

Eine Demonstrations-Quecksilberdampf-Lampe für Unterrichtszwecke.

Von

Prof. Dr. **Wilhelm Brüsch** in Lübeck.

Die Quecksilberdampf Lampe hat sich in ihren verschiedenen Formen (nach Cooper Hewitt von Schott u. Gen., Jena, der Westinghouse-Gesellschaft, der A.E.G.u.a.), besonders als sogen. „Quarzlampe“ (der Quarzlampen-Gesellschaft in Berlin-Pankow) ihren Platz als praktische Lichtquelle für Fabrikräume und Zeichensäle, ferner für medizinische Zwecke erobert und bereits eine recht große Verbreitung gefunden. Schon dieser Umstand dürfte ein Grund sein, sich mit ihr in den oberen Klassen etwas zu beschäftigen, wenn man auch wohl nicht so viel Zeit darauf wird verwenden können, daß man ihre Entstehung bzw. Evakuierung an einem besonderen, dazu nicht ganz billigen Modell¹⁾ vorführt. Es kommt noch hinzu, daß, falls man eine Lampe aus einer Glassorte nimmt, die für einen sehr großen Teil der ultravioletten Strahlen durchlässig ist, man über eine Lichtquelle verfügt, mit deren Hilfe man besonders schön die ultravioletten Strahlen und deren Eigenschaften demonstrieren kann.

Die für praktische Beleuchtungszwecke gebauten Lampen sind nun meistens nicht ohne weiteres sehr bequem für den Unterricht, da der Umstand, daß sie eines Vorschaltewiderstandes und einer Drosselspule bedürfen, zu zeitraubender Montage und anderen Unbequemlichkeiten Veranlassung gibt. Die Firma Schott u. Gen., Jena hat die Freundlichkeit gehabt, nach meinen Angaben eine einheitliche Anordnung zusammen zu bauen, die, ursprünglich nur für Vortragszwecke gedacht, sich gerade im Unterricht im Laufe von ca. 2 Jahren bewährt und auch den Beifall auswärtiger

Kollegen, welche die Physikräume des Johanneums besichtigten, gefunden hat. Aus diesen Gründen scheint mir eine Beschreibung in dieser Zeitschrift umsomehr angebracht, als die Vorrichtung im Vergleich zu anderen ähnlicher Art billig ist.

Auf einem kräftigen Grundbrett B_2 steht ein ebenso stark ausgeführtes Standbrett B_1 , das oben mit einem einfachen Schlitz H als Handgriff versehen ist. Auf

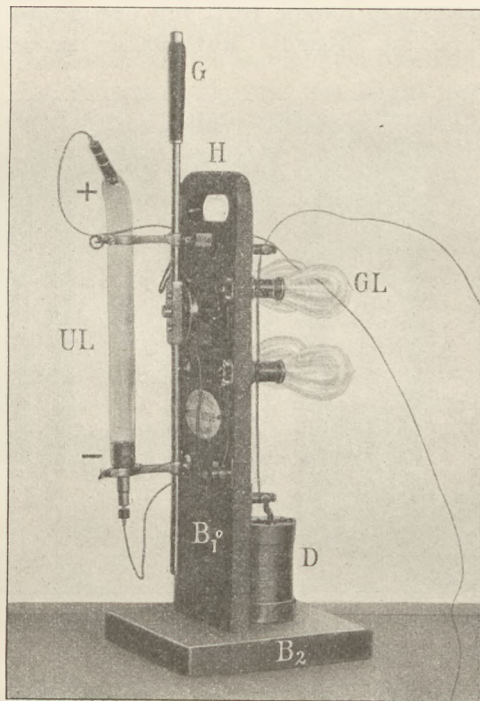


Fig. 1.

¹⁾ S. diese Zeitschr. 1909.

der Rückseite sind 4 parallel geschaltete Glühlampen, die in bekannter Weise als Vorschaltewiderstand dienen, und die Drosselspule D montiert. In der letzteren wird, falls die Netzspannung plötzlich über das normale Maß steigt, ein Gegenstrom erzeugt, der also die Lampe vor Überspannung schützt, d. h. den Netzstrom „drosselt“, und beim etwaigen Sinken der Spannung ein gleichgerichteter Strom, der verhindert, daß die Lampe erlischt. Mit dem Glühlampensatz und der Drosselspule in Serie ist die „Uviollampe“ geschaltet und an der Vorderseite übersichtlich montiert. Die Verbindungen der einzelnen (drei) Teile sind durch Klemmschrauben bewirkt, so daß ein schnelles und leichtes Auseinandernehmen ermöglicht ist. Man kann daher bequem die Glühlampen als Vorschaltewiderstand für andere Zwecke und die Drosselspule gerade für die Erläuterung der Erscheinung des Extrastromes bezw. der Selbstinduktion benutzen.

Die an dem abgebildeten Modell befindliche Lampe UL ist 30 cm lang und (zusammen mit den Glühlampen) für 110 V. Netzspannung eingerichtet. Bei höherer, übrigens für Experimentierzwecke im allgemeinen weniger geeigneter Spannung (etwa 220 V.) fällt die Lampe natürlich länger aus. Der Handgriff G , der auch den Lampen der Praxis eigentümlich ist, ermöglicht es, durch vorsichtiges Neigen der Lampe das Quecksilber langsam vom + zum - Pol fließen zu lassen und dadurch die Lampe zu zünden. Alles weitere darauf Bezügliche ist aus den jeder Lampe beigegebenen „Behandlungsvorschriften“ zu ersehen und kann hier daher übergangen werden. Die brennende Lampe wird von den Schülern am besten durch kleine rote (beim Glaser billig zu habende) Rubingläser beobachtet. Man kann dann sehr schön den rot

glühenden (positiven) Pol (aus Kohle), die in fortwährendem Aufwallen begriffene Quecksilbermasse am negativen Pol und auch die leuchtende Quecksilberdampfsäule, die das ganze Rohr erfüllt, beobachten. Auch ein Standrahmen mit roter oder blauer Glasscheibe von etwa 60×80 cm tut gute Dienste. Der Lehrer schützt zweckmäßig die Augen durch eine geeignete Brille.

Für Spektralversuche kann man diese Experimentierlampe ziemlich einfach dadurch herrichten, daß man den vorderen Teil mit einer zweimal rechtwinklig ge-

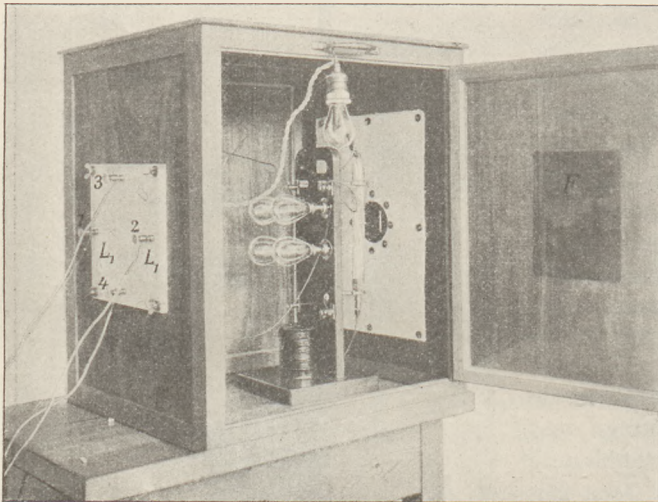


Fig. 2.

bogenen Pappe oder, noch besser, einem ebenso hergerichteten Eisenblech umstellt, das eventuell auch durch Flügelschrauben an dem Brett B_2 befestigt werden kann. Den hellen Schein der Lampen GL kann man in ähnlicher Weise durch ein darüber gelegtes Tuch oder dadurch dämpfen, daß man die Lampen dunkel lackiert. In der Pappe oder dem Blech bringt man in geeigneter Höhe einen Spalt an. — Will man sich die Anordnung noch bequemer und namentlich vielseitiger in der Anwendung gestalten, so kann man die in Fig. 2 dargestellte Einrichtung treffen. Ein Kasten von $60 \times 50 \times 70$ cm Abmessungen, der ursprünglich als Abzugskasten für den Gasabzug des chemischen Experimentiertisches unserer Anstalt gedacht war, ist an den Seiten mit Mahagonibrettern ausgestattet, die durch Vorreiber befestigt sind.

Hinten ist über einer in das dort befindliche Brett eingeschnittenen Öffnung eine Marmortafel mit Flügelschrauben befestigt, die vier Doppelklemmschrauben trägt, von denen zwei (etwa 1 u. 2) der Stromzuführung zur (vorne am Griff hängenden) Beleuchtungs-Glühlampe, 2 andere der Stromversorgung der Quecksilberdampf-Lampe dienen. Die Vorderseite trägt den herausnehmbaren, von der Heliostatenvorrichtung entnommenen Spalt mit Mikrometerschraube. Um das Vorderbrett gegen allzu starke Hitzeentwicklung zu schützen, ist es an der Innenseite mit starker Asbestpappe bedeckt.

Falls man die Farbe des Quecksilberdampflichts und vor allem dessen Reichtum an ultravioletten Strahlen demonstrieren will, so erhält man natürlich die schönsten Ergebnisse bei Anwendung einer Quarzlinse (s. in der Liste M. 170 von Zeiss-Jena Nr. 36; Preis 25 M) und eines Quarzprismas (s. in derselben Liste Nr. 38; Preis 50 M). Von den Prismen gibt die Firma in entgegenkommender Weise solche, die kleine Fehler in Gestalt feiner Streifen oder dergl. besitzen und sich daher für mikrographische Einrichtungen nicht eignen, zum halben Preise (also für 25 M) ab. Es ist nun wirklich hochinteressant, zu sehen, wie das sonst doch scheinbar durchsichtige, gewöhnliche Glas im ultravioletten Teil des Spektrums einen breiten Schatten wirft, während Quarz- und Uviolglasplatten (letztere bis ca. 280—250 $\mu\mu$) fast alle Strahlen durchlassen. Aber nicht alle ultravioletten Strahlen werden von dem gewöhnlichen Glase absorbiert; die dem sichtbaren Blau zunächst liegenden läßt es auch durch. Da gerade diese sich durch ihre Tiefenwirkung auf den menschlichen Organismus (z. B. auf die Augen) besonders auszeichnen, so bieten gewöhnliche Gläser keinen Schutz gegen diese im Sonnenlichte so reichlich vorkommenden ultravioletten Strahlen. Das hat Veranlassung gegeben zur Herstellung von Schutzgläsern, wie das „Hallauer“ Glas (nach Dr. Hallauer-Basel von der optischen Industrieanstalt Nitsche u. Günther, Rathenow), „Enixantos“-Glas (Opt. Anstalt G. Rodenstock-München), „Euphos“-Glas nach Dr. med. Schanz und Dr.-Ing. Stockhausen-Dresden, hergestellt von den Gebr. Putzler, Glashüttenwerke für Beleuchtungsartikel, Peuzig i. Schlesien). Die in dieser Richtung von den Herren Schanz und Stockhausen mit allen Lichtquellen angestellten Versuche²⁾ verdienen schon vom rein physikalischen Standpunkte aus betrachtet das Interesse der Schule. Ob man dagegen die Folgerungen aus den betreffenden Untersuchungen so weitgehend ziehen will, daß man sagt, jede Lichtquelle müsse mit „Euphos“-Glas umgeben werden, das ist eine andere Sache. Jedenfalls sind die teilweise auf negative Ergebnisse hinauslaufenden Versuche des Herrn Dr.-Ing. W. Voeg-Hamburg auch sehr beachtenswert³⁾. — Weitere recht lehrreiche Versuche lassen sich mit den aus Ochsenaugen herauspräparierten Linsen anstellen.

Was die Schirme anlangt, welche man zur Umwandlung der ja an und für sich gar nicht oder (nach Lommel) nur schwach sichtbaren ultravioletten Strahlen anwenden muß, so ist dazu der Zinksulfidschirm wohl geeignet. Weit billiger sind jedoch Kartons, die man mit Balmainscher Leuchtfarbe bestreicht und dann glättet. Die nötige Farbe kann in ganz vorzüglicher Beschaffenheit von der chemischen Fabrik „List“ von E. de Haën (Seelze bei Hannover) bezogen werden. Der Inhalt eines „Probekistchens“ (enthaltend drei Dosen Leuchtfarbe verschiedener Leuchtstärke und die nötigen Lacke) reicht für unzählige Schirme aus. Will man die nicht große Arbeit der eigenen Herstellung der Schirme sparen, so kann man fertige „Leuchtkartons“ (49 × 66 cm) zum Preise von 1,20 M für den Bogen von der Berliner Satinier-Anstalt Franz Grimm, Berlin SO., Melchiorstraße 30, beziehen. Viel brauchbarer als

²⁾ S. E. T. Z. 1908, Heft 33, S. 777/782 „Die Schädigung des Auges durch die Einwirkung des ultravioletten Lichtes.“ Verhandl. der Naturf. Ges. 1907, S. 272/275.

