichweite, wo ihre Ionisation am stärksten ist, in einer kleinen Ionisationskammer meßbare Stöße erzeugen könnten, deren Zahl darüber Aufschluß geben würde, in welchem Maße Protonen an der Ultrastrahlung beteiligt sind. Deshalb war die jetzt verwandte Kammer viel kleiner als die frühere, nämlich nur 15,4 cm hoch und 6,7 cm im Durchmesser und mit N von 14,7 Atm Druck gefüllt. Um α -Teilchen radioaktiven Ursprungs auszuschalten, war die Kammer durch eine waagerechte Querwand gehälftet, und nur gleichzeitig in beiden Hälften auftretende Stöße wurden gezählt. Jede Hälfte war mit einer Sammelelektrode und einem Vakuumröhrenelektrometer versehen. Da beide Hälften auch von den gewöhnlichen Elektronenschauern durchsetzt wurden, die nicht mitzuzählen waren, wurden Zählrohrguppen unter der Kammer angebracht, deren Entladungen auf demselben Filmstreifen aufgezeichnet wurden wie die Elektrometerablenkungen.

Die Beobachtungen umfaßten zwei Versuchsreihen. Bei der ersten von 175 Stunden Dauer wurden nur die Stöße gezählt, die in jeder Kammerhälfte mehr als $7,2 \cdot 10^4$ Ip betragen. Diese Grenze entspricht einer spezifischen Ionisation des Protons von 678 Ip je Zentimeter bei Atmosphärendruck, einer noch übrigen Reichweite von 701 cm nach dem Durchgang durch die Kammer und einer Energie von $4,5 \cdot 10^7$ eV. Indem noch die Geometrie der Kammer und die Zahl der sie stündlich durchsetzenden Ultrastrahlen berücksichtigt und als Protonenanteil der Primärstrahlung nach COMPTON 40% angenommen werden, berechnet sich die Zahl der von Protonen herrührenden Stöße, die während der 175 Stunden zu erwarten sind, zu 15. In Wirklichkeit wurden 12 Stöße der in Betracht

kommenden Größen beobachtet, und 10 von ihnen waren von Zählrohrentladungen begleitet, so daß nur 2 Protonendurchgänge als möglich übrig bleiben. Doch erschien es möglich, daß auch diese von Schauern herrührten, die keine Koinzidenzen bewirkt hatten.

Ähnlich verhielt es sich bei einer zweiten Versuchsreihe von 92,4 Stunden, bei der als untere Grenze der Stöße $3,9 \cdot 10^4$ Ip festgesetzt wurden. Dazu kommt, daß die Häufigkeitsverteilungen der Stöße in jeder Kammerhälfte große Ähnlichkeit mit denjenigen haben, die früher mit der großen Doppelkammer erhalten worden waren. Es liegt also die Vermutung nahe, daß es sich um dieselbe Erscheinung handelt und auch die Stöße in der kleinen Kammer durch Elektronenschauer und nicht durch Protonen veranlaßt werden. Jedenfalls sei für die Zahl der primären Protonen in Seehöhe eine viel niedrigere obere Grenze als bisher anzunehmen, nämlich nur 5 bis 6% der Gesamtstrahlung und 10% ihres harten Anteils.

Die Untersuchungen des Breiten- und Längeneffekts der Ultrastrahlung durch MILLIKAN und seine Mitarbeiter [diese Zeitschr. 49, 261 (1936)] haben nun zu einem genauen Überblick der Änderung der Ultrastrahlungsstärke mit der Breite und Länge geführt, so daß die Erde als Ganzes mit Linien gleicher Stärke in Seehöhe bedeckt werden kann. Ein solcher Überblick mit Karten ist vor einiger Zeit von R. A. MILLIKAN und H. V. NEHER veröffentlicht worden (24). Bei dieser Gelegenheit ist auch das „NEHERsche erschütterungsfreie Elektroskop für kosmische Strahlung“, mit dem die Messungen ausgeführt wurden, eingehend beschrieben und abgebildet worden.

Über den Erfolg der Messungen mit diesem Instrument in großen Höhen des Äquatorgürtels auf entgegengesetzten Seiten der Erde, in Peru und auf den Philippinen, haben neuerdings J. S. BOWEN, R. A. MILLIKAN, S. A. KORFF und H. V. NEHER berichtet (25). Dabei war die Erforschung des Längeneffekts von besonderer Bedeutung, da er mit der Frage nach dem Photonenanteil der primären Ultrastrahlung zusammenhängt. Dieser Effekt wird ja hauptsächlich durch die Tatsache dargestellt, daß die Ultrastrahlungsstärke in Seehöhe auf der asiatischen Seite des Äquatorgürtels um 4 bis 5% geringer ist als auf der südamerikanischen, und dadurch erklärt, daß wenigstens ein Teil der feldunempfindlichen Strahlung in Seehöhe von geladenen Teilchen ausreichender Energie, etwa 10^{10} eV herrühre [diese Zeitschr. 49, 220 (1936)], um das magnetische Erdfeld selbst im Äquatorgürtel zu überwinden, und daß dieser Widerstand auf der asiatischen Seite größer ist als auf der südamerikanischen, weil das Erdfeld bekanntlich im Gebiete von Singapore stärker ist als in dem von Lima.

Wenn also der in Seehöhe kleine Längeneffekt ebenso wie der Breiteneffekt mit der Höhe stark zunähme, würde zu schließen sein, daß die in die Lufthülle eintretenden Strahlen selbst am Äquator der Hauptsache nach geladene Teilchen sehr großer Energie sind. Wenn der Längeneffekt dagegen mit der Höhe eher ab- als zunimmt, sollten in der

einfallenden Strahlung Photonen überwiegen, die ja weder einen Breiten- noch Längeneffekt zeigen können. Es wurde daher je eine Höhenionisationskurve in Peru und auf den Philippinen unter derselben Breite zur Vergleichung aufgenommen. Die Peruflüge wurden von KORFF unter Mitwirkung zweier Fluggesellschaften, die auf den Philippinen von NEHER mit dem USA-Fliegerkorps veranstaltet. Die Meßpunkte auf den beiden Kurven wurden durch je einstündige waagerechte Flüge in Höhen bis zu 29 000 Fuß erhalten. Die Registrierfilme kamen zu Schiff nach Pasadena und wurden von NEHER entwickelt.

Die Punkte ergaben an beiden Orten je eine glatte Kurve, und die beiden Kurven fallen so nahe zusammen, daß innerhalb der Meßgenauigkeit von 5% bis in die größte Höhe kein Unterschied zwischen der Ultrastrahlungsstärke in Peru und auf den Philippinen besteht. Ob der in Seehöhe beobachtete Unterschied von 4% weiterhin nach oben vorhanden ist, sei deshalb nicht zu entscheiden. Ferner folgt aus den beiden Kurven, daß die Ultrastrahlungsstärke auf beiden Seiten der Erde im Äquatorgürtel von Seehöhe bis 29 000 Fuß Höhe im wesentlichen exponentiell ansteigt mit einer Absorptionszahl $0,5 \text{ m}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, die sich gut dem oberen Teil der Tiefenionisationskurve anpaßt. In der gemäßigten Zone ist die entsprechende Zahl nur wenig größer, nämlich $0,55 \text{ m}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, doch ist der Unterschied ausreichend, um die Ionisation in 29 000 Fuß Höhe im Äquatorgürtel zu etwa nur der Hälfte derjenigen zu machen, die in derselben Höhe unter 52° Breite bei dem Fordney-Settle-Fluge gefunden wurde [diese Zeitschr. 48, 267 (1935)].

Diese Ergebnisse seien hinreichend, um die Hauptbeweise für das Überwiegen des Teilchenanteils gegenüber dem Photonenanteil der Ultrastrahlung, die im Äquatorgürtel in die Lufthülle eintritt, zunichte zu machen.

Zur Untersuchung des Breiteneffekts von Ultrastrahlen bestimmter Richtungen ist das Ausblendungsverfahren mit Zählrohrkoinzidenzen von T. H. JOHNSON und D. N. READ auf einem Schiffe während einer Reise von New York nach Valparaiso benutzt worden (26). Der Apparat war kardanisch auf dem Deck aufgehängt; die nötige Spannung wurde der Schiffsdynamo entnommen; außer den Koinzidenzen wurden der Luftdruck, die Kompaßrichtung, die Temperatur und die Angaben der Voltmeter stündlich photographisch verzeichnet. Für senkrechte Strahlen ergab sich ein Breiteneffekt von 20% mit dem kleinsten Werte etwas nördlich vom magnetischen Äquator. Strahlen unter dem Zenitwinkel 45° zeigten einen größeren Breiteneffekt auf der östlichen als auf der westlichen Seite des Meridians in Übereinstimmung mit dem äquatorialen Richtungseffekt von 10% bis 15% [diese Zeitschr. 48, 264 (1935)]. Die Schauer, deren Häufigkeit mit der üblichen Dreikantanordnung unter einer Pb-Platte gemessen wurde, wiesen einen Breiteneffekt von etwa 7% auf.

Zu ähnlichen Ergebnissen ist W. H. PICKERING auf einer Reise über den Stillen Ozean nach

Neuseeland und zurück gekommen (27). Auch er verwandte Zählrohre, die entweder übereinander zur Ausblendung von Strahlen senkrechter Richtung oder in Dreikantstellung zur Aufzeichnung von Schauern an Bord des Schiffes angeordnet werden konnten. Der Breiteneffekt für die senkrechte Strahlung betrug etwa 17%; für die Schauer erzeugende Strahlung belief er sich auf etwa 6%.

Mit einer Hochdruckionisationskammer hat H. HÖRLIN den Breiteneffekt der Ultrastrahlung in Seehöhe und bis zu 6000 m Höhe bei Gelegenheit einer Forschungsreise des deutschen und österreichischen Alpenvereins verfolgt, die im März 1932 zunächst nach Peru führte (28). Auf der Seereise wurde der Breiteneffekt gemessen und in den Anden eine Höhenabsorptionskurve aufgenommen. Nach der Rückkehr wurde im August 1933 die Messung des Breiteneffekts auf einer Reise nach Spitzbergen fortgesetzt und im September in den Alpen die Änderung des Breiteneffekts mit der Höhe bis zu 4100 m bestimmt. Der größte gemessene Breiteneffekt im Atlantik betrug vom magnetischen Äquator bis Spitzbergen 17%, der vom magnetischen Äquator bis zur Magellanstraße 10,5%. Der Längeneffekt wurde bestätigt. Den magnetischen Breitenkreis 20° N entlang wurde im Atlantik von Osten nach Westen eine Zunahme von 5% gemessen. Der Höchstwert der Strahlungsstärke längs des magnetischen Äquators liege wahrscheinlich bei 80° W¹. Die Zunahme des Breiteneffekts mit der Höhe wird dadurch veranschaulicht, daß er zwischen 2° magn. N in Peru und 49° magn. N in den Alpen in Seehöhe 13% beträgt, dagegen 32% in 4100 m und 50% in 6100 m Höhe (mit Verwendung der Ballonaufstiege von KOLHÖRSTER). Die Schwächung der Strahlung durch 10 cm Fe ist ebenfalls breitenabhängig; in derselben Höhe über dem Meeresspiegel ist sie in hohen Breiten größer als am Äquator, so daß nicht nur die Stärke, sondern auch die Zusammensetzung der Ultrastrahlung in derselben Höhe von der magnetischen Breite abhängt. Dagegen war diese Schwächung und damit die Zusammensetzung der Strahlung bei derselben Strahlungsstärke in Peru und den Alpen dieselbe.

Auch von J. CLAY und seinen Mitarbeitern ist der Einfluß des magnetischen Erdfeldes auf die Ultrastrahlung weiter untersucht worden.

Von einer zu diesem Zweck zwischen Amsterdam und dem Nordkap unternommenen Fahrt ist schon oben die Rede gewesen.

Über entsprechende Messungen auf einer Fahrt von Amsterdam über Panama nach Chile berichten ferner J. CLAY, E. M. BRUINS und J. T. J. WIERSMA (29). Die beiden Ionisationskammern, von

denen die eine mit 11 cm Fe gepanzert, die andere ungepanzert war, wurden an Bord kardanisch aufgehängt. Der eine Apparat zeichnete die Strahlungsstärke jede Stunde, der andere alle $1\frac{1}{2}$ Stunden auf. Der Schiffsort wurde alle 12 Stunden bestimmt und zugleich mit den Mittelwerten der Strahlungsstärken während dieser Zeit vermerkt. Aus ihm wurden die magnetische Breite λ und die Entfernung ρ vom magnetischen Mittelpunkt der Erde berechnet. Die Genauigkeit der Ionisationsmessungen war 1% . Die statistischen Schwankungen der Strahlungsstärke J wurden durch die Mittelbildung über 12 Stunden ausgeglichen und die durch den veränderlichen Luftdruck bedingten dadurch, daß die Messungen mit der Schwächungszahl 3,3% je Zentimeter Hg für die ungepanzerte Kammer und 2,2% für die gepanzerte auf den am Äquator vorgefundenen Luftdruck zurückgeführt wurden.

Die Messungen wurden durch 2 Kurven veranschaulicht, indem man J und ρ als Ordinaten gegen λ als Abszisse auftrug. Die erstere fällt nicht beständig mit λ ab, sondern weist viele Zackengipfel auf, denen zum Teil solche an denselben Stellen bei der zweiten entsprechen; z. B. wurde ein sehr ausgeprägter bei magn. 23° N mit beiden Kammern auf der Hinreise und mit der gepanzerten wieder auf der Rückreise gefunden. Dieses übereinstimmende Auftreten der Gipfel bei den Kurven rechtfertigt den Schluß, daß es sich bei ihnen um einen echten Längeneffekt handelt, der von der exzentrischen Lage des erdmagnetischen Dipols herrührt. Dagegen könne die Tatsache, daß der Mindestwert von J an der Westküste von Südamerika nicht bei magn. 0° , sondern bei magn. 8° N gefunden wurde, sowie ein scharfer Anstieg zu einem Höchstwert bei magn. 8° S und folgender zweiter Mindestwert bei magn. 18° S nicht als Längeneffekt in diesem Sinne gedeutet werden.

