

# Zeitschrift

für den

# Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXIV. Jahrgang.

Sechstes Heft.

November 1921.

## Moderne Atomistik im Unterricht.

Von B. Bavink in Bielefeld.

Im Juliheft des Jahrgangs 1916 der Zeitschrift bin ich für die ausgiebigere Berücksichtigung der „Ionen- und Elektronentheorie im Unterricht“ eingetreten. Bei der reißend schnellen Entwicklung, welche die moderne Physik auf diesem Gebiete auch in dem seither verflossenen Zeitraum zu verzeichnen hat, erscheint es wünschenswert, heute wieder einmal auf die Sache zurückzukommen; ich folge daher gern einer Aufforderung des Herausgebers, möchte aber diesmal das Thema von einem noch etwas umfassenderen Standpunkte aus behandeln<sup>1)</sup>.

Die heutige Physik gruppiert sich im wesentlichen um zwei große Fragenkomplexe, welche durch die Stichworte Relativitätstheorie und Atomistik am kürzesten gekennzeichnet werden. Erstere gehört dem von W. VOIGT<sup>2)</sup> als „phänomenologisch“, von LENARD<sup>3)</sup> als „formalistisch“ bezeichneten Typus physikalischer Forschung an, letztere bildet das Musterbeispiel der von LENARD als „realistisch“ bezeichneten Forschungsrichtung. Wir haben es hier nur mit dieser zu tun. Die Gründe, die eine ausgiebigere Berücksichtigung derselben im heutigen Schulunterricht gebieterisch fordern, liegen kurz gesagt darin, daß die letzten zwanzig Jahre die wirkliche Existenz der vordem nur „hypothetischen“ Moleküle und Atome außer allem Zweifel sicher gestellt haben. Dadurch ist nicht nur ein uralter Menschheitstraum in Erfüllung gegangen, sondern diese Feststellung besitzt auch erheblichen Wert in erkenntnistheoretischer Hinsicht, da sie klar dargetan hat, daß die von MACH, HERTZ, OSTWALD usw. geübte Kritik an den physikalischen Hypothesen<sup>4)</sup> doch nur sehr eingeschränkt gültig ist. Endlich aber scheint die neueste Entwicklung nun sogar einen anderen uralten Gedanken, nämlich den der Einheit alles Stoffs und sogar den der Einheit von Stoff und Energie in greifbare Erkenntnisnähe gerückt zu haben. Es ist kein Wunder, daß alle überhaupt naturwissenschaftlich Interessierten heute vornehmlich diese Dinge zu verfolgen suchen; die rasche Aufeinanderfolge der Auflagen aller hierher gehörigen populären Darstellungen spricht eine allzu deutliche Sprache, und wer sie einmal im Schulunterricht oder der Volkshochschule behandelt hat, wird mir Recht geben, wenn ich sage, daß unsere Jugend ganz besonders ihr Interesse auf diese Dinge richtet und deshalb über einen Unterricht, der ihr darüber Aufklärung zu geben verweigert, im wahrsten Sinne des Wortes „zur Tagesordnung übergeht“.

Wollen wir also nicht immer wieder das klägliche Schauspiel erleben, daß der physikalische und chemische Schulunterricht um ein paar Jahrzehnte hinter dem zurückbleibt, was in der Gegenwart fast alle Forscher beschäftigt, so kann es sich nicht mehr um die Frage, ob überhaupt, sondern nur noch um die Frage handeln, wie diese grundlegenden neuen Ergebnisse in den Schulunterricht einzufügen sind.

<sup>1)</sup> Der Herausgeber kann den Vorschlägen des Verfassers (auch von seiten der Chemie) nicht in vollem Umfange zustimmen, glaubt aber doch diese Vorschläge der allgemeinen Erörterung und Stellungnahme unterbreiten zu sollen.

<sup>2)</sup> Kultur der Gegenwart, Band „Physik“.

<sup>3)</sup> Rel. Prinzip. Äther, Gravitation, Hirzel, Leipzig 2. Auflage 1920.

<sup>4)</sup> Vergl. meine „Ergebnisse und Probleme“, Hirzel, Leipzig, 2. Auflage 1921.

Es ist klar, daß die Aufnahme des Neuen zunächst eine Sichtung und Neu-gruppierung des alten Stoffs erfordert. Ich habe darüber das Nötigste schon in dem oben erwähnten Aufsatz angeführt. Leider hat die seither verflossene Zeit wenig Erfolg in dieser Richtung gebracht. Es scheint, als ob immer noch die größere Zahl der Fachgenossen sich nicht entschließen kann, die Physik unter dem Gesichtswinkel zu sehen, unter dem sie m. E. allein eine Berechtigung an einer Anstalt für Allgemeinbildung hat, nämlich dem philosophisch-„humanistischen“ (um HÖFLERS Wort zu gebrauchen). Die Mehrzahl scheint das Verständnis der technischen Errungenschaften in den Vordergrund zu stellen. Ohne die ungeheure Wichtigkeit derselben abstreiten zu wollen, bin ich doch der Meinung, daß der eigentliche Bildungswert des Physikunterrichts in Dingen steckt, welche, wie etwa die Aufklärung der Planetenbewegungen durch das Newtonsche Gravitationsgesetz, dem nach Erkenntnis hungernden jugendlichen Geist eine Ahnung von den Wegen verschaffen, auf denen tatsächlich Erkenntnis erreicht worden ist und noch erreicht wird. Gerade an solchen wissenschaftlichen Großtaten aber ist die neueste Entwicklung der Physik überreich, viel reicher als noch vor etwa 50 Jahren, und sie haben sogar den weiteren Vorzug, teilweise erheblich leichter verständlich, wenigstens in mathematischer Hinsicht, zu sein, als das eben angeführte Beispiel, auf das trotz der Unmöglichkeit, die Integration der Gravitationsgleichungen in der Schule auszuführen, doch wohl kein Physiklehrer in der Prima verzichtet hat.

Doch ich will statt allgemeiner Erörterungen lieber greifbare Vorschläge machen. In jenem Aufsatz hatte ich bereits einige Kürzungen des physikalischen Lehrstoffes empfohlen. In der Chemie wird man zweckmäßig auf eine zu weit in die Einzelheiten gehende Besprechung der einzelnen Metalle, überhaupt einzelner Stoffe, verzichten können. Man darf ruhig auch den Schüler schon daran gewöhnen, das Chemielehrbuch in dieser Hinsicht als ein Nachschlagebuch zu betrachten, da man nicht alle Einzelheiten auswendig lernen kann. Die gewonnene Zeit muß der sorgfältigen Begründung der Iontheorie und einer ausführlichen Besprechung des periodischen Systems zugute kommen. Der Empirist wird freilich hier einwenden: Wie kann ich das periodische System besprechen, wenn den Schülern die Eigenschaften der einzelnen Elemente nicht zuvor bekannt geworden sind? Darauf ist zu sagen, daß der rein induktive Weg in diesem Falle doch eine didaktische Illusion ist; denn jeder Schüler hat die große Tafel längst an der Wand hängen gesehen oder in einem Buche davon gelesen, und schon die ganze Gruppeneinteilung, in der ihm die Elemente vorgeführt werden, nimmt tatsächlich das System z. T. vorweg. Es ist außerdem das didaktisch wohl Zweckmäßigere, die Elemente von vornherein im System vorzuführen, weil man nur so die Übersicht über die Fülle der Einzelheiten behält, ohne die jeder Chemieunterricht eine allzu starke Belastung des Gedächtnisses ist. Auf die Frage, wann der Schüler reif für das periodische System sei, ist deshalb zu antworten: Sobald er überhaupt das Notdürftigste von den Begriffen Element und Atomgewicht weiß und so viel einzelne Elemente kennt, daß er an ein paar Beispielen, z. B. den Edelgasen, Alkalimetallen und Halogenen, das Wesen des periodischen Systems verstehen kann. Das kann er bei entsprechender Stoffverteilung bereits am Ende des ersten Jahres. Von da an soll man ihm jedes neue Element sogleich an seinem richtigen Platz vorführen. — Andererseits habe ich a. a. O. den Versuch gemacht, diejenigen Punkte des physikalischen Unterrichts zu bezeichnen, wo die Art der Darbietung auch des heute allgemein angenommenen Stoffes sich den neuen Bedürfnissen anpassen muß; so sind besonders in der Wärmelehre und bei der Elektrolyse die atomistischen Fassungen vor der rein phänomenologischen zu bevorzugen. Daß dadurch die Sache für den Schüler schwerer verständlich würde, diesem vielmehr zuerst die „Tatsachen“, dann erst die (vorläufig doch noch für ihn) hypothetische Erklärung vorgesetzt werden dürfe, ist ein aus dem empiristischen Dogma entstandener didaktischer Fehlschluß, denn in Wahrheit ist eine unverständene Tatsache häufig viel schwerer zu verdauen, als eine sogleich erklärte. Man probiere, um sich davon zu überzeugen, einmal das Kapitel: „gesättigte Dämpfe“

auf beide Weisen durch, zunächst rein phänomenologisch (Versuch mit Äther über Quecksilber usw.) und dann sogleich auf Grund der Molekulartheorie (bewegliches Gleichgewicht zwischen ein- und auswandernden Molekülen). Man wird erstaunt sein, mit welcher spielenden Leichtigkeit im letzteren Fall der Begriff klar erfaßt wird, der im ersten bei den Schülern zumeist die ärgsten Denkfehler auslöst. Hier gibt eben erst die anschauliche molekulartheoretische Erklärung dem Verstande die Handhaben zur klaren Begriffsbildung. Ganz ähnlich liegt es bei dem FARADAYSchen Grundgesetz der Elektrolyse. Entnimmt man aus einem passenden Versuche ( $\text{HCl}$  und  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hintereinander geschaltet) sogleich die Fassung, daß der gleiche Strom in gleicher Zeit gleich viel H-Atome (oder sonst von irgend einem Bestandteil gleich viel Atome) abscheidet, so geht alles von selbst. Im anderen Falle stolpert der Schüler zunächst unzählige Male auf dem Übergang von den Äquivalentverhältnissen zur gleichen Atomzahl, während dieser Weg umgekehrt fast eine Selbstverständlichkeit ist. Auch an dieser Stelle hat die „Hypotheseophobie“ (v. HARTMANN) die Sache für die Lernenden nur erschwert, statt sie zu erleichtern.

Damit sei es genug der Erörterung über schon bestehende Stoffe. Fragen wir uns nun noch, was an Neuem, und wie es dargeboten werden soll. Zuerst ein paar Worte über die letztere Frage. Daß hierbei möglichst das Experiment herangezogen werden muß, ist klar. Wir wollen nur kein Axiom daraus machen, daß nichts geboten werden dürfe, was nicht experimentell vorgeführt werden kann. Wer einmal die Augen der Schüler bei BOHRs Atomtheorie hat leuchten sehen, wird über die Sorge lächeln, die vielleicht manchen Physiklehrer ob solcher „Kreide- und Schwammphysik“ beschleichen möchte. Gott sei Dank ist doch auch in einer Prima der Geist seiner selbst schon so bewußt, daß er geistige Großtaten auch dann würdigt, wenn ihnen kein Knall-, Licht- oder sonstiger Effekt zur Seite steht. Gegen solche „mathematische Physik“ haben zunächst selbst die weniger mathematisch veranlagten Schüler kaum etwas einzuwenden. Es ist eben ein fundamentaler Unterschied, der in den meisten Erörterungen über dieses Thema nicht genügend gewürdigt ist, ob die Mathematik in der Physikstunde lediglich zur präzisen Formulierung einer qualitativ bereits klar erfaßten Erkenntnis dient, wo möglich gar nur als Basis zum Ausrechnen entsprechender „angewandter“ Aufgaben (z. B. beim Ohmschen Gesetz oder dergl.) oder aber, ob nur mathematisch formulierbare Ergebnisse wie beispielsweise das BALMERsche Seriengesetz selber das Objekt sind, an das sich ein großer Erkenntnisfortschritt knüpft, so daß ohne diese Formulierung überhaupt von einer sachlichen Einsicht gar keine Rede sein kann. Derartige Dinge an der Wandtafel zu behandeln ist etwas ganz anderes, als die berüchtigte Kreide- und Schwammphysik, bei der schließlich die Mathematik zum Hauptzweck wurde, denn hier (in der Atomistik) ist sie immer nur die allerdings unentbehrliche Sprache, in der allein man sachliche, inhaltlich überaus wertvolle Erkenntnisse ausdrücken kann. Voraussetzung ist dabei freilich, daß der Lehrer sich darüber klar ist, daß für den Schüler das Mathematische sich nicht so „von selbst versteht“ wie für ihn, daß er also von ihm nicht eine mathematische, sondern eine physikalische Leistung auch bei der Wiedergabe verlangt. Wenn er das bedenkt, mag er getrost auch mal ein paar Stunden theoretische Entwicklungen bringen, er wird trotzdem dankbare Hörer finden. Im übrigen bedenke man ferner, daß in vielen Fällen das eigene Experiment sehr wohl durch die Vorzeigung guter Bilder ersetzt werden kann (z. B. beim ZEEMANNeffekt, WILSONS Photographien, RUTHERFORD-GEIGERS-Zählung der  $\alpha$ -Teilchen usw.). Auch dann bleiben immer noch mehr als genug Experimente, die man selber mit einem nur einigermaßen ausgerüsteten physikalischen Kabinett leisten kann. Ich habe a. a. O. eine große Zahl von Versuchen angegeben, die ich hier nicht wiederholen will. Zur kinetischen Gastheorie hat unlängst MINNAERT (*ds. Zeitschr.* 32, 69; 1919) eine Anzahl sehr lehrreicher Versuche mit den bekannten Stahlkugeln der Fahrradachsenlager angegeben. Wer sich ernstlich an das Gebiet

heran begibt, findet auch sonst in der schon vorhandenen Literatur Experimente mehr als genug.

Wo soll der Stoff geboten werden? Wahrscheinlich wird man über kurz oder lang auch in unseren Schullehrbüchern ein Sonderkapitel „Atomistik“ führen. Einstweilen dürfte es sich empfehlen, das Neue nach Möglichkeit an passenden Stellen anzuschließen, also die kinetische Wärmetheorie in der Wärmelehre (Gasgesetz s. o.), das Elementarquantum bei der Elektrolyse u. s. f. (s. u.). Unbedingt gefordert werden muß dagegen, daß endlich der „Korpuskularstrahlung“ ein Sonderkapitel der Elektrik zugebilligt wird und dieser wichtige Lehrstoff nicht, wie es heute noch nicht selten vorkommt, so nebenbei unter „Anwendungen des Funkeninduktors“ abgemacht wird, was ungefähr ebenso geistreich ist, wie wenn man die Fernrohre und Mikroskope in die Chemie als „Anwendungen des Glases“ verweisen wollte. Unsachgemäß ist aber auch die Vereinigung der Kathodenstrahlen usw. mit den Teslaexperimenten, Hertzchen Wellen und dergl. in einem Kapitel „Strahlungsercheinungen“. Diese letzteren gehören vielmehr naturgemäß hinter das Kapitel Induktion, die ersteren dagegen sind an die Elektrolyse anzuschließen. Auch mit der Gewohnheit, die Röntgenstrahlen unmittelbar mit den Kathodenstrahlen zu verknüpfen, muß man wohl endlich brechen. Sie gehören in ein besonderes Kapitel (s. u.), das erst nach Erledigung vieles anderen Stoffes fruchtbar ausgestaltet werden kann. Leider versagen in dieser Hinsicht die Lehrbücher bisher vollständig.

Im folgenden gebe ich nun eine kurze Übersicht über den Stoff, wie ich ihn seit Jahren an der realgymnasialen Studienanstalt behandle. Der Lehrplan derselben weicht ziemlich stark von dem der Knabenschulen ab. Man wird also die Stoffverteilung sinngemäß zu ändern haben. Der propädeutische Physikkursus der Studienanstalt umfaßt in U III und O III die Mechanik, in U II ist eine zweite Propädeutik der Mechanik vorgesehen, dagegen ist die Wärmelehre dort allerdings (unverständigerweise) als Abschluß gedacht. Ich kürze hier zugunsten eines nicht vorgesehenen, aber unbedingt nötigen Vorkursus in Galvanismus (besonders Elektrolyse, im Hinblick auf die Chemie) und bringe eine Ergänzung der Wärmelehre in U I im Anschluß an den Hauptlehrgang der Mechanik (die hier zum dritten Male kommt.) Der Chemiekursus ist noch weniger deutlich in zwei Stufen geschieden, doch kann die mit U II einsetzende ergänzende Wiederholung der Metalloide als Anfang des Hauptkurses betrachtet werden.

Die Atomistik verteilt sich nun auf diesen Plan folgendermaßen:

1. Als Einführung in die Physik überhaupt empfiehlt sich, auch wenn man kein Freund der „allgemeinen Eigenschaften der Körper“ ist, doch eine Betrachtung der Aggregatzustände, schon um die Schüler an den Begriff des Gases zu gewöhnen (Gewicht der Luft usw.). Hier knüpft sich sogleich eine Andeutung der Molekularhypothese an.

2. Die chemische Atomistik schon im ersten Chemieunterricht einzuführen hat zwar vielerlei gegen sich, aber doch noch mehr für sich. Ich richte mich da allerdings ziemlich stark nach der Fassungskraft der Klasse. Doch wird man im allgemeinen sagen dürfen, daß der geeignete Ort dafür im Anschluß an das Wasser und das Wasserstoffsperoxyd (einfachstes Beispiel für die multiplen Proportionen) gegeben ist. Eventuell kann man bis zur Salzsäure warten. In jedem Falle aber sollen die Schüler schon im ersten Jahr die DALTONSche Erklärung der Verbindung und das Wesen der Formelsprache an den allereinfachsten Fällen und mit Hilfe von Modellen (Holzkugeln) kennen lernen, dagegen ist eine ausführliche Besprechung der multiplen Proportionen und womöglich auch der Gasvolumina und der Avogadroschen Regel, wie das in einem verbreiteten Lehrbuch für Lyzeen und Studienanstalten (KLEIBER-SIEPERT) geschieht, entschieden hier viel zu schwierig. — Am Schluß des ersten Jahres kommen die beiden Alkalimetalle K und Na und das Ca dran, dann ist bei der Besprechung der Neutralisation Gelegenheit zur Einführung des Valenzbegriffes gegeben, und man

kann hier oder zu Anfang des zweiten Jahres auch sogleich das periodische System besprechen (s. o.).

3. Bei Beginn des ausführlichen Chemiekurses (U II der St. A.) wird dann eine eingehende Begründung der chemischen Atomistik gegeben. Hier geht man am zweckmäßigsten nicht vom Gesetz der multiplen Proportionen, sondern vom Gasvolumengesetz aus, weil aus diesem jenes sofort folgt, während der umgekehrte Weg für den Schüler viel schwerer zu überblicken ist<sup>1)</sup>. Die Avogadro'sche Regel schließt sich unmittelbar an. Ich halte es überdies für zweckmäßig, schon hier den Wert der Avogadro'schen Konstanten bzw. der Loschmidt'schen Zahl anzugeben, damit die Schüler einen konkreten Anhalt haben. Es ist ein großer Unterschied, ob man von „außerordentlich vielen“ oder von  $27\frac{1}{2}$  Trillion spricht und letztere Zahl durch Vergleiche veranschaulicht.

4. Die kinetische Wärmetheorie schon in der Unterstufe heranzuziehen empfiehlt sich m. E. nicht sonderlich. Hier dürfte vielmehr das rein phänomenologische Verfahren den Vorzug verdienen. Dagegen wird man die Theorie zweckmäßig im Oberstufenlehrgang (Studienanstalt U II, Knabenschule O II) möglichst bald einführen (Versuche mit Stahlkugeln s. o.). Die geeignetste Stelle dafür ist das Gasgesetz. Man behandle also die Wärmeausdehnung der festen und flüssigen Körper nicht zu ausführlich, verwende hinreichend lange Zeit auf das Gasgesetz und den Begriff der absoluten Temperatur und knüpfe hieran die Frage, was denn eigentlich der „absolute Nullpunkt“ bedeutet. Eine Herleitung der Druckformel  $p = \frac{1}{3} N m v^2$  usw. ist jedoch auf dieser Stufe noch nicht gut möglich. Ich verschiebe sie bis nach Erledigung der allgemeinen Mechanik in der U I. Die kinetische Hypothese bietet nun aber das Mittel, die ganze Wärmelehre weiterhin zunächst qualitativ unter dem molekulartheoretischen Gesichtspunkt zu betreiben. Mehr oder minder kommt sie einem fast überall zu statten. Ganz besonders erleichtert sie das sonst oft recht schwierige Kapitel der Aggregatzustandsänderungen (s. o.) und das Verständnis der beiden Hauptsätze. Ich bemerke betreffs der letzteren jedoch, daß m. E. für diese Stufe (U II bzw. O II) der zweite Hauptsatz noch zu schwierig ist. Man kann ihn in der Schule ja überhaupt kaum von Grund auf klar machen; was aber gebracht werden kann und muß, muß verschoben werden, bis die allgemeine Energielehre in der Mechanik absolviert ist. Wir kommen somit zu der Forderung,

5. einen weiteren Ausbau der kinetischen Theorie in der Prima im Anschluß an die allgemeine Mechanik zu bieten. Hierher gehört ja eigentlich sachgemäß auch dieser Teil der Wärmelehre, der im Grunde ja nichts anderes als „statistische Mechanik“ ist. Auf dieser Stufe empfiehlt es sich, zuerst einiges über die kolloidalen Lösungen zu bringen (Versuche), und dann vor allem die Brownsche Bewegung an geeigneten Flüssigkeiten, z. B. verdünnter Milch, zu zeigen. Die Hauptsache bildet jedoch auf dieser Stufe die theoretische Durcharbeitung. Ziemlich leicht und einfach ist die Ableitung der Druckformel<sup>2)</sup>, daraus die der Avogadro'schen Regel, der Geschwindigkeiten der Gasmoleküle, und der Sätze über die spezifischen Wärmen ( $Mc_v = 3$ , Dulong-Petit,  $c_p/c_v = 1,66$ ). Unzugänglich für die Schule ist leider die Ableitung der Weglänge aus der inneren Reibung und Diffusion und damit auch die erste von Loschmidt ausgeführte Berechnung der absoluten Anzahl der Moleküle (1865). Man muß diese aber als wichtiges historisches Ereignis natürlich erwähnen und kann hinzufügen, daß der gleiche Weg neuerdings bei den einatomigen Edelgasen durchaus zutreffende Ergebnisse gezeitigt hat. Es ist aber sehr erfreulich, daß ein anderer Weg auch rein mit den Mitteln der kinetischen Wärmetheorie in der Schule

<sup>1)</sup> Die Durchführung s. z. B. in meiner „Einführung in die allgemeine Chemie“ Aus Natur und Geisteswelt, B. G. Teubner, Leipzig. 2. Auflage 1920.

<sup>2)</sup> Diese und die in folgenden erwähnten Ableitungen sind in elementarer Form in der am Schluß angeführten Schrift des Verfassers enthalten.

gangbar ist, das ist der Weg PERRINS. Wenn die Schüler wissen, daß  $\int \frac{dx}{x} = \ln x$  ist, so ist die PERRINSche Ableitung keineswegs schwierig, andernfalls kann durch einen etwas umständlichen Vergleich mit der barometrischen Höhenformel die Integration umgangen werden, doch steht bei derartigen „elementaren“ Ableitungen bekanntlich fast immer der Aufwand an Mitteln in keinem rechten Verhältnis zum erreichten Ziele. Wo es irgend geht, bringe man aber die PERRINSche Ableitung möglichst im Anschluß an das barometrische Gesetz.

Wir kommen nunmehr zu dem schon in dem angeführten Aufsatz ausführlicher erörterten Kapitel „Ionen und Elektronen“. Es liegt in der Richtung der hier aufgestellten Forderungen, daß entweder die ganze Elektrik an den Schluß des Unterrichts gestellt, oder aber zum mindesten die fraglichen Kapitel, also elektrische Wellen, Lichttheorie, Korpuskularstrahlung, Röntgenstrahlen und Radioaktivität abgetrennt und an den Schluß gerückt werden müssen, weil hier ohne die Voraussetzungen der allgemeinen Mechanik nichts Positives zu leisten ist.

6. Als Propädeutik für diese Dinge ist eine schon in der physikalischen Unterstufe gegebene und eventuell im Chemieunterricht wiederholte Behandlung der Elektrolyse zu betrachten. Wie weit man dabei schon in der Dissoziationstheorie gehen will, mag dem Urteil des Einzelnen überlassen sein. Jedenfalls dürfte es sich empfehlen, die genauere Begründung derselben durch das sog. RAOULT- van't HOFFsche Gesetz erst bei der Wiederholung, welche dem endgültigen Lehrgang der Ionentheorie vorausgeht, zu geben.

7. Dieser Ausbau der Ionentheorie beginnt in der Weise, wie es a. a. O. dargelegt wurde, mit der an das Faradaysche Gesetz angeknüpften Einführung der Begriffe „Elementarquantum“ und „spezifische Ladung“ ( $e/m_H = 96\,540$ ). Es folgen dann Ionisation der Gase, Sättigungsstrom, Kathoden- und Kanalstrahlen, Photokathodenstrahlen, Anoden- und Glühkathodenstrahlen. Die Berechnung von  $e/m$  aus der elektrischen und magnetischen Ablenkung sollte dabei unter keinen Umständen fehlen (Versuche mit der Braunschen Röhre); wo es irgend geht, wird man auch die elektromagnetische Masse und daraus den Radius des Elektrons berechnen. Schon hier ergibt sich ein sehr weiter Ausblick<sup>1)</sup>.

Der nun noch übrige Stoff läßt sich sachgemäß in die drei Kapitel Röntgenstrahlung, Radioaktivität und Spektraltheorie gliedern. Ich empfehle jedoch das zweite zu teilen und

8. die radioaktive Strahlung, zunächst die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung, sogleich an die Korpuskularstrahlung in den Geißlerschen Röhren anzuschließen. Hierher gehören dann weiter die verschiedenen Methoden der Bestimmung von  $e$  durch Zählung der  $\alpha$ -Teilchen (RUTHERFORD, GEIGER, REGENER, DEWAR, THOMSON u. a.), woran sich naturgemäß auch WILSONS Photographien und MILLIKANS und EHRENHAFTS Messungen des Elementarquantums anschließen. Ferner ist hier über die Veränderlichkeit der Masse der  $\beta$ -Strahlen (ABRAHAM-KAUFMANN) das Notwendige zu sagen. Darauf folgt nun zweckmäßig

9. das Kapitel „Röntgenstrahlen und Kristallstruktur“ etwa in folgender Anordnung: Röntgens Entdeckung, Anwendungen, Natur der Röntgenstrahlen?, Bestimmung der Geschwindigkeit (MARX), v. LAUES Gedanke (Bilder), andere Beugungsmethoden, Kristallstruktur (Gittertheorien), Wellenlänge der Röntgenstrahlen, charakteristische Röntgenstrahlung der Elemente (K, L, M), MOSELEYS Gesetz und „lineares System“ der Elemente. Hierdurch wird der Schüler zum ersten Male vor die Entdeckung gestellt, daß nicht das Atomgewicht, sondern die Ordnungszahl das entscheidende Merkmal ist. So ist er für eine nun

<sup>1)</sup> Der nächste Jahrgang der Zeitschrift wird von anderer Seite Vorschläge für einen Lehrgang der Elektrizitätslehre unter Heranziehung der Elektronentheorie bringen. Die Schriftleitung.

10. zu gebende Erörterung des RUTHERFORDschen Atommodells vorbereitet, dessen Hauptsatz (Ordnungszahl = Kernladung = Elektronenzahl) leider in der Schule nicht exakt begründet werden kann, da die RUTHERFORD-DARWINSchen und BARKLAschen Untersuchungen über die Zerstreuung der  $\alpha$ -Strahlen und der Röntgenstrahlen für die Schule zu schwierig sind<sup>1)</sup>. Man muß sich also mit einem Bericht darüber begnügen, wird aber trotzdem einige Zeit darauf verwenden, von hier aus nun den Unterschied in den optischen und Röntgenspektren, die Einteilung der Eigenschaften eines Elementes in solche der äußeren Elektronen, der inneren Elektronen und des Kerns usw. zu erläutern. Auch KOSSELS tiefgehende Untersuchungen zum periodischen System<sup>2)</sup> können kurz gestreift werden (sehr geeignet für Schülervortrag). Damit ist nun genügend der Aufstieg zum Gipfel vorbereitet, der

11. PLANCK-BOHRschen Spektraltheorie. Hier ist eine Wiederholung der Spektralanalyse zunächst angezeigt, sodann kann man einen kurzen Einblick in die Theorie der Dispersion als Resonanzerscheinung geben (Bestätigung der MAXWELLSchen Lichttheorie durch die Ergebnisse im Ultraroten). Nun folgt das KIRCHHOFFsche Gesetz und die PLANCKsche Energiekurve, für die man, wenn die Schüler an Infinitesimalrechnung gewöhnt sind, auch die Formel angeben und daraus leicht das WIENSche und das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz ableiten kann (Sonnentemperatur!). Allerdings ist die theoretische Begründung der PLANCKschen Formel in der Schule unmöglich. Man muß sich darauf beschränken mitzuteilen, daß und warum die Annahmen der klassischen „statistischen Mechanik“ (Satz von der gleichmäßigen Energieverteilung) zum falschen Ergebnis — RAYLEIGHs Strahlungsformel — führen, und daß PLANCK durch die Einführung der zunächst so sonderbaren Hypothese des „Wirkungsquantums“ die Schwierigkeit gelöst hat<sup>3)</sup>. Von den kontinuierlichen wendet sich die Erörterung den Linienspektren zu. Wir schildern BALMERS Entdeckung des Seriengesetzes, und führen schließlich den Schüler auf die Höhe der BOHRschen Theorie des Wasserstoffspektrums. Die Ableitung ist ganz elementar, man braucht nur die HUYGENSSche Formel für die Zentripetalkraft und das COULOMBSche Gesetz, sowie die BOHRsche „Quantenbedingung“. Wer Zeit und Mut hat, mag hier den ZEEMANNEffekt anschließen, die elementare Theorie desselben nach LORENTZ entwickeln und auf den Widerspruch zwischen dieser und der BOHRschen hinweisen. Von diesem Gipfel moderner Forschung führen wir den Schüler auf einen anderen hinüber, der vielleicht einen noch weiteren Ausblick gewährt:

12. Die Radioaktivität wird wieder aufgenommen, nunmehr die Umwandlungsgesetze und die Umwandlungsreihen erörtert, und der Begriff der isotopen Elemente eingeführt. Hieran schließt sich sogleich das SODDY-FAJANSsche Gesetz mit seiner Erklärung aus RUTHERFORDs Modell und die Frage, ob es nicht auch bei anderen, nicht radioaktiven Elementen Isotopie gibt. Diese Frage wird mit ASTONS wundervollen „Massenspektrogrammen“ (Bilder vorführen!) bejaht und unter Heranziehung der alten PROUTSchen Hypothese die Frage der Einheit des Stoffs diskutiert. Den Schluß bilden RUTHERFORDs letzte Untersuchungen zur Kernspaltung.

In bezug auf alle weiteren Einzelheiten verweise ich auf mein soeben (bei S. Hirzel in Leipzig) erscheinendes Werkchen „Grundriß der neueren Atomistik“, welches in einem „mathematischen Anhang“ auch die vorerwähnten mathematischen Ableitungen in elementarer Form bringt.

<sup>1)</sup> S. d. z. B. in Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 2. Auflage 1920.

<sup>2)</sup> Kossel, Valenzkräfte und Röntgenspektren. Springer, Berlin 1921.

<sup>3)</sup> Zur Orientierung sei auf die einführenden Schriften von Reiche (ds. Jahrg. S. 235) und Valentiner (ds. Zeitschr. 34, 237) verwiesen.

# Ein Versuch zur Messung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

Von Dr. A. Wendler in Erlangen.