³⁾ Man sehe die beiden Aufsätze in der E. T. Z. 1908 u. 1909 sowie die kleine Schrift: „Die ultravioletten Strahlen der modernen künstlichen Lichtquellen und ihre angebliche Gefahr für das Auge.“ Eine gemeinverständliche Darstellung mit 9 Abb. 31 S. 8^o. Berlin 1910. Julius Springer. Preis 1 M.

alle anderen sind freilich diejenigen Schirme, welche nur so lange leuchten, als sie von ultraviolettem Lichte bestrahlt werden, und da ist immer noch das schon von Weinhold empfohlene, von Dr. A. Köhler (der Firma Zeiss) in seiner Anwendung verfeinerte „Uranin“ (Natriumsalz des Fluoresceins) das allerbeste. Man kann es sich ja nach Weinholds Vorschrift selbst herstellen; das Präparat „Fluorescin = Natrium“, das unter der Marke „Uranin Nr. 1A“ zum Preise von 1,70 M für 100 g von Merck-Darmstadt in den Handel gebracht wird, ist aber entschieden vorzuziehen. Löst man von dieser Substanz ca. 1 g in 1000 ccm einer verdünnten Glycerinlösung, so hat man, falls man diese Lösung sorgfältig in brauner Flasche und im Dunklen aufbewahrt, Vorrat für viele Jahre, wenn man es nicht vorzieht, sich jedesmal ein kleines Quantum (etwa 0,1 g) frisch aufzulösen. Mit dieser Lösung wird nun Filtrierpapier, eventuell auch Gelatinefolie⁴⁾, von geeigneter Länge und Breite getränkt und dieses auf weißer Pappe befestigt. Der Schirm muß nur, da er nicht lichtbeständig ist, sorgfältig vor den Einwirkungen des direkten Tageslichtes geschützt werden.

Man kann natürlich auch ganz allgemein (ohne Spektralzerlegung) mit der Quecksilberdampf Lampe Versuche über die Einwirkung ultravioletten Lichtes auf chemische Vorgänge etc. vorführen. Doch würde es hier zu weit führen, auf Einzelheiten einzugehen. Nur soviel sei erwähnt, daß sich zu solchen Versuchen sehr gut dünnwandige Uviolglasröhren (sehr preiswert von Schott u. Gen., Jena, zu beziehen) oder in manchen Fällen noch besser nicht zu lange (weil sonst zu kostspielige) Quarzröhren (von Heraeus-Hanau) eignen. Läßt man beispielsweise durch so ein dicht neben der Quecksilberdampf Lampe (paraxial) aufgestelltes Rohr Wasserdampf (etwa durch langsames Absaugen mit der Wasserstrahlpumpe, mit einer Mariotteschen Flasche oder einem anderen Niveaugefäß) streichen, so kann man die interessante und für kosmische Verhältnisse so wichtige Zerlegung des Wassers in Wasserstoffsperoxyd und Wasserstoff nachweisen etc. etc.⁵⁾. Andere recht interessante Versuche, besonders auch solche, welche die Tiefenwirkung ultravioletter Strahlen nachweisen sollen, finden sich in einer Arbeit von Dr. Bering-Kiel („Über die Wirkung violetter und ultravioletter Lichtstrahlen“. Experimentelle Untersuchungen über ihre Durchdringungsfähigkeit, chemische Wirkung und ihren Einfluß auf den Gesamtorganismus. Medizin.-naturw. Archiv 1907, Bd. I, H. 1).

Die beschriebene Lampe ist, wie gesagt, für Schulversuche vollständig ausreichend. Für intensivere Wirkungen ist selbstverständlich die „Quarzglas-Quecksilberlampe“ (die ja auch als „Bogenlampe“ und in besonderer Form für medizinische Zwecke praktische Verwendung für Beleuchtungszwecke findet) von Heraeus-Hanau, der sie in einer gerade für experimentelle Zwecke sehr handlichen Form liefert⁶⁾, vorzuziehen. Man darf aber nicht übersehen, daß diese Lampe 150 M, mit dazu erforderlichem Widerstande 188 M bzw. (für 220 V.) 260 M kostet, während die vollständige Uviol-Experimentierlampe für ca. 63 M geliefert werden kann. In allen Fällen kommt neuerdings noch die Steuer für die Lampe hinzu. Die Zündung der Quarzlampe ist übrigens wegen der Kürze des Quarzrohres nicht so gut von einer größeren Zuhörerschaft zu sehen wie bei der Uviollampe.

Man kann aber auch, wenn es sich in erster Linie um Spektraldemonstrationen handelt, das Funkenspektrum des Magnesiums oder des Kadmiums verwenden. Darüber soll im Zusammenhange mit einer anderen Experimentier Vorrichtung an anderer Stelle berichtet werden.

⁴⁾ Die in Drogenhandlungen erhältlichen grünen (von Fluorescin!) und roten (von Eosin) Gelatinefolien können auch ohne weiteres als allordings nicht sehr stark leuchtende, aber fertige Schirme benutzt werden. Preis pro Blatt ca. 20—40 Pf.

⁵⁾ S. Comptes rend. 1909. Vol. 149. S. 116 u. 173.

⁶⁾ Zu ähnlicher Anordnung liefert F. Köhler-Leipzig eine Anordnung für Uviollampen mit getrennten Widerständen für ca. 160 M.

Zum Nachweis der Eigenschaften der Schwingungen tönender Luftsäulen.

Von

Dr. W. Merkelbach in Kassel.

Hierüber hat Herr A. STROMAN auf S. 89 dieses Jahrgangs („Akustische Versuche mit Glasröhren“) mit einfachen Glasröhren anzustellende Versuche veröffentlicht, die gegenüber denen mit Pfeifen mancherlei Vorteile bieten. Da ich solche Röhren selbst schon seit längerer Zeit im Unterricht verwende, kann ich nach meiner Erfahrung noch einige Ergänzungen zu den Mitteilungen Stromans machen.

1. Wichtig ist, daß man bei diesen Versuchen auch beiderseits offene Röhren durch Anblasen zum Tönen bringt. Stroman bemerkt, daß dies schwierig sei, und beschreibt ausführlich das „einige Übung“ erfordernde Verfahren, was trotz der genauen Beschreibung nicht leicht gelingen wird.


Mindestens ebenso leicht wie einseitig geschlossene Röhren sprechen nun beiderseits offene an, wenn man zum Anblasen ein Messingrohr benutzt, das, wie in Fig. 1 dargestellt ist, auf einer Seite in einen schmalen flachen Schlitz ausläuft. Ein solches kann man sich selbst leicht herstellen, indem man ein Ende eines etwa 15 cm langen Messingrohrs in einer großen Bunsenflamme erhitzt, bis es zu glühen anfängt und dann in einem Schraubstock elliptisch drückt. Durch weiteres Erhitzen und Pressen wird die Öffnung verschmälert. Nachdem man das Ende nochmals ausgeglüht hat, schiebt man schließlich einen konvergent geschnittenen Streifen dünner Pappe von passender Dicke in die Öffnung und hämmert den vorderen Rand flach. Letzterer muß noch mit einer Feile ge-


Fig. 1.

ebnet und mit Hilfe eines Messers innen und außen von jedem Grate befreit werden. Das ganze Rohr ist zuletzt mit feinem Smirgelleinen zu putzen. Eine zu eng gewordene Öffnung kann man mit Hilfe eines schlanken Schraubenziehers erweitern.

Beim Zusammenpressen muß man vermeiden, daß die Stelle, an der das Blech des Rohres zusammengefügt ist, an das Ende des Schlitzes kommt, weil sonst das Rohr dort springt.

Durchmesser und Weite der schlitzförmigen Öffnung des so vorbereiteten Messingrohrs richten sich nach Länge und Breite der anzublasenden Röhre. Für Röhren von ungefähr 1 cm Weite, wie sie Stroman anwendet, ist ein Messingrohr von 9 mm Durchmesser und $1\frac{1}{4}$ mm Schlitzbreite passend. Für das bei den Versuchen unter 2. und 3. verwendete Glasrohr von 2 cm innerem Durchmesser und 18 cm Länge ist ein Messingrohr von 13 mm Durchmesser und $2\frac{1}{4}$ mm Schlitzbreite geeignet. Beim Anblasen der Röhren muß das aus dem Schlitz austretende Luftband in die Ebene der Mündung der Glasröhre fallen. Ob man hierbei einen Grundton oder einen Oberton erhält, richtet sich nach der Stärke des angewandten Luftstroms. Bei weiten Röhren sprechen die Töne am besten an, wenn man die Rohrmündung teilweise mit dem flachen Ende des Anblaserohrs deckt.

Es sei hier hinzugefügt, daß man mit größeren derartigen Messingröhren auch die Luft in verhältnismäßig weiten geschlossenen Gefäßen zum Tönen bringen kann. Das ist z. B. von Vorteil, wenn man sich Resonanzgefäße für Stimmgabeln unter Pulverflaschen verschiedener Größe aussuchen will. Mit dem zweiten beschriebenen Messingrohr läßt sich auch die Luftsäule in den Resonanzkästen der a^1 -Stimmgabeln zum Tönen bringen und die Übereinstimmung des so erhaltenen Tons mit dem Stimmgabelton nachweisen. Zu beachten ist hierbei, daß man einen starken Luftstrom parallel den langen Seiten der rechteckigen Kastenmündung richtet.

2. Unter 11. hat Stroman einen einfach anzustellenden Nachweis der an dem geschlossenen Ende einer tönenden Luftsäule abwechselnd auftretenden Verdünnungen, ähnlich dem mit den Königschen Flammenkapseln, angegeben, wobei er zum Verschluss der Röhre angefeuchtete Blättchen von Pergamentpapier verwendet.

Der Versuch läßt sich so abändern, daß er geeignet ist, auch die Dichtigkeitsänderungen am Knotenpunkt einer beiderseits freien Luftsäule, der hier bekanntlich in der Mitte liegt, nachzuweisen.

Die Versuchsanordnung erläutert Fig. 2. In dieser stellt *A* ein Glasrohr von 2 cm innerem Durchmesser und 18 cm Länge dar, in der die Luft durch das bei 1.

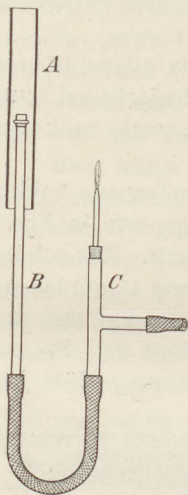


Fig. 2.

beschriebene Anblaserohr von 13 mm Durchmesser und $2\frac{1}{4}$ mm Schlitzbreite am oberen Ende zum Tönen gebracht wird. In die untere Hälfte dieses Glasrohrs ragt ein zweites *B*, das 9 mm äußeren Durchmesser und am oberen Ende ein als Flammenkapsel dienendes Blättchen aus Pergamentpapier trägt. Beide Röhren sind durch Klemmen an demselben Stativ so befestigt, daß ihre Achsen in dieselbe Richtung fallen. Das Pergamentpapier am oberen Ende sei nicht zu dünn. Es wird in angefeuchtetem Zustand auf das ganz eben geschliffene Ende der Glasröhre glatt aufgelegt und durch einen übergeschobenen Gummiring (Stückchen eines Kautschukschlauchs) gehalten. Unmittelbar vor Gebrauch taucht man es noch einmal in Wasser.

Das untere Ende der Glasröhre *B* steht durch einen Kautschukschlauch in Verbindung mit einem T-Stück *C* aus 10 mm starkem Messingrohr, wie es zu Gasverteilungen verwendet wird. Es vertritt das in unserer Sammlung nicht vorhandene Quinckesche Verzweigungsrohr des Stromanschen Versuchs. In das zweite nach oben gerichtete Ende des T-Rohrs ist mittels eines kleinen Korkstopfens ein Glasrohr befestigt, das in eine Spitze ausläuft. Durch das dritte Ende kann Leuchtgas eingeleitet werden. Ein an der Spitze brennendes Flämmchen wird beim Tönen der Luftsäule in *A* so beeinflusst, daß sein Spiegelbild in einem gedrehten Spiegelwürfel als Zackenband erscheint. Die passende Weite der als Brenner dienenden Spitze muß ausprobiert werden. Sie muß sehr eng, aber doch nicht zu eng genommen werden.

Man sieht, daß die Vorrichtung dazu dienen kann, in einer tönenden Luftsäule auch die Abnahme der Dichtigkeitsänderungen nach den Enden hin nachzuweisen. Der Versuch zeigt, daß diese Abnahme von der Mitte an zunächst nur sehr langsam und dann rascher erfolgt: theoretisch werden die Verdichtungen und Verdünnungen halb so stark wie in der Mitte an einer Stelle, die um $\frac{1}{3}$ der halben Rohrlänge vom Ende entfernt ist. Ein empfindliches Papierblättchen zeigt, daß die Dichtigkeitsänderungen am Ende der Röhre noch nicht ganz verschwunden sind, weil bei der verhältnismäßig großen Röhrenweite die schwingende Luftsäule noch merklich über das offene Ende der Röhre hinausreicht.

Wie ersichtlich, ist die Versuchsanordnung auch geeignet, die Abnahme der Dichtigkeitsänderungen bei der einseitig geschlossenen Luftsäule vom geschlossenen Ende an zu zeigen. Hierfür verschließt man das untere Ende der Röhre *A* durch einen Korkstopfen, durch den die Röhre *B* hindurchgeführt wird, und der zugleich als Halter für die Röhre *B* dient. Den Ton erzeugt man hier ebenfalls mit dem Anblaserohr.

Bemerkenswert ist, daß es mir nicht gelungen ist, nach dieser Methode die Lage der Schwingungsknoten auch bei Obertönen festzustellen. Vielleicht vermag hierbei das wasserbeschwerte Pergamentpapierblättchen den schnelleren Schwingungen nicht rasch genug zu folgen. Außerdem aber erreichen die Dichtigkeitsänderungen an den

Knotenpunkten der Obertöne, wie aus den folgenden Versuchen sich ergibt, einen bei weitem geringeren Betrag als bei dem Grundton.