Während die Verfasser so je einen Mindestwert der Strahlungsstärke nördlich und südlich vom magnetischen Äquator erhalten haben, von denen der erste der tiefere ist, haben MILLIKAN und NEHER auf demselben Seewege nur einen einzigen am magnetischen Äquator selbst bekommen [diese Zeitschr. 49, 261 (1936)].

Die Unregelmäßigkeiten der Kurve für J lassen dauernde starke örtliche magnetische Störungen vermuten, die ihren Ursprung nicht weit unter der Erdoberfläche haben, wie auch dadurch nahegelegt werde, daß die Horizontalstärke des erdmagnetischen Feldes einen Höchstwert nahe der Stelle besitzt, wo der nördliche Mindestwert von J gefunden wurde, und einen Mindestwert bei Valparaiso. Es sei bedauerlich, daß gerade in dem Störungsgebiete des äquatorialen Südamerika so viel Mühe auf Messungen verwandt worden sei, die vielfach nur örtliche Bedeutung haben.

Die zu den Koïnzidenzmessungen benutzten Anordnungen bestanden aus je 3 Zählrohren mit je 2,5 cm Pb zwischen und 5 cm Pb über ihnen, die so aufgehängt waren, daß sie trotz der Schiffsbewegungen immer senkrecht übereinander blieben. Die Ergebnisse der Messungen mit ihnen waren

¹ Anmerkung bei der Korrektur: M. S. VALLARTA hatte 12° W berechnet [diese Zeitschr. 49, 261 (1936)]. Er hat darauf hingewiesen, daß die Verlegung durch HÖRLIN eine ernste Unstimmigkeit zwischen den Bestimmungen des magnetischen Erdmittelpunktes aus magnetischen und Ultrastrahlungsmessungen bedeuten würde [Nature 139, 24 (1937)].

aber weniger befriedigend, als erwartet wurde, was hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben war, daß sie an Bord über dem Schiffskessel angebracht und infolgedessen in den Tropen Temperaturen ausgesetzt waren, die die Zählrohre versagen ließen. Die Gesamtabnahme von J auf der Reise ergab sich größer als mit den Ionisationskammern, nämlich 12% statt 8%; und der nördliche Mindestwert war von 8° N nach 12° N verschoben; ebenso erschien der folgende Höchstwert nach Norden gerückt. An 4 Orten wurde die Schwächung der senkrechten Strahlung durch 15 und 35 cm Pb gemessen, um das Härterwerden mit abnehmender Breite zu verfolgen. Die Strahlung schien unter magn. 9° N am durchdringendsten zu sein.

Eine Anzahl neuerer Arbeiten beschäftigt sich mit bevorzugten Richtungen der Ultrastrahlung, die auch mit einem sternzeitlichen Gang ihrer Stärke in Beziehung stehen. Denn infolge der Erddrehung gelangt die Strahlung aus verschiedenen Richtungen zu verschiedenen Zeiten in die Meßgeräte, so daß bei bevorzugten Richtungen Schwankungen auftreten müssen, die als richtungsbedingt bezeichnet werden. Derartige Schwankungen sind von A. EHMERT näher untersucht worden (30): Zu den nicht richtungsbedingten Schwankungen gehören außer den durch Änderungen des Luftdrucks verursachten die statistischen, welche dadurch entstehen, daß die Meßgeräte in kleinen Zeiten nur verhältnismäßig wenige Einzelvorgänge erfassen, was eine starke Streuung der berechneten Strahlungswerte zur Folge hat.

Man kann aber nicht ohne weiteres zur Ausgleichung über längere Zeiten Mittelwerte bilden, da man Gefahr läuft, mit den nicht richtungsbedingten Schwankungen zugleich die richtungsbedingten wegzumitteln. Deshalb hatte man zwar eine kurze Zeit, etwa 1 Stunde, beibehalten, aber die sich nach Stern- oder Ortszeit entsprechenden Stunden mehrerer Tage zusammengefaßt in der Annahme, daß dann etwaige bevorzugte Richtungen ungestört bleiben würden. Der Verfasser hat nun eine neue Art der Mittelbildung angegeben, die bei Verwendung von Zählrohren mit guter Ausblendung den Einfluß nicht richtungsbedingter Schwankungen so weit herunterdrückt, daß die richtungsbedingten schon durch die Messungen an einzelnen Tagen erfaßt werden können, und das Verfahren auf längere Meßreihen angewandt, die mit einer Zählrohranordnung gewonnen worden waren, welche auf senkrechte Strahlung eingestellt war. Eine andere, bald unter einem östlichen, bald unter einem westlichen Zenitwinkel eingestellte diente zur Kontrolle, da bei ihr die richtungsbedingten Schwankungen zu andern Zeiten erscheinen mußten als bei der senkrechten.

Bei den Messungen der senkrechten Strahlung traten täglich 4 Höchstwerte auf, doch nicht zu festen Zeiten, sondern ziemlich gleichmäßig nach früher oder später verschoben. Als Ursache dieser Verschiebung wurde die Veränderlichkeit des Luftdrucks erkannt. Die Untersuchung der Korrelation zwischen zusammengehörigen Werten von Luftdruck und Verschiebung, wenn letztere von

einer festen Sternzeit an gerechnet wurde (Koeffizient — 0,94), ergab einen engeren Zusammenhang als für Ortszeit (Koeffizient — 0,87). Die Zurückführung auf einheitlichen Luftdruck ließ deutlich einen Abstand von je 6 Stunden zwischen benachbarten Höchstwerten erkennen. Dieser Verschiebungswirkung des Luftdrucks sei es zuzuschreiben, daß die früheren Messungen zur Feststellung einer Abhängigkeit der Strahlungsstärke von der Sternzeit zu widersprechenden Ergebnissen geführt haben [diese Zeitschr. 40, 278 (1927); 43, 170 (1930); 44, 81 (1931)]. Denn es wurden dabei Meßreihen über viele Tage gemittelt, so daß die Verschiebung mit dem Gange des Luftdrucks sehr verwischend wirken mußte. Außerdem gehört zu schrägem Strahleneinfall eine andere Verschiebung wie zu senkrechtem, da der Luftweg länger ist. Wird also nicht ausgeblendet, so überlagern sich Verschiebungen verschiedener Größe und verwischen einander.

Die Ursache dieses Effekts wird von dem Verfasser im Zusammenwirken der Strahlungsschwächung in der Luft mit der Ablenkung der primären Teilchen im erdmagnetischen Felde gesucht und mit Berücksichtigung der Erddrehung an Teilchenbahnen in der Äquatorebene ausführlicher erläutert. Zugleich ergibt sich aus der Richtung der Verschiebung, daß die Teilchen negativ geladen sein müssen.

Der Gedankengang ist dabei kurz folgender (l. c., Fig. 3): In dem Äquatorschnitt der Erde mögen Ultrastrahlen verschiedener Energie sich aus einer bestimmten Richtung der Erde nähern. Dann werden sie von ihrem Magnetfeld ähnlich wie Lichtstrahlen verschiedener Brechbarkeit durch die Atmosphäre abgelenkt, und zwar um so mehr, je geringer ihre Energie ist. Ein Meßgerät, das an einer Stelle des Äquators auf senkrechte Strahlen eingestellt ist, wird daher bei der Drehung der Erde um sich selbst zu verschiedenen Tageszeiten auch Strahlen verschiedener Energie aufnehmen, so daß, wenn von dem Zeitpunkt an gerechnet wird, wo die Strahlen mit der ursprünglichen Richtung in den Apparat gelangen, später immer energieärmere von ihm aufgenommen werden, da sie sich immer mehr um die Erde herumbiegen. Es findet also eine Art spektraler Zerlegung statt. Da aber die Zahl der Strahlen mit abnehmender Energie stark zunimmt, so wächst auch die Zahl der von dem Apparat aufgezeichneten Strahlen mit der Zeit, bis die Energie eine untere Grenze erreicht, von der ab die Strahlen nicht mehr die gesamte Lufthülle der Erde durchdringen können und das Spektrum abbricht (31).

Dann ist aber auch der Verschiebungseffekt erklärt, denn wenn z. B. der Luftdruck sinkt, so werden noch weichere und noch mehr Strahlen von der Lufthülle durchgelassen, und der von dem Meßgerät vermerkte Höchstwert der Strahlung verschiebt sich zu späterer Zeit.

Über richtungsbedingte Unterschiede und einen Tagesgang der Ultrastrahlungsstärke berichten auch W. KOLHÖRSTER und L. JANOSSY (32). Von Januar 1935 bis März 1936 sind in Potsdam und darauf in dem neuen Dahlemer

Institut für Höhenstrahlungsforschung Koinzidenzversuche mit 2 gleichen Zählrohren ausgeführt worden, die bei nordsüdlicher Achsenrichtung senkrecht übereinander in einem Panzer von 10 cm Pb eingebaut waren. Ordnet man die in Bezug auf den Luftdruck berichtigten stündlichen Koinzidenzzahlen von 12 aufeinanderfolgenden Monaten nach MEZ zu Jahresstundennitteln an, so ergeben diese den mittleren Tagesverlauf nach MEZ allein, da ein etwaiger Sternzeitgang durch die Mittelbildung herausfällt. Er erschien im Jahresmittel 1935 nahezu sinusförmig mit dem Mindestwert bei 8 und dem Höchstwert bei 19 Uhr MEZ, während die neueren Messungen mit der Ionisationskammer den Höchstwert nahe der Kulmination der Sonne um 12 Uhr und den Mindestwert bei 21 Uhr MEZ anzeigen (33). Ähnlich wurde allerdings auch mit dem Zählrohrverfahren der Tagesverlauf im 1. Vierteljahr 1935 gefunden, doch könnte er während dieser Zeit durch die Nova Hercules gestört worden sein [diese Zeitschr. 49, 262 (1936)]. Im übrigen erhalte man den Eindruck, daß die MEZ-Periode erst durch einen mittelbaren Einfluß der Sonne wie Einstrahlung und folgende Temperaturänderung der Atmosphäre zustande kommt.

Ordnet man die MEZ-Stundenwerte eines Jahres nach Sternzeit, so müßte ein etwaiger sternzeitlicher Gang hervortreten, während nunmehr eine reine 24stündige MEZ-Periode herausfallen sollte. Dies ist auch der Fall, indem dann die Strahlungsstärke vom Mindestwert um $\alpha = 12$ Uhr Sternzeit langsam bis $\alpha = 1$ Uhr ansteigt und darauf mit einigen Schwankungen zunächst schneller bis $\alpha = 6$ Uhr und nachher wieder langsamer zum Mindestwert abfällt. Der Tagesverlauf nach Sternzeit erscheint ruhiger als der nach Sonnenzeit, und seine Amplitude ist nur halb so groß wie die MEZ-Schwankung; im Gegensatz zu dieser trat er gerade im 1. Vierteljahr am klarsten in Erscheinung, was auch für den Einfluß der Nova spräche. Er ist in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen von HESS und FREINMAURER (13) und mit denen von SCHONLAND, DELATITZKY und GASKELL (s. weiter unten).

Wegen der Ablenkung der geladenen Teilchen im erdmagnetischen Felde stimmt die durch die Zählrohre ausgeblendete Richtung nur in höheren Breiten und bei sehr energiereichen Strahlen mit deren ursprünglicher Richtung überein. Folglich sind Beobachtungen der vorliegenden Art geeignet, um bevorzugte Strahlungsrichtungen zu entdecken. Dann wäre der Mindestwert der Strahlungsstärke bei $\alpha = 12$ Uhr etwa in die Richtung senkrecht zur Ebene des Milchstraßensystems, der Höchstwert bei $\alpha = 24$ Uhr etwa in diese selbst zu legen (34). Der Höchstwert träte also ein, wenn gewisse Teile der Milchstraße kulminieren, die als Strahlungsquelle auch aus astrophysikalischen Gründen in Betracht kommt. Ferner liegt in dieser Himmelsgegend die Stelle, auf die sich unser Planetensystem hinbewegt, was nach COMPTON und GETTING einen Strahlungshöchstwert infolge Dopplereffekts zur Folge haben kann (s. oben). Schließlich kann ein Überschuß der Süd- über die Nordstrahlung, der bei den Messungen festgestellt wurde, durch einzelne,

nicht zu weit vom Himmelsäquator entfernte Strahlungsquellen, Höhenstrahlsterne, erklärt werden, da diese sich während des größten Teils ihres Tageslaufs südlich vom Beobachtungsort befinden.

In ihren Untersuchungen des Translationseffekts haben COMPTON und GETTING auf die Bedeutung von Beobachtungen auf der südlichen Erdhälfte aufmerksam gemacht; denn wenn der auf der nördlichen beobachtete Tagesgang etwa von der Sonne herrührte, sollte er auf der südlichen eine Verschiebung von 12 Stunden, also den Höchstwert um 9 Uhr aufweisen. Solche Messungen sind nun von B. F. SCHONLAND, B. DELATITZKY, J. P. GASKELL seit Februar 1933 nach einem von STEINKE, HESS und anderen entworfenen Plan in Kapstadt mit dem Ionisationskammeraufladeverfahren und Stromausgleich vorgenommen worden (35).