## I. Beschreibung des Apparates.

Die Zusammensetzung des Apparates aus einfachen, in jeder physikalischen Sammlung vorhandenen Hilfsmitteln ist aus beistehenden Abbildungen zu ersehen. Die mechanische Arbeit wird in Form von Reibungswärme mittelst eines Reibungskorkes direkt auf ein Thermometersystem übertragen. Als Drehachse dienen nämlich die beiden gegeneinandergestellten Quecksilbergefäße von zwei horizontal gehaltenen gleichartigen Thermometern, die durch vier Klammern längs eines wagerecht gelegten, hinter beiden Thermometern vorbei geführten Stativstabes vollständig fixiert sind und

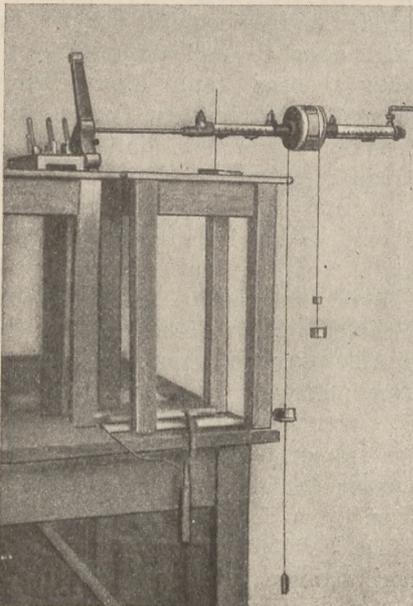


Fig. 1.

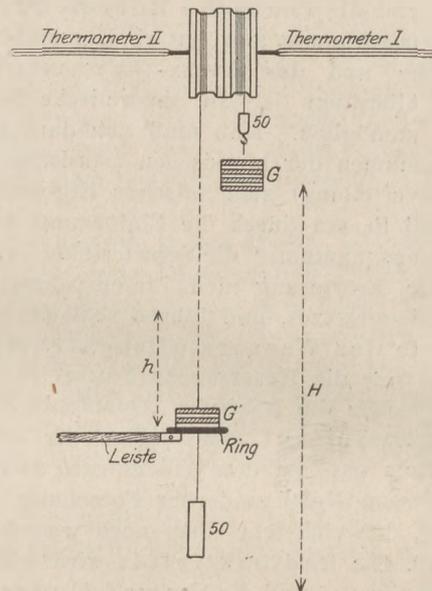


Fig. 2.

sich also selbst nicht drehen können. Der durch Stifte zusammengehaltene Doppelkork trägt in zwei eingefeilten Rinnen zwei gegensinnig laufende Schnüre, die je durch ein Anhängengewicht (von 50 g) gespannt gehalten sind. Das obere Spanngewicht ist ein gewöhnliches Bleigewicht, das untere ein zur Fallmaschine gehöriger Messingzylinder, beide von 50 g. Wird nun oben (rechts) das Fallgewicht  $G$  (bestehend aus sieben Tellerengewichten von je 50 g des Hebelmodelles) eingehängt, so wickelt sich unter Drehung des Korkes der rechte vordere Schnurlauf ab (Gesamthöhe =  $H$ ), während sich der linke hintere Schnurlauf unter Mitnahme des unteren Spanngewichtes (50 g) um den gleichen Betrag  $H$  aufwickelt. Der sich beschleunigende Ablauf kommt dadurch zum Stillstand, daß der linke Spannzylinder durch den in passender Höhe am Tisch befestigten Ring der Fallmaschine gehen und in diesem Moment ein Gewicht  $G'$  (bestehend aus vier Tellerengewichten von je 50 g) mitnehmen muß (Hubhöhe  $h$ ).

Die Ablesung der beiden völlig gleichen, der Sammlung für die Schülerübungen entnommenen Thermometer geschieht mit einer Lupe.

## II. Berechnung.

Sieht man von den kleinen durch Trägheitsmoment und Seilsteifigkeit bedingten Korrekturgrößen ab, so ist die gesamte in Wärme umgesetzte Arbeit durch den Ausdruck  $(G + 50) \cdot H - (50 \cdot H + G' \cdot h) = G \cdot H - G' \cdot h$  gegeben.

Der entstandene Wärmebetrag verteilt sich in meßbarer Weise auf die beiden Thermometer und in unkontrollierbarer Weise auf die berührenden Korkschichten. Strahlungsverluste sind mit Rücksicht auf die Anordnung der Thermometer und der sehr kurzen Dauer eines Fallversuches zu vernachlässigen.

Für den auf die Thermometer entfallenden Teil des Wärmebetrages ist zunächst die Kenntnis des Thermometerwasserwertes notwendig. Zu diesem Zweck taucht man das vorher um 20–30° erwärmte Thermometer rasch in eine gewogene Wassermenge und beobachtet die Endtemperatur. Es ist  $w = m \cdot \frac{a - a_0}{A - a}$ , wenn  $m$  die Wassermenge,  $a_0$  deren Anfangstemperatur,  $a$  die Endtemperatur und  $A$  die Temperatur unmittelbar vor dem Eintauchen ist.

Vorteilhafter ist es, wegen der schärferen Einstellung der Endtemperatur, das Thermometer nicht auf höhere Temperatur zu erwärmen, sondern durch Ätherverdunstung auf etwa –5° abzukühlen und dann in Wasser von Zimmertemperatur zu tauchen. Auch empfiehlt es sich, Quecksilber statt Wasser zu benutzen. Nach dieser Methode fand ich unter Berücksichtigung des Wasserwertes des 5 g wiegenden Reagenzgläschens den Mittelwert  $w = 0,281$  aus fünf verschiedenen Messungen.

Der auf den Kork entfallende Anteil der Erwärmung kann durch einen bekannten Kunstgriff berücksichtigt werden<sup>1)</sup>. Es hatte sich nämlich durch Vorversuche ergeben, daß bei den zur Verfügung stehenden Größen von  $G$ ,  $G'$ ,  $H$  ein Temperaturanstieg ergibt, der zwischen 1 und 1,5° liegt. Man kühlt nun vor Einhängen des Treibgewichtes  $G$  beide Thermometer durch Benetzen mit Äther am oberen Rand der Quecksilbergefäße so weit, daß die Temperatur etwa 2°–3° unter die stationäre Anfangstemperatur  $t_0$  sinkt und wartet dann beim Anstieg ab, bis die Temperatur noch 1,5° von der stationären Ablesung entfernt ist. Man liest nun diese Temperatur  $t_0 - 1,5 = t$  ab, hängt  $G$  ein und bestimmt die Maximaltemperatur  $T$ ; dann ist  $T - t = \Delta t$  der in die Rechnung eingehende Wert. Ergibt das eine Thermometer  $\Delta t_1$ , das andere  $\Delta t_2$ , so wäre eigentlich mit  $\frac{1}{2} \cdot (\Delta t_1 + \Delta t_2)$  zu rechnen, was die gleichzeitige Ablesung durch zwei Personen voraussetzen würde. Wie die Versuche gezeigt haben, genügt die eine Ablesung  $\Delta t$  vollkommen und man hat somit für das Wärmeäquivalent die Gleichung:

$$G \cdot H - G' \cdot h = \kappa 2 w \cdot \Delta t.$$

Die von mir und meinem Parallelkollegen gefundenen Probemessungen ergaben die Werte 410; 427; 454; 405; 429; 422; 439, also im Mittel **426,7**. Die Abweichung des kleinsten und größten Wertes von dem, dem wahren Werte sehr nahe kommenden Mittelwert beträgt also 5–6%. Die Schwankungen können verringert werden, wenn man an Stelle der von mir benutzten Fünftelgradthermometer (mit Papierskalen) Zehntelgradthermometer verwenden kann.

Der angegebene Kunstgriff der vorherigen Abkühlung unter der Zimmertemperatur ermöglicht es, auch mehrere Messungen fortlaufend hintereinander ausführen zu können, so daß leicht in einer Stunde eine genügende Anzahl zur Bildung eines guten Mittelwertes gewonnen werden kann. Außerdem könnte man bei der Einfachheit der verwendeten Hilfsmittel leicht noch einen zweiten Apparat der gleichen Art zusammensetzen, der von einer zweiten Schülergruppe zu bedienen wäre. Ich schätze, daß bei Verwendung von Zehntelgradthermometern die Abweichungen von dem Normalwert 427 auf 1–2% reduziert werden können.

<sup>1)</sup> Nach Ansicht der Schriftleitung ist dieser Kunstgriff nur im Hinblick auf die Konstanthaltung der erreichten Endtemperatur von Vorteil.

## Ein einfacher Apparat zur Erzeugung großer Wirbelringe.

Von Hofrat Dr. Karl Rosenberg in Graz.

Will man große Rauchringe — richtiger: Luft-Wirbelringe, die durch Rauch sichtbar gemacht werden — erzeugen, so muß man die dafür zumeist üblichen Apparate<sup>1)</sup> derart abändern, daß einerseits die Ausstoßöffnung hinreichend groß ist und daß andererseits durch den auf die elastische Abschlußwand ausgeübten Schlag eine möglichst große Luftmenge aus dem Apparate hinausgestoßen wird. Beides führt zur Konstruktion von sehr großen und daher unbequemen Vorrichtungen und zu Schwierigkeiten in der Ausführung der elastischen Abschlußwand<sup>2)</sup>. In Erkenntnis dieser Umstände habe ich mir einen Apparat verfertigt, der fast kostenlos herstellbar und dabei sehr leistungsfähig ist. Er besteht aus einem leichten, oben offenen Holzkistchen von etwa 40 cm Länge, 30 cm Breite und 30 cm Höhe. Das Kistchen ist oben durch einen Deckel (ähnlich wie eine gewöhnliche Pappschachtel) verschließbar. Empfehlenswert wäre es, den übergreifenden Teil dieses Deckels innen mit einem Streifen aus langhaarigem Plüsch auszukleben, um einen völlig rauchdichten Abschluß zu erzielen. Etwas unterhalb von der Mitte der Stirnwand wie in der gegenüberliegenden Wand ist je eine kreisrunde Öffnung von 12—15 cm Durchmesser recht sauber ausgeschnitten (Fig. 1). Um die Größe und die Gestalt dieser

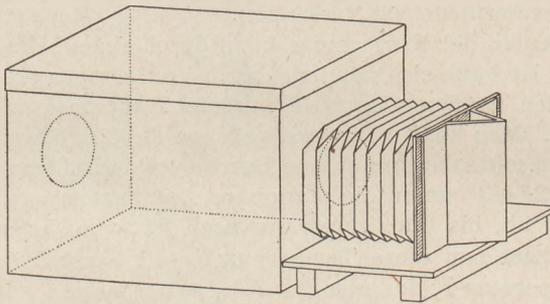


Fig. 1.

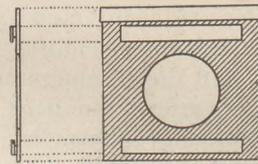


Fig. 2.

Ausstoßöffnung abändern zu können, ist durch Aufleimen von Pappe- oder Holzstreifen (eventuell auch durch gleichzeitige Befestigung dieser Streifen mit Nägeln) oberhalb und unterhalb von dieser Öffnung je ein Schlitz hergestellt, so daß man Papptafeln mit den entsprechenden Ausschnitten einschieben kann. (Fig. 2 deutet diese Einrichtung der Stirnwand von der Seite und von vorne gesehen an.) Zum Herausstoßen der Luft verwende ich einen Blasebalg, ähnlich dem Balge eines photographischen Apparates (Fig. 1); seine Abmessung beträgt etwa 16—20 cm im Quadrate. In Friedenszeiten konnte man solche Bälge aus Kaliko mit Lederecken in sehr sauberer Ausführung von den Fabriken photographischer Apparate sehr billig erstehen; es kostete beispielsweise ein quadratischer Balg für 13 : 18 cm mit 45 cm Auszugslänge nur 4—5 Mk.! Gegenwärtig wird man freilich an die allerdings höchst einfache Selbstherstellung denken müssen. Als Material genügt in diesem Falle recht dünne graue Pappe (wie sie u. a. die Buchhändler zum Einschlagen größerer Bücherballen verwenden) oder auch gutes Zeichenpapier. Die Arbeit wird man zunächst einmal mit gewöhnlichem Schreibpapier oder Packpapier einüben. Man zeichnet sich auf diesem Papier eine Schar von parallelen Geraden im gegenseitigen Abstände von

<sup>1)</sup> „Luftstoßapparat“ von Weinhold (Phys. Demonstrationen, 4. Aufl., S. 251, auch mein Experimentierbuch, I. Bd., 4. Aufl., S. 351.)

<sup>2)</sup> So hatte z. B. der von R. W. Wood (H. Hahn, Freihandversuche, II. Bd., S. 366) beschriebene Apparat einen Rauminhalt von 1 m<sup>3</sup>.

je 2—2,5 cm (Fig. 3). An jenen Stellen, wo der Balg zu einer Seitenkante seiner prismatischen Gestalt umgebogen werden soll, werden diese parallelen Geraden durch ein Zickzack von unter  $45^\circ$  geneigten Zwischenlinien durchsetzt (Fig. 3). Ist in dieser Weise das Netz des Balges — der ohne irgend ein Einschneiden aus einem rechteckigen Blatt Papier oder Pappe durch bloßes Zusammenbiegen hergestellt wird<sup>1)</sup> — gezeichnet, so schreitet man zum Falten des Balges, welche einfache Arbeit sich nun freilich leichter zeigen als beschreiben läßt. Zunächst werden die Büge nach der ganzen Länge des Blattes (nach den gezeichneten Parallelen) ausgeführt, und zwar ist es nötig, die Pappe längs dieser Büge durch wiederholtes Hin- und Zurückbiegen und jedesmaliges Ausstreifen mit einem harten Falzbein möglichst gelenkig zu machen. Einritzen mit dem Federmesser ist dabei zu vermeiden, weil sonst an den später entstehenden Ecken des Balges leicht kleine Risse entstehen können. Dann wird die Pappe längs der einzelnen kurzen Zickzackstriche gebogen; dieser Teil der Arbeit ist der schwierigste und mühsamste; er ist aber doch zu bewältigen, wenn man die Faltenbreite nicht zu klein wählt (wie oben gesagt 2—2,5 cm). Das Weitere ergibt sich sozusagen von selbst, wenn man sich vor Augen hält, daß z. B. nach Fig. 3 die Biegung von 1—2 nach vorn, von 2—3 nach hinten, von 3—4 wieder nach vorn, ferner die Biegung von 5—6 nach hinten, von 6—7 nach vorn, von 7—8 wieder nach hinten usw. gedrückt werden muß<sup>2)</sup>. Drei von den prismatischen Seitenwänden des Balges ergeben sich dadurch unmittelbar, die vierte wird durch Zusammenkleben der äußeren Teile der Netzfigur geschlossen, von denen Fig. 3 den links von der ersten Zickzacklinie liegenden Teil erkennen läßt; ebenso ist rechts neben der vierten Zickzacklinie ein gleicher äußerer Teil vorzusehen. Diese beiden äußeren Teile passen Falte auf Falte übereinander, so daß sich durch entsprechendes Übereinanderlegen und Verkleben die vierte Seitenwand des Balges ergibt. Es genügt, den Balg mit 8—10 Falten anzufertigen. Der fertige Balg wird dann durch Streifen von starkem Papier an der einen kurzen Seitenwand des Kistchens so befestigt, daß die Wände des Balges den kreisrunden Ausschnitt dieser Wand überall gleichweit umgeben. Früher schon hat man die zweite Basisöffnung des Balges mit einem quadratischen Stücke aus starker Pappe oder mit einem dünnen Brettchen überdeckt (in Fig. 1 schraffiert gezeichnet) und wieder mittels aufgeklebter Papierstreifen ringum luftdicht abgeschlossen. Ein dreimal winkelig gebogenes Stück starker Pappe wird, wie die Figur zeigt, an der Rückseite dieser Abschlußwand angeklebt<sup>3)</sup> und dient als Handhabe beim Zusammenschieben und Öffnen des Balges; zugleich stützt sich damit die Rückwand des Balges auf ein kleines Bänkchen, das aus einem Holzbrette und zwei darunter festgenagelten Holzleisten unschwer herzustellen ist. Für die Aufbewahrung des ganzen Apparates kann man dieses Holzbänkchen sowie die übrigen Nebenbestandteile in dem Kistchen selbst unterbringen, den Balg ganz zusammendrücken und mittels eines starken, in der Höhenmitte des Kistchens herumgeschlungenen Bindfadens festhalten.

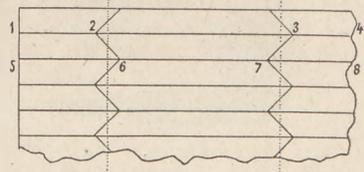


Fig. 3.

Zur Füllung des Kistchens mit dichtem und hinlänglich haltbarem Rauche scheint mir einfacher Tabakrauch den häufig empfohlenen Salmiaknebeln gegenüber aus mehrfachen Gründen weitaus vorzuziehen. Man stopft eine kurze Pfeife mit leicht

<sup>1)</sup> Es bildet nebenbei bemerkt einen interessanten Fall eines „abwickelbaren Vielfachs“ (Christ. Wiener, Lehrbuch der darstellenden Geometrie, II. Bd, S. 30).

<sup>2)</sup> Ein praktischer Experimentalphysiker wird übrigens derartige einfache Bälge auch für andere Zwecke ausnützen. So bilden sie u. a. vorzügliche „Lichtschlote“, um bei optischen Versuchen gelegentlich seitlich auftretendes und störendes Seitenlicht abblenden zu können.

<sup>3)</sup> Zu allen erwähnten Klebearbeiten wird guter, nicht zu dickflüssiger Tischlerleim verwendet.

brennendem, trockenem Tabak bis zur Hälfte an, setzt diesen in Brand und verschließt dann die Pfeifenmündung (Fig. 4) mit einem Korke, durch den ein kurzes, knieförmig gebogenes Glasrohr hindurchgeht; an dieses wird ein kurzes Stück Gummischlauch angesetzt. Bläst man nun durch den Schlauch gleichmäßig Luft ein, so strömt aus dem Mundstücke der Pfeife ein dichter Rauchstrahl, den man durch die Ausstoßöffnung des Kistchens ins Innere einströmen läßt. In 1—2 Minuten ist das Kistchen mit dichtem Rauche gefüllt. Stößt man nun die Abschlußwand des Balges um etwa 1—2 dm mit kräftigem Rucke nach vorne, so schießt bei Verwendung der größten Ausstoßöffnung ein großer Rauchring von 20—30 cm Durchmesser aus der Öffnung, der sich bei einigermaßen ruhiger Luft 6—8 m mit gleichförmiger Geschwindigkeit vorwärtsbewegt. Nach langsamem Zurückziehen der Abschlußwand ist der Apparat für einen zweiten Ring schußbereit usw. Höchst eindrucksvoll gestaltet sich der Versuch, wenn man in 6—8 m Entfernung dem Kistchen gegenüber einen elektrischen Projektionsapparat aufstellt, so daß der Rauchring sich in der Längsrichtung des Lichtkegels bewegt. Ein derartiger großer Wirbelring besitzt übrigens auch eine ziemliche Bewegungsenergie. Eine Kerzenflamme wird natürlich auf große Entfernung sicher ausgelöscht, wenn sie vom Rauchringe getroffen wird.

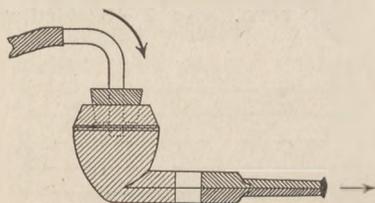


Fig. 4.

Es wird aber auch ein hochkant gestellter Schachteldeckel umgeworfen, eine Fahne aus Seidenpapier kräftig weggeblasen und förmlich eingerollt usw. Verwendet man eine kreisrunde Ausstoßöffnung von nur 2—4 cm Durchmesser und drückt die Abschlußwand ganz langsam und nur wenig vorwärts, so quillt ein kleinerer, aber sehr wulstiger Rauchring heraus, an dem man den Bewegungssinn der einzelnen, höchst zierlichen Wirbeläden (wieder bei Beleuchtung mit elektrischem Lichte)

sehr genau beobachten kann. Interessant ist es, daß auch bei ziemlich raschem Zurückbewegen der Abschlußwand ein Rauchring aus der (gleichfalls klein zu wählenden) Ausstoßöffnung herausdringt. Da dies aber immer etwas später (wenn auch ganz wenig, so doch deutlich später) geschieht, erkennt man leicht, daß in diesem Falle die in den plötzlich vergrößerten Innenraum hineinstürzende Luftmasse von der Rückwand des Balges zurückprallt und dadurch das Hinausdrängen des Wirbelringes verursacht. Empfehlenswert ist auch ein Versuch mit einer elliptischen<sup>1)</sup> Ausstoßöffnung (Achsenlängen etwa 8 cm und 4 cm). Der in elliptischer Form hinausdringende Rauchring zeigt deutliche Schwingungen, indem die anfänglich wagerecht liegende große Achse des Ringes sich verkürzt, die lotrecht stehende kleine Achse dagegen verlängert, worauf dieser Vorgang sich umkehrt usw.<sup>2)</sup> Weniger befriedigten mich die zahlreichen anderen, häufig beschriebenen Versuche mit 2, 3 usw. kreisrunden oder anders geformten Ausstoßöffnungen, da die Ergebnisse nur zuweilen gelingen, viel häufiger aber unbefriedigend verlaufen.

Am Schlusse der Versuche öffnet man den oberen Deckel des Kistchens, bläst den restlichen Rauch heraus und wiederholt nun den Versuch mit der Seidenpapierfahne, der genau ebenso wie früher verläuft. Die Schüler gewinnen dadurch die Überzeugung, daß bei allen diesen Versuchen aus dem Apparate Luftringe hinausgestoßen werden und der Rauch nur den Zweck hat, diese unsichtbaren Wirbelringe sichtbar zu machen.

<sup>1)</sup> Zum Ausschneiden sehr scharfkantiger, kreisrunder Öffnungen aus harter, nicht zu dicker Pappe (alte Buchdeckel u. dgl.) leistet ein Schneidezirkel (vgl. mein Experimentierbuch, I. Bd., 4. Aufl., S. 311) unübertrefflich gute Dienste. Selbst für die elliptische Öffnung kann man dabei unter Verwendung der bekannten Krümmungskreise den größten Teil der Öffnung sehr sauber ausschneiden.

<sup>2)</sup> Dieselbe Erscheinung zeigen zumeist auch jene Rauchringe, die geübte Raucher mit dem Munde hervorbringen, da die Mundöffnung wohl auch kaum genau kreisrund sein dürfte.

## Ein Vorlesungsversuch über das Wärmeleitungsvermögen des Wassers.

Von Hofrat Dr. Karl Rosenberg in Graz.

Anläßlich einer volkstümlichen Vortragsreihe über die Physik der Flüssigkeiten wollte ich das geringe Wärmeleitungsvermögen des Wassers durch einen etwas eleganteren Vorlesungsversuch nachweisen und habe mir dazu die nachfolgend beschriebene einfache Vorrichtung zusammengestellt. Zwei etwas größere Proberöhren von etwa 3 cm Weite und 14 cm Länge werden an ihrer Außenseite mit farbenthermoskopischen Stoffen<sup>1)</sup> überzogen, indem man auf jede Proberöhre je einen etwa 1 cm breiten Streifen des kanariengelben Silberquecksilberjodids ( $2\text{AgJ} \cdot \text{HgJ}_2$ ) und des zinnroten Kupferquecksilberjodids ( $\text{Cu}_2\text{J}_2 \cdot \text{HgJ}_2$ ) der ganzen Länge nach aufträgt (Fig. 1). Als Bindemittel ist eine Lösung von Dammarharz in Terpentinöl zu empfehlen; der Anstrich wird nach einigen Tagen hinlänglich fest geworden sein. Aus etwas stärkerem Drahte wird sodann (nach Fig. 1, a, b) ein Hälter hergestellt, in dessen beide Ringe die Proberöhren eingehängt werden. Dieser Drahhälter wird mit seinen beiden Enden in die Klammern von zwei Bunsenstativen (oder in zwei auf Tischchen aufgestellten Holtzschen Fußklemmen) so befestigt, daß die Proberöhren frei über dem Experimentiertische schweben. Beide Proberöhren werden bis auf gleiche Höhe — bis zum oberen Ende der farbigen Streifen — mit destilliertem Wasser gefüllt. In das Wasser der beiden Proberöhren werden zwei kleine elektrische Heizspiralen eingeführt, deren Konstruktion aus Fig. 2 ohne weiteres klar sein dürfte. Die starken Linien stellen etwa  $1\frac{1}{2}$  mm starke Kupferdrähte vor. Die beiden Spiralen werden aus zwei gleich langen Stückchen von etwa  $\frac{1}{2}$  mm starkem Neusilber- (Nickelin-, Manganin- oder Konstantan-) Drahte über einen Glasstab von 3—5 mm Dicke recht eng gewickelt, mit ihren Enden um die Enden der Kupferdrähte geschlungen und dort festgelötet.

Die Länge dieser Heizdrähte wird man natürlich nach der verfügbaren Stromquelle wählen. Bei meinem Apparate sind ungefähr 6 cm lange Drahtstücke spiralisiert worden und geht bei Benützung der Starkstromleitung von 150 Volt und Vorschaltung von 14 Ohm ein Strom von etwa 10 Ampere durch die hintereinandergeschalteten Spiralen hindurch. Aus der Figur ist ersichtlich, daß die eine Spirale etwa 2 cm unter dem Wasserspiegel der ersten Proberöhre zu liegen kommt, während die zweite Spirale nahe der Bodenfläche der zweiten Proberöhre ihren Platz findet. Die starken Kupferdrähte, welche die Stromzuführung und Wegführung vermitteln, sind durch zwei Korke geführt, die in die Proberöhren eingesetzt werden. Jeder Kork ist in der Mitte durchbohrt, um warme Luft und Wasserdampf abströmen zu lassen. Auch erhält jeder Kork in seinem oberen Teile in der Richtung des in der Bildebene liegenden Durchmessers einen Einschnitt, in den die wagerecht abgeboogenen Drahtteile zu liegen kommen; dadurch ist eine

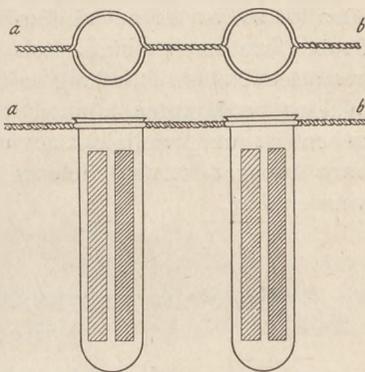


Fig. 1.

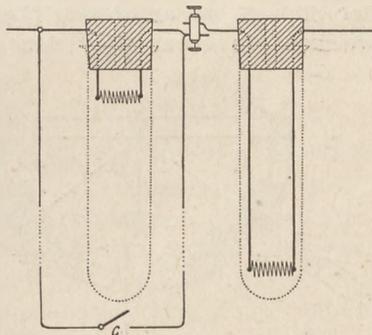


Fig. 2.

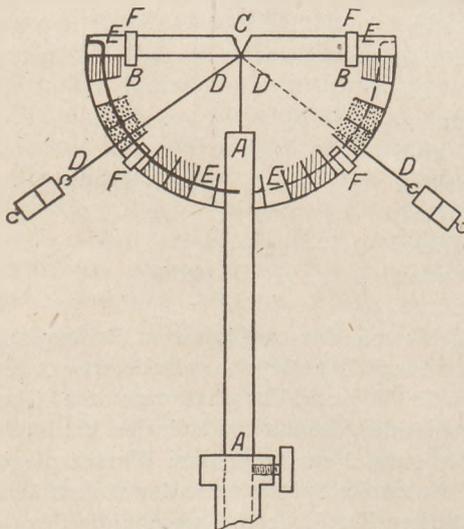
<sup>1)</sup> Vgl. mein Experimentierbuch, I. Band, 4. Aufl. S. 194 ff.

gewisse Starrheit der Heizdrähte gesichert, auch kann durch kleine Verschiebungen der in die Proberöhren eingedrückten Korke erreicht werden, daß die Heizspiralen in der Mitte der Proberöhren liegen und nirgends die Glaswand berühren. Ist alles vorbereitet und wird der Strom geschlossen, so erhitzt sich schon nach 1—2 Minuten die obere Wasserschicht der ersten Proberöhre bis zum Sieden. Bereits früher ändert sich die Farbe des gelben Anstriches in Orangerot (bei ca.  $45^{\circ}$ ), etwas später (bei ca.  $70^{\circ}$ ) die Farbe des roten Anstriches in Schwarzbraun. Es dauert nun aber beträchtliche Zeit, bis sich einerseits diese Farbenänderung in der ersten Proberöhre erheblich nach unten verbreitet (geringes Wärmeleitungsvermögen des Wasser) und bis andererseits die Farbenanstriche der zweiten Proberöhre eine Erwärmung des Wasserinhaltes, dort aber in der ganzen Höhererstreckung der Proberöhre anzeigen (Erwärmung durch Konvektion). Will man den Versuch so lange ausdehnen, bis das letztere eintritt, so ist es notwendig (wie Fig. 2 andeutet), den Heizapparat in der ersten Proberöhre nach einiger Zeit durch eine mit einem einfachen Stromschlüssel  $c$  ausgestattete Nebenschließung mindestens zeitweilig auszuschalten, da sonst dort so viel Wasser verdampfen könnte, daß die Heizspirale nicht mehr ringsum von Wasser umgeben ist und vielleicht sogar glühend werden könnte. Der fast kostenlos herstellbare Apparat ist natürlich zu beliebiger häufiger Wiederholung des Versuches dauernd verwendbar.

## Ein Schwungmaschinenaufsatz für das Cosinus-Gesetz beim Zentrifugalpendel.

Von Friedrich C. G. Müller in Berlin Lichterfelde-West.

Ein aus Holz oder Metall gedrehter, in die Spindel der Schwungmaschine passender Stab  $A$  ist an seinem oberen Ende mit einem axialen Sägeschnitt versehen, in welchen ein etwas über den Halbkreis



hinausgehendes Kreissegment  $B$  von 12 cm Durchmesser aus Blech so, wie die nebenstehende Figur zeigt, befestigt ist. Der Mittelpunkt des Halbkreises ist durch den Kerb  $C$  bezeichnet. In diesen Kerb wird der mit gleichen Gewichten beschwerte Faden  $D$  gehängt, so daß zwei gleich lange Zentrifugalpendel entstehen, das eine vor, das andere hinter dem Halbkreis. Zur Führung der Pendelfäden dienen 5 mm vor bzw. hinter  $B$  angebrachte Drahtbügel  $E$ , die oben an den Blechrand gelötet und mit ihren umgebogenen und zugespitzten unteren Enden in die Achse  $A$  befestigt sind. Auf der Vorderseite ist auf das Blech ein kongruentes Kartonssegment mittels kleiner Blechklammern  $F$  befestigt. Die darauf gezeichnete Kreisteilung geht nur nach Dekaden; die Einzelgrade werden durch Schätzung abgelesen. Die beiden Felder um  $30^{\circ}$  sind grün, die

um  $60^{\circ}$  rot ausgetuscht. Der Aufhängefaden ist zweckmäßig blau. Wenn alles richtig angefertigt und eingestellt worden, wird bei der Rotation der Punkt  $C$  und die Mittellinie nicht aus ihrer Lage kommen.

Nun kann aber von vornherein eine gute Ablesbarkeit der Pendelausschläge zweifelhaft erscheinen, woraus es sich auch wohl erklären läßt, daß ein so einfacher, in der Schulwerkstatt binnen zwei Stunden fast kostenlos herstellbarer Apparat, bis

jetzt weder in den Physikbüchern, noch in den Preisverzeichnissen der Apparatenbau-Firmen aufgeführt worden ist. Wider Erwarten läßt sich aber der Fadenausschlag auch bei zehn Umdrehungen mit voller Schärfe erkennen, namentlich wenn man das Auge mit der Kreisteilung in gleiche Höhe bringt. Das wird auch verständlich, wenn man bedenkt, daß die rotierende Halbkreisfläche nahe der Stellung senkrecht zur Blickrichtung scheinbar ein Weilchen feststeht, während die verkürzten Zwischenansichten keinen Bestand haben. Die Folge davon ist, daß rings herum gleich gut abgelesen werden kann.