3. Einfacher, bequemer und auffälliger als nach der beschriebenen Methode gestaltet sich der Nachweis der Dichtigkeitsänderungen bei tönenden Luftsäulen unter Anwendung eines nur durch die Verdichtungen oder die Verdünnungen der Luft beeinflussten Ventils, wie es von Szymanski und Grimsehl (s. d. Zeitschr. I, S. 148 und II, S. 58) angegeben und ausgebildet worden ist.

Szymanski verwendete für diese Ventile dünne Papier-, Grimsehl dünne Kautschukblättchen. Für uns ist ersteres Material wegen seiner Empfindlichkeit für Luftfeuchtigkeit nicht brauchbar, letzteres ist wenig dauerhaft. Bei der nachfolgend angegebenen, leicht herstellbaren Einrichtung dieser Ventile hat sich Stanniol als recht geeignet erwiesen. Ich verwendete die gewöhnliche Sorte des Handels, von der 72 Blatt oder 12 qm auf 1 kg gehen; weniger geeignet ist das sehr dünne Stanniol, das zum Verpacken von Schokolade dient.

Die Ventile werden in ein 23 cm langes, außen 10 mm weites Messingrohr *R* eingesetzt, dessen oberes und unteres Ende in Fig. 3 in natürlicher Größe dargestellt ist. Das in der Figur ebenfalls gezeichnete, durch Luftverdünnungen seiner Umgebung beeinflusste Ventil *V* wird aus einem Stückchen Messingrohr von 8 mm Weite hergestellt, das in das Rohr *R* paßt. Damit es bequem eingesetzt werden kann, wird das Rohr *R* an seinem oberen Rand mit Hilfe einer dreikantigen Feile, die man drehend einführt, eine Spur ausgebohrt.

Das Ventil *V* erhält eine 2 mm weite seitliche Bohrung, die sich mit einem Drillbohrer herstellen läßt, und die in der Figur durch den kleinen Kreis angedeutet ist. Der Rand dieser Bohrung muß sorgfältig geglättet und das ganze Rohr mit feinstem Smirgelleinen abgerieben werden. Das obere Ende des Rohres *V* ist durch einen kleinen Korkstöpsel, den man oben glatt abschneidet, geschlossen. Das in der Figur ebenfalls sichtbare, die Bohrung überdeckende Stanniolblättchen ist an seinen beiden Enden mit Schellacklösung angeklebt. Man darf nur eine Spur der Lösung aufbringen und läßt sie fast eintrocknen, ehe man das Blättchen, das man etwas zu lang geschnitten hat, über die Öffnung legt. Man drückt erst das eine Ende des mit einer Pinzette gefaßten Blättchens an die mit Klebstoff versehene Stelle und preßt dann, das Blättchen gespannt haltend, auch das untere Ende an. Die überstehenden Ränder werden nach dem Trocknen abgeschnitten und das ganze Blättchen durch Streichen mit einer Fingerspitze an das Rohr fest angedrückt. Nur muß man sich hierbei hüten, einen Druck an der Stelle der Öffnung auszuüben; das Blättchen darf dort keine Einbiegung erhalten. Um stets ein Urteil über die Höhe der vom Blättchen überdeckten Öffnung zu haben, bringt man vor dem Aufkleben seitlich von der Öffnung auf dem Messingrohr eine Marke an.

Die Stanniolstreifen schneidet man mit der Schere oder besser auf einer Glasplatte mittels eines abgerundeten Messers (Radiermessers) nach dem Lineal. Sie werden auf der Glasplatte durch Überstreichen mit einer Fingerspitze geglättet.

Ähnlich wie das beschriebene Ventil *V* werden auch Ventile für Luftverdichtungen hergestellt; nur kommen die Stanniolblättchen auf die Innenseite des Rohres. Da die Blättchen dann beim Einsetzen in das Rohr *R* nicht hinderlich sind, nimmt man das Messingrohr hierzu nur von solcher Länge, wie sie der in Figur 3 herausragende Teil von *V* besitzt. Hier muß die Innenseite des Rohres nach Bohren der Öffnung gut geglättet werden, was man mit einer Rundfeile, die man im Innern schiebend bewegt, und nachher mit einem Stäbchen, auf das man feinstes Smirgelleinen geleimt hat, bewirkt. Das auch hier zu lang geschnittene Stanniolblättchen

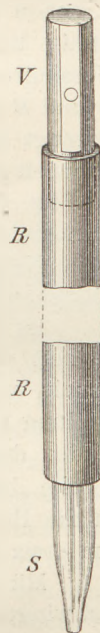


Fig. 3.

wird ähnlich, wie vorher angegeben, an den inneren Rändern des Rohres angeklebt und durch ein glattes Stäbchen (dünnen Bleistift) fest an die Rohrwandung angedrückt. Schließlich verschließt man die obere Öffnung durch ein mit einem Korkbohrer aus dickem Karton ausgestanztes Blättchen, das man mit Picein oder Wachs-Kolophoniumkitt festklebt und überzieht. Es ist von Vorteil, sich mehrere Ventile beider Art herzustellen.

Mit dem angegebenen Kitt befestigt man im unteren Ende des Rohres *R* ein in eine Spitze ausgezogenes Glasrohr *S*, das zur Verbindung des Rohres *R* mit einem Manometer dient. Als solches ist das Loosersche Thermoskop sehr zu empfehlen. In dessen Ermangelung kann ein längeres gerades Glasrohr als Manometer dienen, das man an Stelle von *S* in das Rohr einkittet, und das man in ein Gefäß mit gefärbtem Wasser eintauchen läßt. Dem Gefäß gibt man ein liniertes Blatt als Hintergrund. Der Experimentierende kann dann freilich selbst die Angaben des Manometers nur in einem geneigten Spiegel verfolgen.

Sollen nun die Luftverdünnungen oder -verdichtungen einer den Grundton gebenden beiderseits freien Luftsäule nachgewiesen werden, so befestige man das bei 2. schon erwähnte Glasrohr von 2 cm innerer Weite und 18 cm Länge an einem Stativ und in dasselbe, genau in der Richtung seiner Achse hineinragend, das Messingrohr *R* mit dem Ventil, so daß beide dieselbe Lage zueinander erhalten wie *A* und *B* in Fig. 2. Die Glasspitze *R* wird nun noch mit dem Manometer verbunden. Erzeugt man alsdann durch Überblasen der oberen Öffnung mit dem bei 1. angegebenen Anblaserrohr den Grundton, so zeigt eine Veränderung des Manometerstandes die im Messingrohr *R* erzeugte Luftverdünnung bzw. Luftverdichtung an. Das Manometer muß sehr rasch einen festen Stand und sofort nach Aufhören des Tones seine Nullstellung wieder annehmen, was natürlich voraussetzt, daß die Stanniolblättchen die Öffnung nicht luftdicht verschließen.

Ist die Öffnung des Ventils *V* im Schwingungsknoten in der Mitte der Röhre *A*, so zeigt das Loosersche Thermoskop bei meinen Ventilen einen Unter- bzw. Überdruck von 10–15 cm der Spiritussäule an, je nachdem das Ventil bei seiner Herstellung mehr oder weniger gut gelungen war. Verschiebt man das Ventil nach den Enden des Rohres hin, so nimmt beim jedesmaligen Erzeugen des Tones in gleicher Stärke der Druck erst langsam, dann rascher ab. Er beträgt, wenn die Ventilöffnung in die Höhe des unteren Randes des Rohres *A* gebracht wird, noch beiläufig $\frac{1}{2}$ cm, um etwa 1 cm vor der Öffnung ganz zu verschwinden.

Mit der Vorrichtung läßt sich auch die Lage der Knotenpunkte und der Schwingungsbäuche beim 1. Oberton der Luftsäule nachweisen. Dieser Ton wird am besten erhalten, wenn man mit dem Anblaserrohr etwa die Hälfte der oberen Öffnung bedeckt und den Luftstrom auf den frei bleibenden Rohrrand richtet. (Zur Erzeugung des Grundtons habe der Rand des Anblaserrohrs vom Mittelpunkt der Öffnung die Entfernung des halben Radius.)

Beim ersten Oberton bleibt, wenn die Ventilöffnung genau in der Mitte des Rohres steht, der Manometerstand unverändert, vorausgesetzt, daß der Luftstrom gleich in der richtigen Stärke einsetzt, so daß nicht der Grundton vorher entsteht, was durch stoßweises Blasen unschwer zu erreichen ist. An den Schwingungsknoten, die $\frac{1}{4}$ der Rohrlänge von den Enden entfernt liegen, zeigen sich die größten Ausschläge des Manometers, die hier jedoch nur etwa den siebten Teil der größten Änderung des Manometerstandes beim Grundton betragen.

Bei dem einseitig geschlossenen Rohr kann man die Abnahme der Stärke der Dichtigkeitsänderungen der Luftsäule vom geschlossenen nach dem offenen Ende hin nachweisen, wenn man das untere Ende des Rohres mittels eines Korkstopfens dicht schließt, in den man das Messingrohr *R* mit Reibung verschiebbar eingesetzt hat. Hier hat der erste Oberton einen Schwingungsknoten in einer Entfernung vom

oberen Ende, die gleich $\frac{1}{3}$ der Rohrlänge ist, an der entsprechenden Stelle beim unteren Ende einen Schwingungsbauch. Bei Ermittlung der letzteren Stelle ergibt sich allerdings eine Schwierigkeit: die Verdünnungsventile geben dort einen wenige Millimeter betragenden Überdruck und erst an zwei benachbarten Stellen einen unverändert bleibenden Manometerstand an. Der Grund hierfür ist offenbar darin zu suchen, daß durch das Anblasen der einseitig geschlossenen Luftsäule eine schwache Verdichtung der ganzen Luftsäule erfolgt, die sich durch die Ventile hindurch fortpflanzt, da diese ja nicht ganz luftdicht sind.

Bei länger fortgesetzten Versuchen beschlägt sich das Glasrohr stark mit der Atemfeuchtigkeit, die ab und zu durch Auswischen mit einem Lappen, den man um ein Stäbchen festgebunden hat, zu entfernen ist. Sollte ein Ventil durch niedergeschlagene Feuchtigkeit versagen, so ist es durch ein anderes zu ersetzen.

Die durch die niedergeschlagenen Wasserdämpfe mit der Zeit eintretenden Übelstände sind natürlich nicht vorhanden, wenn man das Anblaserrohr durch ein stark genug wirkendes, regulierbares Gebläse betreiben kann. Man hat dann auch die Möglichkeit, während des andauernden Tönens das Ventilrohr durch das Glasrohr zu führen und so die Druckänderung stetig zu machen.

Die Physik der Flugmaschine.

Von

Dr. H. Jansen in Hamburg.

Der gewaltige Aufschwung, den die Flugtechnik seit dem Jahre 1908 genommen hat, macht es wünschenswert, daß im physikalischen Unterricht auf die Gesetze näher eingegangen wird, auf denen der Flug des Menschen mit Apparaten, die schwerer als die Luft sind, beruht. Der Flug mit Kugel- und Lenkballons wird am besten an die Aerostatik angeschlossen. Die Gesetze des Kugelballons sind bereits seit andert-halb Jahrhunderten bekannt, und schon lange bevor der erste Lenkballon Erfolge erzielte, wußte man, daß nur noch der leistungsfähige Motor zur Verwirklichung der willkürlichen Durchquerung des Luftmeeres fehlte. Die Gesetze des Vogelfluges, den jeder täglich beobachten konnte, blieben dagegen bis in die jüngste Zeit hinein der Wissenschaft ein Rätsel. Und selbst als die ersten Flugmaschinen es den Vögeln gleichzutun suchten, kannte man von den Gründen, die diesen Apparaten den Flug ermöglichten, noch sehr wenig. Heute kennt man von diesen Gründen schon ein gut Teil. Man braucht daher der Frage des heranreifenden Geistes der Schüler: „Wie macht der Mensch es, daß er fliegt, wo wir doch in der Aerostatik lernten, daß er sinken muß, wenn er schwerer ist als die Luft?“ nicht mehr auszuweichen.

Die Antwort lautet: Wir kommen mit den aus der Aerostatik bekannten Kräften nicht mehr aus. Es müssen zu diesen noch neue hinzutreten. Die Luft muß eine Tragkraft besitzen. Das tut sie, wenn sie auf den Apparat einen Druck nach oben ausübt. Ein solcher Druck der Luft kommt dann zustande, wenn eine Differenz der Dichte besteht. Kann man also erreichen, daß auf der Unterseite des Apparates die Luft aus irgendeiner Veranlassung stärker zusammengedrückt wird als auf der Oberseite, dann übt die Luft den gewünschten Druck aus, trägt den Apparat, und der Flug ist ermöglicht.

*) Der Aufsatz ist im Anschlusse an einen Vortrag verfaßt, den der Verf. auf der Posener Jahresversammlung des Vereins z. Förd. d. math. u. naturw. Unterr. gehalten hat. Ein in den Unterrichtsblättern für Math. u. Naturw. (1910, Nr. 5) veröffentlichter Aufsatz behandelt vorwiegend die Stabilitätsfrage, während im vorliegenden Aufsatz mehr Gewicht auf die Luftwiderstandsgesetze gelegt ist.