Die Kurve, die von den Mittelwerten der Beobachtungen aller 3 Jahre für die Stunden eines Sterntags bestimmt wird, zeigt übereinstimmend mit HESS, STEINMAURER und KOLHÖRSTER (s. oben) einen annähernd sinusartigen Verlauf mit einem höchsten Punkt um etwa 24 Uhr und einem tiefsten um etwa 12 Uhr Sternzeit. Einen ähnlichen Gang zeigen die Einzelkurven für 1933 und 1935, aber nicht deutlich für 1934. Da demnach die von der Sonne zu erwartende Verschiebung nicht gefunden wurde, sei der kleine, auf beiden Erdhälften gefundene Gang als echter Sternzeiteffekt anzusehen.

Über eine weitere Bestätigung des Effekts durch DOAN ist schon früher berichtet worden [diese Zeitschrift 51, 77 (1938)].

Schrifttumsverzeichnis.

1. Physic. Rev. 50, 992 (1936). — 2. Naturwiss. 25, 1 (1937); Fig. 1. — 3. Physic. Rev. 50, 1119 (1936). — 4. Naturwiss. 22, 171 (1934). — 5. Naturwiss. 21, 43 (1933). — 6. Physica 2, 1033 (1935). — 7. C. r. Acad. Sci. Paris 199, 1609 (1934). — 8. Physic. Rev. 47, 891 (1935). — 9. Z. Physik 82, 151 (1933). — 10. Physic. Rev. 46, 653 (1934). — 11. Nature (Lond.) 133, 138 (1934). — 12. Physica 2, 299 (1935). — 13. Terr. Mag. and Elec. Juni 1936. — 14. Nature (Lond.) 137, 358 (1936). — 15. J. physique rad. 6, 226 (1935). — 16. Nature (Lond.) 134, 772 (1934). — 17. J. physique rad. 6, 489 (1935). — 18. Physic. Rev. 49, 403 (1936). — 19. Physic. Rev. 49, 855 (1936). — 20. Physic. Rev. 50, 383 und 581 (1936). — 21. Physic. Rev. 50, 263 (1936). — 22. Physica 2, 111 (1935). — 23. Physic. Rev. 50, 403 (1936). — 24. Physic. Rev. 50, 15 (1936). — 25. Physic. Rev. 50, 579 (1936). — 26. Physic. Rev. 49, 639 (1936). — 27. Physic. Rev. 49, 945 (1936). — 28. Z. Physik 102, 652 (1936) — 29. Physica 3, 746 (1936). — 30. Z. techn. Physik 16, 404 (1935) und Z. Physik 101, 260 (1936). — 31. REGENER, E.: Naturwiss. 25, 10 (1937). — 32. Z. techn. Physik 17, 371 (1936) und Z. Physik 101, 418 (1936). — 33. V. HESS u. TH. GRAZIADAI: Terr. Mag. a. Elec., März 1936. — 34. KOLHÖRSTER: Berl. Ber. 1923, 366; 1925, 120; 1927, 92. — 35. Nature (Lond.) 138, 325 (1936).

Die Beschaffenheit der großen Planeten. Von B. JUNG in Breslau.

Noch vor wenigen Jahren war über die Natur der großen Planeten so gut wie nichts bekannt. Die größte Schwierigkeit, die überwunden werden mußte, war die Tatsache der außerordentlich geringen Dichten dieser Himmelskörper. Diese beträgt beispielsweise bei Jupiter 1,3 und bei Saturn

sogar nur 0,7. Saturn konnte daher jedenfalls nicht aus den uns bekannten festen Stoffen bestehen. Aber woraus sonst? Etwa aus Gas? Man hat diese Deutung versucht, stieß aber dabei auf unüberwindliche Schwierigkeiten und Widersprüche. Gas kam also auch nicht in Frage. Eine Zeitlang wurde dann — insbesondere von H. JEFFREYS — ein Planetenmodell mit einem festen Kern und einer sehr hohen und praktisch masselosen Atmosphäre angenommen. Doch auch dieser Versuch mißlang, denn die notwendige Ausdehnung der Gashülle kam viel zu groß heraus. Für die Saturnatmosphäre erhielt JEFFREYS beispielsweise als Mindesthöhe 13 000 km. Da jedoch in einer solchen Gashülle Druck und Dichte mit wachsender Tiefe rasch zunehmen müßten, gelangt man schließlich bald an einen Punkt, wo die Dichte des Gases die mittlere Dichte des Planeten übertrifft, was offenbar widersinnig ist. Bei Jupiter wird dieser Zustand in etwa 600 km Tiefe erreicht. Die von JEFFREYS geforderte masselose Atmosphäre kann also nicht existieren, und damit mußte dieser Versuch, die Verhältnisse auf Jupiter und Saturn darzustellen, ebenfalls scheitern.

Erst die interessanten Untersuchungen von F. SIMON über das Verhalten von Gasen unter extrem hohen Drucken brachten Licht in diese Angelegenheit. Entgegen allen bisherigen Vorstellungen erwiesen sich nämlich die permanenten Gase auch oberhalb der kritischen Temperatur als kondensierbar, sofern man hinreichend hohen Druck anwenden konnte. Der erforderliche Kondensationsdruck wächst allerdings mit steigender Temperatur sehr stark an. Für Wasserstoff (kritische Temperatur 14° K) beträgt er beispielsweise 213 Atm bei 20° K, und bei 60° K schon 3180 Atm. Durch Extrapolation erhielt SIMON für Zimmertemperatur etwa 70 000 Atm. Nun liegen die Temperaturen in den äußeren Schichten von Jupiter und Saturn etwa bei 150° K, so daß die zur Kondensation nötigen Drucke bereits in mäßiger Tiefe erreicht werden.

Entsprechend der Zusammensetzung der Sonne, die wahrscheinlich zu einem Drittel ihres Gewichtes aus Wasserstoff besteht, muß auch die Materie, aus der sich die Planeten bildeten, erhebliche Mengen dieses Gases mitbekommen haben, dessen größter Teil chemisch nicht gebunden werden konnte. Es liegt daher nahe, für die großen äußeren Planeten solche Wasserstoffschichten von sehr großer Mächtigkeit anzunehmen. Das Wasserstoffgas geht dabei, wie gesagt, in einer gewissen Tiefe, in welcher der Kondensationsdruck erreicht ist, in den festen Zustand über, und zwar bildet

sich eine Hochdruckmodifikation von festem H mit metallischen Eigenschaften und sehr niedriger Dichte. Diese mag etwa bei 0,25 liegen. Die hier wiedergegebene Theorie stammt von R. WILDT. WILDT nimmt zwischen dem metallischen Kern des Planeten und der Wasserstoffhülle noch eine massive Eisschicht an, da der Sauerstoffgehalt des Planetenmaterials so groß gewesen sein muß, daß nicht aller Sauerstoff an Metalle gebunden werden konnte. Der Rest mußte sich mit einem Teile des überschüssigen Wasserstoffes zu H₂O verbinden. Daß Wasser auf Jupiter und Saturn als Eis auftritt, hat seinen Grund in der niedrigen Temperatur, die auf diesen Planeten herrscht. Es handelt sich hier übrigens um eine als Eis VII bezeichnete Hochdruckmodifikation mit der Dichte etwa 1,5. WILDT hat unter verschiedenen Annahmen die Mächtigkeit der drei Schichten (Kern, Eis, Wasserstoff) abzuschätzen versucht, doch sind die dabei gemachten Voraussetzungen so unsicher, daß eine Wiedergabe an dieser Stelle nicht lohnend erscheint. Die Höhe der Wasserstoffhülle beträgt jedenfalls mehr als 10 000 km.

In einer neueren Arbeit bringt WILDT, unabhängig von diesen Überlegungen, noch ein weiteres Argument für die Existenz erheblicher Mengen freien Wasserstoffs in der Atmosphäre dieses Planeten. Mittels Spektralanalyse ist nämlich das Vorhandensein von Methan auf Jupiter und Saturn nachgewiesen. Bekanntlich wird diese Verbindung unter der Einwirkung des ultravioletten Sonnenlichtes zerstört, bildet sich aber bei einem starken Überschuß von freiem Wasserstoff immer wieder neu. Die Existenz von Methan in der Atmosphäre eines Planeten läßt also auf gleichzeitiges Vorhandensein von viel Wasserstoff schließen.

Es erhebt sich nun noch die Frage, warum nicht alle Planeten, insbesondere auch die Erde, von solchen Wasserstoffhüllen umgeben sind. Die Antwort ist einfach: Die Urmaterie, aus der sich die Erde bildete, hat vermutlich reichliche Mengen Wasserstoff mitbekommen, doch war die Erde infolge ihrer geringen Masse und Anziehungskraft nicht in der Lage, ihn auf die Dauer zu halten. Aus demselben Grunde besitzt ja der Mond gar keine Atmosphäre, da er selbst die schwereren Gase nicht in seinem Anziehungsbereiche zu halten vermag. Die Tatsache, daß die äußeren Planeten so überraschend geringe Dichten besitzen, scheint unter diesem Gesichtspunkte fast selbstverständlich: Auf Grund ihrer großen Massen konnten sie ihre Wasserstoffhülle behalten, während die viel kleineren inneren Planeten sie längst verloren haben.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Nomographic. Praktische Anleitung zum Entwerfen graphischer Rechentafeln mit durchgeführten Beispielen aus Wissenschaft und Technik. Von PAUL LUCKEY. Dritte verbesserte Auflage. 108 Seiten mit 57 Figuren im Text und 48 Aufgaben. Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1937. Preis kart. RM 2,40. (Mathematisch-

physikalische Bibliothek, herausgegeben von W. LIETZMANN und A. WITTING, Bd. 59/60.)

Ebenso wie der Ingenieur, der technische Physiker und der Chemiker sich daran gewöhnt haben, bei ihren Arbeiten den Rechenstab zu benutzen, sind in den physikalisch-technischen Lehrbüchern in den letzten Jahrzehnten nomographische

Funktionsdarstellungen mehr und mehr in Gebrauch gekommen. Auch im physikalischen und chemischen Unterricht wird man sich ihrer für manche Überschlagsrechnungen mit Vorteil bedienen und dabei viel Zeit gewinnen. Einige Beispiele aus der großen Zahl der Möglichkeiten sind für den Physikunterricht das OHMSche Gesetz, die Linse- und Hohlspiegelgleichung, die THOMSONSche Formel für den Schwingungskreis, und für den Chemieunterricht die oft vorkommenden Umrechnungen von Gasmengen nach den Gesetzen von BOYLE-MARIOTTE und GAY-LUSSAC.

Die jetzt in der 3. Auflage vorliegende Nomenclature von LUCKEY ist als „praktische Anleitung zum Entwerfen von graphischen Rechentafeln“ gedacht. Gezeigt wird die Herstellung von Funktionsleitern, Netztafeln, Fluchttafeln aller Art, ein- und zweidimensionalen Tafeln mit beweglichen bezifferten Systemen, sowie die Verwendung logarithmischen und halblogarithmischen Papiers beim graphischen Rechnen und bei der Darstellung von Funktionen. Alle Gebiete kommen in voller Allgemeinheit zur Behandlung, und es werden neben den Vorzügen auch die Nachteile der einzelnen Darstellungsarten klar und anschaulich herausgearbeitet. Wie das Buch dem Mathematiker Anregungen bietet, seinen Unterricht mit wirklichkeitsnahen Stoffen zu beleben, ist es dem unterrichtenden Naturwissenschaftler behilflich, aus Versuchsergebnissen das beherrschende Gesetz in mathematischer Form hervorwachsen zu lassen, und es zeigt beiden Wege auf zur Mechanisierung der zeitraubenden numerischen Berechnungen. Es soll daher besonders für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften, aber auch für den Selbstunterricht, aufs wärmste empfohlen werden. *W. Spreen.*

Physikalisches Praktikum. Eine Sammlung von Übungsaufgaben für die physikalischen Übungen an Universitäten und Hochschulen aller Gattungen. Von WILHELM H. WESTPHAL. VIII und 336 Seiten mit 101 Abbildungen und 6 graphischen Tafeln. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn 1938. Preis: geh. RM. 8,—, geb. RM. 9,60.

Das 1909 erschienene, 500 Seiten starke Werk von D. ANDRÉ: *Des notations mathématiques; énumération, choix et usage*, habe ich gelegentlich einen „Knigge“ für den Umgang mit der Mathematik genannt. Die Einleitung zu dem vorliegenden physikalischen Praktikum von WESTPHAL, deren 3 Abschnitte überschrieben sind: A. Maß und Messen; B. Zur Berechnung von Messungsergebnissen. Fehlerrechnung; C. Einige Regeln für physikalische Messungen, bietet in entsprechender Weise ganz vortreffliche Ansätze zu einem „Knigge“ für den Umgang mit der Physik. Schon diese 21 Druckseiten bestätigen vollkommen die Bemerkung des Vorwortes, daß den Verfasser „beim Schreiben dieses Buches die in jahrzehntelanger Arbeit gewonnene Erfahrung geleitet“ habe. Um nur ein Beispiel anzuführen: es wird dreimal mit Nachdruck auf die Sinnlosigkeit hingewiesen, eine zu große Stellenzahl anzugeben (S. 7 und 13).

Man könnte daran denken, in den Überräumen Pappetafeln auszuhängen, die den Praktikanten solche allgemeinen Anweisungen in der Form kurzer Merksprüche immer und immer wieder einhämmern. Wie das SCHÄFFER-Museum in Jena zeigt, lassen sich dafür spaßige Fassungen finden.

Den Hauptinhalt des Buches bilden 40 ausgewählte Übungsaufgaben, die „eine Anleitung zur Ausführung physikalischer Übungsaufgaben überhaupt geben“ sollen. Diese Musterbeispiele sind bereits in dem Aufsätze „die physikalischen Übungen an der Technischen Hochschule Berlin“, den der Verfasser in unserer Zeitschrift 50, 147 (1937) veröffentlicht hat, als Arbeitsplan der Physiker aufgezählt. Das damals angekündigte Buch liegt hier vor und stellt die Anwendung der für die organisatorische Reform der Übungen gegebenen Richtlinien dar.