Die bei den Versuchen erforderliche Umdrehungszahl liegt zwischen 1,5 und 6. Die Umlaufgeschwindigkeit muß aber besonders bei den geringeren Ausschlägen sehr gleichmäßig sein, wenn ein einigermaßen fester Ausschlag herauskommen soll. Deshalb ist die Verwendung eines guten Elektromotors unumgänglich. Falls auf der Spindel der Schwungmaschine nur eine einzige Schnurscheibe sitzt, muß auf die Achse unseres Aufsatzes noch eine passend bemessene, aus Holz gedrehte Schnurscheibe angebracht werden, die mit dem Motor gekoppelt wird. An dem leer mitlaufenden Schwungrad, dessen Übersetzungszahl ein für allemal ausgemittelt worden, läßt sich dann die Umlaufzahl der Spindel mittels der Stoppuhr genau bestimmen. Die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen werden durch Spannungsteilung mittels der Schalttafelkurbel herausgebracht.

Die Fadenlänge, d. h. der Abstand des Schwerpunkts der Gewichte vom Punkt *C*, bildet in der Formel des Zentrifugalpendels den anderen Hauptfaktor. Um die Ausrechnung zu vereinfachen, macht man sie von vornherein gleich 10 und 15 cm, so daß also die Mitten der Gewichte beim Langziehen des ganzen Fadens 20 und 30 cm Abstand aufweisen.

Nach der theoretischen Formel des Zentrifugalpendels ist  $\cos \alpha = g^4 \pi^2 l n^2 = 24,85 / n^2$ . Die für  $l = 15$  cm und  $l = 10$  cm zu bestimmten Umdrehungszahlen gehörigen Werte der Ausschläge sind in folgender Zahlentafel zusammengestellt.

$n$	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	10,0
$\alpha_{15}$	41	65	74	79	82	84	86	89
$\alpha_{10}$	0	50	66	74	78	81	84.	

In ein rechtwinkeliges Koordinatensystem eingetragen, ergeben sich hyperbelartige Kurven, die nicht bei Null, sondern bei  $n = \sqrt{24,8/l}$  einsetzen und die 90°-Linie zur zweiten Asymptote haben. Demnach ist der Apparat bei kleineren Ausschlägen ein überempfindlicher Geschwindigkeitsanzeiger. So gehört beispielsweise bei  $l = 15$  cm zu  $\alpha = 10^\circ$   $n = 1,2970$ , zu  $11^\circ$   $n = 1,2990$ . Noch bei  $30^\circ$  genügt eine Geschwindigkeitsänderung von 0,5%, um den Pendelausschlag um  $1^\circ$  zu ändern. Die günstigsten Versuchsbedingungen liegen zwischen  $40^\circ$  und  $70^\circ$ . Die beobachteten Werte sind immer in guter Übereinstimmung mit der Theorie.

Zum Schluß sei ausdrücklich darauf hingewiesen, wie wünschenswert es ist, die Schwungmaschine nicht, wie bisher, mit einfacher Schnurscheibe, sondern mit einer mehrstufigen auszurüsten; am zweckmäßigsten mit einer dreistufigen für die Übersetzungszahlen 5, 7,5, 10; nicht nur, um geringe und große Umdrehungsgeschwindigkeiten mit freier Hand bequem herauszubringen, sondern um bei Motorantrieb ohne weiteres eine Zählung der Umläufe vornehmen zu können. Läßt man nämlich den Motor auf die größere Rolle arbeiten, das Schwungrad aber in Kopplung mit der kleinsten leer mitlaufen, so kann die Umlaufzahl des letzteren von der Klasse aus leicht mittels der Stoppuhr, zur Not auch mit der Taschenuhr, festgestellt werden. Schon seit 40 Jahren benutzte der Verfasser in der angedeuteten Weise die Schwungmaschine als Umdrehungszähler nicht nur bei messenden Zentrifugalversuchen, sondern bei den verschiedensten Aufgaben der Experimentalphysik. Das Schwungrad sollte nicht unter 3 kg Masse in seinem Umring haben und in bezug auf die Kurbel gut ausgeglichen sein.

## Einige einfache Versuche über elektrische Schwingungen.

Von R. Danneberg in Dresden.

1. Bei bescheidenen experimentellen Mitteln besteht die Schwierigkeit, Schülern die so wichtige Tatsache zu zeigen, daß die Entladungen von Kondensatoren in Schwingungen vor sich gehen. Man ladet wohl eine Leidener Flasche durch einen Induktor und zeigt etwa an einer schnell bewegten Hartgummischeibe, daß ein an der Scheibe vorübergleitender Entladungsfunke positive bzw. negative Lichtenbergsche Figuren hinterläßt (KÖNIG, *ds. Zeitschr.* 12, 293). Schüler bringen dabei den begründeten Einwand, daß die Erscheinung nichts für die Schwingung eines Funkens beweise, sondern daß sie auf die durch den Öffnungs- und Schließungsfunken des Induktors bedingten Entladungen der Flasche zurückzuführen sei. Diesem Einwand kann man durch die Versuche begegnen, die BREMER (im 3. Heft dieses Jahrgangs S. 126) angibt. Einen recht einfachen und einwandfreien Nachweis der Schwingungen eines Entladungsfunkens erreicht man auch dadurch, daß man auf eine Papierscheibe einen kleinen schwarzen Sektor einzeichnet, diese Scheibe durch einen Motor so schnell drehen läßt, daß der Funkeninduktor den Sektor als Stern beleuchtet (vgl. GÜNTHER, *ds. Zeitschr.* 32, 198), der Rhythmus des Entladungsfunkens zeigt dann jeden Sektor des Sternes als Fächer. Als Schwingungskreis verwende ich den primären Kreis des üblichen Teslatransformators, natürlich kann man auch jede größere Leidener Flasche benutzen, deren Entladungen durch eine Spirale von dickem Draht gehen, die gute Kontakte hat. Die Entladungsfunken zwischen den Zinkkugeln beleuchten die rotierende Scheibe mit dem Sektor. Den Motor brems man nun so ab, daß man aus großer Entfernung einen Stern sieht. Jedes Sektorbild entspricht einem Entladungsstoß des Induktors, der die Sektoren immer an der nämlichen Stelle beleuchtet. Sieht man nun die Scheibe aus geringerer Entfernung an, so erkennt man, daß jeder Sektor aus 7—8 Fächern besteht. Diese Zerspaltung kann nur dadurch hervorgebracht werden, daß jeder Leidener Flaschenschlag aus einer Reihe von Schwingungen besteht.

Benutzt man eine kleine Flasche ohne Selbstinduktion, so sieht man nur einheitliche Sektorbilder, da die Schwingungen zu kurze Dauer haben bzw. gar keine Schwingungen eingetreten sind. Ist  $w$  der Ohmsche Widerstand,  $c$  die Kapazität,

$L$  die Selbstinduktion, so muß  $w < 2\pi \sqrt{\frac{L}{c}}$  sein. Bei allen Schwingungsversuchen

muß daher auf beste Kontakte und dicke Drähte geachtet werden. Man läßt sich bei den hohen Spannungen leicht dazu verleiten, Drähte nur lose mit den Leidener Flaschen zu verbinden. Ganz abgesehen davon, daß die entstehenden hohen Stromstärken zur Verletzung der Beläge führen, kommen gewöhnlich durch die hohen Kontaktwiderstände keine Schwingungen zustande.

2. Hat man nun gezeigt, daß bei der Entladung des Kondensators Schwingungen entstehen, so kann man nun recht einfach nachweisen, daß ein blind an einen Schwingungskreis angehängter Draht in elektrische Erregung kommt, daß also elektrische Schwingungen keine geschlossene Bahn wie die Ströme brauchen. Man läßt die Funken eines Induktors (es wurde ein solcher von 25 cm Schlagweite verwendet, aber auch eine kleinere Schlagweite genügt) zwischen zwei Kugeln von  $1\frac{1}{2}$  cm Durchmesser in 1—2 cm Entfernung überschlagen. Mit jeder Kugel ( $K$ ) sind beiderseits Metallquadrate  $M$  von 10 cm Seitenlänge verbunden (Fig. 1). Der Funke muß so eingestellt werden, daß er nicht zischt, sondern ein klatschendes Geräusch gibt, da man dann mit einiger

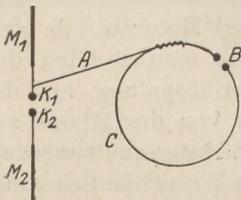


Fig. 1.

Sicherheit auf Schwingungen rechnen kann. Nun verbindet man die eine Kugel  $K_1$  mit einem aus starkem 5 mm  $\varnothing$  Kupferdraht gebogenen Kreis  $C$  von 25 cm Durch-

messer durch einen etwas dünneren Draht  $A$ , dessen günstigste Länge man leicht jeweils ausprobieren kann. Dieser kreisförmige Draht  $C$  ist an einer Stelle  $B$  durchgesägt und die Enden sind bis auf ca.  $\frac{1}{4}$  mm genähert. Die Zuleitung  $A$  treffe zunächst den Kreis  $C$  in der Nähe der Unterbrechungsstelle  $B$ . Es werden sich, wenn zwischen  $K_1$  und  $K_2$  Funken überschlagen, bei  $B$  Fünkchen zeigen. Also führt der blinde Draht Elektrizität. Wenn man nun die Zuleitung zum Kreise  $C$  an die  $B$  diametral gegenüberliegende Stelle bringt, bleibt der Funke aus. Schiebt man die Zuleitung nach  $B$  zu, so daß eben der Funke noch nicht überspringt und verbindet man den einen Drahtteil mit einer isolierten kleinen Kugel, so tritt die Erscheinung des Fünkchens wieder auf, als Beweis dafür, daß nicht der Ohmsche Widerstand für Entstehen und Ausbleiben des Funkens verantwortlich gemacht werden kann, sondern Selbstinduktion oder Kapazität.

3. Über die Rolle, welche diese beiden Größen bei der Schwingung zeigen, können etwas erweiterte Versuche aufklären, die sich an den Resonanzversuch von LODGE anschließen. LODGE verwendet zwei Schwingungskreise. Jeder besteht aus einer Leidener Flasche von gleicher Kapazität, die durch einen rechteckigen Schließungskreis versehen ist (Fig. 2a, b, c). Der erste Kreis wird durch ein Induktorium zur Schwingung gebracht und enthält eine Funkenstrecke ( $F$ ). Der zweite hat diese Funkenstrecke nicht. Das vertikale Stück  $b_2$  des Rechtecks ist aber federnd ver-

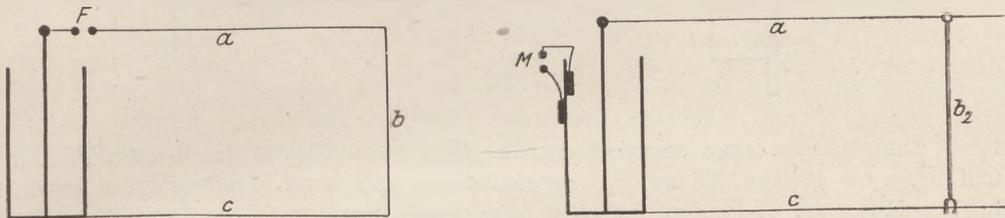


Fig. 2.

schiebbar auf den horizontalen Stäben  $a, c$ . Überdies sind Innen- und Außenbeleg durch dicke, kurze Drähte an ein Funkenmikrometer  $M$  geführt. Alle Verbindungen müssen aus dickem Draht sein und gute Kontakte haben. Gibt es dann bei  $F$  Funken, so sieht man bekanntlich auch bei  $M$  Fünkchen, wenn man die beiden Kreise  $a, b, c$  kongruent einstellt. Das Mikrometerfünkchen hat NOACK durch ein besonderes luftleeres Rohr ersetzt, das POSKE in seiner Didaktik mit Recht empfiehlt, da das Aufleuchten des Rohres besser sichtbar ist. Man kann aber noch bequemer an Stelle des Rohres eine gewöhnliche aber kurze Geißleröhre ohne Windungen nehmen, die man an Stelle der Mikrometerfunkenstrecke schaltet. Allerdings tritt jetzt die Resonanz nicht mehr bei völlig kongruenten Schwingungskreisen  $abc$  auf, da die Kapazität der empfangenden Flasche durch das Rohr etwas geändert ist. Durch Verschiebung des Bügels  $b_2$  läßt sich aber sehr genau das Maximum der Resonanz feststellen. Nun hat SPIES schon (*ds. Zeitschr. 14, 292*) angegeben, daß man durch Ansetzen einer Leidener Flasche die Kapazität des ersten Schwingungskreises vergrößern kann und daß man dann, um Resonanz zu haben, die Selbstinduktion des zweiten Kreises vergrößern, also  $b_2$  hinauschieben muß. Man kann nun auch entsprechend die Selbstinduktion des ersten Kreises dadurch vergrößern, daß man an Stelle von  $c$  eine Spirale von fünf Windungen vom Durchmesser 1 cm aus 1 mm starken Kupferdraht ersetzt. Stellt man zunächst den zweiten Schwingungskreis auf Resonanz, wenn  $c$  im ersten durch einen Stab gebildet wird, so muß man, wenn man  $c$  durch die Spirale ersetzt,  $b_2$  hinauschieben, also dieselbe Operation ausführen, als ob man die Kapazität vergrößert hätte. Selbstinduktion und Kapazität wirken in gleichem Sinne. Dabei ändert sich die Stellung von  $b_2$ , wenn man die Spirale mit zwei Glasstäben ausein-

anderzieht. Die Selbstinduktion ist von der Gestalt abhängig. Ersetzt man die Kupferspirale durch eine gleich abgemessene Eisendrahtspirale, so bleiben die Schwingungen aus, weil eben  $R > 2\pi \sqrt{\frac{L}{c}}$  ist. Man kann nun schön zeigen, daß jetzt der erste Ladungsausgleich in Wärme umgesetzt wird und zur Schwingung keine Energie übrig bleibt. Die Eisenspirale wird so heiß, daß ein Wassertropfen auf ihr zischend verdampft. Damit hat man die wichtige Tatsache, die zu erwähnen auch POSKE (Didaktik, S. 400) für wichtig hält, gezeigt, daß nicht unter allen Umständen Schwingungen zustande kommen.

4. Stehende elektrische Schwingungen kann man mit geringen Mitteln ohne Vakuumröhren unter Verwendung einer Idee von COOLIDGE (Wiedemanns Ann. Bd. 67) vorführen. Der Versuch kommt grundsätzlich auf die LECHERSche Anordnung hinaus, nur verwendet man ganz dünne Kupferdrähte, die man nahe nebeneinander anspannt, so daß an den Bäumen Fünkchen überspringen, die das Vakuumrohr überflüssig machen. Als Schwingungskreis wurde der obige (Fig. 1) verwendet, bei dem der tote

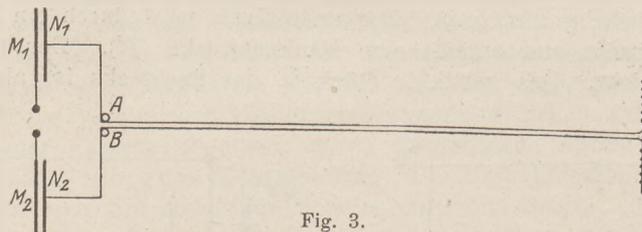


Fig. 3.

Draht zum Mitschwingen angeregt wurde. Man stellt (Fig. 3) den beiden Platten  $M_1$  und  $M_2$  zwei gleiche  $N_1$  und  $N_2$  gegenüber, so daß zwei Kondensatoren entstehen. In der Mitte der  $N$ -Platten befestigt man zwei ungefähr  $6\frac{1}{2}$  m lange Kupferfäden von kleinstem Durchmesser (0,1 mm). Man wickelt sie auf einen Glasstab und rollt 5–6 m ab, so daß die Fäden leicht gespannt sind und befestigt den Glasstab. Nun nähert man in unmittelbarer Nähe der Platten  $N_1$  und  $N_2$  die Fäden durch isolierte Stative  $A$  und  $B$  auf  $\frac{1}{2}$ –1 mm. Entsprechend verfährt man am anderen Ende, also am Glasstab. Man kann dort die Drähte in zwei Rillen legen, die man in einem Siegellacktropfen anbringt. So entsteht ein eng verlaufendes Drahtpaar, auf dem bei geeigneter Länge stehende Schwingungen entstehen. Die Abstimmung geschieht leicht durch Verschiebung der Platten  $M$  und durch Verlängern bzw. Verkürzen des Kupferdrahtes. Zwischen den Bäumen zeigen sich Funken, die in der Knotennähe ausbleiben. Durch Anziehungskräfte kommen die Drähte leicht in schwingende Gegenbewegung, die den Versuch verdirbt. Diese kann man dadurch beseitigen, daß man von Meter zu Meter kleinste Paraffinkügelchen zwischen die Drähte klemmt.

## 2 Über die Verwendung der Osram-Glimmlampe im Unterricht.

Von A. Gatterer in Innsbruck.

Die Verwendung der Osram-Glimmlampe ermöglicht die Durchführung mancher Schulversuche in recht einfacher Weise, und daher dürften einige Winke hierfür willkommen sein.

### 1. Demonstration der Glimmentladung in Gasen.

Die Lampe Fig. 1 wird in einer gewöhnlichen Glühlampenfassung mit einer Spannung von 120 resp. 220 Volt betrieben. Das Anlegen dieser Spannung genügt

an und für sich nicht, um zwischen den beiden glockenförmigen ( $e_1, e_2$ ) Elektroden eine wahrnehmbare Entladung hervorzurufen. Zur Erhöhung der primären Wechselstromspannung ist daher innerhalb der Schraubenfassung ( $b$ ) eine Miniaturselbstinduktion angebracht, durch welche der Stromdurchgang eingeleitet und aufrecht erhalten wird.

Ein Versuch, eine 120-Volt-Lampe mit 160 Volt zu betreiben, um den Glimmeffekt zu erhöhen, führte bald zum Versagen der Selbstinduktion. Dieselbe war an einer Stelle durchgeschmolzen und wurde nun mit Sorgfalt aus dem Schraubengewinde entfernt, die Lampe auf einen kleinen Holzsockel ohne Selbstinduktion neu montiert und die Enden der Zuleitungsdrähte, die sich in Glasröhrchen befinden, mit zwei Klemmen verbunden. Beim Anlegen von 120 resp. 160 Volt leuchtete die Lampe nicht. Wurde aber die Sekundärrolle eines ganz kleinen Induktoriums (Schlagweite 2 mm) vorgeschaltet, so trat intensive Glimmentladung ein bei 120 oder 160 Volt, ohne daß die Lampe irgendwie Schaden nahm. Ein Versuch, ob der Elektromagnet einer gewöhnlichen Klingel dieselben Dienste leiste wie das Induktorium, führte zur Zerstörung der Lampe. Es setzte ein zu starker Stromdurchgang ein (dicke Drähte der Spule!), die eingeschmolzenen Zuleitungen wurden übermäßig erwärmt, was zum Springen des Elektrodenträgers führte. Es sei daher vor einem derartigen Versuche gewarnt.

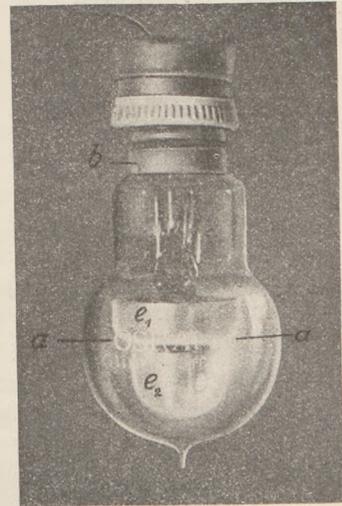


Fig. 1.

## 2. Untersuchung des Gasinhaltes.

Mit einem kleinen Kondensator wurde ein reelles Bild der leuchtenden Lampe auf dem Spalt eines Spektralapparates entworfen. Im Interesse der Helligkeit kommt am besten der leuchtende Saum ( $aa$ ) zwischen den Elektroden auf den Spalt zu liegen. Wird letzterer nicht zu eng gestellt (0,1 mm), so erscheint im Gesichtsfeld ein prächtiges Linienspektrum. Besonders Rot und Gelb ist ausgezeichnet durch Linienreichtum. Die ganze Art des Spektrums, scharfe gleichsam regellos verstreute Einzelglieder, läßt schon auf die Anwesenheit von Edelgasen schließen. Die nähere

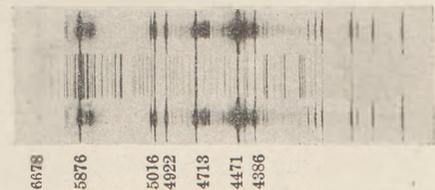


Fig. 2.

Untersuchung bestätigt die Gegenwart von He, Ne und Ar. Nebenstehende Fig. 2 zeigt drei Spektren übereinander, die dunklen Linien entsprechen den hellen Emissionslinien. In der Mitte liegt das Spektrum der Glimmlampe, oben und unten ist zum Vergleich das He-Spektrum aufgenommen<sup>1)</sup>. Aus der Figur ist die Anwesenheit von He leicht nachzuweisen. Es koinzidieren die Linien 5876, 5016, 4922, 4713, 4471, 4386 Å. E.

Man beachte, daß im He-Spektrum der Glimmlampe nicht die bekannte gelbe Hauptlinie dieses Edelgases (5876) am hellsten hervortritt, ein Beweis dafür, daß die

<sup>1)</sup> Die He-Röhre war doppelt T-förmig, die Längsrichtung der Kapillare lag bei der Aufnahme in der optischen Achse (daher die knotenförmige Verdickung der Hauptlinien). Als Spektrograph diente der kleine Zweiprismenapparat von Zeiß. Die Spektren wurden nacheinander aufgenommen, die Platte durch eine Präzisionschlittenführung weiterbewegt. Als Plattenmaterial wurde Perutz ostochrom-lichthoffrei verwendet, mit Empfindlichkeit bis Orange. Die Expositionszeit betrug für das mittlere Spektrum bei Spaltweite 0,10 mm ca. 1 Stunde, die Vergleichsspektren wurden 2 Minuten exponiert.

Anwesenheit anderer Gase die Intensität der charakteristischen Linien sehr beeinflussen kann. Auch verwechsle man nicht die hellste gelbe Linie des Glimmlampenspektrums mit der He-Linie. Wie die Aufnahme zeigt, ist die He-Linie von etwas längerer Wellenlänge (5876) als die helle gelbe Glimmlinie (5852). Letztere gehört wohl dem Ne-Spektrum an, ebenso wie das intensive Triplett im Grün von 5400 bis 5340. Auch die meisten roten Linien sind dem Ne zugehörig, daneben ist auch Ar vertreten.

Verfügt man über eine He- oder Ne-Röhre nebst einem ganz kleinen Induktorium, so kann man bei Verwendung eines Vergleichsprismas die Spektralanalyse des Gases während des Unterrichtes sehr bequem durchführen. Die Leuchterscheinungen sind eben während beliebig langer Zeit ohne Mühe konstant zu erhalten, so daß ohne Unterbrechung auch eine große Schülerzahl nach und nach am Spektroskop beobachten kann. Das bedeutet gewiß einen Vorteil vor der üblichen Analyse mit Flammenspektren, die meist kurzlebig und großen Intensitätsschwankungen unterworfen sind.

Mit dem Gesagten ist die Verwendungsmöglichkeit der Osramlampe für die Schule gewiß nicht erschöpfend behandelt. Wo sehr schwache Wechselströme von einigen Milliampere zur Verwendung kommen, oder geeignete Lichtquellen zur matten Beleuchtung verdunkelter Räume (Projektion) gesucht werden, wo man einen leicht ansprechenden Indikator für die Resonanz elektrischer Schwingungen braucht, dürfte überall die Beschaffung der Osram-Glimmlampe am Platze sein (Preis 250 K.).

Doch dürften die obigen Ausführungen schon genügen, dies Lehrmittel besonders dort zu empfehlen, wo die Knappheit der Geldmittel die Anschaffung von Induktorien und kostspieligen Vakuumapparaten verbietet.

## Untersuchung der Radioaktivität des Glühstrumpfs.

Von P. Hanck in Pasewalk.

Die meisten Leser dieser Zeitschrift dürften wissen, daß ein Glühstrumpf wegen seines Gehalts an Thorium auf eine photographische Platte einwirkt und die Luft ionisiert, daß man ihn also zu den beiden Grundversuchen über Radioaktivität benutzen kann. Diese Versuche werden im Unterricht sicher oft ausgeführt und sie werden Lehrern und Schülern Freude bereiten. Es dürfte aber weniger bekannt sein, daß man mit Hilfe des Glühstrumpfs auch einen anschaulichen Beweis für die Inhomogenität der von den radioaktiven Substanzen ausgesandten Strahlen geben kann. Die dazu nötigen Versuche seien im folgenden beschrieben.

Aus einem Blatt Stanniolpapier vom Format  $9 \times 12$  cm und 0,01 mm Stärke stellt man eine Schablone her, indem man einen Buchstaben, etwa ein H, ausschneidet. Die Schablone legt man auf die Schichtseite einer photographischen Platte und bedeckt sie mit einem ausgebreiteten, nicht abgeflamten Glühstrumpf. Auf diesen legt man noch eine einfache Glasplatte, damit Schablone und Glühstrumpf glatt liegen, wickelt das Ganze vorsichtig in Papier und bringt es in eine lichtdichte Kassette. Nach einer Expositionszeit von etwa vier Wochen zeigt sich auf der entwickelten Platte deutlich das Bild des Glühstrumpfs. Eine so vorbereitete Platte zeigt man den Schülern, und zwar am besten durch Projektion, auch wird man einige Abzüge davon herurreichen. Die Schüler sehen, daß sich durch den Glühstrumpf photographische Wirkungen erzielen lassen und daß die Strahlung, wenn auch geschwächt, durch das Stanniol gegangen ist, und zwar erkennen sie, daß die Platte an den von dem Stanniol bedeckten Stellen kaum halb so stark geschwärzt ist (Fig. 1).

Es ist nun nicht schwer, den Betrag der hindurchgelassenen Strahlung zu bestimmen. Man legt ein Blatt Kopierpapier und die Platte in einen Kopierrahmen und bedeckt den weniger geschwärzten Teil der Platte mit dem Stanniolblatte oder einem Blatt Papier, das denselben Ausschnitt enthält. Das Licht kann so nur durch das stark geschwärzte H auf der Platte gehen. Wenn man glaubt, daß dieses H infolge der Belichtung schon schwach kopiert ist, entfernt man das die Platte bedeckende Papier. Das Licht wird jetzt durch die ganze Platte gehen und nach einiger Zeit das Papier überall gleich stark geschwärzt haben. Durch sorgfältige mehrmalige Prüfung stellt man fest, wann dieser Zeitpunkt eingetreten ist. Wenn nun  $T_1$  die erste und  $T_2$  die zweite Belichtungsdauer ist, so ist das H während der Zeit  $T_1 + T_2$ , der übrige Teil während der Zeit  $T_2$  belichtet. Das Verhältnis  $\frac{T_2}{T_1 + T_2}$  gibt uns also an, wieviel von der Gesamtstrahlung des Glühstrumpfs durch das Stanniol gegangen ist.

Nach diesem Vorversuch weiß man nun natürlich, in welchem Verhältnis man künftig jedesmal zu belichten hat, um auf dem Papier eine gleichartige Wirkung zu erzielen. Für den Unterricht würde jedoch die Verwendung von gewöhnlichem Kopier-



Fig. 1.

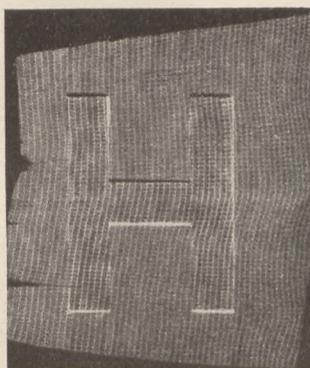


Fig. 2.

papier zu zeitraubend sein. Man verwendet deshalb besser Gaslichtpapier, das man am bequemsten der Einwirkung von elektrischem Licht aussetzt. Die Fig. 2 zeigt ein auf diesem Wege hergestelltes Bild. Die Belichtungsdauer  $T_1$  war gleich 10 Sekunden und  $T_2 = 7,5$  Sekunden, es ist also durch das Stanniol  $\frac{7,5}{17,5}$  oder  $\frac{3}{7}$  oder 43% der Gesamtstrahlung gegangen. Der erhaltene Wert stimmt also mit dem geschätzten ziemlich gut überein. Das in der Unterrichtsstunde erhaltene Bild wird man natürlich den Schülern vorzeigen, damit sie sich von dem Erfolg überzeugen können.

Nunmehr geht man zu der ionisierenden Wirkung des Glühstrumpfs über. Um schnell zum Ziele zu kommen, wird man allerdings gut tun, den folgenden Versuch nicht mit einem Glühstrumpf auszuführen, sondern mit einer Portion Glühstrumpfasche, die man im Laufe der Zeit gesammelt hat. Mit Hilfe der Schüler dürfte es ja nicht schwer sein, die nötige Menge zu beschaffen. Die Ionisierung der Luft durch diese Glühstrumpfasche läßt sich mit Hilfe jedes Elektroskops zeigen. Gut zu verwenden sind z. B. Elektroskope von der Bauart, wie sie ROSENBERG (*ds. Zeitschr.* 29, 285) angegeben hat. Wenn man eine Schachtel mit den Glühstrumpffresten in die Nähe eines solchen geladenen Elektroskops bringt, so geht der Ausschlag in einer Minute ganz erheblich zurück. Für messende Versuche, wie wir sie vornehmen

wollen, sind jedoch Elektroskope dieser Art wegen der unsicheren Einstellung des durch Luftzug leicht zu beeinflussenden Zeigers nicht so zweckmäßig. Außerdem ist, damit die Entladung schneller vor sich geht, ein Elektroskop mit möglichst kleiner Kapazität zu wählen. Ich verwandte das von GRIMSEHL (*ds. Zeitschr.* 27, 4) für Schülerübungen angegebene Elektroskop. Die Stellung des Aluminiumblättchens wurde durch Projektion sichtbar gemacht. Es zeigte nach erfolgter Ladung einen Ausschlag von 30 Skalenteilen, wurden aber die Glühstrumpfreife in die Nähe gebracht, und zwar in einen Abstand von etwa 5 cm von der Kugel des Elektroskops, so ging der Ausschlag in 45 Sekunden auf 20 Skalenteile zurück. Bedeckt man dagegen die Schachtel mit einem Blatt Stanniolpapier, wie es zu dem ersten Versuch benutzt wurde, so dauert der Rückgang des Blättchens von 30 zu 20 Skalenteilen 275 Sekunden. Durch das Stanniolblatt ist also jetzt nur  $\frac{1}{3}$  oder 16% der ausgesandten Strahlen hindurchgelassen. Wir gelangen demnach zu einem scheinbaren Widerspruch, den wir nur durch die Annahme erklären können, daß von der Asche verschiedene Arten von Strahlen ausgesandt werden, von denen die einen, die  $\alpha$ -Strahlen, stark ionisierend wirken und durch ein Stanniolblatt von 0,01 mm Dicke zu 84% absorbiert werden, während die andern, die  $\beta$ -Strahlen, photographisch wirksam sind und durch dasselbe Blatt zu 57% absorbiert werden. Daß man mit stärkeren Präparaten nach ähnlichen Methoden noch eine dritte Strahlenart, die  $\gamma$ -Strahlen, nachweisen kann, dürfte den Schülern auf Grund dieser Versuche ohne weiteres klar sein. Bei sorgfältigeren Bestimmungen würden wir für die Absorption der  $\alpha$ -Strahlen sogar noch einen größeren Wert erhalten, denn es ist zu bedenken, daß das Elektroskop auch ohne die Wirkung des Glühstrumpfs infolge der stets vorhandenen geringen Leitfähigkeit der Luft allmählich entladen wird. Diesen Anteil der Luft bei der Rechnung zu berücksichtigen, würde im Unterricht wohl zu weit führen. Man wird sich damit begnügen zu zeigen, daß die entladende Wirkung der Luft an sich gering ist, und genauere Bestimmungen allenfalls in den Schülerübungen anführen lassen.