In der einfachsten Weise wird die Luft auf der Unterseite eines Drachens komprimiert. Der Wind, das ist die bewegte Luft, der an der schrägen Drachenfläche vorbeizuströmen sucht, wird von ihr aufgehalten. Die Luftteilchen auf der Unterseite müssen sich enger zusammendrängen, um unter der Fläche vorbeizukommen (Fig. 1). Über der Fläche steht ihnen dagegen ein weit größerer Raum zur Verfügung. Die Folge ist eine Kompression auf der Unterseite und eine Expansion auf der Oberseite des Drachens. Die Luft drückt also auf der Unterseite gegen den Drachen. Hinter der Fläche treten Wirbel auf, welche die Dichteverteilung der Luft wieder ausgleichen. Der Druck W wirkt stets senkrecht gegen die Fläche. Es darf aber

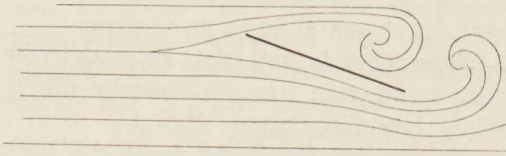


Fig. 1.

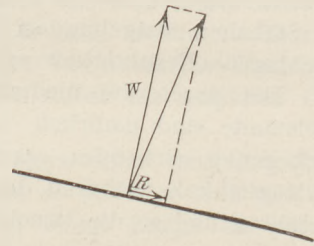


Fig. 2.

nicht vergessen werden, daß die Luft, die an der schrägen Fläche vorbeiströmt, diese infolge der Reibung mitzureißen sucht. Die schließliche Resultante der Kräfte, die durch das Vorbeiströmen der Luft an der schrägen Fläche hervorgerufen wird, steht also nicht senkrecht auf der Fläche, sondern ist etwas nach hinten übergeneigt (Fig. 2). Bei einer gewölbten Fläche kann man den Druck und die Reibung dadurch finden, daß man sie für jedes Flächenelement berechnet und die Resultierende aller dieser Kraftelemente bildet. Nun sind aber der Druck der Luft und die Reibung keineswegs für alle Stellen der Fläche die gleichen. Je größer der Richtungsunterschied zweier benachbarter Stromfäden ist, um so stärker müssen die Luftteilchen längs dieser

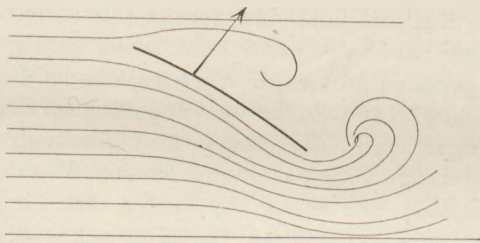


Fig. 3.

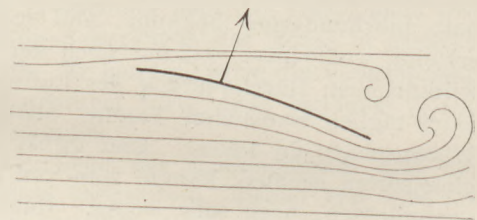


Fig. 4.

zusammengepreßt werden, und um so langsamer kommen sie auf ihnen vorwärts. Der Druck hängt demnach in erster Linie von der Geschwindigkeit der vorbeiströmenden Luft in umgekehrtem Sinne ab. Der Effekt ist der, daß bei einer ebenen Fläche, die senkrecht zur bewegten Luft steht, der Angriffspunkt des Luftwiderstandes, der sogenannte Druckpunkt, genau in der Mitte der Fläche liegt. Wird aber die Fläche gegen die Windrichtung geneigt, so rückt der Druckpunkt weiter nach vorne, gelangt jedoch nicht bis in das erste Drittel der Fläche hinein. Sind die Flächen nach unten konkav gewölbt, so wandert der Druckpunkt, der bei senkrechter Stellung in der Mitte liegt, bei der Neigung zunächst auch nach vorne, um dann wieder rückwärts zu wandern (Fig. 3 und 4)¹⁾. Soviel ist über Richtung und Angriffspunkt

¹⁾ „Some aeronautical experiments by W. Wright, Dayton, O.“ (Abdruck aus dem Journal of the Western Society of Engineers, Dez. 1901), vgl. auch Ill. Aéron. Mitt. 1902, S. 94 bis 96.

des Luftwiderstandes zu sagen. Um seine Größe zu bestimmen, nimmt man an, daß der Luftwiderstand W der Dichte der Luft, der Größe der Tragfläche und dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist, wenn die Windrichtung senkrecht zur Fläche steht. Es ist also

$$W = z \frac{\gamma}{g} F v^2,$$

wo z ein Proportionalitätsfaktor, γ das spezifische Gewicht der Luft, g die Konstante der Schwerkraft, F die Größe der Tragfläche und v die Geschwindigkeit ist. Dabei muß aber bemerkt werden, daß die Potenz 2 von v nur für die Geschwindigkeiten gilt, die bei Flugmaschinen in Betracht kommen (10 bis 40 m/sec). Für andere Geschwindigkeiten gelten andere Potenzen von v , deren Exponent selbst eine Funktion von v ist. (Das Maximum dieser Funktion soll in der Nähe der Schallgeschwindigkeit liegen.) Wird die Fläche F geneigt, so daß sie mit der Horizontalen den Winkel α einschließt, so muß der vorhin gefundene Wert für W noch mit einer Funktion von α multipliziert werden. Die Versuche, diese Funktion zu finden, gehen auf NEWTON zurück, der $\sin^2 \alpha$ dafür setzte. Dieser Wert stimmte aber mit den Versuchen so wenig überein, daß ihn LÖSSL durch $\sin \alpha$ selbst ersetzte. Das ist ein Wert, der mit der Praxis, wenn auch nicht genau, so doch so weit übereinstimmt, daß sich mit ihm ohne große Fehler rechnen läßt, und der sich durch seine Einfachheit auszeichnet²⁾. Nach dem LÖSSL'schen Luftwiderstandsgesetz ist daher

$$W = z \frac{\gamma}{g} F v^2 \sin \alpha.$$

Auch von der Form der Fläche F ist W nicht unabhängig; denn an einem schmalen Rechteck, das mit seiner schmalen Kante nach vorn bewegt wird, strömt mehr Luft seitwärts über die Ränder ab, als wenn es mit der breiten Kante nach vorn bewegt wird. W ist deshalb im ersten Fall kleiner als im zweiten.

Die Reibung nimmt zu, je flacher die Fläche geneigt wird (LILIENTHAL). Über ihren Angriffspunkt ist nichts bestimmtes bekannt. Ihre Größe wurde experimentell zuerst von LILIENTHAL ermittelt³⁾.

Es wirken auf den Drachen der Druck der Luft und die Reibung. Die Resultierende beider will ich der Kürze halber mit W bezeichnen. Ferner die Schwerkraft, deren Größe gleich dem Gewicht des Drachens G ist, und deren Angriffspunkt im Schwerpunkt liegt. Soll der Drachen im Winde stehen, so muß man in der entgegengesetzten Richtung der Resultierenden von W und G mit einer Kraft S , die

²⁾ Vgl. die Zusammenstellung der Funktionen in W. Deimler, Dissertation, „Stabilitätsuntersuchungen über symmetrische Gleitflieger“, München, R. Oldenbourg, S. 18:

$W'_\alpha = W'_{90} \sin \alpha^2$	Formel von Newton (theoretisch bestimmt auf Grund unzureichender Theorie),
$W'_\alpha = W'_{90} \sin \alpha$	Formel von v. Löbl (experimentell bestimmt),
$W'_\alpha = W'_{90} \frac{2 \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$	Formel von Langley (experimentell bestimmt),
$W'_\alpha = W'_{90} \frac{(4 + \pi) \sin \alpha}{4 + \pi \sin \alpha}$	Formel von Rayleigh (theoretisch bestimmt auf Grund der Theorie der Diskontinuitätsflächen),
$W'_\alpha = W'_{90} \sin \alpha \cos \alpha,$	Formel von Kelvin (experimentell bestimmt, nur für kleine α gültig),
$W'_\alpha = W'_{90} \frac{6 \alpha}{\pi}$ für $\alpha \leq \frac{\pi}{6}$	Formel von Eiffel (experimentell bestimmt).
$W'_\alpha = W'_{90}$ für $\alpha > \frac{\pi}{6}$	

³⁾ Otto Lilienthal, „Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst.“ München und Berlin, R. Oldenbourg 1889, 2. Aufl. 1910.

gleich dieser Resultierenden ist, an einer Schnur ziehen (Fig. 5). Wenn der Drachen so gebaut ist, daß der Schwerpunkt mit dem Druckpunkt und dem Angriffspunkt der Schnur übereinstimmt, dann befindet sich der Drachen im Gleichgewicht. Andernfalls vollführt der Drachen Schwankungen, die entweder abgedämpft werden oder seinen Absturz bewirken. Man schwächte die Wirkungen der Drehmomente früher dadurch ab, daß man dem Drachen hinten einen Schwanz gab. Diese Schwänze

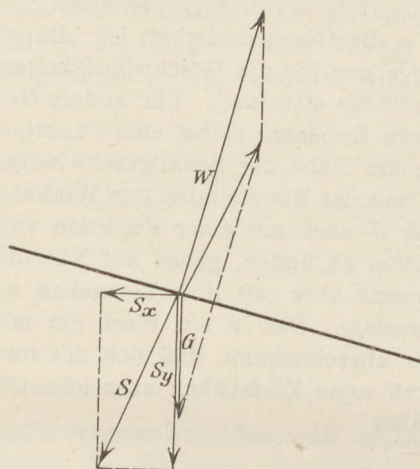


Fig. 5.

kamen mit den Telephondrähten häufig in unliebsame Berührung. Man erzielt daher heute die Stabilität durch Anwendung des von HARGRAVE in Australien zuerst benutzten Kastendrachen, der für wissenschaftliche Drachenaufstiege fast ausschließlich benutzt wird, oder durch Drachen, die auf der Unterseite stark konvex gewölbt sind, und die heute als Knabenspielzeug überall in den Handel gebracht werden.

Aus dem Drachen ließe sich in der einfachsten Weise ein Aeroplan herstellen, wenn man in ihn einen Motor einbaute, dessen Vortrieb S_x gleich der horizontalen und dessen Gewicht S_y gleich der vertikalen Komponente des Schnurzuges S ist, und dann die Schnur abschnitte. Dann würden genau die gleichen Kräfte wie beim Drachen wirken. Bei gleicher Wind-

stärke stehen Drachen und Aeroplan im Winde, bei Windstille bewegt sich der Aeroplan mit der gleichen Geschwindigkeit, mit der vorher der Wind wehte, gegen die Luft.

Der horizontale Vortrieb wird beim Aeroplan dadurch erzeugt, daß man eine oder mehrere Schrauben in Drehung versetzt. Diese Schrauben schrauben sich indessen nicht einfach durch die Luft hindurch wie der Bohrer durch das Holz oder die Schiffsschraube durch das Wasser, weil die Luft sich in bedeutend stärkerem Maße zusammendrücken läßt als das Holz oder das Wasser. Der Schraubenflügel wird in schräger Stellung gegen die Luft gedreht. Die Kraft, mit der ein Querschnittstreifen df des Schraubenflügels vorwärtsbewegt wird, sei dp (Fig. 6). Der Streifen df

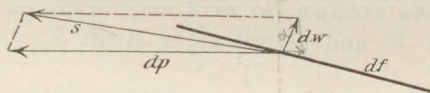


Fig. 6.

erleidet dann einen Druck dw , der verursacht, daß df nicht längs der Richtung von dp , sondern in der Richtung s der Resultierenden von dp und dw sich zu bewegen sucht. Wenn der Streifen df allein vorhanden wäre, würde er sich auch

wirklich in dieser Richtung bewegen. Andernfalls muß man dp und dw für jeden einzelnen Flächenstreifen berechnen und über alle summieren. Die einzelnen Druckelemente dw sind wieder dem Quadrat der Geschwindigkeit v längs des Weges s und dem $\sin(s, df)$ proportional. Die Komponenten der auf df wirkenden Kräfte sind, wenn α den Winkel zwischen dw und der Schraubenachse bezeichnet, $dw \cos \alpha$ in der Richtung der Schraubenachse und $dp - dw \sin \alpha$ in der dazu senkrechten Ebene. Das Integral über die letztere Kraft verursacht die Drehung der Schraube, während das Integral der ersteren die Schraube und mit ihr den ganzen Flugapparat vorwärts treibt. Ist die Schraubenachse horizontal gerichtet, so erteilt sie dem Flugapparat den gewünschten Vortrieb S_x . Bringt man zwei entgegengesetzt rotierende Schrauben so an, daß ihre Achsen vertikal stehen, so erhält man einen Schraubenflieger, der bisher im großen noch nicht geflogen ist. Die kleinen Spielzeugschraubenflieger nahmen bisher in den physikalischen Schulbüchern und im Unterricht eine isolierte Stelle ein. Sie wurden als interessantes, aber nutzloses Spielzeug beiläufig am Ende irgendeines Kapitels der Statik und Dynamik der Gase erwähnt. Jetzt muß man

den Luftschrauben ein zentrale Stellung in der Aerodynamik anweisen und auf ihre Verwendung bei Flugmaschinen, Luftschiffen und neuerdings auch bei Motorbooten und Schlitten hinweisen. —

Wenn während des Fluges der Motor versagt oder abgestellt werden muß, dann liest man häufig in den Zeitungen: Es gelang dem Piloten, im Gleitfluge zu landen. Mit dem Wort Gleitflug bezeichnet man zwei ganz verschiedene Flugarten, die nur das gemeinsam haben, daß bei beiden der Luftwiderstand und die Schwerkraft die einzigen wirksamen Kräfte sind. Sie unterscheiden sich dadurch, daß der Flugapparat entweder eine Anfangsgeschwindigkeit besitzt, oder nicht. Im ersten Fall steht die Vorderkante höher, im zweiten die Hinterkante. Bei dem Aeroplan, dessen Motor im Fluge plötzlich abgestellt wird, liegt die Vorderkante höher als die Hinterkante. Er besitzt noch eine vorwärts gerichtete Geschwindigkeit, die allmählich abnimmt. Der Auftrieb wird daher kleiner, und der Apparat beginnt zu sinken. Dadurch vergrößert sich der Einfallswinkel der gegen die Fläche anprallenden Luftteilchen. Der Auftrieb wird dadurch etwas vergrößert, so daß er immerhin noch ausreicht, um ein glattes Landen zu ermöglichen (Fig. 7). Genau dieselbe Wirkung kann man erzielen, wenn man lediglich mit einer Tragfläche, deren Vorderkante etwas höher steht als die Hinterkante, auf einem Hügel gegen den Wind läuft. Man erteilt sich dann ebenfalls eine horizontale Anfangsgeschwindigkeit gegen die Luft, die zunächst für den nötigen Auftrieb sorgt und allmählich abnimmt. Beim Sinken des Apparats vergrößert sich wieder der Einfallswinkel, so daß der entstehende Auftrieb gerade ein gefahrloses Abwärtsgleiten von der Höhe des Hügels herab ermöglicht.