Wie läßt sich die Behandlung der Übungsaufgaben durch WESTPHAL kurz und doch möglichst treffend kennzeichnen? Ich beziehe mich auf das vor nicht langer Zeit erschienene Werk von H. KONEN, *Physikalische Plaudereien* (Bonn: Verlag der Buchgemeinde). Dort findet sich in einer Zusammenstellung biographischer Angaben über Forscher unter dem Namen FRIEDRICH KOHLRAUSCH S. 362 der folgende Satz, in dem ich das Wort „waren“ umändere in „sind“: „Nicht allgemeine Beobachtungen, sondern gewissenhafte und nach allen Regeln der Kunst ausgeführte planmäßige Messungen sind für ihn die Schule des Physikers.“ WESTPHAL hat in den Übungen, die er praktisch abhält, und in seinem Buche darüber einen vorbildlichen Weg eingeschlagen.

Ungedämpfte und gedämpfte Schwingungen; Theorie des Drehpuls galvanometers; Tabellen in der Form von Schaubildern und ein gediegenes Sachverzeichnis schließen das ausgezeichnete Buch ab. Möglich, daß Studierende, für die vor allem das Werk bestimmt ist, seine Bedeutung nur im allgemeinen ahnen können. Aber Physiklehrer an höheren Schulen, denen ich eingehende Beschäftigung mit WESTPHALS Praktikum aufs wärmste empfehlen kann, werden augenblicklich seinen wahren Wert klar durchschauen und für ihre eigenen Zwecke daraus reichen Gewinn ziehen. Bei den Alten unter uns mag in das Bedauern über das einstige Fehlen eines solchen Buches herzliche Freude darüber hineinklingen, daß die jetzige Jugend diese Anleitung in Händen hat. Es kann auch ein Vorzug sein, daß man Enkel ist.

Mth.

Flugphysik. Ein methodischer Lehrgang für Volks-, Mittel- und Oberschulen in Verbindung mit dem Kosmos-Arbeitsgerät Flugphysik. Von FRITZ HARNACK. 48 Seiten mit 82 Abbildungen. Stuttgart: Franckhsche Verlagshandlung 1938. Preis RM 3,—.

Es braucht nicht besonders betont zu werden, daß es bei der großen und ständig wachsenden Zahl ähnlicher Veröffentlichungen nicht die Aufgabe des Verfassers sein konnte, wesentlich Neues zu bieten. Das „Anleitungsbuch zum Kosmos-Arbeitsgerät Flugphysik“ enthält einen gut geordneten

methodischen Lehrgang, der sich auf anschauliche Versuche stützt. Die Erarbeitung und der Gebrauch mathematisch formulierter Gesetze ist ganz vermieden. Der Verfasser paßt sich hierin also den Bedürfnissen der Volks- und Mittelschule an, während die Darbietung auch vieles enthält, was zum Stoffe der Oberstufe der Oberschule gehört. Die Abbildungen sind reichlich und gut durchgearbeitet.
O. Brandt.

Luftfahrt. Anleitung zum Gebrauch des Kosmosbaukastens Luftfahrt. Eine erste methodische Einführung in die Physik des Fliegens mit praktischen Versuchen. Von WILHELM FRÖHLICH. 52 Seiten mit 106 Abbildungen. Stuttgart: Franckhsche Verlagshandlung 1938. Preis RM 2,80.

Die Schrift wendet sich hauptsächlich an den Volksschullehrer, dem der „Kosmos-Baukasten“ die notwendigen Hilfsmittel liefert. *O. Brandt.*

Spannung, Widerstand, Strom. Eine Einführung in die Elektrotechnik. Mit 359 Textabbildungen und einer Modelltafel. Bearbeitet und herausgegeben vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen E. V. in Verbindung mit führenden Verbänden und Fachleuten. 4. verbesserte und erweiterte Aufl. Berlin u. Leipzig: B. G. Teubner 1937. Preis kart. RM 2,20.

Das Buch, dessen erste Auflage 1931 erschien, wurde bereits in dieser Zeitschr. 46, 83 (1933) gewürdigt. Daß 1937 schon die 4. Auflage herausgebracht werden mußte, beweist, daß das Buch tatsächlich in trefflicher Weise den Zweck, den die Verfasser im Sinne hatten, erfüllt und dem Bedürfnis nach einer solchen Darstellung der Elektrotechnik entgegenkommt. In Anbetracht der vielen neuen Erkenntnisse in der Elektrizitätslehre und der daraus sich ergebenden Fortschritte der Elektrotechnik ist es nicht zu verwundern, daß die Verfasser den Umfang des Buches vergrößern mußten. Die Seitenzahl hat sich seit der ersten Auflage von 125 auf 176 vermehrt, wobei zu begrüßen ist, daß trotzdem der Preis von RM 2,20 nicht erhöht zu werden brauchte. Von den in die letzten Auflagen und besonders in die 4. Auflage neu aufgenommenen Gebieten sind vor allem zu nennen: Der Tonfilm; die elektrische Bildübertragung; Thermoelektrizität; Lichtmessung; Photozellen u. a. Mit Rücksicht auf den Zweck, und um den Umfang des Buches nicht zu groß werden zu lassen, sind natürlich nur die wesentlichsten Erscheinungen berücksichtigt worden. Dabei wurde ausgiebig auf die DATSCH-Versuchsgeräte und die dafür erschienenen Versuchserläuterungen Bezug genommen. Es ist selbstverständlich, daß nach wie vor im Hinblick auf den umfassenden Inhalt, der in dem verhältnismäßig dünnen Buche zusammengedrängt ist, die theoretische Seite in der Darstellung zurücktreten mußte. Der Zweck, den die Verfasser im Auge hatten, nämlich „lebensechte Elektrotechnik der Schule dienstbar zu machen“, beherrscht die ganze Darbietung des Buches. Mir will scheinen, daß heute, nachdem die Reorganisation der höheren Schulen durchgeführt und ihr Besuch um 1 Jahr verkürzt worden ist, das Buch

mit seinem die praktische Seite der Elektrizitätslehre nachdrücklichst betonenden Inhalte noch mehr als bisher dem Physikunterricht dienstbar gemacht werden kann. Die verkürzte Schulzeit verlangt eben eine starke Zusammendrängung des Stoffes und eine Betonung der technischen Seite. Der geschickte Lehrer wird deshalb doch die Gefahr vermeiden können, den Schülern nur eine Art gedrängter Museumsführung durch die Elektrizitätslehre zu bieten.
P. Steindel.

Einführung in die Funktechnik (Verstärkung, Empfang, Sendung). Von FRIEDRICH BENZ. XV und 411 Seiten mit 443 Abbildungen. Wien: Julius Springer 1937. Preis geb. RM 16,80.

Bei dem großen Umfange, den die Funktechnik dank ihrer stürmischen Entwicklung in den letzten Jahrzehnten angenommen hat, ist es nicht leicht, ein funktechnisches Lehrbuch zu schreiben, das in einem handlichen Bande das gesamte Gebiet erschöpfend behandelt und dabei wissenschaftliche Gründlichkeit mit anschaulicher, lebendiger Darstellung verbindet. Die „Einführung in die Funktechnik“ von FRIEDRICH BENZ besitzt diese Vorzüge, und sie wird sich, daran ist kein Zweifel, in der Reihe der funktechnischen Lehrbücher schnell einen bevorzugten Platz erobern.

Das Buch enthält folgende fünf Abschnitte: Allgemeine Grundlagen (S. 3 bis 90), Elektronenröhren (S. 91 bis 149), Niederfrequenz, Elektroakustik und deren Anwendungen (S. 150 bis 206), Empfänger (S. 207 bis 314), Sender (S. 315 bis 394), außerdem einen Anhang mit einer tabellarischen Zusammenstellung der wichtigsten Eigenschaften der Isolierstoffe und nomographische Tafeln zur Berechnung von Schwingungskreisen und Röhrendaten. Nur dadurch, daß alle Dinge, die heute nur noch geschichtliche Bedeutung haben, stark zurückgedrängt wurden, ist Raum für eine ausgiebige Berücksichtigung des neuesten Standes der technischen Entwicklung gewonnen worden.

Von höheren mathematischen Hilfsmitteln macht das Buch in vorsichtiger Weise Gebrauch; hier ist das ausgewählt worden, was zur Erklärung und Einkleidung der physikalischen Vorgänge wesentlich und was praktisch verwertbar ist. So wird das vollständige Integral der homogenen Differentialgleichung 2. Ordnung entwickelt und zur Deutung der Vorgänge im elektromagnetischen Schwingungskreis ausgewertet; ebenso findet der Leser eine kurze Darstellung der MAXWELLSchen Theorie des elektromagnetischen Feldes. Zur Berechnung der verschiedenen Wechselstromwiderstände, wie sie in Schwingungskreisen, Transformatoren, Koppelungskreisen, Siebketten u. dgl. auftreten, werden die symbolischen komplexen Größen verwandt, wodurch die Verhältnisse in den Wechselstromkreisen die einfache Form des OHMSchen Gesetzes für Gleichstrom annehmen; die Grundzüge des Rechnens mit komplexen Widerstandsgrößen sind in einem besonderen Abschnitte kurz zusammengestellt.

Das Schwergewicht der Darstellung liegt in der Beschreibung und Durchrechnung der Empfangs-

und Sendeeinrichtungen, besonders der ersteren. Daß dabei auch ein einfacher Geradausempfänger (Volksempfänger VE 301/GW) und ein moderner Überlagerungsempfänger (T 586/WLK) als Beispiel heutiger Fabrikationstechnik durchgearbeitet und Anleitungen zur Berechnung der einzelnen Bauteile gegeben werden, wird der Funktechniker begrüßen.

Leider ist die Funkmeßtechnik nicht berücksichtigt worden; der Verfasser will sie in einem besonderen Bande behandeln. Nun ist die Funkmeßtechnik ja heute ein umfangreiches Wissensgebiet geworden, und eine gründliche Behandlung, etwa in der Vollständigkeit, wie sie das vorliegende Buch den übrigen Teilen der Funktechnik ange-deihen läßt, würde leicht einen Band von ähnlichem Ausmaße füllen. Trotzdem glaube ich, daß ein großer Teil der Leser es begrüßt haben würde, wenn die wichtigsten meßtechnischen Verfahren in dem Buche mitverarbeitet worden wären.

Das Buch von FRIEDRICH BENZ wird den Studierenden der Funktechnik an unseren Hochschulen ein sicherer Führer und darüber hinaus den im Betriebe stehenden Ingenieuren und weiter allen, die sich in funktechnischen Fragen weiterbilden wollen, ein zuverlässiger Berater sein.

W. Spreen.

Einführung in die Theorie und Technik der Dezimeterwellen. Von O. GROSS. 1. Teil: Die Schwingungserzeugung und ihre Beeinflussung. (Band 1 der Physik und Technik der Gegenwart.) 188 Seiten mit 157 Textabbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1937. Preis RM 8,—, geb. RM 9,50.

In den letzten Jahren haben die Dezimeterwellen, die schon immer in der Physik für viele Untersuchungen außerordentlich wertvoll waren, auch in der Nachrichtentechnik eine zunehmende Bedeutung erhalten, seitdem es gelungen ist, Generatoren für das Dezimetergebiet zu bauen. Hierbei mußte das in der Technik der Schwingungserzeugung mittels Elektronenröhren sonst allgemein übliche Rückkopplungsprinzip verlassen werden, da sich bei den hohen Frequenzen die Trägheit der einseitigen Elektronenströmung bereits störend bemerkbar macht, und es mußten grundsätzlich andersartige Verfahren entwickelt werden, die unter den Namen Magnetfeldröhrensender und Bremsfeldröhrensender bekannt wurden. Die hierfür geltenden physikalischen Gesetze sowie die technischen Grundlagen des Senderaufbaues darzustellen, ist der Zweck des vorliegenden Buches.

Sein Inhalt gliedert sich in zwei Hauptteile, von denen der erste die theoretisch physikalischen Grundlagen der Schwingungserzeugung und der zweite die dafür ausgebildete Technik behandelt. Im ersten Abschnitt werden zunächst die Schwierigkeiten und Grenzen angegeben, die sich bei der Benutzung des Rückkopplungsprinzips im Dezimeterwellenbereich ergeben. Der zweite Abschnitt behandelt die Grundlagen der Magnetfeldröhren. Ausführlich werden die im Magnetfelde sowie im elektrischen und magnetischen Felde möglichen Elektronenbahnen besprochen und ihre Bahn-

gleichungen aufgestellt. Sodann werden die Schwingungsvorgänge in der Magnetfeldröhre mit ungeschlitzter und mehrfach geschlitzter Anode eingehend an Hand zahlreicher Abbildungen diskutiert und der Mechanismus der Selbsterregung, sowohl für Schwingungen erster Ordnung als auch Schwingungen höherer Ordnung, ihr Wirkungsgrad usw. eingehend behandelt.

Der dritte Abschnitt bringt die Theorie des Bremsfeldgenerators (BARKHAUSEN-Schwingungen). Eigenfrequenz der Elektronenpendelung, Mechanismus der Selbsterregung dieser Elektronentanzschwingungen, ihre Energie und ihr Wirkungsgrad, der Einfluß der Elektrodenanordnung sowie der angeschlossenen Schwingungssysteme usw. werden in klarer Form besprochen.

Der zweite Hauptteil befaßt sich mit den für den praktischen Aufbau der einzelnen Senderarten wichtigsten Schaltungen. In Abschnitt 4 wird der rückgekoppelte Dezimeterwellensender, in Abschnitt 5 der Bremsfeldsender und im 6. Abschnitt der Magnetfeldsender in technischer Beziehung behandelt. Die wichtigsten Schaltungen und die Daten für die günstigsten Röhrenabmessungen werden zum Teil an Hand von Berechnungsbeispielen angegeben. Der letzte Abschnitt bringt die Verfahren der indirekten Modulation der Dezimeterwellensender.