Bei diesen Versuchen erscheint vielleicht die verhältnismäßig geringe Wirkung der durch das Stanniol gegangenen Strahlen auf die photographische Platte auffällig. Ein Stanniolblatt von 0,01 mm Stärke absorbiert die Strahlen hier reichlich zur Hälfte. Nach Angaben von Müller-Pouillet und andern einschlägigen Werken werden die Strahlen aber durch eine Aluminiumplatte von 0,5 mm Stärke erst zur Hälfte absorbiert. Diese geringe Wirkung ist einerseits dadurch zu erklären, daß das Zinn die  $\beta$ -Strahlen wegen seines höheren Atomgewichtes tatsächlich stärker absorbiert als Aluminium. Andererseits ist aber noch besonders zu berücksichtigen, daß die angegebene Stärke der Aluminiumplatte sich auf die Wirkung der Uranstrahlen bezieht und daß unter gleichen Bedingungen die entladende Wirkung der  $\alpha$ -Strahlen des Thoriums allerdings etwa gleich der des Urans ist, daß aber der photographische Effekt, der den  $\beta$ -Strahlen zukommt, bedeutend schwächer ist. Hiervon kann man sich durch einen Versuch leicht überzeugen. Legt man nämlich zwischen Glühstrumpf und photographische Platte ein Aluminiumblech von 0,5 mm Stärke, so ist auch nach vierwöchentlicher Wirkung kaum eine Spur von Strahlung zu erkennen.

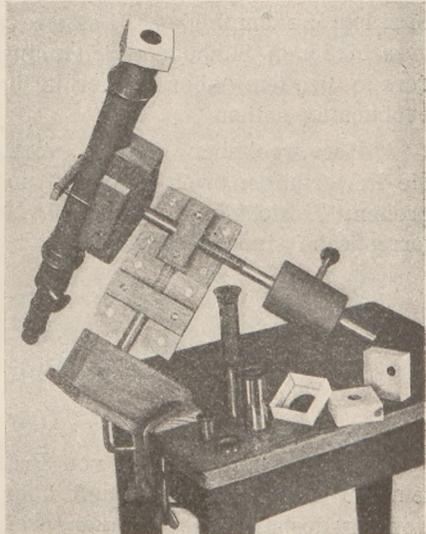
Die beschriebenen Versuche erfordern natürlich eine umfangreiche Vorbereitung, lassen sich dann aber schnell im Unterricht ausführen. Bedeutsam erscheinen sie mir, weil die Schüler durch sie einen Einblick in die Geheimnisse der Natur bekommen und zu eigenen Versuchen angeregt werden. So sind mir denn auch Jahr für Jahr von den Schülern Photographien von Glühstrümpfen gezeigt worden, die z. T. an Güte wohl kaum übertroffen werden können.

## Versuche am Schulfernrohr für Himmelsbeobachtung.

Von Dr. Wilhelm Volkmann in Berlin-Steglitz.

Mitteilung der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin.

Während man ziemlich einig darüber ist, welche Himmelsbeobachtungen mit dem Fernrohr in der Schule angestellt werden sollten, gehen die Ansichten darüber weit auseinander, welche Größe und Ausrüstung des Rohres für diese Beobachtungen nötig ist. Es war für die Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht dringlich geworden, durch eigene Versuche diese Unstimmigkeit aufzuklären, aber es standen dieser Anstalt keine geeigneten Hilfsmittel zur Verfügung. So wurden denn die Versuche mit einem kleinen Fernrohr in Angriff genommen, das Verfasser dieser Zeilen einst als Überrest eines zu Bruch gegangenen alten Nivellierinstrumentes gekauft und mit einer Aufstellung aus Schraubenbolzen und Brettstückchen versehen hat (siehe Figur). Die Objektivöffnung von 34 mm kommt wegen einer Blende in dem engen Rohr nicht ganz zur Wirkung. Die Brennweite ist 44 cm. Das Huygensokular von 20facher Vergrößerung war früher schon durch ein Ramsdenokular von 10 mm Brennweite ersetzt worden. In dieser Form hatte mir das Rohr früher schon zur Beobachtung des Mondes, des Jupiter und des Saturn gedient. Der Ring des letzteren, der ja jetzt für kleine Fernrohre noch unsichtbar ist, konnte damals mit dem Fernrohr gut gesehen werden.



Diesem Fernrohr wurde jetzt ein Mikroskopokular 1 (Huygens 50 mm), eine Konkavlinse von etwa 50 mm Brennweite, ein Ramsdenokular von 20 mm Brennweite und ein terrestrisches Okular angepaßt. Von der Beschaffung eines stärkeren Okulars wurde abgesehen, hierfür war das Objektiv nicht gut genug. Die entscheidenden Beobachtungen ließ ich durch meine Kinder (7 bis 10 Jahre) ausführen, die mir nach kurzem Blick ins Rohr das Gesehene beschreiben mußten.

Die Venussichel war im Frühjahr 1921 sehr gut zu beobachten. Als sie schmal war, zeigte schon das konkave Okular mit knapp neunfacher Vergrößerung sie deutlich.

Die vier Jupitermonde waren auch im konkaven Okular gut zu sehen. Die Streifen waren mit 44facher Vergrößerung nicht zu erkennen. Das Objektiv ist nicht gut, das Bild wird klarer bei Abblendung auf 25 mm Durchmesser.

Mizar ( $\zeta$  des großen Bären) 14" Abstand 2,4 und 4,2 Gr. wurde mit 44facher Vergrößerung noch bei Abblendung des Objektivs auf 14 mm bequem aufgelöst. Bei 22facher Vergrößerung konnte bis auf 20 mm abgeblendet werden. Die schwächeren Okulare genügten nicht. Das ist im Einklang mit Mädlers Angaben (Wunderbau des Weltalls, 6. Aufl., S. 527), daß die Vergrößerung hinreichen muß, um den scheinbaren Abstand auf wenigstens 5' zu bringen.

$\gamma$ -Delphini (11", Gr. 4 und 5) konnte noch sicher aufgelöst werden,  $\gamma$ -Andromedae (10", Gr. 3 und 5) blieb trotz aller Bemühungen zweifelhaft. Das stellt dem Rohr ein schlechtes Zeugnis aus. Die Grenze hätte bei 44facher Vergrößerung und Abblendung bis auf 20 mm bei 7" liegen sollen.

Die Plejaden gewährten im schwachen Huygensokular einen prächtigen Anblick, das Gesichtsfeld der anderen Okulare genügte nicht für diese Gruppe. Das Gesichtsfeld

feld des starken Ramsdenokulars umfaßt noch  $1\frac{1}{2}$  Mond Durchmesser. Die Hyginus-  
rille und die Ariadaeusrille wurden nicht gesehen. Ein gutes Fernrohr dieser Größe  
hätte sie nach Fauth deutlich zeigen müssen, sobald sie in der Nähe der Licht-  
grenze sind.

Das Auffinden hellerer Sterne in bequemer Höhe gelang den Kindern mit dem  
Huygensokular von 50 mm Bw. recht gut. Der Mond wurde von ihnen auch mit der  
starken Vergrößerung schnell gefunden.

Aus den Versuchen ergibt sich, daß das Fernrohr seiner Güte nach nur als  
mäßiger Einzöller anzusprechen ist und doch für die meisten Schulbeobachtungen  
genügte. Ein guter Zweizöller leistet überreichlich das, was die Schule nötig hat,  
und ist handlich genug, um ein bequemes und schnelles Beobachten zu sichern. Bei  
sehr verschiedener Körpergröße der Beobachter ist ein niedriges Stativ und eine  
Sitzkiste zu empfehlen. Letztere ist ein rundum geschlossenes Kistchen von drei  
verschiedenen Sitzhöhen (Seitenlängen von 20, 25, 30 cm), für Erwachsene ja nicht  
gerade bequem, aber immerhin besser, als wenn die Kinder von einer Leiter aus  
beobachten sollen.

Hervorgehoben sei die vorzügliche Wirkung der einfachen Konkavlinse, die  
die Erwartungen weit übertraf und die Notwendigkeit des schwachen Okulars mit  
großem Gesichtsfeld (4 bis 5 Mond Durchmesser). Das 20 mm Okular und das  
terrestische sind entbehrlich.

## Eine Prüftafel für Fernrohre.

Von Dr. Wilhelm Volkmann in Berlin-Steglitz.

Es gibt eine Anzahl von Prüfmethode, die dem in solchen Arbeiten Geübten  
schnelle und sichere Auskunft über die Güte eines Fernrohres geben, die aber dem  
Neuling deshalb nichts nützen, weil ihm die Deutung dessen, was er sieht, nicht ge-  
eignet ist. In dieser üblen Lage befindet sich der Käufer eines Fernrohres in der  
Regel, und er kann nur dadurch ein Urteil gewinnen, ob das Rohr für seinen Zweck  
taugt, daß er gerade die Beobachtungen anstellt, für die ihm das Rohr dienen soll.  
Das ist nun nicht immer leicht auszuführen. Handelt es sich z. B. um ein Fernrohr  
für Himmelsbeobachtungen, so wäre erforderlich, daß die Beobachtungen abends  
oder nachts ausgeführt werden. Es gehört dazu klares Wetter und ein Platz, von dem  
aus die gewünschten Sterne gesehen werden können, ohne daß man durch Laternen  
geblendet oder durch die Unruhe aufsteigender warmer Luft behindert wird. Hinzu  
kommt die Schwierigkeit, geeignete Sterne auszuwählen und dann auch aufzufinden.  
Schließlich stehen Objekte, deren Besichtigung vielleicht besonders erwünscht ist, etwa  
die Venussichel oder der Saturnring oft Monate und Jahre hindurch einfach nicht  
zur Verfügung.

Diese Überlegungen und die Behinderungen einer begonnenen Fernrohrprüfung  
durch schlechtes Wetter brachten mich auf den Gedanken, die in Betracht kommen-  
den Sterne in solcher Weise als Glasbild darzustellen, daß dieses Bild den Himmel  
für den Zweck der Fernrohrprüfung ersetzen kann. Einige Vorversuche zeigten, daß  
auf diese Art ein durchaus befriedigendes Ergebnis erzielt werden konnte. Nachdem  
hinreichende Erfahrung gesammelt war, wurde in großem Maßstab die in Fig. 1 dar-  
gestellte Zeichnung angefertigt und davon eine photographische Aufnahme in der  
Größe  $6 \times 8$  cm hergestellt, die durchsichtig auf undurchsichtigem Grunde das zeigt,  
was unser Bild schwarz auf weißem Grunde wiedergibt. Wird diese Platte von  
hinten her gut beleuchtet, etwa indem man in einigen Zentimetern Abstand eine Matt-  
scheibe und dahinter einige Glühlampen aufstellt, so zeigt sie einem in 20 m Ent-

fernung stehenden Beobachter die Planeten in natürlicher Größe. Oben ist Jupiter, dessen Abplattung erkennbar ist und unter einer Teilung, die Bogenminuten angibt, sind die vier leicht sichtbaren Monde in ihren größten Abständen vom Planeten gezeichnet. Die Durchmesser dieser Monde mußten etwa doppelt so groß gezeichnet werden als richtig ist, die Vorversuche ließen das als nötig erkennen. Venus ist in vier, Merkur, Saturn und Mars in je drei Formen wiedergegeben. Hier sind die Größen eingehalten; die Unterschiede der Flächenhelligkeit wiederzugeben, erwies sich als untunlich. Der Saturnring ist in der Natur entschieden leichter zu erkennen als auf der Prüfplatte, die Planet und Ring gleich hell gibt. Es läßt sich das jetzt, wo der Ring für kleine Fernrohre unsichtbar ist, nicht nachprüfen, war für mich aber ganz auffällig bei Beobachtung mit einem kleinen Fernrohr, das mir in früheren Jahren den Saturnring sehr deutlich gezeigt hat. Mitten in der Platte steht ein Phantasieplanet von 20" Durchmesser mit nahen Sternchen in 7, 10 und 15" Abstand.

Die verschiedene Helligkeit von Doppelsternen mußte durch verschiedene Größe der Scheibchen hergestellt werden. Die Platte zeigt Paare verschiedener Helligkeit, teils aus gleichen, teils aus ungleichen Einzelsternen von 5, 7, 10 und 15" Abstand, ferner noch eine Reihe von 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 und 20" Abstand.

Die Doppelsterne sind etwas leichter zu lösen als am Himmel, wohl wegen der bequemeren Stellung des Beobachters und wegen des Wegfalles der Luftunruhe. Ein kleines Fernrohr, das  $\gamma$ -Delphini (11", Gr. 4 und 5) noch auflöste,  $\gamma$ -Andromedae (10", Gr. 3 und 4) aber nicht mehr sicher, gab an der Prüfplatte 10" bequem, auch bei starkem Helligkeitsunterschied der Einzelglieder, 8" eben noch, 7" nicht mehr.

Acht Doppellinien in 20" Abstand und von der Mitte der Tafel nach verschiedenen Richtungen weisend, dienen zur Auffindung astigmatischer Fehler sowohl in den Fernrohlinsen, wie im Auge des Beobachters. Gerade das letztere übersieht der Neuling leicht. Werden die verschiedenen Strichpaare ungleich scharf gesehen, so achtet man auf die Richtung des besten Paares, dann neigt man den Kopf nach links oder nach rechts und macht mit dieser Kopfhaltung wieder eine Beobachtung. Hat sich die Richtung, in der ein Strichpaar gut gesehen wird, mit der Neigung des Kopfes geändert, so ist das Auge astigmatisch, ist die Richtung trotz der Neigung des Kopfes ungeändert geblieben, so liegt der Fehler in den Fernrohlinsen und kann durch Drehen von Okular oder Objektiv genauer festgestellt werden.

Am rechten Rande sind noch einige Strichgruppen von 5, 7 und 10" Abstand, an denen man sehen kann, daß Strichgruppen leichter gelöst werden als Doppelpunkte.

Durch Betrachten der beleuchteten Tafel aus dem angegebenen Abstand erfährt man sogleich, ob das Fernrohr für die Himmelsbeobachtung in erwarteter Weise genügt. Man kann aber die Güte des Rohres noch schärfer prüfen. Zu diesem Zweck fertigt man aus steifem Papier viereckige offene Schächtelchen an, die gerade über die Objektivfassung passen (Fig. 2). Mitten in den Boden jedes dieser Objektiv-

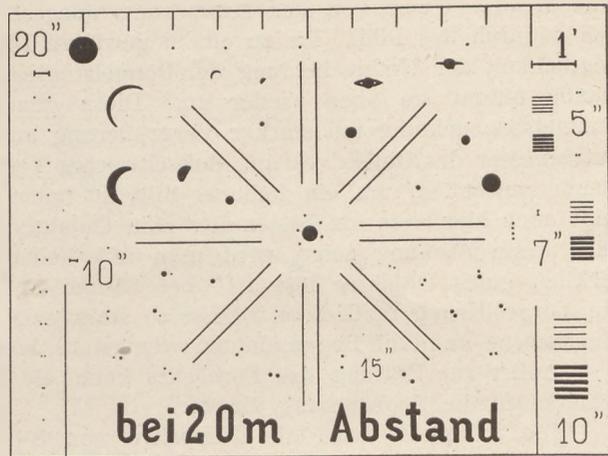


Fig. 1.

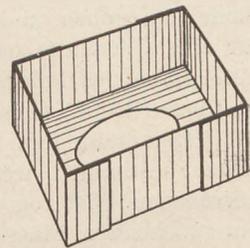


Fig. 2.

deckel schneidet man ein rundes Loch. Die Durchmesser der Löcher werden am zweckmäßigsten einer geometrischen Reihe entnommen, z. B.

10 mm, 11,9 mm, 14,1 mm, 16,6 mm, 20 mm usw.

doch sind natürlich auch gleiche Unterschiede des Durchmessers verwendbar.

Wenn das untersuchte Rohr nicht zufällig von ausgezeichneter Güte ist, wird man bei starker Vergrößerung die einzelnen Bildchen von einem störenden, etwas ungleichmäßigen Lichtschimmer umgeben finden. Setzt man nun, von der größten beginnend, Lochblenden auf das Objektiv, so wird dadurch der Rand desselben in zunehmender Weise von der Mitwirkung ausgeschlossen. In der Regel verbessert sich dadurch das Bild. Bis zu einem gewissen Blendendurchmesser nimmt auch die Deutlichkeit der Unterscheidung der Doppelsterne zu, bei weiterer Verkleinerung der Blende nimmt sie aber wieder ab. Diese günstige Blende wird man auch bei Himmelsbeobachtung mit starker Vergrößerung anwenden, sie gibt den brauchbaren Durchmesser des Objektivs an. Bei schwacher Vergrößerung kann man eine größere Blende anwenden, um ein helleres Bild zu haben; der Versuch mit der Prüfplatte zeigt auch hier, was am besten ist. Ein Objektiv, das erst bei starker Abblendung seine beste Wirkung zeigt, wird man mit Recht als mangelhaft ansprechen. Ein wirklich gutes Objektiv löst 10' bei 15 mm, 5'' bei 30 mm Objektivdurchmesser. Die Vergrößerung muß dabei immer so stark sein, daß der scheinbare Abstand der Einzelsterne auf fünf Bogenminuten wenigstens kommt.

Außer zur Prüfung des Fernrohrs kann die Platte auch zur Vorbereitung der Schüler auf die Beobachtung dienen.

Die Prüfplatte wird als Diapositiv von  $8\frac{1}{2} \times 10$  cm Größe von Leppin & Masche, Berlin, Engelufer 17, geliefert, ebenso eine zweite Prüfplatte, die derartige Figuren für 10 und 5 m Beobachtungsabstand enthält und dann zu empfehlen ist, wenn ein 20 m langer Raum nicht zur Verfügung steht.

### Kleine Mitteilungen.

#### Über die Bestimmung des Brechungsindex von Flüssigkeiten im Schülerpraktikum.

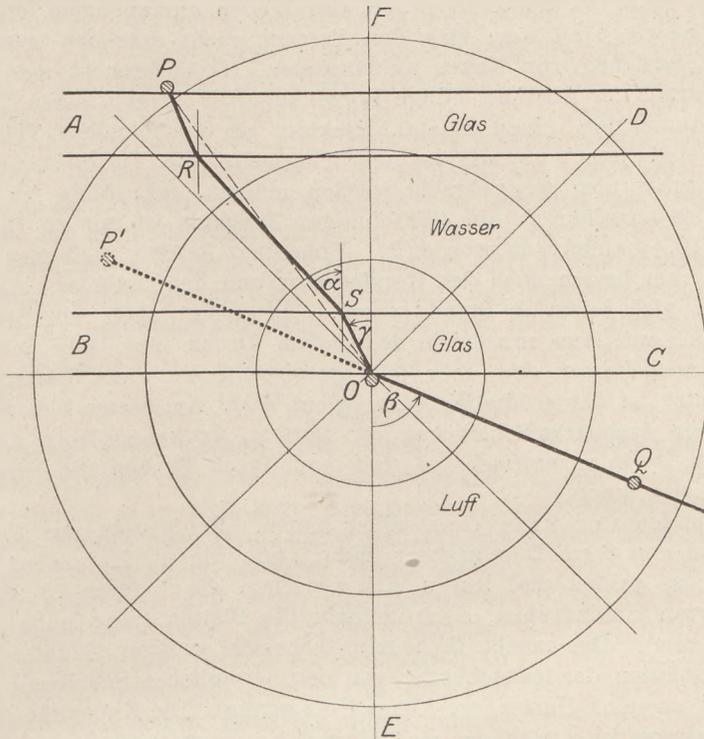
Von Professor Keefer in Reutlingen.

Der Verfasser hat in dieser Zeitschrift (33, 1920, S. 52—54) eine einfache Methode angegeben, nach welcher in den Schülerübungen u. a. der Brechungsindex für eine Glasplatte oder für einen Glaswürfel mit genügender Genauigkeit unter Zuhilfenahme des Polarkoordinatenpapiers Nr. 316 $\frac{1}{2}$  der Firma Schleicher & Schüll in Düren (Rhld.) ermittelt werden kann.

Man kann nun in derselben Weise auch den Brechungsindex für Flüssigkeiten bestimmen, wenn man einen genügend breiten und mit planparallelen Wänden versehenen Glaskrog dazu verwendet und diesen ungefähr 1 cm hoch mit der zu untersuchenden Flüssigkeit füllt. Verfasser benutzte in seinen Übungen Leyboldsche Glaskästen in Würfelform mit 10 cm Kantenlänge und erhielt damit sehr befriedigende Resultate.

Die Messung geht wieder wie früher vor sich.  $ABCD$  ist das Gefäß.  $O$ ,  $P$  und  $Q$  sind die zu steckenden Nadeln (siehe Fig.). Zur Berechnung von  $n$  aus der Formel  $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$  für den Übergang des Lichtes von Luft zu der Flüssigkeit nimmt man für  $\alpha$  und  $\beta$  die direkt auf dem Koordinatenpapier abzulesenden Winkel  $POF$  und  $EOF$ . Dabei begeht man eine kleine Ungenauigkeit, insofern man den gebrochenen Lichtweg  $PRSO$  durch den geraden Weg  $PO$  ersetzt. Der dadurch ent-

stehende Fehler ist gering und um so kleiner, je breiter das verwendete Gefäß und je dünner die Glaswände desselben sind.



Die folgenden, einem Schülerübungsheft entnommenen Beobachtungszahlen zeigen die Genauigkeit der Messungen:

1. Für Brunnenwasser:

$\alpha$	$\beta$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$n$
10°	13° 12'	1,320	18°	23° 30'	1,291	26°	34° 54'	1,305
12°	15° 48'	1,311	20°	26° 24'	1,300	28°	38° 00'	1,311
14°	18° 12'	1,291	22°	29° 12'	1,303	30°	41° 06'	1,314
16°	20° 54'	1,295	24°	32° 12'	1,310			

Mittelwert:  
 $n = 1,305.$

2. Für 90%-igen Alkohol:

$\alpha$	$\beta$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$n$
20°	27° 12'	1,337	24°	33° 12'	1,351	28°	39° 06'	1,344
22°	30° 06'	1,339	26°	35° 54'	1,338	30°	42° 12'	1,344

Mittelwert:  
 $n = 1,342.$

3. Für Alpha-Monobromnaphthalin (Handelsware).

$\alpha$	$\beta$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$n$	$\alpha$	$\beta$	$n$
10°	16° 12'	1,620	20°	33° 24'	1,609	30°	53° 06'	1,600
12°	19° 48'	1,629	22°	37° 12'	1,614	32°	57° 30'	1,595
14°	23° 06'	1,621	24°	41° 06'	1,616	34°	63° 24'	1,599
16°	26° 30'	1,619	26°	45° 06'	1,616			
18°	30° 00'	1,618	28°	49° 00'	1,608			

Mittelwert:  
 $n = 1,613.$

**Zur Aufnahme funkentelegraphischer Wellen.**

Von Prof. Dr. R. Danneberg in Dresden-A.

Es ist heute so leicht, funkentelegraphische Wellen aufzunehmen, Nauen sendet mit so großer Energie, daß man sich den Versuch nicht entgehen lassen soll, im Unterricht das Zeitzeichen von Nauen aufzunehmen. Dazu braucht man ca. 150 m verzinkten Eisendraht zur Antenne, einige Porzellangardinenringe, einen Drehkondensator, eine Selbstinduktion, einen Kontaktdetektor, ein hochohmiges Telephon. All diese Apparate sind jetzt, wo wir bedauerlicherweise die Funkstationen auflösen müssen, die Apparate also weggebracht werden müssen, sehr billig im Handel zu haben. Um Preise anzuführen: ein 4000ohmiges Telephon ist mir zu M. 30,—, ein Detektor zu M. 40,— angeboten worden<sup>1)</sup>. Unbedingt kaufen muß man das hochohmige Telephon, am besten auch den Kondensator und den Detektor. Alte Kontaktdetektoren lassen sich leicht in Stand setzen. Es genügt auch, ein Stück rauhen Pyrit zu nehmen, auf dem mit leicht federndem Druck eine sehr fein gespitzte Stahlnadel oder noch besser eine sehr fein gespitzte Seele eines harten Bleistiftes (auf die feine Spitze ist der größte Wert zu legen) ruht. Am besten klemmt man das Stück Pyrit auf ein drehbares Scheibchen von hartem, trockenem Holz, die Bleispitze berühre dann den Pyrit exzentrisch, so daß man durch Drehen die beste Kontaktwirkung ausprobieren kann.

Den Drehkondensator kann man selbst bauen. Er besteht aus 20 halbkreisförmigen Scheiben von 8 cm Durchmesser und  $\frac{1}{4}$  mm Dicke. 10 solcher Halbkreise sind auf eine Achse gelötet und lassen sich zwischen die anderen 10 feststehenden von jenen isolierten hineindreihen, doch müssen die Platten ganz nahe beieinander vorbeilaufen ( $\frac{1}{10}$  mm). Das macht für einen technisch weniger Geübten Schwierigkeiten. Mit der Isolation der feststehenden von den beweglichen Scheiben braucht man nicht zu ängstlich zu sein. Hartes, trockenes Holz genügt. Die Kapazität des voll eingedrehten Kondensators ist  $\sim 1000$  cm, sie ändert sich proportional mit dem Drehwinkel.

Ganz leicht läßt sich die Selbstinduktion herstellen. Man wickelt 24 m Aluminiumdraht zu einem Solenoid von ca. 120 Windungen von 20 cm Durchmesser. Damit hat man eine in weiten Grenzen variable Selbstinduktion, da man das Solenoid ausziehen oder zusammenschieben kann.

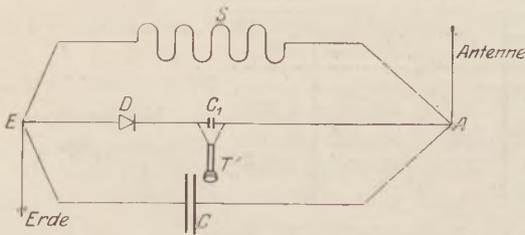
Nun spannt man möglichst freiliegend (also von Schornstein zu Schornstein) zwei 75 bis 100 m lange, parallele Drähte, zwischen denen man 2—3 Holzstäbe anbringt, um eine Berührung zu verhindern. Man isoliert zwischen Erde und Antenne durch 3—4 aneinander geknüpfte Gardinenringe. Entweder kann man nun das eine Ende der beiden Drähte zum Laboratorium führen und hat eine L-Antenne, oder, was oft technisch angenehmer ist, man führt die Zuleitung zum Laboratorium von der Mitte ab und hat eine T-Antenne.

Die Schaltung der Apparate gibt beifolgende Skizze:  $D$  = Detektor,  $A$  = Antennenklemme,  $E$  = Erdklemme,  $S$  = Selbstinduktion,  $C$  = Drehkondensator,  $T$  = Telephon,  $C_1$  = Telephonkapazität ca. 100 cm (kann wegfallen).

Schaltet man die Selbstinduktion aus, so muß zunächst ein Summen im Telephon hörbar sein. Bleibt es aus, sind Kontaktfehler da. Meist muß der Detektor eingestellt werden, indem man die Spitze verschiebt. Das Summen bleibt aus, wenn

<sup>1)</sup> Die Geräte sind auch von aufgelösten oder noch aufzulösenden Heeresfunkstellen erhältlich. Weniger ratsam ist, sich an die „Treuhandgesellschaft“ zu wenden.

<sup>2)</sup> Privaten ist die Anlage von Funkstationen verboten, aber ein Apparat ohne natürliche Antenne ist ebenso wie eine Antenne ohne Apparat keine Station. Genehmigungen von Anlagen werden unter Beschränkungen erteilt.



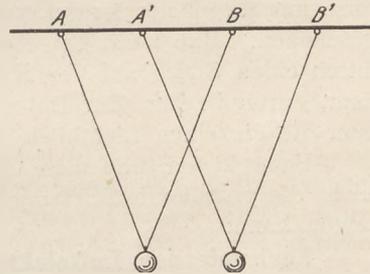
man die Selbstinduktion einschaltet. Hat man eine Station in der Nähe, die gedämpft gibt — nur solche Wellen gibt der Detektor, es geben nicht mehr viel Stationen gedämpft — so kann man die Selbstinduktion so lange verschieben und den Drehkondensator drehen, bis der Löschfunktenton deutlich wird. Sonst muß man bis ca.  $12^h 54^m$  warten. Da beginnt Nauen gewöhnlich abzustimmen:  $12^h 55^m$  bis  $56^m$  ruft Nauen dann sicher und sehr oft ... — Dann gibt es sich mit seinem Namen zu erkennen. Man hört POZ . — — — . | — — — — | — — — — . Dann folgt mitteleuropäische genaue Zeit — — — — | — — — — . | — — — — . | und nun kommt X — — — — bis  $12^h 57^m 55^s$ .  $12^h 58^m$  gibt er — — — — Dann ruft es je 15 Sekunden, also 5 mal N — .  $12^h 59^m$  ertönt O — — — — Wieder hört man 5 mal G — — — — . und um  $1^h$  ruft es — — — — , dann kommt als Schlußzeichen . — . — . Diese Zeichen gibt es langsam, worauf ein großes Geschnatter losgeht. Oft telephoniert jetzt Nauen hinterher.

Bedeutend leiser erklingt das Zeitzeichen des Eiffelturmes um  $10^h 56^m$  mit o, dann x, o, n, g, hinter die Einteilung bin ich noch nicht gekommen.

*J. v. ...  
Jahrbuch!*

### Für die Praxis.

**Bemerkung über sympathische Pendel.** Von C. Hoffmann in Ravensburg. Zur Veranschaulichung der Resonanzerscheinungen in den verschiedenen Gebieten der Physik bedient man sich gern der mechanischen Resonanz, wie sie durch die sympathischen Pendel nach Oberbeck (*ds. Zeitschr.* 1, 254) vermittelt wird. Dieser Versuch kann in besonders einfacher Weise ausgeführt werden, wenn man sich zweier Fadenpendel in biflarer Aufhängung bedient, wie es die Figur andeutet; hat man ein Mariottesches Stoßgestell, so sind zwei Pendel desselben, passend an nicht zu weichem Faden aufgehängt, ganz besonders gut geeignet. Der Abstand  $AA'$  gibt dabei ein Maß für den Grad der Koppelung der beiden Systeme: je größer  $AA'$  genommen wird, um so loser ist jene, um so langsamer erfolgt daher auch die Energieübertragung von dem zuerst in Schwingung versetzten Pendel auf das andere. Wird die eine Kugel, womöglich bei gleicher Größe, schwerer genommen, so tritt auch die ungleiche Größe der Schwingungsweite deutlich in Erscheinung. Wird die Länge eines der Pendel geändert, so zeigt sich deutlich das Schwächerwerden und schließliche Ausbleiben der Resonanz, indem das zweite Pendel nur in schlotternde Bewegung gerät. Ganz besonders können diese Pendel dazu dienen, das Wesen des „Anschaukelns“ zu erklären.



**Demonstration von Stromschwankungen mittels einer Kathodenstrahlenröhre.** Von S. Janß in Uetersen (Holst.). Einige Beobachtungen, die mit Braunschen Röhren möglich sind, lassen sich auch an den einfachen Röhren, an denen die Ablenkung der Kathodenstrahlen durch einen Magneten demonstriert wird, ausführen.

In dem benutzten Rohr treffen die Strahlen, nach Durchgang durch einen etwa 1 mm breiten Spalt in der Nähe der Kathode, streifend auf einen etwas schräg gestellten Leuchtschirm von etwa  $3\frac{3}{4}$  cm Breite. Es genügt, daß man einen etwa 2 mm breiten Spalt nicht zu weit vom Anfang der Bahn quer zum Rohr stellt und das störende Licht durch schwarzes Papier oder Tuch abblendet. In diesem Spalt bewegt sich der Lichtpunkt unter Einwirkung eines Magneten auf- oder abwärts wie bei der Braunschen Röhre. Als Stromquelle kann man eine Influenzmaschine mit zwischengeschalteter Funkenstrecke benutzen.