Bei der zweiten Art des Gleitfluges, bei der man sich gleichfalls von der Höhe des Hügels herabgleiten läßt, liegt die vordere Kante der Tragfläche etwas tiefer als die hintere. Bei dem Fall entsteht infolge des Luftwiderstandes eine vorwärts gerichtete Komponente, die dem Apparat erst die Vorwärtsgeschwindigkeit erteilt, und ein Auftrieb, der ein Hinabstürzen des Apparats verhindert und es in ein sanftes Abwärtsgleiten verwandelt (Fig. 8). Dies Experiment kann man mit jeder (vorn beschwerten) Karte ausführen, die man fallen läßt⁴⁾.

Diese beiden Arten des Gleitfluges wenden die Vögel bei dem flügel Schlaglosen, mühelosen Segelflug an, den besonders die großen Flieger, der Storch und der Albatros, mit großer Vorliebe ausüben. Will der Vogel in der gewöhnlichen Weise mit Hilfe von Flügelschlägen fliegen, dann muß er beim Niederschlag die Vorderkante tiefer stellen als die Hinterkante. Dabei erzeugt er einen Auftrieb, der sein Fallen verhindert, und einen Vortrieb, der ihn vorwärts bringt (Fig. 9). Beim Aufschlag muß er sie so drehen, daß die Vorderkante höher steht als die Hinterkante. Dann kann

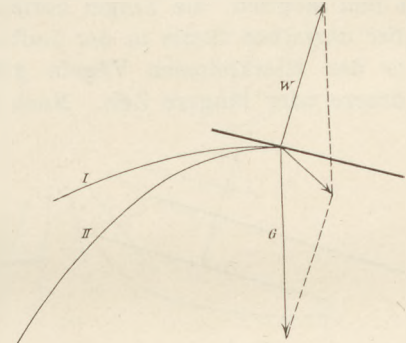


Fig. 7.
I Bahnkurve des Flugapparates bei abgestelltem Motor.
II Bahnkurve eines gleichzeitig fallengelassenen Gewichts.

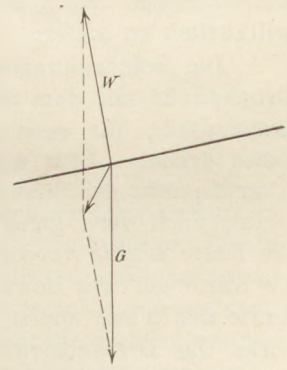


Fig. 8.

⁴⁾ Mittels der Höhensteuerung kann man bei Gefahr aus dem ersten Gleitflug in den zweiten übergehen. Man kann auch an vorne beschwerten Papiervögeln, die man mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit in die Luft wirft, ein abwechselndes Steigen und Fallen und den mehrfachen Übergang von einem Gleitflug in den andern beobachten. Die beim Fall zunehmende Geschwindigkeit reicht dann aus, um einen so großen Auftrieb zu erzeugen, daß der Papiervogel wieder steigt.

sich der Flügel in seiner Ebene (relativ zum Vogel) aufwärts bewegen, ohne einen schädlichen Vortrieb zu erleiden (Fig. 10). Infolge der beim Niederschlag erzielten Vorwärtsgeschwindigkeit erleidet der Flügel bei seiner jetzigen Stellung wieder einen Druck auf der Unterseite und hebt den Vogel. Da der Vogel ein großes schweres Tier ist, so hat er immerhin eine ziemlich große Geschwindigkeit nötig, um sich in der Luft zu halten. Er muß daher die Flügel beim Niederschlag ziemlich schräge halten, beim Aufschlag ziemlich flach. Je kleiner der Vogel ist, um so leichter ist es ihm möglich, die Flügel horizontal niederzuschlagen und vertikal zu heben, also über derselben Stelle in der Luft stehenzubleiben. Aber nur den allerkleinsten Vögeln gelingt das wirklich für kürzere oder längere Zeit. Noch kleinere und leichtere

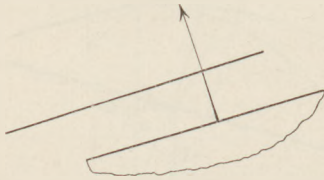


Fig. 9.

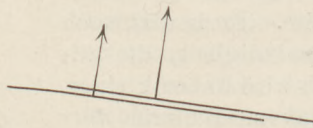


Fig. 10.

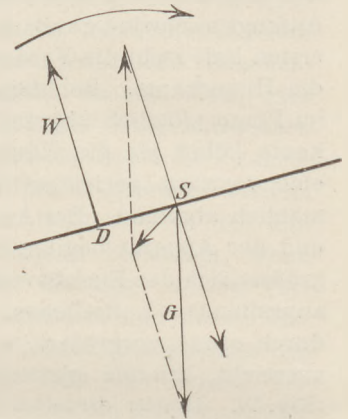


Fig. 11.

Geschöpfe, die Insekten, vermögen es ausgezeichnet, stundenlang an derselben Stelle im Sonnenschein zu tanzen. Sie üben dann den Schwirrflug aus, bei dem die Flügel beim Niederschlag horizontal, beim Hub vertikal stehen.

Vom Flugapparat wird nicht nur gefordert, daß er sich in der Luft schwebend erhält; man verlangt von ihm auch, daß er nicht umkippt, und daß er sich willkürlich lenken läßt. Der Apparat kann Drehungen um seine Querachse, seine Längsachse und seine Vertikalachse ausführen. Um unbeabsichtigte Drehungen wieder rückgängig zu machen, besitzt er für jede Achse solche Vorrichtungen, die automatisch das gestörte Gleichgewicht wieder herstellen, und solche, die es dem Führer ermöglichen, durch seine eigene Tätigkeit den Apparat im richtigen Kurs zu halten. Diese letzteren Einrichtungen setzen den Führer gleichzeitig in den Stand, den Kurs des Apparates willkürlich zu ändern.

Die Schwankungen um die Querachse kommen dadurch zustande, daß der Druckpunkt mit dem Schwerpunkt und dem Angriffspunkt des Vortriebes nicht zusammenfällt. Es entstehen dadurch Drehmomente, die den Apparat um die Querachse drehen. Läßt man eine Postkarte schräg herabfallen (Fig. 11), so liegt der Angriffspunkt der Schwerkraft G in der Mitte. Der Luftwiderstand W greift in einem weiter nach vorn gelegenen Punkt D an. Die Resultierende R von W und G zieht die Karte schräg vorwärts nach unten. Das entstehende Drehmoment $W \cdot DS$ richtet die Karte auf und bewirkt, daß sie nicht mit der Vorderkante, sondern mit der Hinterkante den Tisch zuerst berührt. Wir lassen ihr mehr Spielraum zum Fallen. Dann wirkt das Drehmoment so lange, bis die Karte senkrecht zur Bewegungsrichtung steht. Sie pendelt über diese Gleichgewichtslage hinaus. Drehmomente und Kräfte wirken nach der entgegengesetzten Richtung. Die Karte kommt daher schließlich zur Ruhe und beginnt ihre Drehung nach der entgegengesetzten Seite hin auszuführen (Fig. 12). Wird die Pendelschwingung der Karte schlecht abgedämpft (das ist der Fall, wenn die Karte mit ihrer Breitseite die Luft durchschneidet), dann steht die Karte in der Endlage steiler als in der Anfangsstellung. Sie kann die Pendelschwingung sogar so weit ausdehnen, daß sie noch über die vertikale Stellung hinüberpendelt. Dann steht sie in der Endstellung genau so wie in der Anfangsstellung, nur hat sie sich ein halbes Mal überschlagen. Die zweite Pendelschwingung erfolgt

jetzt in derselben Richtung wie die erste, und die Karte vollführt einen gleichmäßigen Drehflug, den man bisher jedoch noch nicht praktisch zu Gleitflügen verwendet hat (Fig. 13). Soll die Karte oder auch ein richtiger Gleitflieger sich nicht überschlagen, so muß man den Schwerpunkt so weit nach vorne verlegen, daß er genau mit dem Druckpunkt zusammenfällt. Wenn man den Gleitflieger vorne beschwert, so wird diese Bedingung im allgemeinen nicht genau erfüllt sein. Liegt der Schwerpunkt S

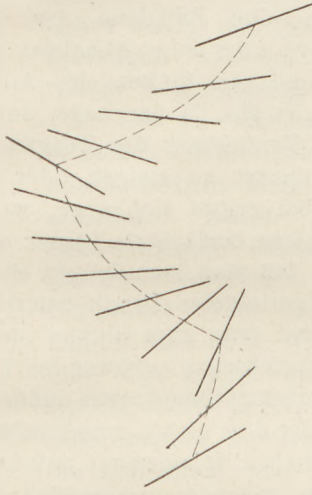


Fig. 12.

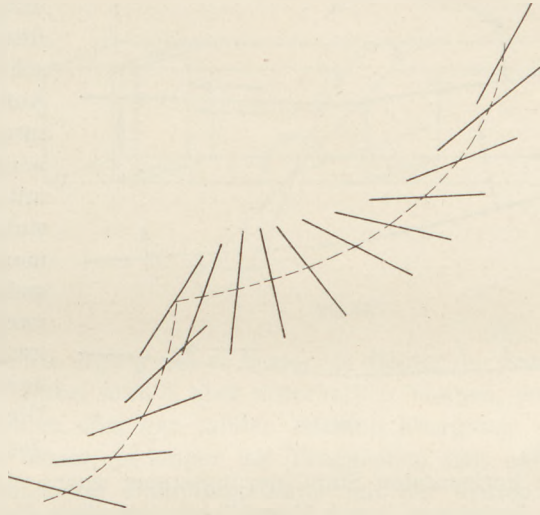


Fig. 13.

etwas hinter dem Druckpunkt D (Fig. 14), so sucht das Drehmoment $W \cdot DS$ den Gleitflieger aufzurichten. Dadurch vergrößert sich der Winkel zwischen Tragfläche und Bewegungsrichtung. Der Druckpunkt wandert infolgedessen weiter nach hinten und, wenn er nahe genug am Schwerpunkt lag, hinter diesen. Damit kehrt sich aber die Richtung des Drehmomentes um. Der Apparat wird stärker geneigt, der Druckpunkt wandert wieder noch vorne, rückt vor den Schwerpunkt, und das Spiel wiederholt sich, bis der Gleitflug vollendet ist. Der Gleitflieger schwebt also mit geringen Schwankungen um die Querachse sanft zur Erde.

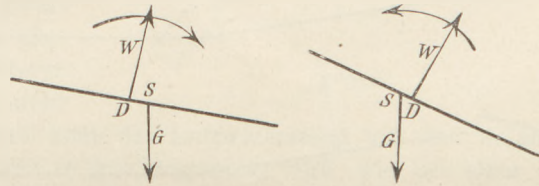


Fig. 14.