Dieser Überblick zeigt den reichen Inhalt des Buches, dessen Verfasser selbst entscheidend auf diesem Gebiete mitgearbeitet hat. Davon zeugen eine nicht geringe Anzahl Abbildungen aus bisher nichtveröffentlichten Arbeiten des Verfassers. Die Darstellung ist überall klar und verständlich und wird durch zahlreiche Abbildungen ergänzt. Das Buch stellt für jeden, der auf dem Gebiete der Dezimeterwellen arbeitet oder sich über dieses heute nicht nur physikalisch, sondern auch technisch wichtige Gebiet der Hochfrequenz einen Überblick verschaffen will, einen unentbehrlichen Ratgeber dar. Es kann in gleicher Weise dem Studierenden wie dem Lehrer und Fachmann empfohlen werden.

L. Bergmann.

Supraleitung. Von KARL STEINER und PETER GRASSMANN. Heft 112 der Sammlung Vieweg „Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik.“ VIII und 139 Seiten mit 44 Abbildungen. Braunschweig: F. Vieweg & Sohn 1937. Preis br. RM 9,60.

Unter Supraleitung versteht man bekanntlich die 1911 von KAMERLINGH ONNES entdeckte Tatsache, daß der bei tiefer Temperatur an sich schon sehr kleine, aber doch noch gut meßbare Widerstand einiger Metalle (Hg, Pb, Sn u. a.) bei Abkühlung des Leiters unter eine bestimmte Temperatur ziemlich plötzlich praktisch völlig verschwindet. Das Gebiet der Supraleitung ist in den letzten Jahren stark bearbeitet und erforscht worden. Es ist daher zu begrüßen, daß die Verfasser, die an dieser Erforschung selbst tätigen Anteil genommen haben, hier eine zusammenfassende Darstellung des Gebietes geben. Das vorliegende Buch stellt sich die Aufgabe, „einerseits dem Neuling einen Leitfadens für das Studium der Supraleitung zu

übermitteln, andererseits dem auf diesem Gebiet arbeitenden Forscher eine zuverlässige Zusammenstellung von Konstanten, Formeln und Literatur zu verschaffen.“ Die nicht immer ganz leichte Verbindung dieser beiden Aufgaben ist den Verfassern auf das beste geglückt. Außer den grundlegenden Tatsachen über Supraleitung werden die magnetischen und die thermischen Eigenschaften der Supraleiter, ferner der vollständig supraleitende Stromkreis, die Stromverteilung im Supraleiter, die Trägheit der Elektronen und die Ansätze zu einer Theorie der Supraleitung besprochen. Überall werden die grundlegenden Tatsachen und Gedanken klar herausgestellt, die experimentellen Methoden geschildert und ihre Ergebnisse mitgeteilt. Die theoretischen Überlegungen werden anschaulich in ihren Ausgangspunkten und Schlußfolgerungen dargestellt. Von besonderem Wert ist das über 300 Arbeiten umfassende, bis zum 1. 1. 37 reichende Literaturverzeichnis, auf das im Text überall verwiesen wird. In kurzen Schlagworten ist hinter jeder Arbeit der wesentliche Inhalt gekennzeichnet.

Das Buch dürfte für jeden, der sich näher mit dem Gebiete beschäftigen will, unentbehrlich sein.

E. Lamla.

Moderne Mehrgitterelektronenröhren. 1. Bd. Bau, Arbeitsweise, Eigenschaften. Von M. T. O. STRUTT. VI, 131 Seiten mit 128 Textabbildungen. Berlin: Julius Springer 1937. Geh. RM 12,60.

In der Technik werden schon seit Jahren beim Bau von Verstärkern, Rundfunkempfangsapparaten und Röhrenmeßgeräten an Stelle der bekannten Dreielektrodenröhre mit Kathode, Gitter und Anode sog. Mehrgitterelektronenröhren benutzt, die bis sechs Gitter zwischen Kathode und Anode aufweisen. Über diese Röhrentypen, die in mehr oder weniger komplizierten Schaltungen Erstaunliches leisten, fehlte bisher in dem Röhrenschrittmum eine zusammenfassende Darstellung.

Eine solche in leicht verständlicher Weise gegeben zu haben, ist das Verdienst des Verfassers, der selbst als Mitarbeiter der Philipswerke entscheidend an der Entwicklung der Mehrgitterelektronenröhren mitgewirkt hat.

Das Buch umfaßt 3 Hauptabschnitte: 1. Hochfrequenzverstärkerrohren, 2. Mischrohren und 3. Rohren zur niederfrequenten Leistungsverstärkung.

In jedem dieser Abschnitte wird die für den betreffenden Verwendungszweck charakteristische Arbeitsweise der Röhre ausführlich beschrieben und die dabei auftretenden Störeffekte wie Verzerrung, Pfeifneigung usw. erörtert. Die einzelnen Fragen werden durch zahlreiche Beispiele von Messungen an modernen Mehrgitterröhren belegt. Eine große Zahl Kurven und Schaltbilder erläutern den Text, und ein ausführliches Schrifttumsverzeichnis mit 227 Einzelarbeiten gibt einen Überblick über die große Zahl der bisher auf diesem Gebiete erschienenen Arbeiten.

Das Buch wird jedem, der mit der praktischen Verwendung von Mehrgitterröhren zu tun hat, eine recht willkommene Hilfe sein und ihm das

U. 52.

Eindringen in dieses nicht ganz einfache Gebiet sehr erleichtern; es bietet aber auch dem Lehrer und dem an den theoretischen Fragen der Elektronenröhren Interessierten vielseitige Anregungen.

L. Bergmann.

Schwingende Kristalle und ihre Anwendung in der Hochfrequenz- und Ultraschalltechnik. Von LUDWIG BERGMANN. Mathematisch-Physikalische Bibliothek, herausgegeben von LIETZMANN und WITTING, Reihe I, Bd. 93. 47 Seiten mit 42 Abbildungen. Leipzig u. Berlin: B. G. Teubner 1937. Preis kart. RM 1,20.

Das kleine Bändchen behandelt einen reichen Stoff: die piezoelektrischen Erscheinungen, das Verhalten piezoelektrischer Kristalle im hochfrequenten Wechselfeld, die Anwendung der schwingenden Kristalle in der Hochfrequenztechnik und Elektroakustik sowie in der Ultraschalltechnik und schließlich die Bedeutung des Ultraschalles in Wissenschaft und Technik.

Bei der großen Bedeutung, die die schwingenden Kristalle für die Wissenschaft und die Technik erlangt haben, wird die in dem Werkchen gegebene Zusammenstellung aus der Hand (und der sehr geschickten Hand!) eines der ersten Fachleute vor allem von Lehrern an höheren Schulen begrüßt werden; besondere Bedeutung gerade für diesen Leserkreis gewinnt sie aber noch dadurch, daß sie nicht nur einen Überblick über das Gebiet und seine Anwendungen gibt, sondern darüber hinaus bei jedem Kapitel eine Reihe einfacher Versuchsanordnungen zum Nachweise der beschriebenen Vorgänge bringt. Der Text ist klar und leicht lesbar und wird durch 42 Abbildungen wirkungsvoll unterstützt. Ein Schrifttumsverzeichnis am Schluß weist demjenigen den Weg, der sich mit dem Gebiete näher befassen will.

E. Lamla.

Die Atomkerne. Grundlagen und Anwendungen ihrer Theorie. Von C. F. VON WEIZSÄCKER. Band 2 der Sammlung: „Physik und Chemie und ihre Anwendungen in Einzeldarstellungen.“ VIII und 214 Seiten mit 40 Abbildungen und einer Ausschlagtafel. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1937. Preis RM 14,40; geb. RM 16,—.

Die Physik hat sich in den letzten Jahren in starkem Maße der Erforschung des Kernbaues der Atome zugewandt. Die einander rasch folgenden experimentellen Funde (vor allem die Entdeckung des Neutrons und der künstlichen Radioaktivität) fielen in eine Zeit, zu der bestimmte, bei der Erforschung der Atomhülle gewonnene, theoretische Vorstellungen und Entwicklungen der Wellenmechanik ausgearbeitet vorlagen. So ergab sich eine enge und überaus fruchtbare Zusammenarbeit von Theorie und Experiment. Freilich zeigte sich bald, daß noch viele schwierige Probleme ungelöst sind; aber die Arbeiten haben doch schon zu einem gewissen Gesamtbilde der Kernstruktur geführt.

Unter diesen Umständen ist es zu begrüßen, daß der Verfasser, der selbst auf dem Gebiete wichtige Arbeiten durchgeführt hat, es unternimmt, den heutigen Stand der Forschung aufzuzeigen. Er sagt im Vorwort: „Das vorliegende Buch wendet

sich einerseits an experimentell eingestellte Leser, die eine Übersicht über den gesicherten Teil dieser Kerntheorie gewinnen wollen, andererseits an Theoretiker, die sich für ihren weiteren Ausbau interessieren. Dementsprechend sind alle wichtigen Abschnitte in zwei Teile gegliedert, von denen der erste ohne Verwendung der mathematischen Hilfsmittel der Quantenmechanik die Grundzüge des beobachteten Phänomens qualitativ deutet, während der zweite die quantitative Fassung der im ersten Teil eingeführten Vorstellungen bringt.“

Im ersten Kapitel werden die Grundlagen der Theorie besprochen. Als selbständige Bausteine der Kerne werden nur Protonen und Neutronen angesehen; die Gesamtzahl der Teilchen bestimmt die Kernmasse, die Zahl der Protonen die Kernladung. Unter gewissen Umständen kann sich ein Neutron unter Aussendung eines Elektrons in ein Proton und ein Proton unter Emission eines Positrons in ein Neutron verwandeln. Dabei verschwindet ein weiterer Energiebetrag, dessen hypothetischer Träger den Namen Neutrino führt.

Im zweiten Kapitel (Kernbau) entwickelt der Verfasser, ausgehend von empirischen Gesetzmäßigkeiten (Häufigkeit und Massendefekte von stabilen und aktiven Kernen mit verschiedenen Protonen- und Neutronenzahlen u. a.) zunächst das „Tröpfchenmodell“ der Kerne (GAMOW), um dann genauer zu untersuchen, was sich über die Bindungsenergien bei bestimmten Ansätzen für die Wechselwirkungskräfte aussagen läßt.

Das dritte Kapitel ist den Kernreaktionen gewidmet (α -Zerfall; Kernreaktionen, die durch Beschießung mit schnellen Teilchen erzwungen werden; Aussendung von γ -Strahlen). Dabei treten eigenartige Resonanzphänomene auf (z. B. extrem starkes Einfangen von Neutronen, deren Energie in bestimmten Intervallen liegt).

Im letzten Kapitel endlich wird das Problem des β -Zerfalls, insbesondere nach der Theorie von FERMI, behandelt.

Die Zerlegung der einzelnen Abschnitte in einen mehr qualitativ-anschaulichen und einen quantitativ-theoretischen Teil bewährt sich gut; sie erleichtert dem Leser das Eindringen in die manchmal schwierigen Probleme und Vorstellungen. Ganz besonders aber muß in diesem Zusammenhang die Darstellungskunst des Verfassers hervorgehoben werden, der es versteht, auch verwickelte Zusammenhänge klar und anschaulich werden zu lassen. Gute Figuren unterstützen ihn dabei aufs beste. Zahlreiche ausführliche Tafeln (z. B. Isotopentafeln u. a.) erhöhen die Brauchbarkeit des Buches besonders für solche Leser, die selbst auf dem Gebiete des Kernbaus arbeiten.

E. Lamla.

Die Denkweise der Physik und ihr Einfluß auf die geistige Einstellung des heutigen Menschen. Von GUSTAV ME. 37 Seiten. Stuttgart: Ferd. Enke 1937. Preis brosch. RM 1.—.

Es ist ein Zeichen für die starke Anteilnahme und den tiefen Ernst, mit dem heute auch gerade von naturwissenschaftlicher Seite die religiösen Fragen erörtert werden, daß auch der frühere

Direktor des Physikalischen Instituts der Universität Freiburg i. Br. das Wort zu diesem Thema ergreift. Er vertritt den Standpunkt des Protestantismus und beginnt mit einem Satz ZWINGLIS, als kennzeichnend für den Geist des Protestantismus: „Wahrhaftigkeit ist die Mutter und Quelle aller Tugenden.“ Die reine nüchterne Liebe zur Wahrheit müsse aber auch stets die Führerin des Forschers sein, unabhängig von seiner Einstellung zu Fragen des Tages. Die moderne Naturwissenschaft, entsprungen aus den Quellen der Reformation und der Renaissance (bzw. der Aufklärung), hat zwar zu ungeheuren Fortschritten geführt; sie hat aber zugleich die Überheblichkeit des Menschen gewaltig gesteigert, die auch durch die Katastrophe des Weltkrieges nicht erschüttert worden ist. Aber diese Folge ist nicht im Wesen der Naturwissenschaft begründet. Denn — das ist die These des Verfassers — die Alternative lautet nicht: naturwissenschaftlich denkender Mensch oder gläubiger Christ; sie lautet vielmehr: stolzer Mensch, der sich Gott gleich fühlt, oder wahrhaftiger Mensch, der sich des unendlichen Abstandes von Gott bewußt ist.