Um den Verlauf des Primärstromes eines Induktors zu verfolgen, schaltet man den ablenkenden Magneten in den Stromkreis. Man kann das Rohr auch ohne Ab-

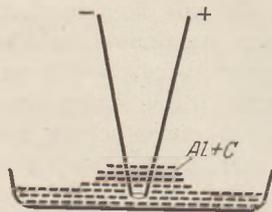
lenkungsmagnet an das freie Ende der Primärrolle legen. Man sieht im rotierenden Spiegel deutlich, daß bei eingeschaltetem Kondensator der Strom allmählich ansteigt und plötzlich fällt, so schnell, daß dieser Zweig der Kurve kaum sichtbar wird. Schaltet man den Kondensator des Induktors aus, so wird auch der absteigende Zweig deutlich erkennbar. Zum Nachweis des Wechselstroms im städtischen Netz wurde ihm Strom mittels eines Glühlampenwiderstandes entnommen. Im Spiegel zeigt sich die Wellenlinie.

**Herstellung eines Spinthariskops.** Von F. Keutel in Peine. Als radioaktives Präparat dient die Leuchtmasse einer sogenannten Radiumuhr oder dgl, welche wohl meist aus Sidotblende und einem aktiven Thorpräparat besteht. Da diese Leuchtmassen von sehr verschiedener Güte sind, so sucht man ein möglichst hell leuchtendes, noch grünlich aussehendes Präparat aus. Meine Taschenuhr habe ich Anfang 1915 mit Leuchtpunkten versehen lassen, die durch Zerstörung der Sidotblende jetzt gelbbraun aussehen und nur noch schwach leuchten, während ein etwas jüngerer Leuchtkompaß nach wie vor leuchtet. Von einem Leuchtpunkt spaltet man mit scharfem Messer ein Splitterchen, etwa von der Größe eines i-Punktes, ab, zerdrückt es auf einem Stück starken Papiers und befestigt es durch einen Tropfen Zaponlack oder Kollodium. Darauf wird eine Patronenhülse mit der Laubsäge in der Mitte durchgeschnitten und das passend zurechtgeschnittene Papier mit einem Bleistift an den Boden der Hülse fest angeschoben. Ferner wird ein starker Kork in der Dicke der Hülse durchbohrt. Auf die eine Seite der Bohrung wird sodann eine einfache Lupenlinse mit Siegelack festgekittet und die Hülse in die andere Seite der Bohrung eingeschoben. Man stellt bei Tageslicht auf die Reste des Splitters ein und markiert durch einen Strich auf der Hülse die richtige Stellung. Im Dunkeln muß man sich dann durch Drehen der Hülse eine geeignete Stelle des Präparates suchen, bei der man die einzelnen Lichtblitze beim Zerfall der radioaktiven Substanz gut sieht.

Bemerkt sei, daß man mit diesen Leuchtmassen (z. B. mit der geöffneten Uhr) leicht die entladende Wirkung auf ein Elektroskop und die Reichweite der Strahlung zeigen kann.

**Nachweis der Luftpoletrizität.** Von F. Keutel in Peine. Ich benutze ein Präparat, das aus mehreren auf einen Blechstreifen geklebten Leuchtpunkten besteht, an Stelle der unbequemen Kerzenflamme, um das elektrische Erdfeld im Unterricht zu zeigen. Das Präparat ist an einer 4 m langen Stange befestigt und wird einfach aus dem Fenster gehalten. Das Elektrometer zeigt so leicht Ausschläge von einigen 100 Volt, je nach dem gerade bestehenden Potentialgefälle.

**Darstellung von Aluminiumkarbid im Unterricht.** Von Dr. W. Franck in Hamburg, O.-R. Uhlenhorst. Zur Bereitung dieses in methodischer Beziehung wichtigen Stoffes



hat sich folgendes Verfahren als brauchbar erwiesen: Man befestigt am Stativ über einer flachen Eisenschale zwei Kohlenstäbe, die mit der elektrischen Leitung verbunden werden, und schüttet dann das Reaktionsgemisch in die Schale, das man durch Zusammenreiben von 30 Teilen Aluminiumpulver und 12 Teilen feinem Holzkohlen- oder Kokspulver hergestellt hat. Es ist empfehlenswert, von der billigen Kohle etwas mehr als die theoretische Menge zu nehmen, da ein Teil von ihr oxydiert wird. In der Nähe der Elektroden wird das Pulver etwas aufgehäuft. Erzeugt man dann einen Lichtbogen zwischen den Kohlen, so vereinigen sich nach kurzer Zeit die Elemente unter hellem Aufglühen, das sich, beim Lichtbogen anfangend, allmählich durch die ganze Masse ausbreitet.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Stereoskopisches Sehen ohne Betrachtungsapparat.** Die Behandlung des räumlichen Sehens in unsern Physikbüchern für die Schule beschränkt sich gewöhnlich auf die Erklärung der Bedingungen für das Zustandekommen der stereoskopischen Gesichtsempfindung. Als Zeichnung für ein stereoskopisches Doppelbild wird gewöhnlich ein Würfel oder eine abgestumpfte Pyramide (Fig. 1) gewählt. Leider wird jedoch nicht angegeben, wie man eine solche stereoskopische Doppelzeichnung ohne Betrachtungsapparat auch wirklich stereoskopisch sehen kann. Nur im Leitfaden der Physik für die Oberstufe von Sumpf-Bahr dt findet sich als Schülerübung die Bemerkung: „Man zeichne 2 stereoskopische Bilder nebeneinander auf Papier, halte senkrecht zur Papierebene zwischen beide eine Scheidewand aus Karton von etwa 20 cm Höhe und halte das Gesicht so nahe an den oberen Rand dieses Kartonblattes, daß jedes Auge nur eine Figur erblickt. Nach einiger Zeit sieht man die Bilder körperlich.“ Für ältere Schüler ist diese Übung wohl ohne jede Gefahr für die Augen und gelingt auch nach längerer Übung. Die räumliche Wirkung ist genau die gleiche wie beim Betrachten mit Hilfe der bekannten Stereoskope. Elliot hat zuerst angegeben, daß die Scheidewand zur Erzielung eines räumlichen Eindruckes nicht unbedingt notwendig ist. Es gelingt die Vereinigung der beiden Netzhautbilder zu einem Einzigen schon durch absicht-

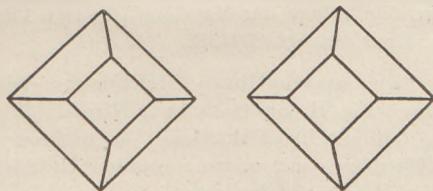


Fig. 1.

liches Schielen. Die räumliche Wirkung muß natürlich jetzt der ersten Beobachtung entgegengesetzt (d. h. vorne mit hinten vertauscht) sein, da ja das linke Auge das rechte Teilbild, das rechte Auge das linke Teilbild betrachtet. Während die Zeichnung 1 beim Betrachten mit der Scheidewand als erhabene abgestumpfte Drahtpyramide erscheint, wird die Wirkung bei schielender Beobachtung ins Gegenteil verkehrt. Die Pyramide erscheint hohl und nach hinten zu laufend. Diese Umkehrung der räumlichen Verhältnisse kann man selbstverständlich auch mit jedem stereoskopischen Doppelbild beobachten,

wenn man im Betrachtungsapparat, die beiden Teilbilder miteinander vertauscht. Das stereoskopische Sehen durch Schielen gelingt nur geübten Augen. Steinhauser hat den in Fig. 2 dargestellten Betrachtungsapparat konstruiert, um das Schielen zu erzwingen. Die richtige stereoskopische Wirkung erzielt man jedoch

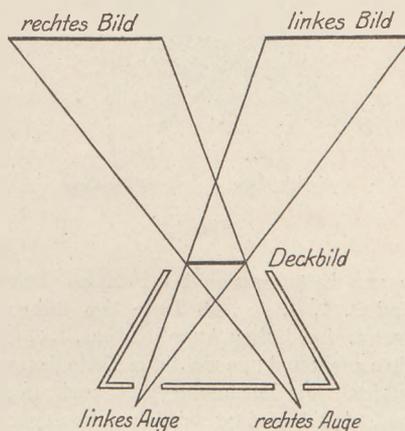


Fig. 2.

nur dann, wenn im Gegensatz zu den gewöhnlichen stereoskopischen Bildern die Teilbilder miteinander vertauscht werden. Auch zur stereoskopischen Projektion, — Glasdiapositive müssen spiegelschriftlich eingelegt werden! —, ist der Steinhausersche Betrachtungsapparat infolge seiner Einfachheit und Billigkeit geeignet, sofern man es nicht vorzieht, die erstmals von Rollmann<sup>1)</sup> angegebene (d'Almeida<sup>2)</sup> benutzte Methode zur Projektion) und fälschlich Ducos du Hauron zugeschriebene Anaglyphenmethode zu benutzen.

K. Gentil.

**Parallaktische Stereogramme.** Es sind dies Diapositive, die bei natürlichem beidäugigem Sehen ohne Betrachtungsapparat eine ganz hervorragende stereoskopische Wirkung zeigen. Die Trennung der Teilbilder wird beim Verfahren von Ives dadurch erzielt, daß man jedes Teilbild in etwa  $\frac{1}{6}$  mm breite Streifen schneidet und die einzelnen Streifen so nebeneinander legt,

<sup>1)</sup> W. Rollmann, Zwei neue stereoskopische Methoden. Ann. d. Ph. u. Ch. 1853. Bd. 90. S. 186/187.

<sup>2)</sup> J. Ch. d'Almeida, Nouvel appareil stéréoscopique. Comptes rendus. 1858. Vol. 47. p. 61/63.

daß immer auf einen dem rechten Teilbild zugehörigen Streifen, ein Streifen des linken Teilbildes folgt. Vor diesem Streifendoppelbild befindet sich nun ein Streifenraster mit gleicher Rasterbreite, das beim Betrachten jedes Auge nur sein Streifensystem seines Einzelbildes erkennen läßt, während das Raster die Streifen des anderen Bildes verdeckt. Die Figur 1

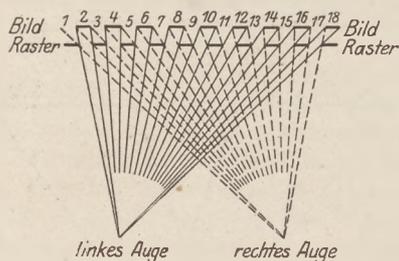


Fig. 1.

möge zur Erläuterung des Prinzips beitragen. Es sind 2, 4, 6, . . . 18 Teile des linken Teilbildes, nur dem linken Auge sichtbar, 1, 3, 5, . . . 17 nur dem rechten Auge sichtbare Teile des rechten Teilbildes. Die Zeichnung läßt auch leicht erkennen, daß bei einer seitlichen Bewegung des Beobachters für dessen Augen eine Vertauschung der Teilbilder eintreten muß, sobald das Raster jetzt dem linken Auge die Streifen 2, 4, 6, . . . verdeckt, dem rechten Auge diese Streifen dagegen sichtbar macht und umgekehrt. Die räumliche Wirkung ist in diesem Falle der ersten gerade entgegengesetzt, d. h. vorne ist mit hinten vertauscht. Besonders interessant ist das von M. Kohl hergestellte parallaxtische Stereogramm, ein Mondbild darstellend, das einmal als außerordentlich stark gewölbte Kugel, dann bei veränderter Blickrichtung als Schale gesehen werden kann.

Auf demselben Prinzip beruht das parallaxtische Stereogramm von Hess, das statt des



Fig. 2.

Blendenrasters ein Raster aus Cylinderlinsen (Celluloid) benutzt. Fig. 2 stellt einen Querschnitt durch ein Stück des Diapositives in starker Vergrößerung dar. Beim Ives'schen und Hess'schen Raster kommen nur ungefähr 6 Bildelemente auf das mm. Trotzdem ist die körperliche Wirkung ganz vorzüglich und wird durch das Raster nicht gestört.

Parallaxtische Stereogramme nach Ives liefert M. Kohl Chemnitz, solche nach Hess, Ganz u. Co. Zürich. K. Gentil.

**Eine abgeänderte Mach'sche Wellenmaschine.** Aus den Physikalischen Werkstätten A.-G., Göttingen. Die Hauptänderung der vorliegenden Wellenmaschine besteht darin, daß die Aufhängefäden der Mach'schen Konstruktion durch dünne Messingdrähte ersetzt sind. Die oberen Enden der Drähte sind leicht drehbar so gelagert, daß die Bewegung der Pendel nur in einer Ebene vor sich gehen kann. Sämtliche Aufhängungen sind wie bei Mach um  $90^\circ$  drehbar, so daß sich mit einem Griff transversale Schwingungen in longitudinale überführen lassen. Der obere Teil der Maschine ist so konstruiert, daß ein Verbiegen der Aufhängungen im Lauf der Zeit ausgeschlossen ist. Zur Erzeugung stehender Transversalwellen dient ein sinusförmig gebogener Draht, der etwa in der Mitte der Aufhänge drähte angesetzt werden kann, was den Vorteil hat, daß die Herstellung der Schwingungen sehr schnell und gleichmäßig gut erfolgt. Auch die stehenden Longitudinalschwingungen werden mit einem in halber Höhe anzusetzenden Stabe erzeugt; dieser ist mit einer Reihe von Stiften („Fingern“) versehen, die mehr oder weniger schräg liegen und die Pendel entsprechend mehr oder weniger aus ihrer Ruhelage ablenken. Die Freigabe der Aufhänge drähte geschieht in diesem Fall durch Drehung mittels eines Gelenks. Man braucht nicht, wie früher, jede Kugel hinter einen bestimmten Haken zu legen. Bei der konstanten Länge der Aufhänge drähte entfällt die Justierung der Pendel, die bisher vor jeder Benutzung nötig war. Die Länge der Maschine ist etwa 120 cm. Der Preis beträgt 850 Mk. P.

**Eine umschaltbare elektrische Ventilröhre.** Von H. GREINACHER in Zürich. (E. T. Z. 42, 1039, 1921.) Elektrische Ventilröhren sind Geißleröhren mit unsymmetrischer Gestalt der Elektroden, die infolgedessen in beiden Richtungen verschieden großen Widerstand aufweisen. An einer Elektrode mit großer Oberfläche, die frei in die Entladungsröhre eingeführt ist, kann sich das Glimmlicht, wenn diese Elektrode zur Kathode gemacht wird, bei normalem Kathodengefälle, d. h. bei ganz geringer Entladungsspannung ungehindert ausbilden, die Röhre bietet in diesem Falle geringen Entladungswiderstand. Ist die andere Elektrode in einen engen Glasfortsatz eingeschlossen, so wird sich hier das zur Entladung erforderliche Glimmlicht nicht bilden können, falls man nicht sehr hohe Spannung anlegt. Diese Elektrode wird also, als Kathode benutzt, dem Stromdurchgang einen sehr großen Widerstand bieten. Die Röhre kann demnach zur Abdrosselung von

hochgespanntem Wechselstrom dienen, so namentlich auch in der Röntgenteknik zum Abdrosseln der Schließungsinduktion von Induktorien.

Eine umschaltbare Ventilröhre, die das unmittelbare Kommutieren des Stroms gestattet, ist nun folgendermaßen eingerichtet: In einer

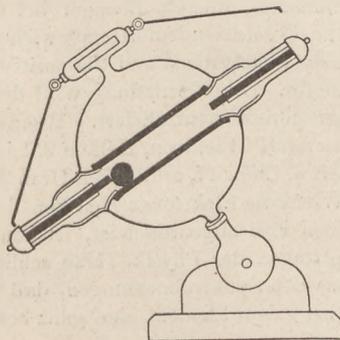


Fig. 1.

größeren Glaskugel (Fig. 1) befindet sich ein Metallzylinder, in den die beiden in Glas eingeschmolzenen Elektroden hineinragen. Eine bewegliche Aluminiumkugel kann je nach der Neigung der Röhre die eine oder die andere Elektrode in leitende Verbindung mit dem Metallzylinder bringen und dadurch die Oberfläche der Elektrode

vergrößern, so daß diese, als Kathode benutzt, den Stromdurchgang gestattet, während die andere ihn verhindert. Legt man also Wechselspannung an die Elektrode, so fließt Gleichstrom von der oberen zur unteren Elektrode. Kippt man den Apparat in die Lage von Fig. 2, so wird

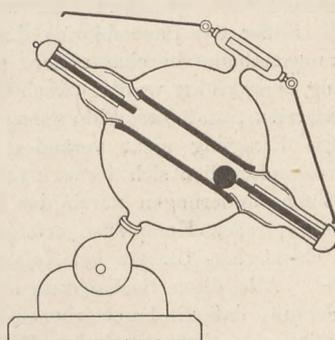


Fig. 2.

die linke Elektrode zur Kathode, der Strom fließt, aber ebenfalls von oben nach unten. In Wirklichkeit ist die Neigung der Röhre viel geringer als in der Figur; ein Kippen um wenige Grade genügt zum Kommutieren des Stroms. Die Röhre wird von E. Gundelach in Gehlberg (Thüringen) hergestellt.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Optik. Über einen neuen Effekt der Strahlung. Von F. WEIGERT<sup>1)</sup>.

Es gibt lichtempfindliche Systeme, die bei Bestrahlung mit farbigem Licht die Farbe des Erregungslichtes annehmen. So kann man auf dem durch Belichtung dunkel angelaufenen Chlor-silber (Photochlorid) ein lichtstarkes Spektrum annähernd farbenrichtig abbilden. Läßt man farbiges Licht einer bestimmten Polarisierung auf das Photochlorid einwirken, so erhält das vorher isotrope System die Eigenschaft eines doppelt brechenden einachsigen Kristalls, dessen optische Achse in der Schwingungsrichtung der linear polarisierten Erregungsstrahlung liegt. Der neue Effekt ermöglicht es also, die Schwingungsrichtung des Lichts dauernd photographisch festzuhalten. Der Verf. benutzte ein einfaches Auskopierpapier, das, nachdem es durch kurzes Belichten farbenempfindlich gemacht war, im Kopierrahmen mit einem roten Glas bedeckt polarisiertem Sonnenlicht so lange ausgesetzt wurde, bis es einen deutlich roten Ton angenommen hatte. Betrachtet man es dann durch ein Beobachtungsnicol, so sieht man beim Drehen desselben eine deutliche Veränderung des Farbentons, der am

<sup>1)</sup> Die Naturwissenschaften 9, 583 (1921); vgl. auch ds. Zeitschr. 33, 112 (1920).

hellsten ist, wenn die Polarisations-ebene des Beobachtungsnicols der des Erregungsnicols parallel ist. Die Schicht ist also durch Erregung mit roten Licht dichroitisch geworden.

Zur quantitativen Messung des Effekts wurden die Intensitäten der von einer auf Glas gegessenen durchsichtigen Photochloridschicht unter verschiedenen Polarisationswinkeln durchgelassenen Lichtmengen mit dem Halbschattendichrometer bestimmt. Sind  $e$  und  $m$  die Schwingungsrichtungen des elektrischen bzw. des magnetischen Vektors der erregenden Strahlung, so war bei der Erregung mit rotem Licht die Intensität  $I_e$  für rotes durchgelassenes Licht größer als  $I_m$ ; bei Grünerregung galt dasselbe für Grün, usw. Die Erscheinung war am deutlichsten in den allerersten Stadien der Erregung und konnte schon bei einem Lichtblitz von  $\frac{1}{50}$  Sek. festgestellt werden. Die Empfindlichkeit war am größten im Blau und nahm nach Rot ab. Bei längerer Erregung trat für Farben, die kurzwelliger waren als die Erregungsfarbe, ein „inverser“ Effekt ein, indem  $I_e < I_m$  war. Bei starker Erregung mit einfarbigem Licht beobachtet man mit dem Nicol eine deutliche Färbung in der  $e$  Richtung, die der Verf. als „physiologische Farbenanpassung“ bezeichnet. Photo-

metrische Messungen der Extinktion bei Erregung der Schichten mit farbigem natürlichen Licht ließen auch beobachten, daß die selektive Ausbleichung für die Erregungsfarbe begleitet war von einer Verdunkelung in den erregungsfremden Farben. Diese „Absorptionsverschiebung“, als auch die „Farbenanpassung“ und die dichroitischen Effekte verschwanden, wenn das metallische Silber des Photochlorids durch eine Verstärkungsmethode in eine andere gefärbte Verbindung übergeführt wurde. Auch ließ sich direkt feststellen, daß die Silbermenge durch die farbige Erregung nicht verändert wurde. Ultramikroskopisch ließ sich ferner nachweisen, daß die Farbenänderungen durch das Licht in ultramikroskopischen Komplexen erfolgen, wie sie ohne chemischen Umsatz bei Kolloiden bekannt sind. Alle diese Beobachtungen führen zu dem Schluß, daß die beschriebenen Erscheinungen keine eigentlich chemischen Wirkungen sind wie bei den gewöhnlichen photochemischen Prozessen, sondern auf Strukturveränderungen beruhen, die durch sehr geringe Verschiebungen der Moleküle gegeneinander hervorgerufen werden. Der neue Strahlungseffekt kann hiernach als eine gerichtete und durch den festen Zustand des Systems „eingefrorene“ Wärmebewegung aufgefaßt werden.

**Physikalische Forschungen zur chemischen Valenz.** Chemische Tatsachen waren es bekanntlich, die zuerst zu der Annahme der Atome führten. Daß diese Atome sehr verschiedenartig gebildet sein müssen, darauf weist schon die Mannigfaltigkeit der chemischen Erscheinungen hin. Nur wenig aber vermag die Chemie über die Natur des Atoms auszusagen. So ist zunächst das Bindevermögen für andere Atome durch bestimmte Wertigkeitsziffern festgelegt, für die das Bindevermögen des Wasserstoffs als Einheit zugrunde gelegt wurde und die von Element zu Element wechseln können. Hierbei trat die Eigentümlichkeit mancher Elemente auf, mehrere Wertigkeitsstufen zu besitzen. Die Wertigkeitszahlen wurden vielfach als unteilbare Einzelkräfte gedeutet, doch führte bald die Betrachtung der Komplexverbindungen zu der Annahme von „Nebenvalenzen“ oder gar zur Zersplitterung der Valenzkräfte, womit die Einzelkrafttheorie verlassen werden mußte. Dazu treten noch die zahllosen Tatsachen, die über die Abhängigkeit des Charakters der Verbindungen vom Charakter der Elemente oder ihrer Valenzstufe Aufschluß geben, das große Gebiet der Affinitätslehre.

Sich dieser Eigenschaft der Atome rechnerisch zu bemächtigen und die Tatsachen zum Aufbau der Atome auszunutzen, ist eines der besonderen Ziele unserer heutigen physikalischen Forschung.

Bekanntlich sieht die moderne Physik als Bestandteile des Atoms den positiven Kern, der die Masse enthält, und die Elektronen an, die den Kern umgeben. Nach den Erfahrungen, die man auf Grund der  $\alpha$ -Strahlstreuung und der Beobachtungen an Röntgenstrahlenspektren gesammelt hat (1<sup>1)</sup>, hat man dann festgesetzt, daß die Atomnummer, die ein Element bei der Anordnung nach wachsendem Atomgewicht erhält, die Zahl seiner Elektronen und die positive Kernladung angibt. Die Kernladung wird durch die Elektronen gerade neutralisiert. Hiernach hat z. B. Wasserstoff 1 Elektron, Helium 2, Lithium 3, Kohlenstoff 6, Chlor 17, schließlich Uran 92 Elektronen. Wie diese Elektronenschar um den Kern im einzelnen Fall angeordnet ist, ist heute eine der Hauptfragen der Physik. Man schließt bisher nur aus den Spektralmessungen, daß die Anordnung bei jedem Element eine ganz bestimmte sein muß (2).

Als Brücke von der Ordnungszahl (Atomnummer) zu den chemischen Tatsachen dient nach W. KOSSEL (3) die regelmäßige Änderung der Valenzzahl mit der Ordnungszahl. Dabei ist sehr wesentlich, daß die Valenzzahl sich auch physikalisch bei der Elektrolyse, speziell im zweiten Faradayschen Gesetz äußert. Denn die Mengen, die derselbe Strom in verschiedenen Elektrolyten ausscheidet, sind valenzchemisch gleichwertig. Wenn man mit der Ionentheorie annimmt, daß gleichwertige Mengen Materie gleichviel Elektrizität tragen, so haben wir hier also eine Verbindung zwischen Atomnummer und Ionentheorie. Betrachtet man ein aus zwei Elementen von ausgesprochen elektrochemischem Charakter bestehendes Salz, z. B. NaCl, in Lösung, so findet man, daß das Natrium darin in Form von  $\text{Na}^+$ - und das Chlor in Form von  $\text{Cl}^-$ -Ionen vorhanden ist. Es haben sich also Natrium mit 11 Elektronen (Atomnummer 11) und Cl mit 17 Elektronen so verbunden, daß Na ein Elektron abgegeben und Cl eines aufgenommen hat. Demnach hat  $\text{Cl}^-$  vom  $\text{Na}^+$  ein Elektron an sich gerissen. Beide haben nunmehr ebensoviel Elektronen wie ihre Nachbarn im periodischen System, das träge Neon und das träge Argon (vgl. Fig. 1). Die übrigen Halogene und Alkalimetalle stehen, ebenso wie Cl und Na, wie Fig. 1 zeigt, ebenfalls neben Edelgasen. Ihr chemischer Charakter läßt sich hiernach so auslegen, daß sie stets das Bestreben haben, die Elektronenzahl des neben ihnen stehenden Edelgases anzunehmen. Wahrscheinlich ergeben gerade diese Elektronenzahlen Gebilde besonderer Stabilität. Denn die Edelgase, die mit diesen Elektronenzahlen ausgestattet sind, scheuen jede Änderung durch Verbindung, wäh-

<sup>1)</sup> Literaturübersicht am Ende des Berichts.

rend ihre Nachbarn sie anzunehmen trachten. Verfolgen wir dies weiter bei den auf die Halogene und Alkalien folgenden Elementen, so zeigt sich, daß im MgO z. B.  $Mg^{++}$  zwei Elektronen abgegeben und  $O^-$  sie aufgenommen hat, so daß beide ebenfalls die Elektronenzahl des Neons angenommen haben.

Sind Stoffe mit dem positiven Wasserstoff verbunden, wie z. B. in HCl,  $H_2S$ ,  $PH_3$  etc., so sind sie in diesen Verbindungen negativ, und es gibt bekanntlich die Zahl der H-Atome ihre Wertigkeit, d. h. die Zahl der Elektronen an,

anschaulicht Fig. 1, worin als Abszisse die Ordnungszahl im periodischen System der Elemente und ihre Elektronenzahl als Ordinaten aufgetragen sind. Die leeren Kreise bedeuten den Elektronengehalt des Atoms im neutralen Zustande, die vollen den Elektronengehalt bei maximaler Valenzbetätigung. Die von einer Absolutzahl beherrschten Zustände erscheinen in der Figur 1 als horizontale Linien mit der Elektronenzahl der Edelgase. Alle darunter liegenden, durch senkrechte Striche mit diesen verbundenen Elemente vermögen Elektronen aufzunehmen, bis sie

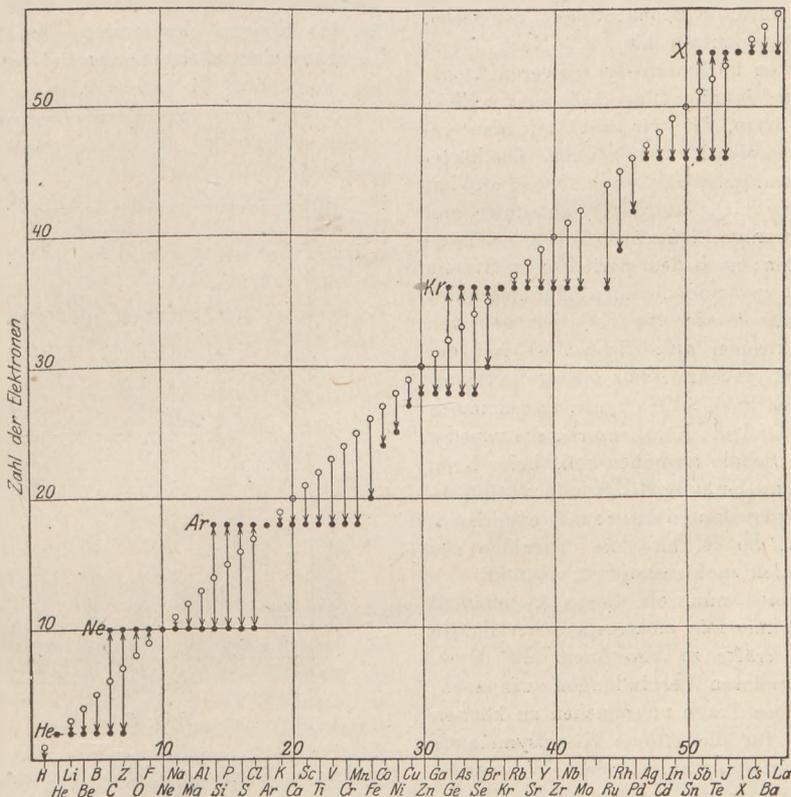


Fig. 1.

die sie vom H-Atom aufgenommen haben. Andererseits zeigt die Sauerstoffwertigkeit stets die positive Ladung an, wie z. B. in  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $AlO_3$ . Verfolgt man diese Reihe der maximalen Oxydstufen weiter, so kommt man zu  $SiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $SO_3$  und  $ClO_7$ . Will man diese Verbindungen mit den oben entwickelten Anschauungen in Übereinstimmung bringen, so bleibt noch der Nachweis zu erbringen übrig, warum diese hochwertigen Ionen wie  $P^{+++}$  oder  $S^{+++}$  nicht frei beobachtet werden.

Als grundlegendes Prinzip für die positive und negative Wertigkeit sieht also W. KOSSEL die Nachahmung der Edelgasform an. Dies ver-

die Zahl des Edelgases erreicht haben, die darüber liegenden ebensoviel abzugeben. Weiter zeigt die Figur, wie in den Nebenreihen der großen Perioden des Systems auf eine Strecke weit noch andere absolute Zahlen eine Rolle spielen, wie z. B. 28 und 46. Sie können jedoch nur durch Abgabe, nicht durch Aufnahme von Elektronen erreicht werden.

Die Bedeutung dieser chemischen Tatsachen für den Aufbau der Atommodelle liegt nach W. KOSSEL (3) in dem Hinweis auf die besondere Stabilität der Elektronenanordnungen bei gewisser absoluter Elektronenzahl. Hierauf gründet sich die Annahme, daß die Elektronen sich zu Schalen

um den Kern anordnen. Denn wenn die auf ein Edelgas folgenden Elemente die zur Elektronenschale des Edelgases neu hinzugekommenen Elektronen leicht abgeben, so scheinen sie doch weiter vom anziehenden positiven Kern entfernt zu sein als die Elektronenschale des Edelgases. Hiernach liegt die Annahme nahe, daß bei Helium die erste Schale mit 2 Elektronen, also die dem Kern zunächst liegende vollendet ist und mit Lithium schon eine neue zum ersten konzentrische beginnt, die mit 8 Elektronen beim Neon beendet ist; die dritte beginnt beim Na, die vierte beim K usw.

Auf den hier angenommenen Schalenbau der Atome weisen auch die Beobachtungen der Serien in den Röntgenspektren hin (1). Nach ihrem Befunde scheinen im Innern der schweren Atome verschiedene aufeinander folgende Zonen von Elektronen zu bestehen, die wir wohl mit den genannten Schalen identifizieren können. Die härteste Röntgenstrahlung, die sog. „K-Serie“, hat ihren Ursprung dicht an der Kernladung und läßt auf nur wenige Elektronen in der innersten Schale schließen; nach dem periodischen System haben wir dort zwei angenommen (Heliumschale). Die zweite Röntgenserie, die „L-Serie“, geht von mehreren Elektronen aus, die weiter von der Kernladung entfernt sind. Für die zweite Schale hatten wir oben auch 8 Elektronen angenommen (Neonschale). Daß die Röntgenserie, die von der zweitinnersten Schale ausgehen soll, beim Neon mit der Strahlung der äußersten Schale zusammenfällt, haben Franck und Hertz (4) experimentell bewiesen. So ist also die Annahme der Elektronenschalen spektroskopisch gestützt.