Ganz dieselben Schwankungen treten beim Aeroplan auf. Liegt also der Schwerpunkt in der Nähe des Druckpunktes, so gleichen sich kleinere Schwankungen von selbst aus. Will man auch größere Schwankungen ausgleichen, so

muß man hinter der Tragfläche eine horizontale Stabilisierungsfläche anbringen. Wenn die Vorderkante sich zu steil einstellt, so trifft die Luft die Stabilisierungsfläche unten und drückt sie nach oben, so daß ein Drehmoment hinzukommt, welches den Apparat wieder flacher einstellt. Neigt sich der Apparat zu flach, so erhält die Stabilisierungsfläche Wind von oben, wird nach unten gedrückt, und das entgegengesetzte Drehmoment richtet den Apparat wieder auf (Fig. 15). Es ist nicht vorteilhaft, das hintere Stabilisierungssteuer beweglich zu machen und durch passende Einstellung dem natürlichen Ausgleich der Schwankungen nachzuhelfen. Man ist dann nämlich in der Lage, durch Verstellung des hinteren Steuer, die Tragflächen willkürlich stärker oder schwächer zu neigen. Bei stärkerer Neigung der Tragfläche nimmt der Luftwiderstand zu und die Geschwindigkeit ab, weil der Rücktrieb größer wird. Die genauere Durchrechnung der Bewegungsgleichungen und die Praxis ergeben eine Zunahme des Auftriebes und ein Steigen des Apparates. Will man allerdings dauernd

steigen, so muß man den Verlust an Geschwindigkeit durch stärkeres Anlaufenlassen des Motors ersetzen. Man gewinnt also an Höhe oder an potentieller Energie durch Einbuße an Geschwindigkeit, d. h. kinetische Energie. Diesen Verlust ersetzt man wieder durch stärkeren Benzinverbrauch, also chemische Energie. Zu starkes Aufreißen des Höhensteuers bewirkt zu starken Geschwindigkeitsverlust, der zur Folge hat, daß der Apparat abstürzt. Schwächere Neigung der Tragfläche ergibt eine Ab-

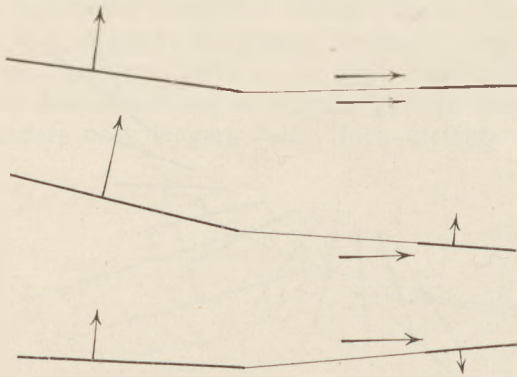


Fig. 15.

nahme des Luftwiderstandes und des Rücktriebes, eine Zunahme der Geschwindigkeit, aber eine Abnahme des Auftriebes und ein Sinken des Apparates. Man ist also in der Lage, durch willkürliche Verstellung der Tragfläche mit dem Apparat zu steigen oder zu sinken. Dabei ergibt sich aber, wenn man das hintere horizontale Steuer einstellen will, daß man zum Steigen einen nach unten gerichteten Druck benutzen muß, während man zum Sinken einen nach oben gerichteten anzuwenden hat. Diese Schwierigkeit umgeht man dadurch, daß man außer dem hinten angebrachten

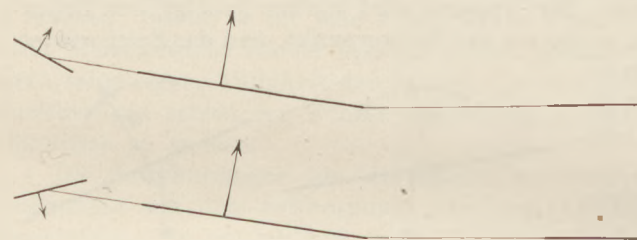


Fig. 16.

festen horizontalen Stabilisierungssteuer vorne ein bewegliches Höhensteuer anbringt. Dann kann man durch Verstellung desselben die gleichen Drehmomente erzielen wie vorhin (Fig. 16). Nun benutzt man zum Steigen auch einen stärkeren Auftrieb des Höhensteuers, zum Sinken einen geringeren oder einen nach unten gerichteten Abtrieb. Die Wirkung dieses Höhensteuers wird bei den Wright-Apparaten noch dadurch verstärkt, daß die beiden Flächen des Höhensteuers stärker oder schwächer gekrümmt werden können, wenn man steigen oder sinken will. Zur automatischen Stabilisierung kann man die vorne liegenden Höhensteuer dagegen nicht benutzen, weil sie bei zu steil aufgerichteter Tragfläche selbst steiler stehen und von unten Druck erhalten, der hier ein Drehmoment erzeugt, das den Apparat noch steiler aufrichtet, den Fehler also vergrößert. Dagegen kann der Führer durch geschickte Bedienung des Steuerers den Fehler ausgleichen, so daß die hintere Stabilisierungsfläche vollkommen überflüssig wird. Man ließ sie bei den Wright-Apparaten lange Zeit fort. Dadurch wurde aber eine sehr große Anforderung an die Geschicklichkeit des Führers gestellt, die das Fliegen in einem Wright-Apparate sehr erschwerte und bewirkte, daß dieser fortwährend in kleinen Wellen auf- und abschwankte. Man baut daher neuerdings auch in die Wright-Apparate hinten Stabilisierungsflächen ein.

Zwei Dinge rufen Unsymmetrie in der Gleichgewichtslage um die Längsachse hervor, das Reaktionsmoment der Schraube und seitliche Windstöße. Verwendet man nur eine einzige Schraube, so dreht sich diese nicht nur selbst herum, sondern sucht auch dem Apparat eine Drehung in entgegengesetzter Richtung zu erteilen. Dieses schädliche Drehmoment kann man durch drei Einrichtungen unschädlich machen. Man kann nämlich entweder die eine Seite der Tragfläche vergrößern und dadurch auf dieser Seite den Auftrieb vermehren (Fig. 17), oder man kann auf der andern

Man ist also in der Lage, durch willkürliche Verstellung der Tragfläche mit dem Apparat zu steigen oder zu sinken. Dabei ergibt sich aber, wenn man das hintere horizontale Steuer einstellen will, daß man zum Steigen einen nach unten gerichteten Druck benutzen muß, während man zum Sinken einen nach oben gerichteten anzuwenden hat. Diese Schwierigkeit umgeht man dadurch, daß man außer dem hinten angebrachten

kann man die vorne liegenden Höhensteuer dagegen nicht benutzen, weil sie bei zu steil aufgerichteter Tragfläche selbst steiler stehen und von unten Druck erhalten, der hier ein Drehmoment erzeugt, das den Apparat noch steiler aufrichtet, den Fehler also vergrößert. Dagegen kann der Führer durch

Seite ein Zusatzgewicht anbringen (Fig. 18). Diese beiden Methoden haben den Nachteil, daß sie beim Abstellen oder Versagen des Motors den Apparat in eine schiefe Lage bringen und seinen Absturz bewirken. Drittens kann man zwei entgegengesetzt rotierende Schrauben verwenden (Fig. 19). Die Kuppelung der beiden Schrauben mit der Welle des Motors ist technisch kompliziert und gibt daher leicht zu unliebsamen Störungen während des Betriebes Veranlassung.

Um die Wirkungen der seitlichen Windstöße aufzuheben, bedient man sich verschiedener Mittel. Kleinere Schwankungen werden durch das unter der Fläche liegende Luftpolster von selbst gedämpft, und zwar, wie die Theorie ergibt, um so besser, je dichter der Schwerpunkt S unter dem Drehpunkt D liegt. Dabei muß S aber unterhalb D bleiben, weil sonst das Gleichgewicht in den indifferenten oder gar labilen Zustand übergehen würde. Die Dämpfung ist zweitens um so besser, je länger die Tragflächen sich nach der Seite hin ausdehnen (und zwar wächst der Dämpfungsfaktor mit der dritten Potenz der Flügellänge). Man erreicht ferner dadurch eine gute Dämpfung der seitlichen Schwankungen, daß man zwei Tragflächen verwendet. Dadurch muß die ganze Luftmasse zwischen den beiden Tragflächen mit in Bewegung versetzt werden, und diese vergrößert den Widerstand, der sich der Drehung entgegenstellt. Der Nachteil der Zwei- und Mehrdecker gegenüber den Eindeckern besteht darin, daß sie schwerer sind, einen stärkeren Motor und mehr Betriebskraft gebrauchen, und daß auch der Luftwiderstand bei den beiden übereinanderliegenden Tragflächen nicht so gut ausgenutzt wird wie bei einer einzigen Fläche. Endlich trat man den seitlichen Schwankungen dadurch entgegen, daß man die Hälften der Tragflächen unter einem kleinen Winkel V -förmig gegeneinander

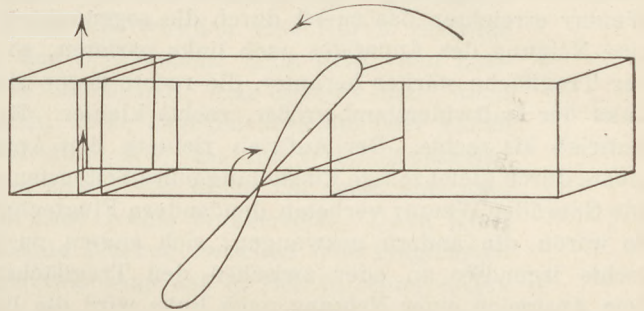


Fig. 17.

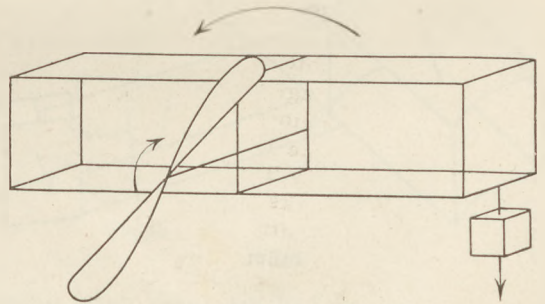


Fig. 18.

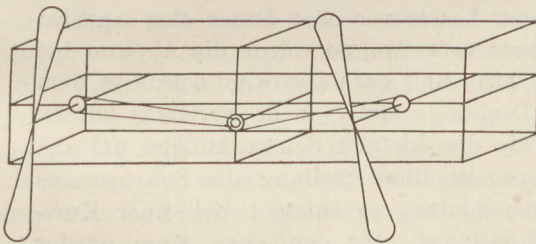


Fig. 19.

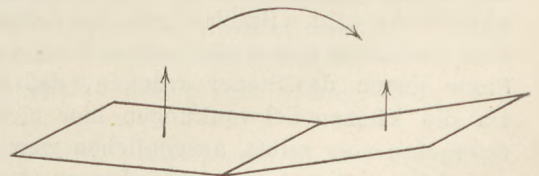


Fig. 20.

neigte. Legt sich der Apparat auf die eine Seite, so wird dort der Luftwiderstand und der Hebelarm etwas vergrößert, so daß der Apparat sich von selbst wieder aufrichtet (Fig. 20). Das gilt aber nur für solche Schwankungen, die von Windstößen von sehr geringer Dauer hervorgerufen werden. Sobald ein seitlicher Windstoß länger andauert und den Apparat auf die entgegengesetzte Seite legt, so bietet

sich ihm bei der V-förmigen Fläche erst recht Gelegenheit, unterzufassen und den Apparat umzukippen.

Man ist deshalb auch von den V-förmigen Flächen wieder abgekommen und richtet die Flächen so ein, daß es dem Führer ermöglicht wird, die seitlichen Schwankungen des Apparates durch seine eigene Tätigkeit zu parieren. Die Gebrüder WRIGHT erreichten das zuerst durch die sogenannte Flächenverwindung. Wollten sie eine Neigung des Apparates nach links parieren, so zogen sie die linke Hinterkante der Tragfläche stärker herunter, die rechte zogen sie etwas hinauf. Dadurch wurde links der Luftwiderstand größer, rechts kleiner. Es ergab sich links ein stärkerer Auftrieb als rechts. Der Auftrieb richtete den Apparat wieder auf, der Rücktrieb mußte durch gleichzeitige Einstellung eines Seitensteuers ausgeglichen werden (Fig. 21). Die Gebrüder WRIGHT verboten den andern Flugtechnikern, ihre Patente anzuwenden. So waren die andern gezwungen, sich anders zu helfen. Sie brachten links und rechts irgendwo an oder zwischen den Tragflächen kleine Zusatzflächen an. Bei dem Ausgleich einer Neigung nach links wird die linke Zusatzfläche hinab- und die rechte hinaufgezogen. Dann erzielt man links einen Auftrieb und rechts einen eben

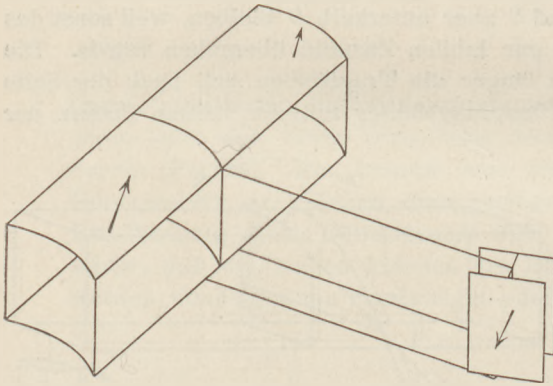


Fig. 21.

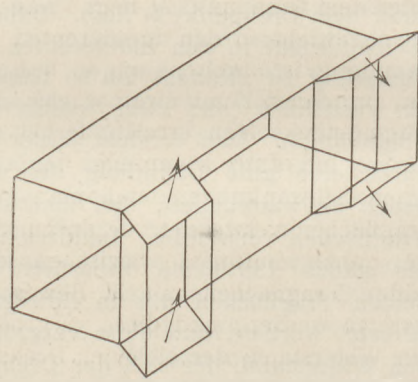


Fig. 22.

so großen Abtrieb. Der Rücktrieb ist aber auf beiden Seiten der gleiche. Das schädliche Drehmoment um die Vertikalachse, das bei den Wright-Apparaten durch die Einstellung des Seitensteuers aufgehoben werden muß, tritt nicht mehr auf (Fig. 22).