Der Erläuterung und dem Beweise dieser These dient der Hauptteil des Schriftchens. Der Verfasser argumentiert etwa so: Die Physik betrachtet Vorgänge in einer völlig objektiven, unpersönlichen, Raum und Zeit erfüllenden Welt; aus ihren Begriffen ist möglichst alles entfernt, was sich auf das unmittelbar Erlebte bezieht. Sie hat es mit „definiten Begriffen“ zu tun. Ihr Werkzeug ist die Mathematik, ihre Grundlage das Prinzip der Kausalität. Sie setzt voraus, daß Vorgänge sich wiederholen, daß es nichts nur Einmaliges gibt. Dann spielt sich in der klassischen Physik alles nach den mathematisch formulierbaren Gesetzen ab, und „Wunder“, Vorgänge also, die sich physikalisch nicht erklären ließen, gibt es nicht. Aber schon die Erforschung des physikalischen Geschehens im Kleinen, in molekularen und atomaren Bereichen, hat gezeigt, daß die kausale Verfolgung aller Teilprozesse (praktisch und, nach Meinung des einen Teils der Quantentheoretiker, auch grundsätzlich) unmöglich ist, und daß nur die Makrophysik das erreichbare Ziel ist. Hier setzt die Statistik ein. Und wenn ein Einzelfall uns persönlich stark angeht, bleibt Raum zu weiterer Auffassung. Verfasser gibt ein Beispiel: die fabrikmäßig hergestellten Granaten sind alle gleich; sie streuen beim Krepieren nach statistischen Gesetzen um einen Mittelwert. Die Treffwahrscheinlichkeit in einem bestimmten Punkte läßt sich angeben. Aber ein Soldat, der aus dem Streukegel unverseht herauskommt, wird das vielleicht als Wunder empfinden. Auch Physiologie und Biologie können weithin Kausalforschung treiben; aber die komplizierten Einzelvorgänge lassen sich kausal nicht erfassen. Der Biologe z. B. arbeitet mit dem Begriffe der Ganzheit und stellt die teleologische Betrachtungsweise neben die kausale. Weit machtloser noch steht man dem Reichtum der geistigen Welt mit den definiten Begriffen der Physik gegenüber. Begriffe wie „wahr“ und „wahrhaftig“ sind auch für den Physiker methodologisch unentbehrlich und lassen sich doch mathematisch nicht

erfassen, und ebensowenig die nur dem inneren Erleben zugänglichen geistigen Zusammenhänge des geschichtlichen Lebens. „Ein Ereignis, in welchem der fromme, besinnliche Mensch das Walten Gottes besonders eindringlich spürt, nennt er ein Wunder.“ — „Wenn also der fromme Mensch an Wunder glaubt, so kommt er dadurch nicht mit der physikalischen Wissenschaft in Konflikt.“ — Das unmittelbare Verständnis etwa der Evangelien oder des Glaubensbekenntnisses ist nach dem Verfasser vielen Menschen dadurch verbaut, daß sie zu sehr an dem Äußeren hängen, an der für einfache Bauern und Fischer einer fernen Zeit bestimmten Art der Darstellung. Von dieser falschen Einstellung müssen sie sich erst lösen.

Aus dem Büchlein leuchtet ein tiefer sittlicher Ernst hervor; es wird jeden ansprechen, auch wenn er nicht überall dem Verfasser zustimmt, und es wird manchem ein willkommener Anreger zu weiterem Durchdenken der uns alle bewegenden Fragen sein.
E. Lamla.

Zusammenhänge der Naturkräfte. Das Gefüge des physikalischen Naturbildes. Von MARTIN WAGENSCHHEIN. XI, 119 Seiten mit 10 Abbildungen. Braunschweig: Friedrich Vieweg & Sohn 1937. Preis geb. RM 4,80.

Das Buch hat einen eigenartigen Reiz. Der Verfasser will in gemeinverständlicher Weise die Begriffe darstellen, auf denen unser physikalisches Weltbild beruht. Bei diesen Dingen handelt es sich um eine Wirklichkeit von ganz anderer Art, als die „des Wassers, des Steines, des Lichtes und all der anderen Dinge unserer täglichen Umwelt“ es ist, und daher müssen dem Laien die letzten Begriffe unverständlich bleiben, wenn er vom Fachmann in den volkstümlichen Darstellungen mit den Wortprägungen der Wissenschaft abgespeist wird. Es gibt daher — um mit dem Verfasser zu sprechen — nur zwei Wege, dem Laien die letzten Zusammenhänge verständlich zu machen (beide allerdings unvollkommen, da der vollkommene nur das jahrelange gründliche Fachstudium ist, das „aus dem Laien einen Fachmann“ werden läßt): „Entweder: man macht gemeinsam mit dem Laien eine Tiefenbohrung an einer — fast beliebigen — Stelle des physikalischen Arbeitsfeldes und lehrt ihn weniger Ergebnisse als Arbeitsweise . . . ; oder: man versucht, wie weit man in der Beschreibung des Zusammenhanges kommt, wenn man die allerletzten Dinge meidet und sich möglichst daran hält, wie sie sich im Sinnlichen, im Offenbaren kundgeben.“ Diesen letzteren Versuch macht der Verfasser. Gleichnisse aus der Welt der sinnlichen Anschauung werden zu farbenprächtigen Bildern geformt, hinter denen letzte Geheimnisse der Naturerkenntnis hervorschimmern.

Er geht aus von den beiden Grundeigenschaften der Materie; sie ist träge und schwer. Gravitation und Trägheit, geheimnisvoll miteinander verbunden, sind Antreiber und Erhalter der Bewegung der Körper. „Wo sich Bewegung nicht erhält, nicht zu erhalten scheint, beim Aufprall etwa des fallenden Steines, entzieht sie sich nur unseren stumpfen Blicken, entweicht in das Innere der Materie und

lebt dort ewig fort, noch immer Bewegung“ (S. 109). Was wir als „wärmer“ oder „kälter“ empfinden, ist das Mehr oder Weniger dieser inneren Unruhe, dieser Bewegung der kleinsten Teilchen, und aus der Vorstellung, daß Wärme innerer Bewegung ist, erklärt sich alles, was wir sonst von der Wärme wissen.

Nein, nicht alles! Wärme strahlt durch den leeren Raum, und hierbei verhält sie sich ganz wie das „sichtbare“ Licht. Was ist nun aber Licht? „Licht ist die sichtbare Kunde von sehr schnellen regelmäßigen Schwankungen des elektrischen Zustandes. Alles, was leuchtet, muß elektrische Sender in sich haben“ (S. 65). „Die Wärmebewegung der Materie ist ein unfehlbarer Antreiber dieser Schwingungen. Nun hat nach dem zweiten Wesensgesetz der Elektrizität jeder elektrische Tanz die Kraft, auch jenseits des leeren Raumes auf alle andere Elektrizität ansteckend zu wirken. Wird hier der Tanz wilder, so auch drüben, und dort bringt er wieder seinen materiellen Träger, in dem er wohnt, in verstärkte Unruhe, daß er wärmer wird“ (S. 93). Aber die alle Materie „unfaßlich erfüllenden elektrischen Wirbel“ dürfen wir nicht als einfache Gebilde ansehen. Wir müssen uns ein ganzes Nest solcher Wirbel denken, zu dem sich mehrere einfache Wirbel verschiedener Drehzahl in einer für den Stoff eigentümlichen Weise zusammmentun. Lauter untereinander gleiche Wirbelnester bilden den Stoff, und wenn Kupfer anders ist als Eisen, so ist das wesentlich der Verschiedenheit der Wirbelnester der beiden Stoffe zuzuschreiben. Insbesondere wird das magnetische Verhalten der Stoffe aus dem Bau ihrer Wirbelnester erklärt.

So ruht die Brücke der Naturkräfte, die der Verfasser bauen will (S. 92), auf zwei Pfeilern: Bewegung der schweren und trägen Materie ist die Ursache der seßhaften Wärme — aus der Bewegung der Elektrizität in den Wirbelnestern erklären sich Magnetismus und Licht- und Wärmestrahlung. Der Verfasser versäumt nicht, den Leser zum Schluß auf zwei Schwierigkeiten aufmerksam zu machen. Eine liegt in den Fundamenten der Brücke: bis jetzt ist es nicht befriedigend gelungen, Trägheit und Gravitation auf der einen Seite und Elektrizität auf der anderen Seite aufeinander zurückzuführen oder aus einem gemeinsamen Ursprunge zu begreifen. Die zweite ist das Problem des leeren Raumes. Was ist Licht- und Wärmestrahlung „unterwegs“? Welche verborgene Macht zwingt die durch die Weite des leeren Raumes voneinander getrennten Wirbelnester, im Gleichtakt zu schwingen? Der Leser steht mit diesen beiden Problemen, die ungelöst bleiben, an der Schwelle der modernen Physik.

In bunten, fast märchenhaften Bildern rollt das physikalische Geschehen an uns vorüber. Keine einzige Formel, kaum eine Zahl, kein Name eines Forschers kommt im Texte vor. Begriffe wie Molekül, Atom, Elektron, Kraftfeld u. a. bleiben ungenannt und bilden doch den Hauptgegenstand des Buches.

Das Bild, das uns von den Zusammenhängen der Naturkräfte gegeben wird, ist nicht vollständig;

es fehlt der Energiebegriff (vgl. dazu Anmerkung 39 des Buches), und die Ergebnisse der neuesten Physik werden bewußt umgangen, ja, es wird gelegentlich gegen sie verstoßen, z. B. wenn gelegentlich wird, daß der strahlende Körper an Masse verliere. Aber das hindert nicht, daß das Buch einen nicht mehr losläßt, wenn man angefangen hat, darin zu lesen. Wer irgend Physik zu lehren hat, wird großen Gewinn aus dieser überaus reizvollen, fesselnden Darstellung schöpfen. Ich möchte sie besonders auch den Verfassern von Schulbüchern zur Nachlieferung empfehlen.

W. Spreen.

Forschung und Prüfung. 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Herausgegeben von J. STARK. VII und 309 Seiten mit 12 Bildnissen und 11 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1937. Preis geh. RM 10,—; geb. RM 12,—.

Das vorliegende Buch, das zum fünfzigjährigen Jubiläum der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) erschienen ist, eröffnet dem Außenstehenden einen überraschenden und willkommenen Einblick in die Geschichte und vor allem in die Tätigkeit und den weiten Aufgabenkreis der Anstalt. Der erste Gedanke zu ihrer Gründung rührt von SCHELLBACH her (1872). Aber obwohl sein Vorschlag durch HELMHOLTZ und DU BOIS-REYMOND unterstützt wurde, kam man über Erwägungen nicht hinaus. Auch eine neue Denkschrift (1883) von SIEMENS, HELMHOLTZ u. a. führte nicht zum Ziel. Erst das tatkräftige Eingreifen des Kronprinzen (des späteren Kaisers Friedrich III.) brachte 1887, also vor 50 Jahren, die notwendigen Entschlüsse zustande.

Die Anstalt hat einerseits vor allem die Aufgabe, wissenschaftliche Probleme zu lösen, die von großer Tragweite und Wichtigkeit in theoretischer oder technischer Richtung sind und größeren Aufwand an Instrumenten, Material, Zeit usw. erfordern; andererseits soll sie physikalische und physikalisch-technische Untersuchungen durchführen, die geeignet sind, die Präzisionstechnik zu fördern, ferner Meßapparate und Kontrollinstrumente beglaubigen u. a. m. Dazu hat die PTR die technische Oberaufsicht über das Prüfungswesen in Deutschland. Bemerkenswert ist, daß die Reichsanstalt für Maß und Gewicht erst 1923 der PTR angegliedert worden ist.

Die ursprünglich vorhanden gewesene Trennung zwischen einer physikalischen und einer technischen Abteilung besteht nicht mehr. Es gibt neben der Präsidialabteilung, zu der z. B. Laboratorien für Atomforschung, Werkstoffprüfung, Akustik, Feinmechanik u. a. gehören, noch 4 Abteilungen unter je einem Direktor: für Maß und Gewicht, für Elektrizität, für Wärme und Druck, für Optik. Die Präsidenten der PTR, deren Bilder die Schrift enthält, waren: HERMANN VON HELMHOLTZ (1887—1894), FRIEDRICH KOHLRAUSCH (1895—1905), EMIL WARBURG (1905—1922), WALTER NERNST (1922—1924), FRIEDRICH PASCHEN (1924—1933), JOHANNES STARK (seit 1933).

Zu den Aufgaben der PTR gehört auch die Teilnahme an internationalen wissenschaftlichen Arbeiten und Vereinbarungen; es sei etwa auf die

Arbeiten verwiesen, die in Zusammenhang stehen mit Maß und Gewicht, mit den elektrischen Einheiten, der Einheit für Röntgenstrahlung, der Temperaturskala, der Lichteinheit, der Akustik (Schallstärkeinheit, Messung an Fern- und Lautsprechern) u. v. a.

Der Hauptteil des Buches ist dem Bericht über die Tätigkeit und die Arbeiten der einzelnen Abteilungen gewidmet. Der Außenstehende ist erstaunt über die Fülle von Aufgaben, die hier gelöst oder in Angriff genommen worden sind, und darüber, welche große Menge wissenschaftlich bedeutungsvoller Erkenntnisse aus Arbeiten der PTR hervorgegangen sind. Es ist leider nicht möglich, an dieser Stelle auch nur angenähert eine Übersicht über diese Arbeiten zu geben. Es ist aber ungemein reizvoll, diese Dinge an Hand des Buches im einzelnen zu verfolgen; dann erst gewinnt man ein richtiges Bild von der umfangreichen Tätigkeit und der Bedeutung der PTR.

E. Lamla.

Physik der Sternatmosphären mit besonderer Berücksichtigung der Sonne. Von A. UNSÖLD. VIII, 500 Seiten mit 145 Figuren im Text. Berlin: Julius Springer 1938. Preis RM 63,—; Lw. RM 66,—.