Es fragt sich nun, ob dieses Atommodell unter der Annahme rein elektrostatischer Kräfte gestattet, die Kräfte zu berechnen, mit denen die Atome in polaren Verbindungen zusammenhalten. Um diese Frage untersuchen zu können nimmt KOSSEL für die Atome Kugelsymmetrie und zentrale Anziehung an, wie sie A. WERNER (5) für die Darstellung der anorganischen Verbindungen als zweckmäßig erkannt hatte. Er prüft die obengenannte Frage an einer der wesentlichsten Verbindungsfamilien, den Hydroxyden:  $\text{Na}(\text{OH})$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$ ,  $\text{PO}(\text{OH})_3$ ,  $\text{SO}_2(\text{OH})_2$ ,  $\text{ClO}_3(\text{OH})$ . Diese Reihe beginnt mit dem stark basischen Ätznatron, geht über das schwächer basische Magnesiumhydroxyd, das amphotere Aluminiumhydroxyd zu den Säuren über und endet bei der starken Überchlorsäure. Das bedeutet, daß das erste Glied leicht  $(\text{OH})^-$ -Ionen abspaltet, die weiteren weniger leicht, dann keine mehr; dafür gehen nun leichter  $\text{H}^+$ -Ionen fort. Am Anfang der Reihe sitzen also die  $(\text{OH})^-$  locker, sie werden immer fester mit dem Fortschreiten in der Reihe und das  $\text{H}^+$  wird immer lockerer, bis es nur noch allein frei werden kann.

Denkt man sich in diesen Verbindungen das  $\text{O}^-$ -Ion immer an dem positiven Zentralatom hängen, so ist leicht zu erkennen, daß mit dessen zunehmender Wertigkeit das  $\text{O}^-$  immer fester an das Zentralatom gebunden, demnach die Bildung der freien  $(\text{OH})^-$ -Gruppen immer schwieriger wird. Mit zunehmender Bindung des  $\text{O}^-$  an das Zentralatom wird aber die Bindung des  $\text{H}^+$  an das  $\text{O}^-$  immer geringer, so daß bald  $\text{H}^+$  leichter als  $(\text{OH})^-$  abgespalten wird. So läßt sich aus rein elektrostatischen Überlegungen heraus die Abnahme des basischen und Zunahme des sauren Charakters zwanglos erklären. Das gleiche gilt für das Steigen des sauren Charakters beim Übergang eines Elements von tieferer zu höherer

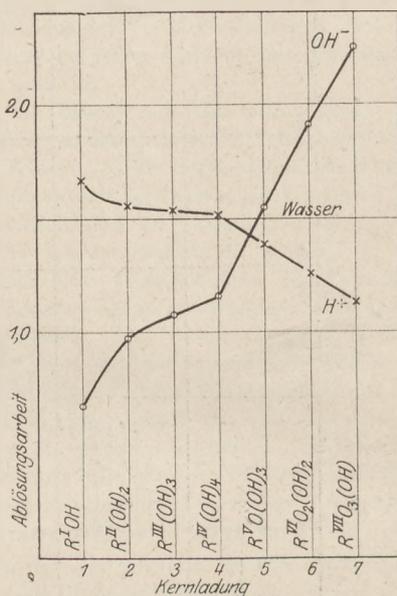


Fig. 2.

Oxydstufe. Ebenso läßt sich auch qualitativ das Verhalten der Ionen im Wasser aus der elektrostatischen Wirkung auf die Bestandteile von  $\text{H}_2\text{O}$  bestimmen und so auch die Tatsache erklären, daß hochwertige Elemente nie als geladene Ionen vorgefunden werden. Führt man diese qualitativen Überlegungen an weiteren chemischen Erfahrungstatsachen aus, so erhält man nach KOSSEL (3) eine zusammenfassende Übersicht über eine ganze Anzahl von Regeln der Chemie.

Auch rechnerisch ist nun W. KOSSEL auf Grund der genannten Atommodellvorstellungen an dieses Problem zunächst bei den genannten Hydroxyden, herangetreten. Er hat auf Grund des Coulombschen Gesetzes die Kraft berechnet, die zur Entfernung eines  $(\text{OH})^-$ -Ions und eines  $\text{H}^+$ -Ions aus dem Atomverbande nötig ist. Seine Ergebnisse sind in Fig. 2 niedergelegt. Man

sieht sofort eine qualitative Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung. In diesen Berechnungen ist das  $H^+$ , das doch nur noch aus dem  $H$  Kern besteht, als Punktladung gesetzt worden. Nur so ergibt sich seine scharfe Bindung an  $O$  in der für Basen typischen  $(OH)$ -Gruppe. Dabei hängt die Lage des Kreuzungspunktes beider Kurven der Fig. 2 wesentlich mit der reinen Kernnatur des  $H$ -Ions, d. h. mit den Ergebnissen der aus  $\alpha$ - und Röntgenstrahlbeobachtungen gewonnenen Elektronenzählungen zusammen.

Bei diesen Rechnungen ist aber der Einfluß der umgebenden Wassermoleküle unberücksichtigt geblieben und auch sehr schwer zu erfassen. Um die ganze Umgebung des berechneten Atoms heranziehen zu können, sind die Rechnungen von BORN an Atomen in artgleicher Umgebung durchgeführt worden. Derartige Verhältnisse finden wir bei den Kristallen, deren Atomanordnung und Atomabstände mittels Röntgenstrahlen erforscht sind. Dabei gaben BORN und LANDE (6) auch eine feinere Darstellung der abstoßenden Kräfte zwischen den Atomoberflächen, die die Undurchdringlichkeit der Atome hervorbringen. Wesentliche Vorarbeiten für diese Berechnungen hatte MADELUNG (7) geleistet, der Formeln für das gesamte Coulombsche Potential eines Gitters aus Punktladungen auf einen Punkt in seinem Innern herleitete. Mit ihrer Hilfe haben BORN und LANDE die Dimensionen mehrerer Kristalle vom  $NaCl$ -Typus berechnet. Hierfür reichte die Annahme aus, daß sich das Potential mit der

5. Potenz von  $r^{-1}$  ändert ( $r$  Abstand der Atommittelpunkte); dagegen waren die unter dieser Voraussetzung gewonnenen Kompressibilitäten der Kristalle zu klein. Um auch diese in der richtigen Größe zu erhalten, mußten sie die 9. Potenz von  $r^{-1}$  in Rechnung setzen und zugleich auch annehmen, daß die Elektronen räumlich um den Kern verteilt sind.

Wenn es auch an einer vollkommen strengen Durchführung der elektrostatischen Untersuchung der Valenzbetätigung der Elemente noch fehlt, da sie erst dann möglich sein wird, wenn der ganze Bau der einzelnen Atome feststeht, so ist doch bisher schon die Möglichkeit erwiesen, daß die bisher unbekanntenen Valenzkräfte rein elektrostatische Kräfte sind, die den elektrostatischen Gesetzen genügen. *A. Wenzel.*

#### Literaturübersicht.

1. Siehe A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 2. Aufl. Braunschweig 1920. Vgl. auch G. Hertz, *Zeitschr. f. Phys.* 3, 19, 1920 und Bergengren ebenda 3, 247, 1920.
2. Vgl. diese Zeitschr. 31, 30, 1921.
3. Vgl. Kossel, *Verhandl. d. Ges. d. Naturf. u. Ärzte*, 86. Vers. zu Naheim, Sept. 1920. Leipzig 1921. S. 263 ff. W. Kossel, *Valenzkräfte und Röntgenspektren*. Berlin 1921. Ans. „Die Naturwissenschaften“ 7, 344 ff. 1919. W. Kossel, *Ann. d. Phys.* 49, 229, 1916 und *Zeitschr. f. Phys.* 1, 119 und 2, 470, 1920.
4. J. Franck und G. Hertz, *Verhandl. d. D. phys. Ges.* 15, 34, 1914 und *Phys. Zeitschr.* 20, 132, 1919.
5. A. Werner, *Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie*. Braunschweig 1913. 3. Aufl. und Nobelvorlesung in *Naturw.* 2, 1, 1914.
6. M. Born und A. Landé, *Ber. d. Preuß. Akad. d. Wiss.* 1918, 1048 und *Verhandl. d. phys. Ges.* 20, 202, 1918.
7. E. Madelung, *Phys. Zeitschr.* 19, 474, 1918.

### 3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

**Zur Erfindung der Metallfadenlampe.** Der zu Meiselding in Kärnten lebende Erfinder des Auer-Gasglühlichtes, C. AUER VON WELSBACH ist bekanntlich auch der Erfinder der Metallfadenlampe. Er macht in der *Elektrot. Zeitschr.* 1921, Heft 19 interessante Mitteilungen aus der Geschichte seiner Erfindung. Auf der Suche nach einem Metall, das in der Gestalt eines dünnen elastischen Fadens eine bis zur strahlenden Weißglut gehende Erhitzung ohne Formänderung auszuhalten in stande wäre, entsann er sich des Versuchs, daß ein sehr feiner Aluminiumdraht, durch den Strom allmählich zum Glühen gebracht, bis zur hellen Weißglut erhitzt werden kann, ohne abzuschmelzen. Die Erklärung dieses in Anbetracht des niedrigen Schmelzpunktes des Aluminiums höchst überraschenden Experiments ergab sich daraus, daß der allmählich zur Rotglut kommende Aluminiumdraht sich allmählich mit einer nach und nach dichter werdenden, ziemlich schwer schmelzbaren Aluminiumoxydschicht überzieht, in der das zum Schmelzen kommende Metall

bis fast zum Siedepunkt weiter erhitzt werden kann, ohne daß das halbgeschmolzene Röhrchen berstet. (Der Versuch kann, wie H. KRÖNCKE in der *Zeitschrift für praktische Schulphysik* 1921, Nr. 8 näher ausführt, leicht wiederholt werden, indem man einen Aluminiumdraht von etwa 0,3 mm Stärke und etwa 10 cm Länge zwischen Fußklemmen einspannt, 10 bis 15 Sekunden lang durch einen Strom von 7,5 Amp. zu schwacher Rotglut erhitzt und dann die Stromstärke langsam bis gegen 10 Amp. steigert, wobei der Draht in helle Weißglut kommt. Auch nach der Unterbrechung kann man dann gleich wieder die volle Stromstärke wirken lassen, ohne daß der Draht zerreißt.)

Die angegebene Erklärung wird dadurch bestätigt, daß man mit einem Platindraht dasselbe erreichen kann, wenn man ihn mit einer dünnen Schicht von fast unschmelzbarem Thoroxyd überzieht. AUER VON WELSBACH zog zu dem Zweck einen dünnen Platindraht durch die mit verdünnter Thonitratlösung befeuchteten Finger,

glühte den Draht in der Flamme aus und wiederholte dieses Verfahren nochmals, bis sich eine eben sichtbare Schicht von Thoroxyd gebildet hatte. Bei eintretender Weißglut wurde der zuvor starre Faden leicht beweglich, ein Zeichen, daß das Platin in der Hülle geschmolzen war. Doch führte weder dieser Versuch noch der mit Aluminium zu praktischer Verwertung. Erst die schwer schmelzbaren Platinmetalle (Osmium, Ruthenium) ermöglichten eine brauchbare Lösung. Aber es machte große Schwierigkeiten, diese höchst spröden Metalle in dünne elastische Fäden zu bringen. Weder die Imprägnierung von Baumwollfäden mit den entsprechenden Metallsalzen und nachheriges Glühen, noch das Überziehen verbrennbarer Fäden mit dem fein geriebenen Metall führte zum Ziel. Es wurde dann versucht, haarfeine Drähte eines andern Metalls dadurch in Osmiumfäden zu verwandeln, daß man sie in einer Atmosphäre aus Osmiumtetroxyd und induzierenden Gasen durch den Strom soweit erhitzte, daß sich das Osmium an ihnen metallisch abschied. Dies ergab mitunter ganz brauchbare Fäden, war aber ebenfalls technisch nicht verwertbar. Erst das „Pastaverfahren“ brachte die Lösung. Amorphes Osmium, durch gelindes Glühen von Osmiumditetraminchlorid erhalten, wurde zu feinstem Pulver zerrieben und geschlämmt, das Osmiumpulver dann mit einer viskosen Lösung von Gummi oder gebranntem Zucker versetzt und zu einer Paste verknetet. Diese wurde durch eine feine Düse gepreßt und so zu einem Faden versponnen, der auf einer beweglichen Unterlage aufgefangen, dann in passende Stücke zerschnitten und auf einer heißen Tonplatte getrocknet wurde. Die so gewonnenen Fäden kamen in eine Muffe und wurden unter Luftabschluß zu gelindem Glühen erhitzt. Das darauf folgende „Formieren“ hatte den Zweck, den Kohlenstoff zu entfernen und die Fäden zum Sintern zu bringen. Dies wurde erreicht durch Benutzung eines gleichzeitig oxydierend und reduzierend wirkenden Gasgemisches, wie es z. B. einem Bunsenbrenner nach dem Zurückschlagen der Flamme entströmt. Dann wurde der Faden bei hoher Spannung erst bis zur Rotglut, dann dem sinkenden Widerstand entsprechend bei niedrigerer Spannung bis zur strahlenden Weißglut erhitzt und nahm so seine endgültige Form an, in der er zum Einsetzen in die Lampe fertig war.

Man erkennt leicht, welch ungeheurer Aufwand ausdauernder geistiger und technischer Arbeit erforderlich war, um die Erfindung bis zu dem erforderlichen Grad der Vollkommenheit zu bringen. Um so bedauerlicher war es, daß dem Erfinder, da er das Wolfram als noch geeigneteres Material übersehen hatte, der materielle Erfolg seiner Erfindung versagt blieb. P.

**Zur Kritik der Relativitätstheorie.** In letzter Zeit häufen sich die Angriffe gegen die Relativitätstheorie Einsteins. Besonders von philosophischer Seite werden dauernd Einwände gemacht. Aus ihrer großen Zahl sollen die von DREXLER<sup>1)</sup> und von DINGLER<sup>2)</sup> kurz besprochen werden.

DREXLER'S Absicht ist, gewisse philosophische Ansprüche der R.Th. einzuschränken, die besonders von seiten des Positivismus erhoben sind. Es handelt sich dabei für ihn besonders um das Bewegungs-, das Raum- und das Zeitproblem, die er als Schüler REHMKE'S von dessen „grundwissenschaftlichem Ansatz“ aus untersucht. „Das Gegebensein des Gegebenen ist der grundwissenschaftliche Ansatz, und Aufgabe philosophischer Besinnung ist es, dies Gegebene schlechtweg fraglos zu bestimmen“ (S. 14).

Da ist zunächst die Bewegung. Sie ist an sich etwas Absolutes, dem Ding zukommendes (S. 32), so wie es die vorwissenschaftliche Entscheidung immer aufgefaßt hat. Als „Ortsverschiedenheit im Nacheinander“ (S. 49) ist sie „eine besondere Bestimmtheit des Dinges in einer Einheit aufeinanderfolgender Ding-Augenblicke“ (S. 26) und jeder Messung unzugänglich. Etwas ganz anderes aber ist die Bewegungslinie, d. h. die relative Lage der Körper vor und nach der Bewegung. Sie interessiert den Physiker, und nur infolge der mathematischen Einstellung der Physik war es möglich, daß bei Newton ebenso wie in der R.Th., Bewegung und Bewegungslinie verwechselt wurden. Diese Verwechslung aber gerade ist es, die den ganzen Streit über das Gegensatzpaar „absolut-relativ“ heraufbeschworen hat (S. 42). Die Bewegung ist im gewöhnlichen Sinne absolut, die Bewegungslinie relativ.

Auch der Raum ist nach REHMKE in doppelter Beziehung zu nehmen. Raum bedeutet einmal den „Raum des Dinges“ (Raum I = Größe + Gestalt), dann aber auch einfach das Nebeneinander der Dinge schlechthin (Raum II). Der letztere ist ohne die Dinge, die nebeneinander sind, nicht zu verstehen. Ihm entspricht die Zeit als das Nacheinander, während eine dem Raum I entsprechende Auffassung der Zeit nicht möglich ist. Wer von Zeitgrößen und -strecken spricht, muß die Zeit veräumlichen<sup>3)</sup> und betrachtet sie

<sup>1)</sup> Drexler, J.: Grundwissenschaftliches zur Einsteinschen Relativitätstheorie („Grundwissenschaft“, Bd. II, Heft 1/2, 1921).

<sup>2)</sup> Dingler, Die Grundlagen der Physik. (Verein wissensch. Verleger 1919): Kritische Bemerkungen zu den Grundlagen der R.Th. (Hirzel 1921); Physik und Hypothese (Verein wissensch. Verleger 1921).

<sup>3)</sup> Vgl. auch Poincaré, H.: Letzte Gedanken, S. 40.

dann unter dem Bilde des Raumes I. Die Ergebnisse der R.Th. beziehen sich nun auf Raum- und Zeitmessungen. Die Meßergebnisse sind vom Beobachter abhängig, die Bestimmung von Raum- und Zeitgrößen, von Gleichzeitigkeit ist relativ — das ist Einsteins bahnbrechende Tat! (S. 93). Nicht aber ist damit der Begriff der Gleichzeitigkeit, der Länge, der Zeitdauer oder gar des Raumes und der Zeit umgewertet, relativiert. „Die Frage, was in diesem Augenblick auf dem Mond passiert, ist eine völlig eindeutige und von keinem Bezugssystem abhängige; die Feststellung, d. h. das Haben gleichzeitiger Ereignisse seitens eines besondern „menschlichen Bewußtseins ist relativ...“ (S. 47).

Diese Unterscheidungen und Resultate sind bedeutsam, aber nicht so unbedingt neu, wie die Ankündigung der DREXLERschen Arbeit sie hinstellte. Daß Raum und Zeit letzten Endes für den Philosophen etwas anderes bedeuten als für den Physiker, war bekannt, und gerade von dieser Unterscheidung aus hatte man auf die Schranken hingewiesen, die der R.Th. philosophisch notwendig bereitet sind. So hat Ref. schon 1919<sup>1)</sup> als Resultat seiner Arbeit gebucht: „Beim Raum-Zeit-Problem handelt es sich um Probleme der Messung, nicht um den Raum und die Zeit als Formen unserer Anschauung“ (S. 56<sup>2)</sup>).

In ähnlichem Sinne hat sich CASSIRER<sup>3)</sup> (1921) geäußert: „Für den Physiker ist das, was er ‚Raum‘ und ‚Zeit‘ nennt, eine konkrete meßbare Mannigfaltigkeit, die er als Ergebnis der gesetzlichen Zuordnung der einzelnen Punkte gewinnt; für den Philosophen dagegen bedeuten Raum und Zeit nichts anderes als die Formen und Modi, und somit die Voraussetzungen eben dieser Zuordnung selbst“ (S. 84). Die Erkenntnistheorie „kann den Satz, daß der Sinn eines Begriffes mit seiner konkreten Anwendung zusammenfällt, nicht zugeben... Demgemäß wird auch der Gedanke von Raum und Zeit, wird das, was sie als Verknüpfungs- und Ordnungsformen bedeuten, durch die Messung nicht erst geschaffen, sondern er wird in ihr und durch sie nur näher determiniert“ (S. 88).

DREXLER ist nun von ganz anderer Einstellung aus zu — dem Sinne nach — gleichen Resultaten gekommen. Das ist nur zu begrüßen und wird zur weiteren Klärung dieser Verhältnisse beitragen. —

Der andere genannte Kritiker der R.Th., H. DINGLER, geht viel weiter. Er bekämpft die

<sup>1)</sup> Sellien, E.: Die erkenntnistheoretische Bedeutung der R.Th. (Kantstudien, Erg.-Heft Nr. 48, Berlin 1919).

<sup>2)</sup> Vgl. auch a. a. O. S. 19, 20, 23, 30.

<sup>3)</sup> Cassirer, E.: Zur Einsteinschen R.Th. (Berlin 1921); vgl. ds. Jahrg. ds. Zeitschr. S. 38.

Theorie als solche und sieht in ihr einen in sich inkonsequenten Versuch, die Natur wissenschaftlich zu erforschen. In langjährigen Untersuchungen ist DINGLER im wesentlichen zu folgenden Resultaten gekommen<sup>1)</sup>:

1. Weder die Geometrie noch das Grundgesetz der Physik (die Konstitutionshypothese) läßt sich aus den Erfahrungstatsachen entnehmen. Beide werden von uns der Natur auferlegt.

2. Bei der Auslese aus den verschiedenen logischen Möglichkeiten verfahren wir nach dem Prinzip der Einfachheit.

3. Die Durchführung der Grundgesetze und der Geometrie in der Erfahrung erfolgt durch ‚Exhaustion‘.

4. Den gestellten Forderungen genügen die Enklidische Geometrie und das Newtonsche Anziehungsgesetz.

Der Gegensatz zu Einstein betrifft folgende zwei Punkte:

I. Geometrie und Erfahrung. Die Geometrie im Sinne der modernen Axiomatik ist ein rein-logisches Gebäude. So wird sie von Einstein und von Dingler auch aufgefaßt. Der Unterschied tritt erst beim „Problem der Anwendung“ auf. Nach Einstein<sup>2)</sup> erhält man eine „praktische Geometrie“, wenn man z. B. den Satz hinzufügt: praktisch-starre Körper (st. K.) verhalten sich wie Körper der Enklidischen Geometrie. Bei dieser Geometrie ist offenbar die Frage sinnvoll, ob die Natur tatsächlich durch die Enklidische Geometrie beherrscht wird. Experimente hätten darüber zu entscheiden. Nun zeigt sich, daß die allgemeine R.Th. nichteuclidische Maßverhältnisse gebraucht, also darf man den Raum der Natur nicht mehr als Enklidisches Kontinuum auffassen.

Demgegenüber fragt DINGLER — und wohl mit Recht —, woher man denn das Kriterium der Starrheit für die praktisch st. K. hernehme. Er weist nach, daß es gerade geometrische Proben sind, die als Kriterium für Starrheit, Geradheit usw. verwandt werden und verwandt werden müssen<sup>3)</sup>. Allerdings bestände die Möglichkeit, eine nichteuclidische Geometrie vorauszusetzen, aber dagegen spricht, daß die Enklidische Geometrie die einfachste<sup>4)</sup> ist und andererseits bei Zulassung nichteuclidischer Maßverhältnisse die Gefahr vorliegt, daß

<sup>1)</sup> Vgl. die Besprechungen in dieser Zeitschrift, Bd. 33, 190; Bd. 34, 231.

<sup>2)</sup> A. Einstein: Geometrie und Erfahrung (Berlin 1921).

<sup>3)</sup> Physik und Hypothese, S. 15/22 und S. 27.

<sup>4)</sup> H. Dingler, Über den Begriff der Einfachheit (Zeitschr. f. Physik, Bd. III (1920), S. 434).

jede ungeklärte Abweichung in die Geometrie verlegt wird<sup>1)</sup>. Die Einsteinsche Auffassung, nach der man experimentell das Linienelement zu bestimmen hätte, aus dem die physikalische Beschaffenheit der betrachteten Stelle und die Geometrie folgt, ist unmöglich, da jene Messungen wiederum mit st. K., d. h. unter Voraussetzung der Geometrie, gemacht werden müssen<sup>2)</sup>. —

II. Das System der Physik. Der zweite Gegensatz DINGLERS zu EINSTEIN ergibt sich aus seiner Stellung zum System der Physik. EINSTEIN sucht nach möglichst allgemeinen Prinzipien, die für alle Gebiete der Physik Geltung haben, und leitet die Grundgesetze so ab, daß sie mit jenen Prinzipien im Einklang bleiben<sup>3)</sup>. Zu diesen Prinzipien gehören bei EINSTEIN das der allgemeinen Relativität der Bewegungen und das der Nahwirkung. Die Einfachheit des Systems ist bedingt durch die Allgemeinheit und die Zahl der Prinzipien<sup>4)</sup>.

DINGLER sucht im Gegensatz dazu nach einer „Konstitutionshypothese“. Der dazu nötige Elementarvorgang muß der einfachste sein: es ist das Newtonsche Gesetz. Dieses muß allen Naturerscheinungen durch Exhaustion auferlegt werden. So erhält man das System der „reinen Synthese“, zu der die mechanische Naturauffassung der Übergang ist. Die Folge dieser Forderung ist DINGLERS Eintreten für die Newtonsche Mechanik, seine Ablehnung der allgemeinen Relativität der Bewegungen und des Prinzips der Nahwirkung. In manchen Punkten geht er dabei weiter als Newton. So zeigt er zunächst, daß man in dem uns zugänglichen Teil der Welt, dem „Allraum“, durch „Wegrechnen der einzelnen Bewegungen“ (wie es die Astronomen tatsächlich machen) einen „Festraum“ definieren kann und in ihm ein festliegendes Koordinatensystem. Für dieses existiert nach Definition kein übergeordneter Bezugskörper, aber alle andern Bewegungen können auf es bezogen werden. Eine Translation des Festraums läßt sich nicht nachweisen<sup>5)</sup>, wohl aber eine Rotation. Denn nach der Mechanik ist die Ebene eines schwingenden, unbeeinflussten Pendels zu sich selbst parallel. Der Drehungswinkel beim Foucaultschen Versuch würde also die absolute Drehung definieren, der Vergleich dieses Winkels mit dem Drehwinkel der Erde, der durch die Rotation der Erde gegenüber dem Fixsternsystem bestimmt wird, würde zeigen, ob eine

Drehung des Festraums vorliegt. Rechnet man auch diese Drehung weg, so erfüllt der Festraum alle Forderungen, die man an einen absoluten Raum zu stellen hat<sup>1)</sup>.

In diesem Raum ist dann jede Bewegung „absolut“. In ihm kann man auch eine absolute Zeit definieren. Es werden gleiche Uhren hergestellt nach dem Grundsatz<sup>2)</sup>: „Unterscheiden sich zwei Vorgänge in gar keiner bemerkbaren Weise, so unterscheiden sie sich auch nicht in ihrer Zeitdauer.“ Fügt man diesem Prinzip das der Unabhängigkeit der Vorgänge von Raum und Zeit hinzu, so kann man die Zeit auch für verschiedene Raumstellen definieren.

EINSTEINS Gleichzeitigkeitsdefinition mit Hilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit weicht offenbar von der oben gegebenen ab, die sich im wesentlichen mit dem gewöhnlichen Verfahren der Zeitmessung und Zeitvergleichung deckt. Auch sie läßt sich konsequent durchführen, aber sie ergibt eine andere Definition des st. K.<sup>3)</sup>. Damit aber „ist der EINSTEINSche Aufbau nicht in sich, aber in allen seinen Realisierungen ein inkonsequentes Gebilde, das mit einem Bein im euklidisch galileischen, mit dem andern im Einsteinschen steht“ (Physik und Hypothese, S. 168). Diese Inkonsequenz aber, den gewöhnlichen st. K. und die neue Definition gleichzeitig zu benutzen, erweckt den Anschein, als ob die R.Th. durch Experimente geprüft werden kann<sup>4)</sup>. An sich ist das bei einem Grundprinzip überhaupt nicht möglich<sup>5)</sup>.

Außer dieser Inkonsequenz spricht gegen die R.Th. vor allem ihre empirische Begründung. Basiert man die Grundpfeiler einer Theorie auf empirische Verhältnisse (Konstanz von  $c$ ), so steht man immer in Gefahr, eines Tages das ganze Gebäude wegen eines neuen Versuchs einreißen zu müssen<sup>6)</sup>. Überhaupt, wer weiß, ob nicht andere Erklärungen der in Frage stehenden Versuche möglich sind? Könnte der Effekt des Michelsonschen Versuchs nicht auf die Konstitution des Äthers zurückgeführt werden<sup>7)</sup>? Was wissen wir überhaupt vom Äther? Die R.Th. macht dieses ganze Gebiet problemlos, indem sie es zum Grundvorgang erhebt<sup>8)</sup>. — DINGLERS „reine Synthese“ kann nie widerlegt werden, sie ist eine Forderung, ein Schema, das wir in die

<sup>1)</sup> Physik und Hypothese, S. 27.

<sup>2)</sup> Ebd., S. 186.

<sup>3)</sup> Vgl. Plancks „Loslösung vom Anthropomorphismus“.

<sup>4)</sup> Vgl. Sellien, a. a. O., S. 49 ff.

<sup>5)</sup> Physik und Hypothese, S. 154/5.

<sup>1)</sup> Kritische Bemerkungen, S. 14.

<sup>2)</sup> Physik und Hypothese, S. 160.

<sup>3)</sup> Physik und Hypothese, S. 167.

<sup>4)</sup> Kritische Bemerkungen, S. 22/23.

<sup>5)</sup> Kritische Bemerkungen, S. 21.

<sup>6)</sup> Grundlagen der Physik, S. 98.

<sup>7)</sup> Vgl. z. B. Lenard, Äther und Uräther (1921). Bespr. in diesem Heft S. 288.

<sup>8)</sup> Physik und Hypothese, S. 165.

Natur hineintragen, und durch Exhaustion können wir in Verbindung mit den obigen Überlegungen über Raum und Zeit alles so erklären, wie es in 2000-jähriger Forschungspraxis immer gemacht worden ist<sup>1)</sup>).

Zum Schluß einige kritische Bemerkungen<sup>2)</sup>. Prinzipiell wichtig ist die Frage der „Einfachheit“. Zugegeben, daß das Newtonsche Gesetz der einfachste Elementarvorgang ist: besteht aber nicht die Möglichkeit, daß man beim Aufbau der Physik aus diesem Grundgesetz zu äußerst komplizierten Verhältnissen kommt? Erinnerung sei nur an den mechanischen Aufbau des Äthers. DINGLER selbst denkt daran, gegebenenfalls unbekannte Massen einzuführen, wenn er anders nicht durchkommt. Kann das nicht zurückschrecken und auf das einfache Grundgesetz, auf die Konstitutionshypothese verzichten lassen; um an die Stelle der Einfachheit im Grundgesetz die Einfachheit im System, in den allgemeinen Prinzipien zu setzen? Bei der Durchführung der reinen Synthese macht sich der Erdenrest der physikalischen Objekte bemerkbar, auf den Poske und Petzold hingewiesen haben, indem

<sup>1)</sup> Grundlagen der Physik, S. 96.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Petzoldt im Anhang zu Machs Mechanik, 8. Aufl., dessen Ausführungen Ref. allerdings nur z. T. zustimmt.

sie betonten, daß man der Natur doch nicht mit jeder für uns einfachsten Annahme kommen darf. Das beeinträchtigt die Größe der DINGLERSchen Leistung in keiner Weise; ja, es scheint mir sogar, als ob es möglich ist, wichtige Teile seiner Lehre in die R.Th. hinüberzunehmen. Da ist der st. K. Auch EINSTEIN gebraucht ihn, aber er wird bei allen Überlegungen hinzusetzen müssen, daß sie für den mitbewegten Beobachter gelten. Für diesen selben Beobachter ist gerade durch das Relativitätsprinzip die Unabhängigkeit der Vorgänge von Raum und Zeit gewährleistet, und auch beim Festraum ist der Unterschied nicht unüberbrückbar, wie man sofort sieht, wenn man einmal v. LAUES Formulierung des Relativitätsprinzips<sup>3)</sup> heranzieht. Hier wird dem Festraum nur prinzipiell die Beweglichkeit gelassen, weil man durch Messungen innerhalb des Systems eine Translation nicht nachweisen kann.