Daß man Schwankungen um die Vertikalachse dadurch ausgleicht, daß man ein vertikales Seitensteuer anbringt und einstellt, versteht sich von selbst. Zweifelhaft könnte nur noch sein, ob dies Seitensteuer besser vor oder hinter dem Apparat angebracht wird. Brächte man das Seitensteuer vorne an, so würde der Apparat bei dem geringsten Seitenwind seinen Kurs verändern, und der Seitenwind würde in dem Sinne gegen das Steuer drücken, daß die Drehung immer mehr verstärkt würde. Da die kleinen Schwankungen hier nicht wie die kleinen Schwankungen um die Querachse von selbst ausgeglichen werden, so ist diese Stellung des Seitensteuers unmöglich. Befindet sich das Steuer dagegen hinten, so entsteht bei einer Kursänderung sofort ein Druck gegen das Seitensteuer, der den alten Kurs wieder herzustellen sucht (Fig. 23). Soll der Führer also nicht fortwährend mit gespanntester Aufmerksamkeit das Seitensteuer bedienen, so muß dieses hinten angebracht werden.

Dadurch tritt bei der Kurvenfahrt eine ähnliche Schwierigkeit auf wie bei der Höhensteuerung, wenn man das Höhensteuer hinten anbrachte. Es drückt bei Einstellung des Seitensteuers nach rechts der Luftdruck das Seitensteuer nach links

(Fig. 24). Dabei erzeugt er ein Drehmoment, welches den Apparat nach rechts wendet. Dann zieht der Propeller zwar nach rechts, der Apparat sucht seine alte Geschwindigkeit geradeaus beizubehalten, der Druck gegen das Seitensteuer teilt sich gleichfalls dem ganzen Apparat mit und treibt ihn nach links. Es ist daher zweifelhaft, ob die Resultierende des Propellervortriebes und des Druckes gegen das Seitensteuer nach rechts oder links gerichtet ist, ob also wirklich eine Kurve zustande kommt. Man wird zunächst bestrebt sein, das Drehmoment recht groß, den Luftwiderstand des Seitensteuers aber recht klein zu machen. Das erreicht man, wenn man ein möglichst kleines Seitensteuer benutzt, vorne dagegen noch ein paar kleine vertikale Stabilisierungsflächen anbringt, wie diese z. B. bei den Wright-Apparaten vorne zwischen den Höhensteuern vorhanden sind. Vor allem hat man aber eine starke Kraft nötig, die den ganzen Apparat nach rechts hinüberreißt. Diese Kraft kann man entstehen lassen, wenn man vertikale Flächen zwischen den Tragflächen anbringt. Wird der Apparat nach rechts gedreht, ohne daß er sich in seiner neuen

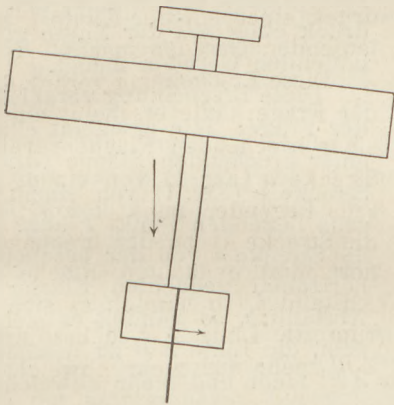


Fig. 23.

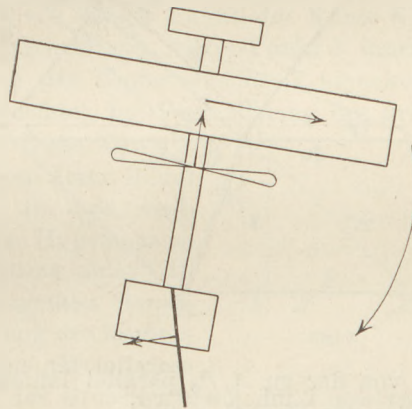


Fig. 24.

Richtung völlig geradeaus bewegt, wie das ja zunächst noch nicht der Fall ist, so erleiden die vertikalen Flächen einen Druck, der den Apparat nach rechts hinüberdrückt. Damit besitzt man jetzt auch ein kräftiges Drehmoment, das den Apparat viel stärker nach der rechten Seite dreht, als der Druck gegen das Seitensteuer es vermochte. Der Typus der Voisin-Apparate besitzt diese vertikalen Flächen. Da der Angriffspunkt des Luftwiderstandes dieser vertikalen Flächen in den meisten Fällen auch höher als der Schwerpunkt liegt, so neigt sich der Apparat auf die rechte Seite. Diese Neigung bewirkt, daß auch der Luftwiderstand der eigentlichen Tragflächen eine nach rechts gerichtete Komponente besitzt, die den Apparat nach rechts in die Kurve reißt und das Drehmoment verstärkt. Nun kann man auf die vertikalen Flächen ganz verzichten, wenn man den Apparat mittels der Schrägsteuerung künstlich auf die rechte Seite neigt.

Die theoretische Behandlung der Stabilitätsfragen und der beim Steuern in Betracht kommenden Kräfte und Drehmomente bietet bedeutende Schwierigkeiten. Die komplizierten Differentialgleichungen, die bei diesen Rechnungen auftreten, sind jedenfalls für eine Behandlung in der Schule viel zu schwierig und würden, selbst wenn man sie nur aufstellen wollte, schon viel zu viel Zeit in Anspruch nehmen, mehr als diesem kleinen Gebiet aus der Physik zur Verfügung stehen darf. Sie werden daher dem Unterricht völlig fernbleiben müssen.

Kleine Beiträge zur Theorie und Anwendung des Rechtwinkelprismas.

Von

Dr. A. Wendler in Erlangen.

1. Theoretisches.

Stellt man ein totalreflektierendes Prisma, dessen Querschnitt ein gleichschenkelig-rechtwinkliges Dreieck ist, mit der einen Kathetenfläche auf eine helle glatte Unterlage, während die andere Kathetenfläche dem Licht zugekehrt ist, so erblickt man

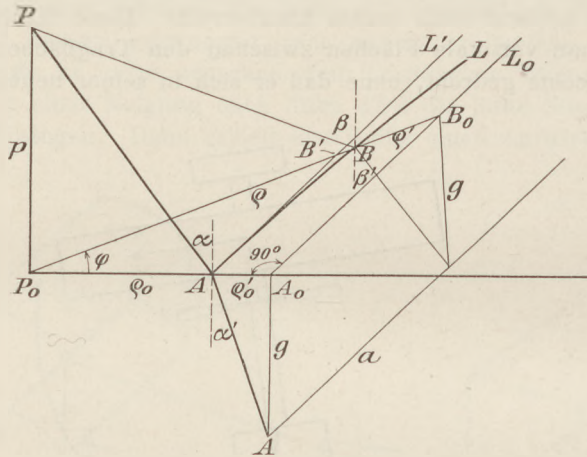


Fig. 1.

in der Hypotenusenfläche das durch Brechung entstehende Bild der Kante des rechten Winkels, welches bei den gewöhnlich kleinen Dimensionen des Prismas den Eindruck einer mit der Kante gleichlaufenden Geraden macht.

Diese Erscheinung veranlaßt zu der Frage: Wie erscheint eine zu einer brechenden Fläche parallele Strecke a (Fig. 1) von einem jenseits liegenden Punkt P aus? Hat die Strecke a von der brechenden, horizontal gedachten Fläche den Abstand g , so handelt es sich darum, die Linie AB zu bestimmen,

die von der zu $A_0 B_0$ parallel laufenden Geraden AB' mehr und mehr abweicht, je größer der Winkel φ wird.

Es sei

$$P_0 A = q_0, \quad A_0 A = q_0', \quad q_0 + q_0' = P_0 A_0 = c, \quad P_0 B = q, \quad B B_0 = q',$$

dann ist, wenn n den Brechungsindex bedeutet,

$$\cos \varphi = \frac{c}{q + q'} \quad \text{und} \quad \frac{q^2}{q^2 + p^2} = n^2 \frac{q'^2}{q'^2 + g^2}.$$

Durch Elimination von q' erhält man nun die Polargleichung für die Linie L :
(Sie möge Refraktrix heißen.)

$$\frac{q^2}{q^2 + p^2} = n^2 \cdot \frac{(c \sec \varphi - q)^2}{g^2 + (c \sec \varphi - q)^2} \quad (1)$$

Die Parallele AB' dagegen hat, wenn man noch $P_0 B' = q_1$ setzt, die Gleichung $q_1 = q_0 \sec \varphi$. Hieraus, aus $q_0 + q_0' = c$ und $\frac{q_0^2}{q_0^2 + p^2} = n^2 \frac{q_0'^2}{q_0'^2 + g^2}$ kann man q_0 und q_0' eliminieren und erhält so

$$\frac{q_1^2}{q_1^2 + (p \sec \varphi)^2} = n^2 \cdot \frac{(c \sec \varphi - q_1)^2}{(g \sec \varphi)^2 + (c \sec \varphi - q_1)^2} \quad (2)$$

als eine zur Vergleichung mit (1) geeignete Form der Polargleichung der Geraden L' . Aus (1) und (2) entnimmt man z. B., daß sich die Linien L und L' mit wachsendem p mehr und mehr der Geraden $A_0 B_0$ nähern, indem für $p = \infty$: $q = q_1 = c \cdot \sec \varphi$ resultiert, ferner, daß L genau eine Gerade wird, wenn man die Abstände p und g gleichzeitig mit dem Winkel φ so ändert, daß $p_1 = p \cos \varphi$, $g_1 = g \cos \varphi$ genommen wird. In rechtwinkligen Koordinaten erhält man für L :

$$y \cdot \sqrt{n^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{g x}{c - x}\right)^2 - (n^2 - 1) x^2 - n^2 p^2}. \quad (3)$$

Daraus folgt $y = \infty$ für $x = c$, während A die Koordinaten $x = \varrho_0$, $y = 0$ besitzt. Die Linie L verläuft also ganz in dem schmalen Streifen zwischen $x = \varrho_0$ und $x = \varrho_0 + \varrho_0'$. Um diese Resultate teilweise experimentell zu prüfen, lasse man (Fig. 2) das Prisma mit der Kante des rechten Winkels längs einer Linealkante gleiten, während das Auge in P an Ort und Stelle bleibt; dann durchläuft die Mitte A_0 die Punkte der Symmetrielinie L_0 und A die Punkte von L , und man sieht, wie letztere immer mehr an L_0 heranrücken. Es sei noch daran erinnert, daß bei der Reflexion, wo dann a und P auf der nämlichen Seite der Spiegelfläche liegen, die Kurve L von der Parallelen L' nicht verschieden ist.

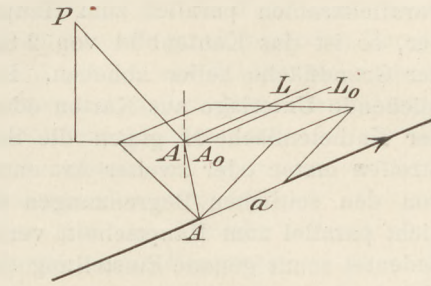


Fig. 2.

2. Das Rechtwinkelprisma als Hilfsmittel beim Zeichnen.

Betrachten wir wieder das Prisma in der eingangs beschriebenen Stellung, mit der einen Kathetenfläche I (Fig. 3) auf der Unterlage stehend, so sehen wir infolge von Brechung an der Hypotenusenfläche (III) von jedem Punkt der Kante K , wie oben besprochen, einen einzigen Bildpunkt, dagegen von jedem Punkt S innerhalb der Fläche I, indem jetzt noch Spiegelung an der Kathetenfläche II hinzukommt, 2 Bilder, die, wie man durch III hindurch beobachtet, bei Verschiebung des Prismas koinzidieren, wenn die Kante K durch S geht. Diese Kante K berührt also in einem Punkt S eine Linie L , wenn deren Bilder sich in dem Koinzidenzpunkt von S berühren. Da dies, wenn die Kathetenfläche II beleuchtet ist, durch die Hypotenusenfläche hindurch gut gesehen wird, kann das Prisma unter Umständen zur raschen Ermittlung von Kurventangenten dienen. Nach dem im 1. Absatz Gesagten ist die Abweichung des Kantenbildes bei den gebräuchlichen Dimensionen der Glasprismen und der naturgemäßen Kopfstellung etwa von der Größenordnung der Linealkantenfehler. Eine unter I liegende Gerade gibt 2 Bilder, die bei der Draufsicht in der Hypotenusenfläche im allgemeinen in einem Knick zusammenstoßen. Verschwindet dieser Knick an den beiden Teilen, während diese mit der in der Zeichnung liegenden Geraden ein einziges fortlaufendes Geradenstück bilden, dann steht die Kante auf der Geraden senkrecht.

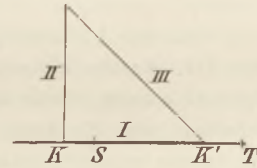


Fig. 3.