Bei der Durchsicht astrophysikalischer Literatur wird manchen Leser gleich dem Berichterstatter mitunter ein unheimliches Gefühl der Unsicherheit beschleichen, wenn er die aus den Sternspektren gezogenen Schlüsse liest, weil er im Unterbewußtsein die mannigfaltigen Beeinflussungsmöglichkeiten vor sich hat, die er zwar im Laboratorium, nicht aber bei den Sternen kontrollieren kann. Es ist das große Verdienst UNSÖLDS, daß er in dem vorliegenden Werk einmal alle die Einflüsse durchrechnet, welche das kontinuierliche Spektrum und die Linienintensität und -Breite bedingen. Auch der Laboratoriumsphysiker wird bisher keine so eingehende Darstellung der Linienstärke und -Breite finden. Ebenso begnügt man sich oft mit der Behauptung, daß ein großer Gasball eben wegen seiner Tiefe wie ein schwarzer Körper strahle. Hier aber sind die Bedingungen für das kontinuierliche Spektrum eingehend untersucht. Nachdem so eine sichere Grundlage auf dem Boden der Laboratoriumserfahrung gewonnen ist — wobei erfreulicherweise auch die apparativen Fälschungsmöglichkeiten in aller Ausführlichkeit besprochen werden —, kann der Verfasser zeigen, welche Schlüsse aus den Stern- und insbesondere dem Sonnenspektrum zwingend gezogen werden können; Rotations- und Strömungseffekte, magnetische und elektrische Felder machen sich ja in den FRAUNHOFERSCHEN Linien bemerkbar. Wenn dieser spektroskopische Teil, an dessen Entwicklung der Verfasser selbst hervorragenden Anteil genommen hat, auch das Kernstück des Werks bildet, so enthält es doch auch die Thermodynamik der Sternatmosphären, die an Hand eines kurzen Abrisses dieses Teils der theoretischen Physik, den der I. Abschnitt bringt, leicht verständlich wird. Was das Buch, das in seiner Art in der ganzen Weltliteratur nichts Gleiches hat und das auf lange Zeit ein Standardwerk darstellen wird, besonders

auszeichnet, ist die abgeglichenen Verbindung von Experiment und Theorie. Die Ausstattung ist ganz hervorragend; es seien nur die schönen Reproduktionen von Sternspektren erwähnt. Ein rund 700 Nummern enthaltendes Literaturverzeichnis macht das Buch als Nachschlagewerk besonders wertvoll. *G. Joos.*

Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. Von CONRAD MATSCHOSS. Mit 47 Abbildungen im Text und auf Tafeln. München-Berlin: J. F. Lehmann 1937. Preis geh. RM 7,—; geb. RM 8,40.

Das Buch stellt eine weitere Fortsetzung der Buchreihe dar, die der verdienstvolle Verlag unter dem Titel „Große Männer“ erscheinen läßt. Der Verfasser verfolgt nicht die Aufgabe, die technischen Taten der großen Ingenieure in aller Ausführlichkeit zu kennzeichnen, denn das könnte nur in einem vielbändigen geschichtlichen Werke geschehen; ihm kam es im wesentlichen darauf an, den Lebensgang der Menschen in großen Zügen darzustellen und zu zeigen, mit welchen gewaltigen Schwierigkeiten sie fertig werden mußten, ehe der volle Erfolg eintrat. Fast ohne Ausnahme beweisen die Schicksale der in dem Buche behandelten Männer die Richtigkeit des EDISONschen Ausspruches, daß zum erfolgreichen Erfinden 1% Inspiration und 99% Transpiration gehören. Mit dem zündenden Gedanken, der das eine Prozent der Erfindung ausmacht, ist zunächst nur wenig getan. Der mühsame Kampf setzt erst ein, wenn der Erfinder daran geht, aus diesem Gedanken etwas praktisch Brauchbares zu gestalten. Immer wieder drängt sich dem Leser die Erkenntnis auf, daß bei diesem Kampfe merkwürdigerweise die Tücke des Objekts, die Bewältigung entgegenwirkender Naturkräfte oder der mangelhafte Werkstoff weniger gefährliche Gegner waren als Neid, Mißtrauen, Vorurteile, Bürokratie, Kapitalismus und Unverstand der Menschen. Nur stärkster Wille und Ausdauer brachten in zäher Arbeit den Erfolg. Einige besonders krasse Beispiele mögen das erläutern.

JAMES WATT, der darüber nachdachte, wie man die Unmengen Kohle fressende atmosphärische Maschine verbessern, d. h. ökonomischer gestalten könnte, kam bei einem einsamen Sonntags-spaziergang auf den Gedanken, daß die Kondensation des Dampfes nicht im Zylinder selbst bewirkt werden dürfe, sondern in einem besonderen, davon getrennten, dauernd luftleer und kalt zu haltenden Behälter, während der Zylinder immer auf seiner hohen Temperatur gehalten werden müsse. Aber ehe dieser uns heute völlig geläufige Gedanke an der Maschine verwirklicht werden konnte, mußten noch viele Jahre vergehen. Geldgeber mußten von der Fruchtbarkeit des Gedankens überzeugt und gewonnen werden. Allerlei Einzelheiten der Konstruktion waren noch zu ersinnen. Patentprozesse mußten geführt werden. 20 Jahre vergingen, ehe WATT mit Hilfe des Großindustriellen BOULTON, nachdem 800 000 M in die Sache gesteckt waren, zu einem materiellen Erfolge gelangte. Dabei mußte WATT auch die Erfahrung

machen, daß der staatliche Patentschutz zwar eine den Erfinder ungeheuer stützende Einrichtung ist, die aber gelegentlich auch für ihn selbst sehr unangenehm werden kann. Als er nämlich die hin- und hergehende Bewegung der Kolbenstange mittels einer Kurbel, wie es natürlich ist, in eine Drehbewegung umwandeln wollte, zeigte sich, daß ein anderer bereits ein Patent auf die Verwendung der Kurbel bei der Dampfmaschine genommen hatte. Das war allerdings kein entscheidendes Hindernis. WATT überwand es, indem er ein Planetengetriebe statt der Kurbel benutzte. Aber mit dem Ärger darüber, daß ihm das einfache Konstruktionselement der Kurbel versperrt war, mußte er sich abfinden.

Das sehr weit gefaßte Patent, das WATT auf seine Maschine bekommen hatte und das bis zum Jahre 1800 lief, war nun wiederum ein Hindernis für die Durchkonstruktion der Hochdruckmaschine. Die WATTSche Maschine beanspruchte für ihren Aufbau einen sehr großen Raum und konnte deshalb für manche Zwecke gar nicht benutzt werden. Da sie ferner mit nur etwa $\frac{1}{4}$ Atmosphäre Überdruck arbeitete, mußte z. B. die Firma WATT-BOULTON, als Peru für seine in 4300 m Meereshöhe liegenden Silberbergwerke eine Dampfmaschine benötigte, den Auftrag ablehnen, da die Maschine in der Höhe wegen des zu geringen Luftdrucks nicht mehr viel leisten und im Hinblick auf die Kosten des Transports nicht lohnen würde. Ein einfacher Ingenieur, RICHARD TREVITHIK, dem jede theoretische Ausbildung fehlte und für den DAVIS GILBERT der wissenschaftliche Berater war, ist der Erfinder der Hochdruckmaschine. Er kam auf den gemein fruchtbaren Gedanken, daß die Dampfmaschine einen viel größeren Anwendungsbereich gewinnen würde, wenn man auf die Kondensation verzichtete, den Dampf also ins Freie auspuffen ließe, dafür aber mit 5 und mehr Atmosphären Überdruck arbeitete. Die Maschine konnte dann in viel kleineren Abmessungen gebaut werden. Da mußte er den Ärger erfahren, daß WATT, der mit seinem Patent ja den Dampfmaschinenbau bis 1800 beherrschte, seine warnende Stimme in sehr schroffer Form erhob: Einen so hohen Dampfdruck anwenden, hieß die Menschen morden, die eine solche Maschine bedienten, und der Erbauer mußte gehängt werden. Es dürfte wohl ungerecht sein, aus diesem scharfen Ausspruch WATTS nur den Konkurrenzneid herauszuhören. Wenn auch der von TREVITHIK benutzte Überdruck im Vergleich zu den heute gebrauchten Dampfspannungen lächerlich gering erscheint, so muß man doch daran denken, welche Steigerung der Güte der Werkstoffe seit WATT und TREVITHIK eingetreten ist.

Will man das Verdienst von GEORGE STEPHENSON kennzeichnen, so ist es nicht ganz richtig zu sagen, er sei der Erfinder der Lokomotive, wie man es gelegentlich liest. Mit Dampf betriebene Wagen gab es schon vor STEPHENSON. Sein Verdienst besteht in der Hauptsache darin, daß er in zähstem Kampfe gegen alle möglichen Hindernisse den Gebrauch der mit Dampflokomotiven betriebenen Eisenbahnen einführte. Was behaupteten

die Gegner nicht alles! Die Häuser, ebenso das Getreide an der Bahn würden in Brand gesteckt werden. Das Wild würde die Gegend verlassen. Der Lärm würde unerträglich sein. Das an der Bahnstrecke liegende Gelände würde entwertet werden. Überhaupt würden die Räder der Lokomotive wegen der geringen Reibung von Eisen gegen Eisen sich wohl drehen, aber den Zug nicht von der Stelle bringen usw. Immer wieder ist es die Zähigkeit und der unentwegte Mut bei der Durchkämpfung des fruchtbaren Gedankens, die das Hauptverdienst dieser Männer ausmachen.

Wenn in dem Buche bei einigen der großen Erfinder, wie z. B. BESSEMER und PARSONS, dem Erfinder der Dampfturbine, als deren eigene Meinung der Gedanke ausgesprochen wird, daß der Mangel einer technisch wissenschaftlichen Ausbildung eines Mannes eher förderlich als schädlich gewesen sei, weil sie vorurteilslos und unbeschwert mit jeder Schulmeinung an die Probleme herangingen, so trifft dieses Urteil doch nur bei einzelnen der großen Erfindergenies zu. Im allgemeinen ist eine gediegene praktische und wissenschaftliche Durchbildung die Vorbedingung jeder großen Leistung. So hielt der aus einfachsten Verhältnissen ohne jede besondere Vorbildung durch sein Genie emporgestiegene GEORGE STEPHENSON es für dringend nötig, seinem Sohne ROBERT STEPHENSON, der dann der Leiter der Firma wurde, eine gründliche wissenschaftliche Ausbildung zuteil werden zu lassen. Überhaupt lehrt das Buch, daß zur praktischen Durchführung des Geistesblitzes eines Genies gewöhnlich ein Heer von Geistesarbeitern mittleren Grades sich betätigen mußte, ehe etwas absolut Brauchbares daraus wurde.

Das Buch ist namentlich zur Anschaffung für Schülerlesebüchereien wärmstens zu empfehlen. Gerade den technisch interessierten Schülern der Oberklassen werden hier fesselnde Vorbilder gezeigt, und es wird ihnen vor Augen geführt, daß auch dem größten Genie der Erfolg niemals mühelos in den Schoß fällt. Fast alle die großen Erfinder, die in dem Buche behandelt werden, haben angestrengt arbeiten und kämpfen müssen, ehe sie zu der Höhe emporstiegen, die die Bewunderung der Nachwelt erregt. Aber auch den Lehrern der Naturwissenschaften dürfte das Buch manchen Nutzen bringen. Wohl enthalten die modernen Lehrbücher der Physik und Chemie auch geschichtliche Bemerkungen, aber es sind doch nur kurze Notizen, die dem Schüler nicht viel sagen. Da kann der Lehrer aus dem hier besprochenen Buche mancherlei Anregung gewinnen, um solche geschichtlichen Anmerkungen zu ergänzen. Das Buch sollte in keiner höheren Schule fehlen.

P. Steindl.

Anorganische Chemie. Von Dr. H. W. KOHL-SCHÜTTER. Hochschulwissen in Einzeldarstellungen. 176 Seiten. Leipzig: Quelle & Meyer 1937. Preis geb. RM 3,—.

Das Schriftchen setzt voraus, daß der Leser die allgemeinen Grundbegriffe der Chemie bereits kennt. Es ist in erster Linie für Nichtchemiker bestimmt, für welche dieses Wissensgebiet nicht der

hauptsächliche Inhalt ihres Studiums, wohl aber ein Bestandteil einer naturwissenschaftlichen oder technischen Ausbildung ist. Der erste Teil umfaßt die Einführung in die allgemeinen Grundgesetze und Begriffe, der zweite die Einzelbeschreibung der Elemente, und der dritte enthält eine Erweiterung und Zusammenfassung des vorangegangenen Lehrstoffes nach größeren Zusammenhängen allgemein-chemischer wie chemisch-technischer Art. Das Buch gibt in klarer und flüssiger Form die Grundzüge der anorganischen Chemie unter neuzeitlichen theoretischen und praktischen Gesichtspunkten und unter weiser Beschränkung auf das wirklich Wesentliche. Das Schriftchen stellt ein gutes Repetitorium der anorganischen Chemie für Naturwissenschaftler und Techniker dar und wird in diesen Kreisen seine Freunde finden. *Dm.*

Experimentelle Einführung in die unorganische Chemie. Von HEINRICH BILTZ. 21. Auflage, neu bearbeitet von WILHELM KLEMM und WERNER FISCHER. 172 Seiten mit 24 Abbildungen, 1 Tafel. Berlin u. Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1937. Preis geb. RM 5,80.

Dieses Buch ist seit 40 Jahren für sehr viele Studierende, die an chemischen Übungen teilnahmen, ein Begriff geworden. Ihm verdanken sie die Grundlagen, auf denen weiter gearbeitet werden konnte. Es ist daher sehr begrüßenswert, daß die Bearbeiter sich der Aufgabe unterzogen haben, gerade dieses Werk den Erfordernissen der Gegenwart anzupassen. Das ist geschehen unter Beibehaltung des Grundplanes. Es wurde jedoch der Inhalt vom Standpunkte des Periodischen Systems aus betrachtet und damit auch die Erklärung von Oxydation und Reduktion durch das Valenzgefälle ermöglicht. Diese Tatsachen empfehlen die Anschaffung für die Bücherei einer Oberschule, damit die moderne Betrachtungsweise auch an unseren Schulen stärker Fuß fassen kann. — Der Preis des Buches kann als wohlfeil bezeichnet werden, besonders in Anbetracht der vorzüglichen Abbildungen. *G. Mangliers.*

Grundriß der organischen Chemie. Von CARL NAEGELI. 15. Auflage. 297 Seiten. Leipzig: Georg Thieme 1938. Preis kart. RM 6,80.