So scheint es wohl möglich, die beiden Anschauungen bei vorsichtigerer Formulierung, als es meist üblich ist, zu nähern. Den stark betonten Empirismus, der sich bei vielen Anhängern der R.Th. findet, wird man jedoch beschränken und als Beiwerk herausstellen müssen. Hier liegt die große Bedeutung der Dinglerschen Ausführungen. *Sellien.*

<sup>3)</sup> Laue, M. v.: Das Relativitätsprinzip (1913) (Sammlung Wissenschaft, Bd. 38, S. 34).

#### 4. Unterricht und Methode.

Die Berücksichtigung der neueren Ergebnisse und Theorien der Physik im Unterricht<sup>1)</sup>. Von Studienrat Dr. NITZ in Königsberg. Durch die Erörterungen über die Behandlung der Relativitätstheorie im Unterricht scheinen andere große Entdeckungen der neueren Physik in den Hintergrund gedrängt zu sein. Und doch eignen sich manche von ihnen für den Schulunterricht weit eher als die Relativitätstheorie, weil sie leichter verständlich sind und zur Erklärung von Erscheinungen und Gesetzen herangezogen werden können, die seit lange zum Bestande der Schulphysik gehören. Sehr wertvolle Anregungen in dieser Richtung bot ein Aufsatz von B. BAVINK, der vor fünf Jahren in dieser Zeitschrift<sup>2)</sup> erschienen ist, aber infolge der Kriegsverhältnisse anscheinend wenig Beachtung gefunden hat. Ein Eingehen auf die darin enthaltenen Vorschläge ist heute um so

<sup>1)</sup> Nach Vorträgen beim Königsberger Ferienkursus im Oktober 1921.

<sup>2)</sup> Bavink, Die Ionen- und Elektronentheorie im Unterricht. Ds. Ztschr. 29 (1916), S. 173. Man vergleiche auch den Aufsatz von B. Bavink in diesem Hefte, S. 241.

mehr geboten, als die Entwicklung der Physik seitdem noch manche Bestätigungen der betreffenden Theorien und ein immer tieferes Eindringen in ihre fundamentale Bedeutung gebracht hat.

Einige der BAVINKschen Vorschläge werden wohl ziemlich allgemeine Zustimmung finden und sind auch bereits in den neueren Auflagen der gangbaren Lehrbücher behandelt, nämlich: Faradaysche Zahl, Begriff des elektrischen Elementarquantums im Anschluß an die Elektrolyse, Dissoziationstheorie, Elektroskopenladung durch Ionen, Wellennatur der Röntgenstrahlen, Radioaktivität (Umwandlungstheorie und -reihen), Kurven der Strahlungsenergie als Funktion der Wellenlänge. Wiensches Verschiebungsgesetz, Grundformeln der kinetischen Gastheorie und Avogadrosche Konstante (Loschmidtsche Zahl).

Verschiedene andere Vorschläge werden wohl allgemeine Ablehnung erfahren, weil sie zu schwierig oder zu entlegen erscheinen, und zwar: Stromstärke in Gasen, magnetische Wirkung der Konvektionsströme, Dopplereffekt bei Kanalstrahlen, Photokathodenstrahlen, Herzeffekt, Kristallstruktur, Formeln der radioaktiven Umwandlungstheorie und des radioaktiven Gleich-

gewichts, Altersbestimmung der Gesteine, Plancksche Strahlungsformel, Ableitung der Formel für  $\frac{c_p}{c_v}$ . Zerstäubungsversuche von EHRENHAFT und MILLIKAN. Diese Stoffe sind noch nicht in die Lehrbuchliteratur eingedrungen — abgesehen von GRIMSEHLs großem Lehrbuch, das in den neueren Auflagen ja kaum mehr als Schullehrbuch bezeichnet werden kann — und scheinen auch mir im allgemeinen ungeeignet für die Schule.

Der Streit der Meinungen dürfte sich also um einige andere Vorschläge konzentrieren, die sich auf mittlerer Linie bewegen und von einem Teil der Lehrbuchverfasser bereits angenommen sind, von anderen aber wohl abgelehnt werden<sup>1)</sup>. Es handelt sich im wesentlichen um 12 Punkte: 1. Erklärung der Schichtenbildung in Geißleröhren durch Ionenstoß, 2. Bestimmung von  $\frac{e}{m}$  durch quantitative Versuche mit der Braunschen Röhre, 3. Begriff der elektromagnetischen Masse, 4. Elektronentheorie der Metalle, 5. Elektronentheorie der Lichtemission, 6. Quantentheorie, 7. Zeemaneffekt, 8. Röntgenspektroskopie, 9. Kolloidale Lösungen, 10. Brownsche Bewegung, 11. Periodisches System (Valenzelektronen, isotope Elemente), 12. Relativitätstheorie. Ein Eingehen auf das Für und Wider bei diesen zwölf einzelnen Punkten ist an dieser Stelle nicht angängig. Aber als Zeugen für die Möglichkeit ihrer Einfügung in den Rahmen der Schulphysik führe ich L. GRAETZ und K. HAHN an, die in ihren vor nicht langer Zeit erschienenen Lehrbüchern<sup>2)</sup> einen erheblichen Teil der obigen Stoffe in schulgemäßer, zum Teil ganz leicht verständlicher Form behandelt haben. Bei beiden Verfassern finden sich die Themen 2, 3, 4, 5, 7 und 12 der obigen Aufzählung, ferner bei GRAETZ allein noch Punkt 1, 6, 8 und 10. Nimmt man noch für Punkt 11 die bekannte populäre Darstellung der Atomtheorie von GRAETZ hinzu, so ist damit gezeigt, daß gegen die genannten Stoffe didaktische Bedenken kaum geltend gemacht werden können.

Ebensowenig würde die Verwirklichung obiger Vorschläge an der Kostenfrage der Apparate scheitern; denn in manchen Fällen wird man sich mit Photogrammen oder Zeich-

<sup>1)</sup> Aus der dem Vortrag folgenden Diskussion ergab sich, daß auch die meisten Zuhörer sich diesen Vorschlägen gegenüber ablehnend verhielten.

<sup>2)</sup> Leo Graetz, Die Physik und ihre Anwendungen. 1917.

Karl Hahn, Grundriß der Physik. 1920; vgl. ds. Zeitschr. 1921, Heft 5, S. 237.

nungen begnügen müssen (Zeemaneffekt, Röntgenspektroskopie), in anderen Fällen handelt es sich nur um neue Erklärungen für längst übliche Versuche (Punkt 1, 4 und 5). Die einzige größere Anschaffung wäre wohl eine BRAUNsche Röhre, die ja außerdem für das Gebiet der Wechselströme sehr wertvolle Dienste leistet.

Als einziges wesentliches Bedenken bleibt demnach die Zeit- und Überbürdungsfrage übrig. Sie muß unter den heutigen Verhältnissen (Ausfall durch Wandertage und aufgabenfreie Nachmittage) noch ernstlicher erwogen werden, als BAVINK es 1916 tat, und man wird sich zu ganz erheblichen kürzenden Änderungen des bisher üblichen Stoffes entschließen müssen, um Zeit für das Neue zu gewinnen. Mit Rücksicht auf die jetzt so wertvollen Apparatebestände wird man dabei vermeiden müssen, experimentelle Gebiete zu beschneiden, und auch die technischen Anwendungen der Physik dürfen keinesfalls leiden. Dann bleiben zur Streichung bezw. Kürzung nur einige Abschnitte übrig, die im wesentlichen theoretisch, mit „Schwamm und Kreide“, behandelt werden. Als solche nenne ich: 1. die Dimensionsformeln, 2. Berechnung von Schwerpunkten und Trägheitsmomenten, 3. Bestimmung der Gravitationskonstante, 4. Robert Mayers Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents, 5. Verflüssigung der Gase, 6. Meteorologie, 7. die Tonleitern, 8. Lichtgeschwindigkeit (eine Methode genügt!), 9. manche Konstruktionen der geometrischen Optik, 10. Erdmagnetismus, 11. absolute elektrostatische Messungen, 12. Coulombsche Gesetze der Elektrizität und des Magnetismus. Begründung im einzelnen ist wieder nicht angängig. nur sei zu 5) bemerkt, daß Versuche mit flüssiger Luft jetzt der hohen Kosten wegen kaum möglich sind; ferner zu 6), daß die Meteorologie von GRAETZ ignoriert wird bis auf eine ironische Bemerkung (l. c. S. 115)<sup>1)</sup>, und zu 12), daß G. MIE in seinem Lehrbuch der Elektrizität ohne die historische Form der Coulombschen Gesetze auskommt. Jedenfalls besteht die Möglichkeit, durch Fortlassung oder Kürzung dieser 12 Gebiete Platz zu schaffen für die 12 neuen Forderungen, womit das Problem im großen ganzen schon gelöst wäre.

Wichtiger aber als solche mehr oder weniger willkürlichen Auslassungen scheint mir die Gewinnung von Zeit in der Elektrizitätslehre durch Abkürzung des Weges zu den elektrischen Maßeinheiten. Der übliche Weg über die magnetischen, elektrostatischen und elektromagnetischen absoluten Einheiten zum Ampere, Volt usw. ist ein äußerst mühseliger, außerdem

<sup>1)</sup> In der Diskussion erhoben sich mehrere Stimmen lebhaft zugunsten der Meteorologie.

in Einzelheiten strittiger Umweg und erweist sich bei tieferem Eindringen als so verwickelt, daß man ihn der Universität überlassen sollte. Die absoluten elektrischen Einheiten kommen ja nur in wissenschaftlichen Werken vor; für die Schule und für die Praxis genügt eine Einführung in die magnetischen Einheiten durch Versuche mit der Polwage. Bei den elektrischen Einheiten aber definiere man sofort auf elektrochemischem Wege das Coulomb, Ampere, Volt (Normal-element!) usw., begnüge sich mit diesen technischen Einheiten und erwähne die sog. absoluten Einheiten nur als historische Reminiszenz, wie es G. MIE in seinem Lehrbuch der Elektrizität in vortrefflicher Weise vorgemacht hat. Dieses umstürzende und zugleich grundlegende Werk von MIE erlöst uns von einem unerfreulichen, experimentell schwierigen und im Grunde genommen undankbaren Kapitel der Schulphysik und erspart uns mindestens 10 Stunden. Leider hat bisher noch kein Schulbuch das MIESCHE System akzeptiert, trotz mehrfacher Anregungen auch in dieser Zeitschrift.

Ähnliche Ersparnisse an Zeit lassen sich durch Abkürzung des Weges zu den großen, umfassenden Theorien der Physik erzielen. Es handelt sich dabei um die Frage, an welcher Stelle des Lehrganges wir den Energiesatz, die Molekulartheorie, die Elektronen- und Ionenlehre, die Undulationstheorie des Lichtes u. a. bringen. Meist stehen diese Theorien entsprechend der geschichtlichen Entwicklung am Ende der betreffenden Gebiete bzw. des ganzen Lehrganges, und manche erscheinen erst, nachdem man monatelang mit unvollkommenen und bedenklichen Hilfsvorstellungen operiert hat (Zweifluidumtheorie der Elektrizität; Webersche Molekularmagnete). Entschiedenem Gebrauch von der Elektronenlehre macht m. W. erst ein einziges Schulbuch<sup>1)</sup>, behält aber daneben die alten Erklärungsweisen noch bei, so daß der Gesamteindruck mehr verwirrend als klärend ist. Wieviel durchsichtiger ist dagegen der Aufbau der Elektrizitätslehre bei GRAETZ, der bereits auf der 4. Seite die Elektronen einführt und sie dauernd zu allen Erklärungen verwendet! Durch die Voranstellung des Elektromagnetismus vor den permanenten Magnetismus ergibt sich bei GRAETZ ohne Umschweife die endgültige, Ampere'sche, Theorie des Magnetismus. Der überraschende Beginn der Optik mit der Lehre von der Beugung, also mit der Wellenlehre, zeigt ebenfalls, wie vorteilhaft eine Änderung der bisherigen Systematik sein kann. Bei allzu gewissenhafter Anwendung des biogeneti-

schen Grundgesetzes auf den Entwicklungsgang des Schülers gelangt man zu jenen großen Theorien, die nun einmal den Kern der modernen Physik ausmachen, entweder gar nicht oder zu spät, um noch den rechten Nutzen daraus ziehen zu können. Daher sind wir verpflichtet, den Entwicklungsgang stark abzukürzen, unter Umständen ganz zu ignorieren und die Tatsachen über Atome, Moleküle, Elektronen, Lichtwellen usw. an den Anfang zu stellen, wenn didaktische Gründe dafür sprechen. Wir können das um so unbedenklicher, als es sich dabei nicht mehr um Hypothesen oder Fiktionen, sondern — wie seit mehr als 10 Jahren unzweifelhaft feststeht — um Tatsachen handelt.

Ein nach diesen Grundsätzen gekürzter Lehrgang der Physik wird genügend Raum für die Aufnahme von neuen Gebieten gewähren. Darin liegt die Erklärung, daß GRAETZ auf den 513 Seiten seines Lehrbuchs trotz großen Drucks und verschwenderischer Ausstattung mit Figuren nicht nur alles Wesentliche aus dem üblichen Schulpensum bringt, sondern stellenweise weit darüber hinausgehen kann, nicht nur nach der theoretischen Seite (VAN DER WAALSches Gesetz, Entropie, Röntgenspektren), sondern auch nach der technischen Seite (Kreiselkompaß, Gaedepumpe, Ultramikroskop, Farbenphotographie).

Ein solcher Lehrgang wird auch ohne Schwierigkeiten zu der m. E. großartigsten Leistung der letzten Jahre, der Atomphysik, hinführen. Dies Gebiet ist so neu, daß es bei BAVINK, GRAETZ (Lehrbuch) und HAHN erst angedeutet ist. Es hat aber bereits seine klassische Darstellung in SOMMERFELDS „Atombau und Spektrallinien“ gefunden und ist in der Form der „Atom-Theorie“ von GRAETZ für Lehrer und Schüler bequem zugänglich. Dieses hochinteressante und zukunftsreiche Gebiet unsern Schülern aus engherzigen methodischen Grundsätzen oder aus Zeitmangel vorzuenthalten, wäre eine pädagogische Sünde. Genau betrachtet ist der Weg zum Verständnis des BOHRschen Atommodells gar nicht so lang und schwierig. Wenn der Schüler rechtzeitig die negativen Elektronen in freier geradliniger oder rotierender Bewegung kennen gelernt hat, wenn er bei der Ionenlehre von den positiven Atomkernladungen gehört hat, wenn er von der Himmelsmechanik her mit dem kopernikanischen Planetensystem vertraut ist, wenn er ferner durch die Molekular- und Elektronentheorie an die atomistische Struktur der Materie bzw. der Elektrizität gewöhnt ist, dann wird ihm auch der letzte Schritt zum Aufbau des BOHRschen Atoms: die atomistische Struktur der Energie und ihre Ausstrahlung in Ätherwellen bestimmter Wellenlänge, keine Schwierigkeit mehr machen. Mit der Kenntnis

<sup>1)</sup> Boerner-Mohrmann, Lehrbuch der Physik, 7. Aufl., 1917.

des Atombaus aber ist nicht nur die bis dahin recht rätselhafte Spektralanalyse aufgeklärt, sondern auch das periodische System der Elemente,

und es ergibt sich als Aufgabe für die nächste Generation, aus diesen theoretischen Ergebnissen die technischen Konsequenzen zu ziehen.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Hochfrequenztelephonie in Überlandzentralen.** Es war ein kühner Gedanke, Hochfrequenzleitungen zur Übertragung von Sprechströmen zu benutzen. Hierüber berichtet H. GEWECKE in der Telefunken-Zeitung Nr. 24 vom

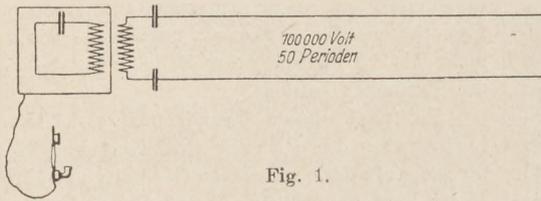


Fig. 1.

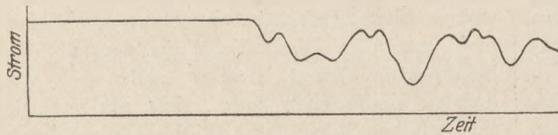


Fig. 2.

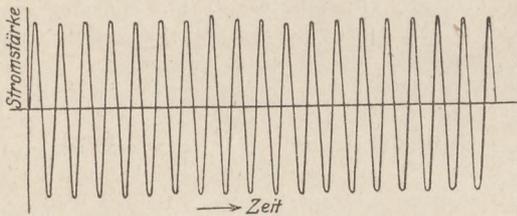


Fig. 3.

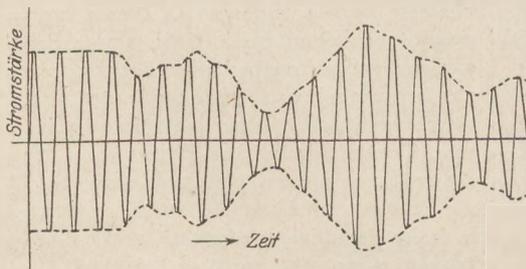


Fig. 4.

September 1921. Durch eine geschickte Kombination von Kapazitäten und Selbstinduktionen läßt es sich ermöglichen, daß die Sprechenergie fest mit den Hochspannungsleitungen verkettet wird, ohne daß die Betriebsspannung in gefährbringender Weise in die Telephonanlage einzudringen vermag. Ist zwischen zwei unter Hochspannung stehenden Kraftleitungen unter Zwischenschaltung zweier Kondensatoren von geringer

Kapazität aber hoher Durchschlagsfestigkeit eine Spule angeschlossen, so kann infolge der hohen Impedanz dieses Kreises nur ein sehr geringer Strom von der Betriebsfrequenz 50 durch die Spule fließen. Denn ist  $C$  die Kapazität des angeschlossenen Kreises, so ist die Impedanz

gegeben durch  $\frac{1}{\omega C}$ , also verhältnismäßig

hoch; für die Hochfrequenz dagegen ist die Impedanz infolge des großen  $\omega$  klein, selbst bei niedrigen Werten von  $C$ . Man kann also die Kraftleitungen als für die Betriebsfrequenz offen, für die Hochfrequenz aber nahezu kurz geschlossen ansehen. Überdies aber ist das Telephon an einen Kreis angeschlossen, der für die Hochfrequenz abgestimmt und mit dem an die Hochspannungsleitung unmittelbar angeschlossenen induktiv gekoppelt ist (Fig. 1). Es kommen daher im Telephonkreise nur die Hochfrequenzschwingungen zur Wirkung, nicht aber die Betriebsfrequenz 50 und ihre Oberschwingungen.

Die Vorgänge in der Hochfrequenzleitung andererseits hängen von der besonderen Beschaffenheit der Leitung ab. Während bei einer sehr langen Leitung nur fortschreitende Wellen auftreten, entstehen bei kurz geschlossenen oder verzweigten Leitungen stehende Wellen; entweder für sich allein oder mit fortschreitenden Wellen kombiniert. Beiden Fällen aber läßt sich die Telephonie anpassen. In Fig. 2 ist eine Stromzeitkurve dargestellt, die sich einem Gleichstrom überlagert, Fig. 3 zeigt ungedämpfte elektrische Hochfrequenzschwingungen, Fig. 4 dieselben Schwingungen mit darüber gelagerten Telefonschwingungen. Während die Hochfrequenzschwingungen von der Größenordnung einiger Hunderttausend bis zu einer Million dem Ohr nicht vernehmbar sind, werden die durch die Telefonströme hervorgerufenen Amplitudenschwankungen

im Empfangstelephon hörbar, sofern es nur gelingt, die Schwingungen gleichzurichten, da ja der Mittelwert einer Schwingung mit gleich großen positiven und negativen Schwingungen beständig Null ist.

Nun dient als Mittel zur Erzeugung schneller Schwingungen ein Kathodenröhrensender, in dessen Antennenkreis das Mikrophon gelegt wird. Als Empfänger wird gleichfalls eine Glüh-

kathodenröhre benutzt, in deren Schließungskreis das Hörtelephon eingeschaltet ist (Fig. 5). Die Glühkathodenröhre läßt infolge ihrer Gleichrichterwirkung nur die eine Hälfte der Hochfrequenzschwingungen durch, es fließt infolgedessen in ihrem Anodenkreis ein pulsierender Gleichstrom, dessen Mittelwert sich mit der Sprechfrequenz periodisch ändert.

Sender und Empfänger sind zusammen in einen Schrank eingebaut; auch kann man den Empfänger vor den Schwingungen des eigenen Senders vollkommen schützen, so daß man gleichzeitig zu sprechen und zu hören imstande ist, wie beim gewöhnlichen Telephon. Man wählt hierzu für die von der einen Station ausgehenden Sprechwellen eine andere Frequenz als für die von der Gegenstation ausgehenden. In Fig. 6 ist der Verlauf der Energieübertragung bei einem solchen Gegensprechverkehr dargestellt.

Das Verfahren der Hochfrequenztelephonie hat sich namentlich bewährt, wenn von der Zentrale aus mit einer oder mehreren an das Netz angeschlossenen Stationen gesprochen werden soll. Doch kann nicht jeder Teilnehmer mit jedem anderen sprechen, da im allgemeinen jedem eine eigene Frequenz zugeteilt ist. Aber man kann durch Einstellung eines zweiten Geräts, das mit einem besonderen Wellenpaar ausgerüstet ist, auch diese Schwierigkeit beheben. Auf die technischen Vorkehrungen, um eine genügend feste und gleichzeitig gefahrlose Koppelung des Telephonkreises mit den Leitungen zu erzielen, kann hier nicht näher eingegangen werden.

Das Verfahren ist von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie bereits bei einer Reihe von Stationen in Betrieb gesetzt. Von solchen Hochfrequenztelephonieanlagen seien genannt: bei den Schichauwerken in Elbing die Verbindung El-

bing—Pettelkau (52 km, 40000 Volt), bei der Société Anonyme Lausanne auf der Strecke Genf—Lausanne (66 km, 55000 Volt), bei dem Elektr.-Werk Sachsen-Anhalt in Halle a. S. auf der Strecke Harbke—Nachterstedt (47 km, 50000 Volt),

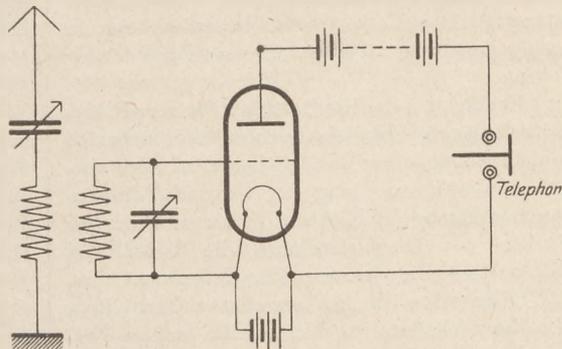


Fig. 5.

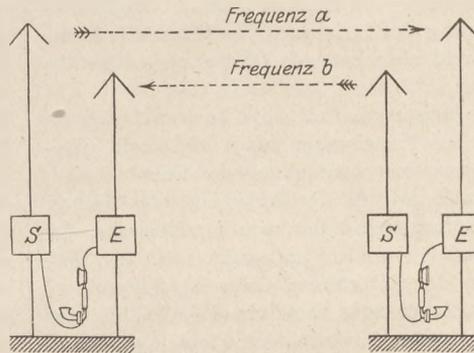


Fig. 6.

bei den staatl. Elektr.-Werken Dresden auf der Strecke Hirschfelde—Dresden Süd (85 km, 110000 Volt). Im Bau begriffen sind Anlagen für die Strecken Striegau—Ranske (11 km, 10000 Volt), die Strecke Golpa—Rummelsburg (135 km, 110000 Volt), Strecke Untra—Värtan in Schweden (132 km, 110000 Volt), die Strecke Hauen—Aartifoß in Norwegen (70 km, 60000 Volt). P.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Prinzipien der physikalischen Optik**, historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt von ERNST MACH. Mit 279 Figuren im Text und 10 Bildnissen. 443 S. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1921. M. 48,—, geb. M. 60,—.

Dieses nachgelassene Werk Ernst Machs war schon im Jahre 1913 fertiggestellt, es erscheint nun acht Jahre später in einer Gestalt, als ob ein noch Lebender es veröffentlicht hätte. Selbst das Vorwort rührt noch von dem Verfasser selber her. Doch sei nicht verschwiegen, daß

sein Sohn Ludwig Mach sich um die Herausgabe des Werkes überaus verdient gemacht hat.

Das Buch stellt sich den vorhergehenden historisch-kritischen Werken Machs, der Mechanik und der Wärmelehre, ebenbürtig zur Seite, ja man darf wohl sagen, daß es sie an Klarheit und Feinheit der gedanklichen Zergliederung des Stoffes noch übertrifft und daß der eigene Standpunkt Machs hinter der objektiven Darstellung des Tatbestandes fast ganz zurücktritt. Eine kurze Einleitung skizziert die Hauptstufen des

Entwicklungsganges der Optik, kennzeichnet den Unterschied der physikalischen von der physiologischen Optik und faßt in sechs Sätzen die Grunderkenntnisse der physikalischen Optik zusammen: „Der Fortschritt der Wissenschaft besteht in einer fortwährenden Modifikation solcher Sätze“. „Das Ende dieses Prozesses kann so wenig konstatiert werden, wie das Ende der Erfahrung.“

Es folgen dann Kapitel über die geradlinige zeitliche Ausbreitung des Lichtes, über Reflexion und Brechung, über die Anfänge der Lehre vom Sehen, die Entwicklung der Dioptrik, die Zusammensetzung des Lichtes, die Entwicklung der Farben- und Dispersionslehre, die Periodizität, die weitere Entwicklung der Interferenzlehre, die Polarisierung, die mathematische Darstellung der Eigenschaften des Lichtes, die weitere Entwicklung der Lehre von der Polarisierung, die Aufklärung der geraden Strahlen, der Reflexion und Brechung des Lichtes, endlich die weitere Aufklärung des Lichtverhaltens durch die Periodizität und abschließende Darlegungen über die Beugung.

Die Meisterschaft Machs in der Klarlegung historischer Forschungen zeigt sich aufs glänzendste in seiner Darstellung des Entwicklungsganges des Begriffs der Periodizität des Lichtes. Er legt überzeugend dar, wie der Gedanke, der zuerst bei Grimaldi auftaucht, nach der Entdeckung der Interferenz nicht als Hypothese, sondern als strenges Ergebnis einer Analyse der Erfahrungstatsachen erscheint, wie sich von Newton bis Thomas Young dieser Gedanke allmählich klärt und durch die Entdeckungen von Fresnel und Arago in enge Beziehung zu der Polarisierung des Lichtes tritt. Ähnlich wird auch die Lehre von der Beugung in ihrem Entwicklungsgange verfolgt bis zu dem Punkte, wo alle optischen Bilder als Beugungserscheinungen aufgefaßt werden, woran sich dann Erörterungen über die teleskopischen Bilder von Fixsternen anschließen. Bemerkenswert ist auch, was der Verfasser über den Unterschied der Beugung beim Schall und beim Licht zu sagen weiß.

Das Buch ist auch für die Methodik des Unterrichts in der Optik von unschätzbarem Wert. Überaus wertvoll sind auch zahlreiche Versuchsanordnungen, zum großen Teil von Mach selbst, einige auch von seinem Sohn herrührend, die in die Darstellung verflochten sind. So dürfen wir das Werk auch als ein Vermächtnis an den physikalischen Unterricht ansehen, dem Mach sein ganzes Leben hindurch das lebhafteste Interesse zugewandt hat.

Im Vorwort finden sich auch Andeutungen darüber, wie Mach sich zur Relativitätstheorie gestellt hat. Er lehnt es entschieden ab, den

Relativisten vorangestellt zu werden, und lehnt auch die heutige, ihn „immer dogmatischer anmutende“ Relativitätslehre auf Grund „sinnesphysiologischer Erwägungen, erkenntnistheoretischer Bedenken und vor allem experimentell gewonnener Einsichten“ ab. Darüber bringt hoffentlich die Fortsetzung des Werkes, an der Mach noch gearbeitet hat, weitere Mitteilungen.

P.

**Einführung in die theoretische Physik** mit besonderer Berücksichtigung ihrer modernen Probleme. Von ARTHUR HAAS. II. Band. Mit 30 Abbildungen. VI + 286 Seiten. Berlin-Leipzig. Vereinigung wiss. Verleger, 1921. M. 45,—, geb. M. 53,—.

Das Urteil „außerordentlich klar und übersichtlich“, das in dieser Zeitschr. (32, 141) über den I. Band des HAASschen Buches abgegeben wurde, gilt auch durchaus für den vorliegenden zweiten. Dieser enthält Atomtheorie (Quantentheorie), statistische Wärmelehre, Relativitätstheorie. Auf dem geringen Raum von etwa 250 Seiten Text ist es dem Verf. gelungen, so gut wie alle aktuellen Probleme der modernen Physik darzustellen und zu behandeln, und das ist wahrlich nichts Geringes. Nur durch eine äußerst scharfe und straffe Gliederung des Stoffes, die für das Buch charakteristisch ist, wird es ermöglicht. Untersuchungen mehr mathematischer Natur werden mehrmals vorangeschickt, womöglich als rein mathematische Probleme. Das hat denn auch gelegentlich (z. B. bei der Statistik) den Nachteil, daß der uneingeweihte Leser nicht sofort Grund und Zweck der Untersuchung übersieht, hat andererseits aber auch den Vorteil, daß die Darstellung des eigentlich Physikalischen dann ungehemmt ihrem Ziel zueilen kann; zugleich macht gerade diese eigenartige, kurze, zielbewußte Darstellung das Buch auch für den reizvoll, der die Materie schon kennt. Derjenige Leser, der sich der Führung des Verf. anvertraut, wird in der Tat auf das kürzeste, klarste und eleganteste in die Probleme eingeführt. Angenehm ist dabei der Anhang, der in gedrängtester Form den Inhalt der einzelnen Paragraphen zusammenfaßt. Literatur, die teilweise bis 1921 berücksichtigt ist, ist zahlreich angegeben. Alles in allem kann ich das Buch gerade auch Lesern dieser Zeitschrift recht empfehlen, bei denen ja vielfach das Bedürfnis nach einer kurzen, aber dabei doch tiefer gehenden, klaren Einführung in die modernen physikalischen Probleme vorliegt. *Ernst Lamla.*

**Vorlesungen über Thermodynamik.** Von MAX PLANCK. 6. Auflage. Mit 5 Figuren im Text. Berlin u. Leipzig, Verein. wiss. Verl., 1921. 292 S. Geb. M. 45,—.

Nachdem in der 5. Auflage das Nernstsche Wärmethorem in seiner am weitesten gehenden

Fassung zur Geltung gebracht worden ist, hat der Verfasser in der vorliegenden Auflage, die Theorie von I. Ch. Grosh für die Gefrierpunktserniedrigung starker Elektrolyte sowie die Debye'sche Zustandsgleichung fester Körper, welche sowohl die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme als auch den Grüneisen'schen Satz für den thermischen Ausdehnungskoeffizienten einschließt, in seine Darstellung aufgenommen.

P.

**Das physikalische Praktikum des Nichtphysikers.** Von F. GRÜNBAUM und R. LINDT. Dritte verbesserte und erweiterte Auflage, besorgt von R. LINDT und W. MÖBIUS. XVI u. 414 S., 133 Textabbildungen. Leipzig, Georg Thieme, 1921. M. 30,—, geb. M. 36,—.

Die erste Auflage ist in Bd. 18, S. 365, 1905 dieser Zeitschr., die zweite in Bd. 30, S. 48, 1917 besprochen worden. Die dritte Auflage unterscheidet sich von der zweiten nur durch die Hinzufügung von 12 Aufgaben, die Weglassung einiger Aufgaben und einige Änderungen der Ausdrucksweise. Die Bemängelungen in der Besprechung der zweiten Auflage und in einem gleichzeitigen Brief an die Herausgeber haben keine Beachtung gefunden. Selbst der Name des Herausgebers des Jochmann'schen Lehrbuches (Spies) ist wieder falsch geschrieben worden. Vermutlich sind diese Notizen durch den Tod F. Grünbaums verloren gegangen und mit ihnen noch andere. Das ist bedauerlich, denn aus einem im ganzen guten Buch möchte man auch kleine Mängel gern beseitigt sehen.