Das frühere, vielen Prüflingen nicht unbekanntes Lehrbuch von C. OPPENHEIMER ist von dem Schweizer Verfasser völlig neu bearbeitet worden. Besonders gründliche Behandlung der Nomenklaturfrage und die Anwendung der Elektronenlehre auf die organische Chemie machen das Werk zwar nicht leichter, aber wertvoller. Die stofflichen Ergänzungen beziehen sich vornehmlich auf biologisch-chemische Fragen wie Hormone, Vitamine und Fermente. Aber auch zeitgemäße Rohstoffe wie Zellwolle, Fleischwolle usw. werden erwähnt. In seinem Vorworte schließt der Verfasser wie folgt: „Auch als Leitfaden für den Lehrer und den Schüler, für den Lehramtskandidaten soll das Büchlein weiterhin seine Dienste tun wie allgemein für jeden Gebildeten, der für das Wesen und die Fortschritte jener Wissenschaft sich begeistert, die wie kaum eine andere heute an den äußeren

Fortschritten der Menschheit beteiligt ist.“ Diesen Worten kann man sich nach Durchsicht des Buches vorbehaltlos anschließen.
G. Mangliers.

Einführung in das chemische Praktikum für Studierende der Chemie, Hüttenkunde und des höheren Lehramts (Oberstufe). Von Prof. Dr. phil., Dr. ing. E. H. OTTO RUFF. 2. Auflage; 86 Seiten, 9 Abbildungen, mit weißem Papier durchschossen. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H. 1937. Preis kart. RM 4,40.

Das Periodische System ist an die Spitze der Einführung gestellt, denn diese soll den Benutzer in dem System heimisch werden lassen. Der 1. Teil der Einführung ist den grundlegenden Erkennungs- und Trennungsmethoden gewidmet; dann folgen die trockenen Vorproben für die qualitative Analyse und schließlich ein kurzgefaßter Analysengang in Tabellenform.

Zwei bemerkenswerte Besonderheiten weist die Anleitung auf: 1. Neben den Versuchsanweisungen und Versuchsergebnissen stehen überall Fragen nach den Ursachen, nach dem chemischen Zusammenhang und auch nach dem Vorkommen, der Darstellung und den Eigenschaften der in Frage kommenden Stoffe. Die Beantwortung dieser Fragen setzt daher sorgfältige häusliche Vorbereitung der Studierenden an der Hand geeigneter Lehrbücher der anorganischen, technischen und analytischen Chemie voraus. 2. Alle Versuche werden mit kleinsten Stoffmengen ausgeführt; die festen Stoffe werden nur milligramm- oder messerspitzenweise verwendet, die flüssigen tropfenweise. Entsprechend klein sind daher auch Reagenzgläser, Glasstäbe, Uhrgläser, Trichter usw., die zur Anwendung kommen. Diese vom Berichterstatter im chemischen Schulunterricht erprobte Maßnahme [diese Zeitschr. 40, 218 (1927)] kann für die Schülerversuche gar nicht warm genug empfohlen werden. Da die Anleitung außerdem recht genaue Angaben über die zum einwandfreien Gelingen der Versuche erforderlichen Stoffmengen macht, kann sie auch dem Chemielehrer an höheren Schulen eine ganze Anzahl fertiger Schülerversuche liefern.
Dm.

Ausführung quantitativer Analysen. VON HEINRICH BILTZ und WILHELM BILTZ. 2. Auflage. 3. bis 4. Tausend. 411 Seiten mit 49 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1937. Preis geb. RM 20,—.

Die neue Auflage des bewährten Werkes ist ergänzt durch Neuerungen, die in der Zwischenzeit erschienen sind. Diese erstrecken sich insbesondere auf das Gebiet der organischen Reagenzien und die physikalischen Beobachtungsmittel. Die Einführung des 8-oxychinolins — im Handel „Oxin“ genannt — in die Gewichtsanalyse (Al-Bestimmung) und in die Maßanalyse (Mg-Bestimmung) ist eine solche Neuerung. Der Hauptwert wird in dem vorliegenden Werke stets auf die praktische Seite, die Ausführung der Analysen gelegt. Eingehende Behandlung auch derjenigen Stoffe, die in anderen Lehrbüchern der analytischen Chemie etwas stiefmütterlich behandelt wurden, z. B. Düngemittel, Legierungen, Gläser usw., dürfte dem

Lehrer an einer Oberschule dieses Werk zu einem mehr als ausreichenden Hilfsmittel machen. Auch bei der Durchführung von Arbeitsgemeinschaften kann es zur Lösung auftretender analytischer Fragen mit Erfolg herangezogen werden. Die Ausstattung des Buches entspricht seinem wertvollen Inhalt.
G. Mangliers.

Lehrbuch der physikalischen Chemie in elementarer Darstellung. Von Dr. JOHN EGGERT. 4. verbesserte Aufl. gemeinsam bearbeitet mit Dr. LOTHAR HOCK. 681 Seiten mit 161 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1937. Preis Ganzleinen: RM 27,—.

Die neue Auflage des in dieser Zeitschrift [43, 287 (1930)] bereits empfohlenen Lehrbuches will nur die Grundlagen der physikalischen Chemie in elementarer Form für Studierende und für im Berufe stehende Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner darstellen und zugleich auch über die Fortschritte der physikalischen Chemie unterrichten. Die Anforderungen, die das Studium des Werkes an den Leser stellt, sind aber — wie die Verfasser im Vorworte sagen, absichtlich — den früheren Auflagen gegenüber in der vorliegenden Ausgabe nicht vermindert, sondern eher noch erhöht worden. Die physikalische Chemie dringt immer stärker in die chemische, die übrige naturwissenschaftliche, technische und medizinische Forschung und Praxis ein, und ihr Studium setzt in zunehmendem Umfang Kenntnisse der Atomphysik voraus; daraus ergibt sich zwanglos die Erklärung für die Steigerung der Anforderungen an den Leser dieses Buches.

Die Erweiterung des Umfangs um 80 Seiten, die erfreulicherweise keine Preiserhöhung für das Buch zur Folge gehabt hat, ist im wesentlichen auf die Fortschritte zurückzuführen, welche die Atomphysik gerade in den letzten Jahren durch die Ausgestaltung der Wellenmechanik der Quantenlehre gemacht hat. Die neue Auflage bringt daher eine einfache Darstellung der Grundlagen der Wellenmechanik und der Anwendung ihrer Ergebnisse bei der Erklärung der Isotopie, der Radioaktivität, der künstlichen Kernumwandlung und künstlichen Radioaktivität, des Kernbaus, des Atommodells und des Molekelbaus. Außerdem haben in dem Abschnitt über die Thermochemie die Formulierung des NERNST'Schen Wärmesatzes, die Deutung der Rolle der Entropie bei chemischen Vorgängen und die Regeln für den Richtungssinn chemischer Vorgänge den Fortschritten der Wissenschaft entsprechende neue Gestalt angenommen. Im übrigen ist die Anlage des Buches nur wenig verändert; doch ist überall dem gegenwärtigen Stande der Forschung Rechnung getragen. Unter anderem hat auch die Chemie der intermetallischen Verbindungen Berücksichtigung gefunden. — Auf einen Druckfehler sei hingewiesen: S. 88 muß es in der Formel für den Netzebenenabstand im Nenner 10^{23} statt 10^2 heißen.

Das Werk kann jedem bestens empfohlen werden, der sich schnell und sicher über einzelne Fragen der physikalischen Chemie unterrichten

will, wie auch jedem, der sich von dem gegenwärtigen Stande der allgemeinen Chemie ein Bild verschaffen möchte. *Dm.*

Diffusion und chemische Reaktion in festen Stoffen. Von WILHELM JOST. Band 2 der Sammlung „Die chemische Reaktion“, herausgegeben von K. F. BONHOEFFER und H. MARK. 231 Seiten mit 60 Abbildungen. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1937. Preis geb. RM 21,—.

Während man unsere Kenntnisse über chemische Reaktionen in der Gasphase bis zu einem gewissen Grad als abgerundet bezeichnen kann, und auch die Vorgänge, die sich in Flüssigkeiten und Lösungen abspielen, mehrfach zusammenhängend dargestellt wurden, ist das Gebiet der Reaktionen im festen Zustand erst in jüngster Zeit systematisch untersucht worden und noch in lebhaftem Fluß. Der Verfasser, der wesentlich an der theoretischen und experimentellen Erforschung des Reaktionsvermögens fester Stoffe beteiligt war, hat sich für die vorliegende zusammenfassende Darstellung ein zweifaches Ziel gesteckt und mit großem Geschick erreicht: in die allgemeinen Grundlagen des Gebietes einzuführen und eine Übersicht über das gesamte bisher vorliegende Beobachtungsmaterial zu geben.

Das I. Kapitel enthält die formale rechnerische Behandlung der Diffusionsvorgänge; für die Bedürfnisse des Experimentators sind eine Reihe Lösungen der Diffusionsgleichungen zusammengestellt, die ihm wichtige Hinweise für die Anordnung von Diffusionsversuchen geben. Sehr ausführlich bringt das II. Kapitel die Beobachtungen und Theorien der Fehlordnungerscheinungen nach W. SCHOTTKY, C. WAGNER und dem Verfasser. Die zum Teil recht komplizierten Überlegungen, die zum Verständnis der Vorgänge in festen Körpern wesentlich beigetragen haben, sind sehr klar herausgearbeitet worden. Das III. Kapitel enthält erstens eine Übersicht über die experimentellen Ergebnisse der Untersuchung von Diffusionsvorgängen und von Elementarreaktionen fester Stoffe, nach einheitlichen Gesichtspunkten geordnet, und zweitens einige Bemerkungen über das allerdings noch spärliche Material über Phasengrenzreaktionen, speziell die Arbeiten von C. WAGNER und Mitarbeitern über Reaktionen an der Phasengrenze fest/gasförmig. Im IV. Kapitel sind die auch technisch wichtigen Anlaufvorgänge zusammengefaßt, darunter das Anlaufen von Silber, die Verzunderung von Eisen usw., und außer den Versuchsergebnissen auch die theoretischen Ansätze anschaulich dargestellt. Das letzte Kapitel schließlich bringt eine Übersicht über allgemeine Reaktionen zwischen zwei festen Stoffen. Es gibt einen Überblick über alle zu erwartenden Typen von Reaktionen und über die anzuwendenden Untersuchungsmethoden, z. B. die Methode der Erhitzungskurven bei Umsätzen in pulverförmigen

Substanzen. Auch hier ist dem Verfasser eine besonders klare Form der Darstellung gelungen, die viel zum Verständnis dieser in der Technik des Sinterns wichtigen Reaktionen beitragen wird. Das Buch ist jedem für dieses Gebiet interessierten Chemiker und Physiker auch wegen seines umfangreichen, sehr sorgfältigen Schrifttumverzeichnisses und der wertvollen Hinweise auf die großen Lücken, die nur durch weitere systematische Forschungsarbeit geschlossen werden können, wärmstens zu empfehlen. *W. Groth.*

Kurzes Lehrbuch der Enzymologie. Von THEODOR BERSIN. 170 Seiten mit 25 Abbildungen. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1937. Preis geb. RM 12,80.

Das Lehrbuch ist für Studierende und für diejenigen Wissenschaftler und Praktiker bestimmt, die mit Fragen der Enzymologie in Berührung kommen, d. h. für Mediziner, Chemiker und Biologen. Im I. Teile werden die allgemeinen Eigenschaften der Enzyme beschrieben, u. a. ihre Zusammensetzung und ihr Zustand, ihre Gewinnung und Untersuchung, ihre Wirkungsweise und deren Beeinflussung durch Temperatur, Bestrahlung, Druck, und ferner ihre Biologie. Der 2. Teil „Die Enzyme als chemische Individuen“ behandelt ausführlich die wichtigsten Enzyme, ihre Isolierung, ihren chemischen Aufbau, ihre Wirkungsweise und ihre praktische Anwendung. In diesem Abschnitte wird der Leser überdies mit den Ergebnissen der neuesten Enzymforschung bekannt gemacht, u. a. über das Atmungsferment und die Flavine, über die Luciferase, das Enzym, welches das Meerleuchten und das Leuchten der Johanniskäfer bewirkt, über die Identität von Lactoflavin mit Vitamin B₂, über die Invertase und die Amylasen (Diastase).

Der 3. Teil ist der Bedeutung der Enzyme für Atmung, Ernährung und Stoffwechsel gewidmet und beschränkt sich darauf, diese überaus wichtigen Lebensäußerungen nach dem Stande der Forschung bis zum Jahre 1937 an einigen wichtigen Beispielen darzustellen. Im 1. Kapitel „Bakterien, Hefen, Pilze“ interessiert in erster Linie die alkoholische und die Essigsäuregärung. Das 2. Kapitel „Phanerogamen“ ist der Assimilation der Kohlensäure hauptsächlich gewidmet. Das 3. Kapitel behandelt Tiere und Mensch und macht mit dem Stande der Forschung über Atmung, Verdauung und Glykogenolyse bei der Muskeltätigkeit bekannt. Den Schluß bilden kurze Angaben über die Beziehung der Fermente zu dem vom Normalen abweichenden Stoffwechsel der Tumoren und über Vererbung und Enzymaktivität.

Die starke Bezugnahme auf die praktische Bedeutung der Enzyme, die sich an die theoretischen Betrachtungen anschließt, macht das Buch für den Lehrer der Chemie und Biologie besonders wertvoll. *Dm.*