W. Vn.

**Elemente der theoretischen Physik.** Von C. CHRISTIANSEN und JOHNS. I. C. MÜLLER. Vierte verbesserte Auflage. Mit 152 Figg. im Text. 680 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1921. M. 80,—, geb. M. 92,—.

Der im Jahre 1917 in hohem Alter verstorbene Verfasser war Professor der Physik an der Universität Kopenhagen und hat dort vorzugsweise Experimentalphysik vorgetragen, wie auch seine Forschungen sich vorwiegend auf experimentellem Gebiet bewegt haben. Das vorliegende Lehrbuch verdankt diesem Umstand den eigenartigen Vorzug, daß die theoretische Physik hier nicht als ein mathematisches Lehrgebäude auftritt, sondern besonders auch in den Anwendungen eng mit Problemen der Experimentalphysik verknüpft ist. Obwohl das Erscheinen der 1. Auflage 27 Jahre zurückliegt, ist das Werk doch den Fortschritten der Wissenschaft gefolgt, wie man namentlich an den Abschnitten über Elektronenlehre und über die Thermodynamik erkennen wird. An vielen Stellen ist auch die Vektoranalysis zur Abkürzung der Darstellung benutzt worden. Der Herausgeber, I. C. Müller, hat sich von der

ersten Auflage an, namentlich aber durch Umarbeitung der vorliegenden, um das Buch große Verdienste erworben. Es wird nicht nur zur Einführung in die theoretische Physik dienen, sondern auch bei späteren Studien gute Dienste leisten.

In einem lesenswerten Nachruf hat E. Wiedemann das Leben und Wirken des verstorbenen Verfassers gewürdigt.

P.

**Die Relativitätstheorie.** II. Bd.: Die allgemeine Relativitätstheorie und Einsteins Lehre von der Schwerkraft. Von Prof. Dr. M. v. LAUE. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1921. („Die Wissenschaft“, Bd. 68). VIII u. 276 Seiten. Geh. M. 19.20 + Teuerungszuschlag.

Von dem nunmehr erschienenen 2. Band dieses Werkes gilt dasselbe, was Classen (*ds. Zeitschr.* 25, 1912, S. 67) von der 1. Auflage des 1. Bandes gesagt hat. Es ist kein Lesebuch über R.Th., sondern ein Leitfaden für die, die in strenger Arbeit ebenso an den physikalischen Gehalt wie an die mathematische Form der R.Th. herankommen wollen. In analoger Weise wie im 1. Band wird zuerst eine genaue Besprechung der Versuche von Eötvös und der Vorgänge gegeben, die zur experimentellen Prüfung der allgemeinen R.Th. herangezogen werden können. Es folgt die Entwicklung der Grundgedanken und der mathematischen Hilfsmittel, den Schluß bildet die Durchführung der Theorie und ihre Anwendung auf spezielle Fälle. Daß dabei der mathematische Teil einen großen Raum einnimmt (fast 100 S.), kann nicht wundernehmen bei einer Theorie, deren mathematisches Rüstzeug meist nicht zu dem bisher den Physikern geläufigen gehört. Die Ausführungen des Verfassers sind dabei noch an vielen Stellen recht knapp, ein Umstand, auf den auch Classen schon hingewiesen hat. Und doch merkt man, daß ein Physiker das Buch geschrieben hat. Das zeigt sich nicht nur in der vorsichtigen Bewertung der experimentellen Ergebnisse, sondern vor allem darin, daß v. LAUE sich nicht mit den allgemeinsten Gesetzen begnügt hat, sondern auch das in den Rahmen seiner Betrachtung gezogen hat, was der Physiker braucht, wenn er mit der Theorie arbeiten will: spezielle Beispiele. Es zeigt sich ebenso bei der Besprechung der kosmologischen Fragen. Das Problem erscheint v. LAUE physikalisch zu wenig geklärt, er kann sich nicht entschließen, gleich vom Weltall und dem Unendlichen zu sprechen und versteht deshalb unter dem „Unendlichen“ „Gebiete innerhalb unseres Fixsternsystems, die aber von den Körpern des zu betrachtenden Schwerefeldes hinreichend weit entfernt sind“ (S. 180). Diese Vorsicht ist auch philosophisch von großer Bedeutung, denn das Unendliche ist nicht gegeben, sondern aufgegeben! Kantische

Überlegungen können hier mitgespielt haben. Das ist umso eher möglich, als der Verf. z. B. beim Problem „Geometrie und Erfahrung“ Kant wiederholt heranzieht und als einer der wohl bis jetzt noch seltenen Physiker die Überzeugung hat, daß Kants kritischer Idealismus (wenn gleich nicht jeder Satz der „Kritik der reinen Vernunft“) durch die allgemeine R.Th. nicht gestürzt werden kann (S. 42). — Mathematiker, Physiker, Philosophen werden das Buch mit Interesse lesen.

S.

**Die Einsteinsche Gravitationstheorie.** Von GUSTAV MIE. Leipzig, Hirzel, 1921. 67 S. M. 7,—.

Das Büchlein des bekannten Halleschen Physikers ist eine eigenartige, sehr lesenswerte Darstellung der Einsteinschen Theorie. Der Verf., der selbst seit Jahren an einer Theorie der Gravitation gearbeitet hat, steht dem Formalismus Einsteins skeptisch gegenüber und bekämpft dessen Neigung zum Relativismus. Er unterscheidet daher ein mehr physikalisches Prinzip von der Relativität der Gravitationswirkungen von dem formellen der allgemeinen Relativität. Das letztere stellt mit seinen nichteuklidischen Maßbeziehungen eine sehr allgemeine Möglichkeit dar, die Tatsachen der Natur zu beschreiben, praktisch aber geht diese Allgemeinheit zu weit, da der Geodät und Astronom stets unterscheiden werden, wo „wirkliche“ und wo fingierte Gravitationsfelder anzusetzen sind. Interessant sind auch die Bemerkungen MIES über Äther, Materie, Raum- und Zeitmessung, die in den Gang der Untersuchung eingeschaltet sind.

S.

**Die Relativitätstheorie vom Standpunkt der Physik und Erkenntnislehre.** Von W. WIEN. Leipzig, J. A. Barth, 1921. 36 S. M. 6,—.

Der kurze, im Verwaltungsgebäude bei Siemens gehaltene Vortrag des bekannten Physikers gibt in leichtfaßlicher Form die Grundgedanken der beiden Einsteinschen Theorien wieder. Ein Anhang von 9 Seiten enthält die einfache mathematische Ableitung der wichtigsten Sätze. Bedeutsam sind aber vor allem die allgemeinen Bemerkungen zu den methodologischen und erkenntnistheoretischen Fragen, die in der R.Th. eine Rolle spielen. Während WIEN nämlich die spezielle R.Th. annimmt, macht er bei der allgemeinen einige Vorbehalte. Vier Forderungen stellt er an jede Theorie: 1. Die Theorie muß aus einem Postulat aufgebaut werden können, 2. sie muß logisch widerspruchsfrei sein, 3. sie muß experimentell bestätigt werden, 4. sie muß einfach sein (S. 21). Bei der speziellen R.Th. sind diese Forderungen wohl erfüllt, bei der allgemeinen nur zum Teil: Die Theorie braucht mehrere Postulate, ihre Bestätigung durch die

Erfahrung ist noch nicht sicher, gegen ihre Einfachheit wird der Physiker Bedenken haben, wenn er sieht, wie durch die Verwendung der abstraktesten Gebiete der Mathematik die bisherigen einfachen Grundlagen der Physik (Länge, Zeit, euklidische Geometrie) so stark umgeändert werden. Hier urteilt der Physiker anders als der Mathematiker. Zum Schluß wendet sich WIEN gegen die Ansicht, daß die R.Th. eine neue Weltanschauung, vor allem den Relativismus eines Protagoras, gebracht habe. Sie hat den Wissensstoff der Physik vermehrt und so das physikalische Weltbild bereichert. Mit jenem Relativismus aber würde sie sich als Theorie selbst aufheben!

S.

**Über Äther und Uräther.** Von P. LENARD, Leipzig, Hirzel, 1921. 56 Seiten. Mk. 9.—.

LENARD wendet sich in dem vorliegenden Heft nunmehr auch gegen die spezielle Relativitätstheorie, die er bisher angenommen hat. Er baut seine Vorstellungen vom „diskontinuierlichen“ Äther weiter aus und setzt neben ihn den Uräther. Während nämlich der Äther zur Materie gehört und eng mit ihr verketet ist („jedes Atom hat seinen Äther“, den es z. B. in Form von Strahlung teilweise abgeben kann), bildet der Uräther jenes den Raum erfüllende, homogene Medium, dessen Rolle der bisherige Äther spielte. Als Körper im Sinne der gewöhnlichen Materie darf man aber beide nicht auffassen. An die Stelle der Undulationstheorie des Lichts muß dann eine Emissionstheorie mit Lichtquanten treten, deren Geschwindigkeit vom Bewegungszustand des emittierenden Körpers abhängt. Erst im Gebiet des Uräthers nimmt das Licht die absolute Lichtgeschwindigkeit an und verliert sie auch nicht wieder, wenn es mit anderm Äther (nicht Materie!) in Wechselwirkung tritt. Mit Hilfe dieser Voraussetzungen kann Lenard alle Versuche erklären, die zur speziellen R.Th. geführt haben. Auch die Abhängigkeit der Masse und der Energie von der Geschwindigkeit ergibt sich — allerdings mit einer gewissen Einschränkung — wie bei Einstein. — Die Relativitätstheoretiker werden sich mit dieser „Mechanik des Äthers“ auseinandersetzen müssen. Kritisch wird man fragen können, ob der Vorteil, der durch die Vermeidung der Raum-Zeit-Relativierungen erreicht sein soll, nicht durch die große Anzahl hypothetischer Elemente aufgehoben wird, die in Lenards Entwicklungen liegen. Daß die Kombination mehrerer, vor Einstein angegebener Theorien allen Versuchen genügt, darf nicht wundernehmen. Berücksichtigen muß man, daß Einstein nur zwei Prinzipie gebraucht! So wird auch hier wieder die Entscheidung von methodischen, erkenntnistheoretischen Fragen abhängen.

S.

**Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen.** Von Dr. G. BERNDT und Dr. H. SCHULZ. Mit 218 Textfiguren. 216 S. Berlin, Julius Springer, 1921. M. 48,-, geb. M. 54.

Für die Qualitätsarbeit unserer Industrie, die eine unerläßliche Vorbedingung des Wiederaufstieges ist, sind, wie die Verfasser im Vorwort hervorheben, außer guten Werkzeugmaschinen auch brauchbare Meßwerkzeuge und Meßmethoden erforderlich. Die Bekanntschaft mit diesen gerade den technischen Kreisen zu vermitteln, ist das vorliegende Buch bestimmt. Besonders eingehend sind die Interferenzmethoden und ihre wissenschaftlichen Grundlagen dargestellt, in dem Abschnitt über die technischen Messungen ist dementsprechend das Hauptgewicht auf die Endmaße gelegt. In den beiden Abschnitten über die technischen Meßgeräte mit und ohne Maßangabe wird, zumeist auf Grund eigener Forschungen der Verfasser, soweit irgend möglich die Leistungsfähigkeit der einzelnen Geräte kritisch untersucht.

Von den mitgeteilten Ergebnissen dürfte unsere Leser besonders die Zurückführung des Urmeters auf die natürliche Maßeinheit der Wellenlänge des Lichtes interessieren. Bei einer Wiederholung der grundlegenden Auswertung des Meters von Benoit, Fabry und Perot durch Zurückführung auf die rote Kadmiumlinie  $\lambda_R$  wurden Brewstersche Interferenzen benutzt und es ergab sich in fast vollständiger Übereinstimmung mit dem früher von Michelson gefundenen Wert

$$1 \text{ m} = 1553164,13 \lambda_R \\ \lambda_R = 0,64384696 \mu$$

Diese Werte sind auf weniger als  $10^{-7}$  ihres Betrages genau. P.

**Praktische Elektrizitätslehre** auf Grundlage der Elektronentheorie dargestellt von Dr.-Ing. P. B. ARTHUR LINKER. Mit 79 Abbildungen. Hagen (Westf.) Kommissionsverlag: Otto Hamerschmidt 1921. 199 Seiten.

Das Buch handelt von Elektrostatik und Gleichstrom, im zweiten Teile sollen die Wechselströme besprochen werden. Für den Schulunterricht sind grundsätzlich Leitfäden aus der Feder eines Technikers von Bedeutung, weil das Denken auf der Hochschule wesentlich von dem der Universität abweicht. Was bietet dieses Buch dem Lehrer? Den Hauptwert lege ich erstens auf die zahlenmäßig durchgerechneten Aufgaben: Berechnung von Widerständen bei vorgeschriebener Stromdichte und bei verschiedenen Temperaturen; Strom und Spannung einiger verwickelter Stromverzweigungen; magnetomotorische Kraft einer elektrischen Maschine, Tragkraft eines Elektromagneten; Kapazitätsberechnung am Plattenkondensator und am

Kabel. Die Auswahl der wenigen Aufgaben ist recht geschickt. Dann kommt zweitens die Ableitung der dazu nötigen Formeln. Sie ist kurz und übersichtlich. Besonders, daß hinter den Gleichungen die jeweilige Dimension zu finden ist, fällt sehr angenehm auf. Aufgaben und Formelableitung bilden den Grundstock des Buches. Diese Seiten sind für den Physiker wegen der Bündigkeit der Darstellung ganz wertvoll. Der zweite Teil des Leitfadens dürfte vielleicht mehr „Praktisches“ bringen.

Leider legt der Verfasser einen zu großen Wert auf das „Erkenntnistheoretische“ seines Buches. Er trägt in langen Ausführungen zusammen, was er über Elektronen und Kraftfelder gelesen hat, und vermeint, ein Bild zu entwerfen von der wunderbaren Einfachheit und Einheitlichkeit der Grundlehren der Elektromechanik. Der Physiker weiß nur zu genau, auf welch schwankendem Boden die Ergebnisse der Elektronentheorie stehen, die hier gewissermaßen als Tatsachen hingestellt werden. Von Einheitlichkeit kann nicht die Rede sein — heute bei dem Wirrwarr der elektrischen Theorien. Immerhin ist die Frage berechtigt: Wer macht es besser?  
Dr. Curt Fischer.

**Radiotelegraphisches Praktikum.** Von Dr.-Ing. H. REIN. 3. umgearb. u. verm. Auflage von Dr. K. WIRTZ, o. Professor an der Techn. Hochschule zu Darmstadt. 558 S. Mit 432 Textfiguren und 7 Tafeln. Berlin, Julius Springer, 1921. Geb. M. 120, .

Dieses Werk, ebenso wie das Lehrbuch des im Weltkrieg gefallenen Verfassers (*ds. Zeitschr. 30, 163*) von K. WIRTZ herausgegeben, ist in der neuen Auflage auf mehr als das Doppelte angewachsen, es bringt jetzt auch die meisten Ableitungen, der benutzten Gleichungen, genauere Erläuterungen der wichtigeren Sende- und Empfangsgeräte, vor allem aber auch Ausführlicheres über die Kathodenröhren als Sender, Wellenanzeiger und Verstärker und die Art ihrer Untersuchung. Schon die vorige Auflage hat (*ds. Zeitschr. 26, 126*) von seiten eines Fachmanns unbedingte Anerkennung gefunden, die dieser Auflage in noch erhöhtem Maße gebührt. Eingehend beschrieben werden die Stromquellen für mittlere Frequenz (bis 6000 Per.) und für Hochfrequenz (bis 100000 Per.), dann die verschiedenen Formen der Kondensatoren und die Methoden der Messung von Kapazitäten und Induktivitäten, die verschiedenen Arten der Wellenmessung und der Strommessung, ferner die Schwingungsvorgänge im allgemeinen und besonders in den Antennen, die Wellenanzeiger, die Sende- und Empfangseinrichtungen endlich die drahtlose Telephonie. Das Buch gewährt auch dem Physiker ein interessantes und genußreiches Studium. P.

**Elektromotoren.** Ein Leitfaden zum Gebrauch für Studierende, Betriebsleiter und Elektromonteuere. Von Dr.-Ing. JOHANN GRABSCHIED. Mit 72 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer, 1921. 68 S. M. 15,—.

Eine kurze Lehrdarstellung der allgemeinen elektrotechnischen Grundbegriffe ist vorausgeschickt. Der von den Elektromotoren handelnde Hauptteil des Buches beschränkt sich auf die Beschreibung der Haupteigenschaften der verschiedenen Typen. Als das wertvollste an dem Buche erscheint der Anhang (S. 54—68), der Vorschriften für die Bedienung elektrischer Maschinen und eine Zusammenstellung über Störungserscheinungen und deren Beseitigung enthält. P.

**Meßgeräte und Schaltungen zum Parallelschalten von Wechselstrom-Maschinen.** Von WERNER SKIRL. Mit 99 Textfiguren. 128 S. Berlin, Julius Springer, 1921. Geb. M. 36,—.

Die für die Praxis überaus wichtige Parallelschaltung von Wechselstrommaschinen, teils zum Netz, teils zueinander, erfordert die Übereinstimmung nicht nur in der Frequenz und der Größe, sondern auch in der Phase der Spannungen: Die Mittel zur Erreichung dieser Ziele werden auseinandergesetzt und durch eine große Zahl (28) von Schaltbildern erläutert. Die technischen Hilfsmittel zum Parallelschalten, unter ihnen besonders Spannungsmesser und Synchronoskope, werden eingehend behandelt. P.

**Die Transformatoren.** Von Dr. techn. MILAN VIDMAR, ord. Professor der Universität Ljubljana usw. Mit 297 Textabbildungen. 702 S. Berlin, Julius Springer, 1921. M. 110,—, geb. M. 120,—.

Der Verfasser ist ein hervorragender Fachmann auf dem Gebiete des Transformatorenbaus, er gibt sich aber nicht bloß im Vorwort, sondern in der ganzen Anlage und Durchführung des Buches auch als philosophisch denkender Kopf und als schaffender Künstler zu erkennen. Selbst ein Verächter der technischen Leistungen müßte Bewunderung vor diesem Schaffen empfinden, an dem Kopf und Herz gleich großen Anteil haben. Man lese das Kapitel über die Probleme des Transformatorenbaus, um einen Begriff davon zu bekommen, um welche gewaltigen Aufgaben es sich hier handelt. Es sind nicht nur wissenschaftliche und technische, sondern vor allem auch wirtschaftliche Probleme, die es hier zu lösen gilt. Eines der bedeutsamsten unter diesen ist das Problem des Großtransformators, d. h. die Frage, wie weit Stromkraft, Spannung und Erwärmung die Steigerung der Leistungen gestatten. Vor allem auch von der Wärmebeanspruchung der Drahtisolation hängt die Lebensdauer eines Transformators ab; diesem Einflusse hat der Verfasser besonders eingehende Untersuchungen gewidmet. Der größte Trans-

formator, der Ganzsche El. A.-G. in Budapest, transformiert 20800 Kw bei 50 Perioden von 4000 auf 56000 Volt. Ein mitten im Weltkrieg von der AEG in Berlin gebauter Großtransformator geht sogar bis 30000 Kw. Die letzten Abschnitte des umfangreichen Werkes behandeln Trockentransformator, Öltransformator, Tr. mit Wasserkühlung, Parallelschaltung von Transformatoren, die Transformierungen der Phasenzahl, die Messungen des Transformatorenbaus. Jedem, der mit Transformatoren und deren Herstellung zu tun hat, wird das Buch unentbehrlich sein. P.

**Praktikum der quantitativen anorganischen Analyse.** Von A. STOCK u. A. STÄHLER. 3. durchgesehene Aufl. Mit 36 Abb. Berlin, J. Springer, 1920. 142 S. M. 16,—.

Das schnelle Erscheinen der neuen Auflage (vgl. *ds. Zeitschr.* 24, 59; 31, 220), in der die von K. A. HOFMANN in seinem Lehrbuch der anorganischen Chemie angewandte Wertigkeitsbezeichnung durchgeführt ist, beweist, daß das kurz gefaßte Praktikum sich immer mehr einbürgert. Auch die Leiter chemischer Schülerübungen seien auf das wertvolle Buch hingewiesen. O.

**Kurzer Leitfaden der technischen Gasanalyse.** Von R. ZSIGMONDY u. G. JANDER. Mit 17 Fig. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1920. 67 S.

Die aus der Laboratoriumspraxis hervorgegangene Arbeit gibt an der Hand instruktiver Abbildungen eine ausgezeichnete Übersicht über die wichtigsten Apparate und Methoden zur Gasanalyse und zur Gasmessung. Es wird nicht nur die viel angewandte Methode von Hempel nebst der Winklerschen und Buntaschen Gasbürette ausführlich behandelt, sondern auch die titrimetrischen Methoden von Pettenkofer-Hesse und von Reich sowie die gasvolumetrischen Apparate von Lunge berücksichtigt. Besondere Sorgfalt ist den vielerlei Fehlerquellen gewidmet. Bei dem Wert, den quantitative, besonders gasvolumetrische Bestimmungen im chemischen Schulunterricht haben, ist das Buch auch nach dieser Richtung hin von Bedeutung, zumal es auch eine größere Reihe praktischer Handgriffe enthält, die sich z. T. auch in der Mittelschulpraxis bereits herausgebildet haben, die aber jedenfalls bei den chemischen Schülerübungen von Nutzen sein können. O. Ohmann.

**Einführung in die Chemie.** Ein Lehr- und Experimentierbuch von RUDOLF OCHS. 2. Aufl. Mit 244 Abb. u. 1 Spektraltafel. Berlin, J. Springer, 1921. XII u. 522 S. Geb. M. 48,—.

Das populäre Zwecken dienende Buch wurde in dieser Zeitschr. (24, 383) bereits eingehender besprochen. Die neue Auflage ist um drei Ab-

schnitte, die von dem chemischen Gleichgewicht, dem Massenwirkungsgesetz, den Katalysatoren usw. handeln, vermehrt worden. Auch ist der das Radium behandelnde Abschnitt ganz umgearbeitet und in geschickter Weise dem jetzigen Standpunkt der Forschung angepaßt. Hierdurch sowie durch teilweise Entfernung verschiedener Ungenauigkeiten hat das Buch entschieden gewonnen. Es sei von neuem der Beachtung empfohlen.

O.

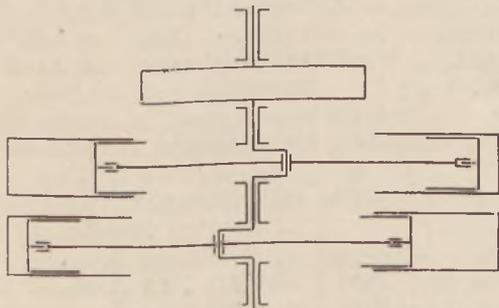
**Das Ozon.** Eine physikalisch-chemische Einzeldarstellung. Von Dr.-Ing. MAX MORLLER. Mit 32 Abb. Heft 52 der „Sammlung Vieweg“. Braunschweig F. Vieweg u. Sohn, 1921. 155 S. M. 12,50 + T.-Z.

Die Arbeit behandelt die physikalisch-chemische Seite des Ozons, während für das Studium der rein chemischen Seite auf die grundlegenden Schriften von E. FONROBERT und C. HARRIES verwiesen wird. Die gesamten physikalischen Daten des ohne Analogon dastehenden Gases, seine Bildungsweisen, seine Photochemie finden, unter sorgfältigster Berücksichtigung der Literatur, eine außerordentlich lichtvolle Darstellung. Obgleich für den chemischen Schulunterricht das Interesse an den technischen Anwendungen des Ozons überwiegt (vgl. über diese die Berichte in *ds. Zeitschr.* 8, 325; 28, 280), so wird doch jeder Chemielehrer aus der vorzüglich abgefaßten Schrift neueste Belehrungen und auch praktisch-experimentelle Anregungen schöpfen.

O. Ohmann.

### Korrespondenz.

**Zur schulgemäßen Behandlung der Innenverbrennungsmaschinen.** (Nachtrag zu dem Aufsatz in Heft 5, S. 193). Von Dr. R. REINICKE in Danzig-Langfuhr. Bei einem neuerdings gebauten Holzmodell habe ich die die Zylinderwand darstellenden hölzernen Führungsleisten einfach einem alten, zur Aufnahme der bekannten perforierten „Kompaß“-Zeichenblöcke dienenden Zeichenständer entnommen. Im Interesse größerer Festigkeit habe ich ferner den Kolben aus rechteckigem, oben und unten etwas abgechrägtem



Zigarrenkistenholz gefertigt. Kolbenquerschnitt und Kolbenstange sind schwarz, das übrige Brettchen ist weiß gestrichen. Auch der Kröpfungskreis ist jetzt aus Zigarrenkistenholz ausgesägt und weiß angelegt, bis auf die in schwarzer Farbe hervortretende Kurbel. Er dreht sich um eine in das Grundbrett eingelassene Achse. Das vollkommen undurchbrochen bleibende Grundbrett endlich ist nicht mehr naturfarben, sondern mit weißer Porzellan-Emaillefarbe (von Rosenzweig & Baumann in Kassel) oder besser noch mit Siderosthen-Lubrose weiß Nr. 101 (Akt.-Ges.

Jeserich in Charlottenburg) gestrichen. Dadurch ist einmal ein stärkerer Kontrast gegen die schwarzen Teile des Modells herbeigeführt, andererseits werden die Auspuffschlitze bei Demonstration des Zweitaktmotors einfach mit Kohle oder schwarzer Kreide eingezeichnet und hernach durch Abwaschen entfernt.

Übrigens ist bei den Vierzylindermotoren leider versehentlich eine Kombination fortgelassen worden, die nicht nur auch möglich ist, sondern sogar am meisten angewendet wird. Die Figur folgt hier nachträglich und ist im Septemberaufsatz zu den Figuren 9, 10 und 11 hinzuzufügen.

Die Vorzüge gerade dieser Anordnung gegenüber den drei anderen sind leicht einzusehen.

**Berichtigung.** In dem Bericht: „Über Ostwalds Farbenlehre“ (*ds. Zeitschr.* 33, 230–233; 1920) ist die Reihenfolge der zur Bezeichnung der Farbtöne dienenden Buchstaben verkehrt angegeben, sowohl im Text, wie in der Figur 1. Es soll voranstehen der Buchstabe der Graustufe, mit welcher der Farbton im gegenfarbigen Licht verwechselt wird und folgen der Buchstabe der Graustufe, von welcher der Farbton im gleichfarbigen Licht nicht unterschieden werden kann.

W. Volkmann.

**Berichtigung.** In dem Bericht über Josef Loschmidt und die Loschmidtsche Zahl in Heft 4 d. Jahrg. ist auf S. 176 b, Zeile 1 v. u. die Avogadro'sche Zahl  $A = 5,45 \cdot 10^{10}$  angegeben. Diese Zahl bedeutet die Anzahl der Atome in 1 cm eines normalen Gases, während die gewöhnlich als Avogadro'sche bezeichnete Zahl gleich der Anzahl der Moleküle in 1 cm, also  $2,7 \cdot 10^{10}$  ist.

# Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1922.

12h = Mittag, 0h und 24h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1h).

MEZ 0h	Januar							Februar					
	0	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	
♃ {	AR	18h 47m	19.22	19.58	20.33	21.7	21.36	21.59	22.10	22.5	21.46	21.25	21.13
	D	- 24°	- 24	- 23	- 21	- 18	- 15	- 12	- 10	- 8	- 10	- 11	- 13
♄ {	AR	17h 56m	18.23	18.51	19.18	19.45	20.12	20.38	21.4	21.29	21.53	22.18	22.41
	D	- 23°	- 24	- 23	- 23	- 22	- 21	- 20	- 19	- 16	- 14	- 12	- 10
♅ {	AR	18h 38m	19.0	19.22	19.44	20.5	20.26	20.47	21.7	21.27	21.47	22.7	22.26
	D	- 23,2°	- 22,7	- 22,1	- 21,3	- 20,3	- 19,2	- 17,9	- 16,5	- 15,0	- 13,3	- 11,6	- 9,8
♆ {	AR	14h 4m	14.15	14.26	14.37	14.48	14.59	15.10	15.21	15.32	15.42	15.53	16.3
	D	- 11°	- 12	- 13	- 14	- 15	- 16	- 16	- 17	- 18	- 19	- 19	- 20
♁ {	AR	13h 5m		13.8		13.11		13.12		13.12		13.11	
	D	- 6°		- 6		- 6		- 6		- 6		- 6	
♂ {	AR	12h 31m				12.32				12.30			
	D	- 1°				- 1				- 1			

Δ = Sternzeit - mittl. ☉ Zeit für Stargard, Zeitgl. = mittl. ☉ Zeit - wahre Sonnenzeit.

Zeitgl.	Januar							Februar				
	18h 35m 20s	18.55.4	19.14.46	19.34.29	19.54.12	20.13.55	20.33.38	20.53.20	21.13.3	21.32.46	21.52.29	22.12.11
	2m 45s	5.5	7.15	9.12	10.51	12.13	13.17	13.59	14.21	14.24	14.5	13.31

Breite von Berlin. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ☉ Randes. Ortszeit.

Aufg.	8h 11m	8.10	8.8	8.4	7.59	7.53	7.47	7.38	7.30	7.20	7.1	7.1	6.59
Unterg.	15h 55m	16.1	16.7	16.15	16.23	16.32	16.41	16.50	17.0	17.9	17.19	17.29	

Breite von Berlin. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ☾ Randes. Ortszeit.

Jan.	☾	Aufgang		0d 21h 31m		5.23.25		11. 2.25		16. 8.38		21.14.46		26.18.57	
		Untergang		1d 7h 44m		6.13. 2		11.18.29		16.21.44		22. 0.22		27. 4.37	
Febr.	☾	Aufgang		0d 21h 10m		5.23.27		11. 4.44		16.11.27		21.16.25		26.18.53	
		Untergang		1d 9h 45m		6.15. 8		11.19.12		16.21.43		22. 1.26		27. 6.34	

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Jan. 28d 0h 48m	Febr. 5. 5. 52	Jan. 6d 11h 24m	Febr. 12. 2.18	Jan. 13.15.37	Febr. 20. 7. 0	Febr. 18.19.18
		Febr. 26d 19h 48m	März 6. 20. 22					

Der Mond tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises:

Sternbild	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs	
Länge	25°	55°	85°	115°	145°	175°	205°	235°	265°	295°	325°	355°	
Jan.	7,2d	9,6	11,7	13,8	15,8	17,8	20,0	22,2	24,6	27,0	29,5	1,0	Jan.
Febr.	3,6d	6,0	8,2	10,2	12,3	14,2	16,3	18,5	20,8	23,2	25,8	28,3	Febr.

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

Tag	♃ Abendstern nachm.		Tag	♀	♂ (Wg, Sp) vorm.		♁ (Jungfrau) vorm. nachm.		♁ (Jungfrau) nachm. vorm.	
	Da	U			Da	Dm	Da	Dm	Da	Dm
Jan. 18	5,5h		Jan. 0	unsichtbar	A 2,4h	Dm 6,9h	A 0,9v	Dm 7,0	A 11,9	Dm 6,9
20	Da 5,5	U 5,6	20		A 2,1h	Dm 6,7h	A 11,7n	Dm 6,8	A 10,6	Dm 6,7
30	Da 5,8	U 6,4	Febr. 9		A 1,9h	Dm 6,3h	A 10,4n	Dm 6,3	A 9,2	Dm 6,3
Febr. 9	6,1h		März 1		A 1,5h	Dm 5,6h	A 9,0n	Dm 5,7	A 7,8	Dm 5,6

A = Aufgang; U = Untergang; Da = Abend-Dämm.; Dm = Morgen-Dämm.

Verfinsterungen der Jupiter-Monde (MEZ). Nachmittags-Stunden. E = Eintritt in den Schatten.  
Febr. 17, 10h 45m - E I. M. Koppe.