3. Das Rechtwinkelprisma bei Längenmessung.

Wird (Fig. 3) das an einem Rahmen schlittenartig befestigte Prisma auf der Unterlage in Richtung ST etwa durch eine Mikrometerschraube bewegt, so läßt sich die Entfernung ST bestimmen, indem nach Obigem die Koinzidenz der Doppelbilder von S bzw. T die Einstellung der Kante auf diese Punkte verrät. Da durch die seitliche Beleuchtung der Kathetenfläche II auch die Grundfläche I hell erscheint, kann diese Einstellung unter Benutzung einer Lupe sehr scharf erfolgen. Die Bestimmung der Sekundenbruchteile bei Meridiandurchgängen an dem vom Chronographen abgewickelten Papierstreifen ließe sich so vielleicht noch etwas zuverlässiger bewerkstelligen als mit dem üblichen, in Zehntelmillimeter geteilten Glasstreifen. Bei allen diesen Anwendungen ist natürlich vorauszusetzen, daß die sämtlichen Kanten des Prismas scharf, nicht durch schrägen Schliff abgestumpft sind.

4. Das Rechtwinkelprisma als Sonnenweiser.

Fallen Parallelstrahlen senkrecht zu der einen Kathetenfläche II ein, so treten sie bekanntlich infolge der Totalreflexion senkrecht aus der Kathetenfläche I aus, beleuchten also eine Unterlage, auf welcher I ruht, gleichmäßig (Fig. 3).

Fallen die Parallelstrahlen zwar wieder parallel zum Hauptschnitt ein, aber von oben her um einen kleinen Winkel gegen die Flächennormale geneigt, so erscheint das Kantenbild von K von 2 dunkleren Streifen umgeben. Kommen die Parallelstrahlen parallel zum Hauptschnitt unter einem kleinen Winkel von unten her, so ist das Kantenbild von 2 Streifen eingefasst, die sich von dem übrigen Teil der Grundfläche heller abheben. Diese berührt dabei eine weiße, nur bis K heranreichende Unterlage aus Karton oder Gips usw. Richtet man ein solches Prisma mit der Kathetenfläche II gegen die Sonne, so werden im allgemeinen entweder die Streifen erster oder zweiter Art entstehen, außerdem noch dunkle Randstreifen, die von den seitlichen Begrenzungen des Prismas herrühren, falls die Sonnenstrahlen nicht parallel zum Hauptschnitt verlaufen. Ein Verschwinden sämtlicher Streifungen bedeutet somit genaue Einstellung auf die Sonne, deren Stand nach Höhe und Azimut also leicht bestimmt werden kann, wenn man das Prisma in passender Weise an einem Winkelmeßinstrument anbringt.

Einfache Rotationsapparate und andere Gerätschaften aus Walzblei.

Von

Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Bei der Abfassung eines „*Physikalischen Experimentierbuches*“ für die „*Schülerbibliothek*“ von Dr. *Bastian Schmidt* (B. G. Teubner), habe ich mich bemüht, manche bekannten Versuche noch etwas einfacher zu gestalten und auch neue beizufügen, wenn sie Erscheinungen, die sonst meistens umständlicher beobachtet wurden, mit schneller und bequemer zusammenstellbaren Hilfsmitteln zu zeigen ermöglichten. Wenn dabei auch manche Rücksicht genommen wurde, dem jugendlichen Frohsinn der Leser zu entsprechen, so glaube ich doch, auch eine Anzahl von grundlegenden Versuchen und Apparaten einfachster Art mit beschrieben zu haben, die dem Anfangsunterricht in Physik von Nutzen sein könnten.

Auch die Verwendbarkeit einiger bisher wenig für Versuchszurüstungen gebrauchter Materialien ist in augenfälligen Beispielen mit dargelegt worden, wobei freilich außer Zweifel ist, daß dieselben teilweise schon früher zu ähnlichen Zwecken benutzt worden sind. Walzblei oder Bleiblech von 1–2 mm Dicke ist beispielsweise weit ausgedehnter zur bequemen und z. T. verbesserten Vorrichtung einfacher Gerätschaften verwendbar, als man bisher anzunehmen scheint. W. Holtz benutzte aufgewickelte Streifen davon auch statt der Bleikugeln an Apparaten für Änderung der Rotationsgeschwindigkeit¹⁾. Man kann nun die damit erzielbaren schönen Versuche noch wesentlich bequemer ausführen, wenn man für die Herstellung dieser Rotationsapparate eine noch ausgedehntere Anwendung von Bleiblech vornimmt.

Eine Vorrichtung, welche die Wirkung von Änderungen des achsialen Abstandes rotierender Massen auf die Drehungsgeschwindigkeit erkennen läßt, kann man aus zwei Rechtecken aus Bleiblech von etwa 15 cm Länge und der halben Breite sehr bequem und wirksam wie folgt herstellen. Nahe der einen schmalen Seite der Platten erhalten sie mit dem gewöhnlichen Bohrer je 3 Löcher, das eine in der Mitte, die anderen an den Ecken. Nach Aufeinanderlegen der Bleche markiert man auf dem unteren genau die Punkte, wo das obere bereits durchbohrt war. Durch die gleich gelegenen Löcher der Platten zieht man je einen, zunächst noch weit offenen Ring aus genügend dickem Messingdraht von etwa Pfenniggröße

¹⁾ S. das Referat in d. Zeitschr. 18, 161.

und biegt die Ringe zum Schließen zusammen. Die Bleche sind mittels der Ringe wie durch ein Scharnier buchartig verbunden (Fig. 1).

Die anderen schmalen Kanten der Platten werden sodann entweder mit der Flachzange oder durch leichte Hammerschläge an der Tischkante etwa $\frac{1}{2}$ cm weit zu einem stumpfen Winkel umgebogen. Diese nach innen gehenden Vorsprünge haben den Zweck, einem bleistiftdicken Holzstabe als Widerlager zu dienen, wenn man ihn zum Offenhalten der weit auseinandergebrachten Platten zwischenschiebt. Der Holzstab muß nach unten hin leicht mittels eines von seiner Mitte herabhängenden Fadens herauszureißen sein; bei zu starker Umbiegung der Plattenkanten sitzt er zu fest. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß das Zurechtbiegen der Bleibleche, ihr Abplatten durch leichte Hammerschläge auf dem Tische, das Beschneiden von Lochkanten usw. ungemein leicht geschieht. In den beiden seitlichen Ringen knotet man die Enden eines Stückes Buchbinderzwirns fest, so daß das Plattenpaar daran bifilar aufgehängt werden kann und sich etwa 12 cm unterhalb des Hakens befindet.

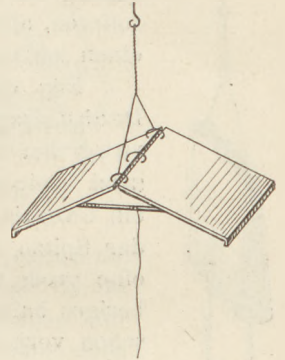


Fig. 1.

Ohne Benutzung des offenhaltenden Holzstabes zeigt das kleine Gerät die Wirkung der Schwingkraft. Man erfaßt das Plattenpaar an den oberen Ecken, gleichsam an den Schultern, und stößt diese in entgegengesetzter Richtung herum, so daß die bifilare Aufhängung sich eindrillt. Nach einigen Dutzend Umdrehungen kommt das Plattenpaar zur kurzen Ruhe und wird durch die Fadentorsion in die entgegengesetzte Bewegung versetzt. Je nach der Rotationsgeschwindigkeit klafft die Buchöffnung der Platten mehr oder weniger weit. Man sieht deutlich die langsame Zu- und Abnahme der Schwingkraft.

Für den eigentlichen Versuchszweck der Vorrichtung öffnet man den Plattenwinkel genügend weit und klemmt den Holzstab gegen die gebogenen Kanten. Er sitzt ausgezeichnet fest. Leicht bringt man durch entgegengesetztes Anstoßen der Ecken schnelle Drehung und Torsion der Aufhängung hervor. Da man wohl niemals auf beiden Seiten gleich stark anstößt, so macht das Ganze dabei ziemliche Schwankungen, die aber durch Zugreifen mit den Fingern an den gedrillten Fäden der Aufhängung schnell zum Aufhören kommen. Zieht man während der recht gleichförmigen Drehung des Plattenpaares die Holzstütze an dem von der Mitte herabhängenden Faden plötzlich fort, so begeben sich die Bleimassen mehr nach unten und kommen der Achse näher. Die Drehungsgeschwindigkeit steigt dabei sofort auffallend an. Am besten macht man den Versuch mit keineswegs schnellem Rotieren. Eine Drehung in zwei Sekunden bei offenem Plattenwinkel ist etwa die günstigste Geschwindigkeit. Nach dem Zusammenfallen der Platten, die auch dann durchaus nicht aufeinanderstoßen, dreht sich das Ganze mehrmals so schnell mit halb geöffnetem Winkel.

Die entgegengesetzte Änderung der Drehungsgeschwindigkeit, also ihre Abnahme bei Entfernung der Massen von der Achse, sieht man in sehr einfacher Weise an dem kleinen Apparate, wenn man ihn aus der Lage des ruhigen Herabhängens durch den erwähnten Ruck an beiden Längskanten (nach Art eines Kräftepaars) jetzt in schnelle Drehung zu bringen sucht. Es gelingt dies, wie erwähnt, leicht. Aber nur für die erste halbe Sekunde wirbelt das Plattenpaar noch geschlossen so schnell vor den Augen vorüber, daß man fast nicht folgen kann. Gleich darauf öffnet sich der Winkel, und sofort wird die Drehung langsamer.

Recht schnell muß man auch den Anstoß zum Drehen geben, wenn man auf die Platten von unten einen wie eine Riesenhaarnadel gestalteten Draht nicht zu fest

aufgeschoben hat, der sie zunächst am Auseinanderweichen hindert (Fig. 2). Es gehört dazu bei dem geringen Radius der anfänglichen Drehung nur sehr wenig Druck gegen die Rückseiten der Platten. Während des recht schnellen Rotierens zieht man nun die Drahtklammer an dem Faden, der von der Biegung herabhängt, plötzlich fort. Die Platten fahren auseinander, und die Drehung wird langsamer. Auch hier hebt man wildes Pendeln des Plattenpaares gleich nach dem Doppelruck durch Umfassen des tordierten Fadenteiles sofort auf. An dem unten herabhängenden



Fig. 2.

Faden, der auch bisweilen, statt ruhig hängend zu rotieren, allerlei Schlingelungen macht, kann man einen leichten Knopf oder dergleichen festbinden.

Für den Nachweis der Abnahme der Drehungsgeschwindigkeit bei Vergrößerung der rotierenden Masse biegt man aus zwei Bleiblechhalbkreisen Kegel zurecht, wobei ein chemischer Trichter mithelfen kann. An der Spitze muß ohnehin beim einen der Kegel eine große Öffnung bleiben, die man durch vorheriges halbkreisförmiges Ausschneiden der Mitte schon vorbereiten kann. Daß ein Halbkreis einen Trichter (eigentlich ohne Rohr) gerade voll bedeckt, zeigt ja auch die Herstellung des gewöhnlichen Filters aus dem vollen Papierkreis, dessen eine Hälfte den Trichter innen rundherum ausfüllt.

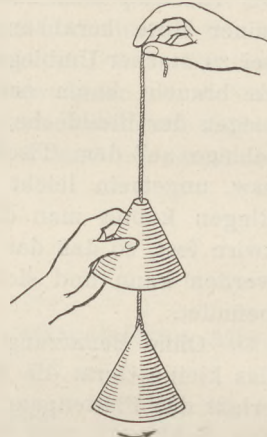


Fig. 3.

Schon vor dem Vorrichtungen des spitzwerdenden Kegels hatte man den Halbkreis nahe dem Mittelpunkte mit zwei kleinen Öffnungen versehen, durch die nach dem Zurechtbiegen der Spitze ein Drahtstück geschoben wird. Nach scharfem Umbiegen der herausragenden Drahtenden windet man diese zusammen, und an der Spitze des so entstehenden kleinen Dreieckes (s. Fig. 3) wird ein Bindfaden befestigt, wie er für Pakete gebraucht wird. An zwei gegenüberliegenden Stellen des unteren Randes unseres Bleikegels werden zwei am besten verschieden gefärbte Leinenstreifen festgesiegelt, die einige Zentimeter weit als Fähnchen herabhängen und die Drehungsgeschwindigkeit besser erkennbar machen sollen. Der andere Bleikegel ist nur, wie erwähnt, abgestumpft. Der Bindfaden, der am ersteren befestigt ist, wird durch die große Öffnung an der Spitze des zweiten hindurchgezogen.

Beide Kegel stehen beim Versuche zunächst aufeinander auf dem Tische. Man wirbelt nun den etwa 30 cm langen Bindfaden an seinem Ende mit den Fingern tüchtig herum. Nachdem die andere Hand (links in der Figur) den oben frei aufliegenden Kegel bis an das Fadenende angehoben hat, hebt man mit dem Faden auch den anderen Kegel ruhig und senkrecht vom Tische. Infolge des Eindrehens der Schnur setzt sich nunmehr dieser Kegel in Drehung. Keinen Einfluß auf diese Bewegung hat es, wenn man den in der anderen Hand gehaltenen Kegel über den sich aufdrehenden, senkrecht herabführenden Faden ziemlich weit abwärts bewegt. Plötzlich läßt man diesen zweiten Kegel herabfallen und sich über den rotierenden stülpen. Sofort wird die soeben noch beobachtete Drehungsgeschwindigkeit verkleinert.

Die Herstellung bestens stabilisierender Fußplatten für kleine selbsthergestellte Apparate aus runden oder quadratischen Bleiplattenabschnitten, die besonders auf Holz und Kork bequem mit Siegellack zu befestigen sind, wurde schon in einem früheren Aufsatz angeregt. Einen in allen Richtungen zurückwerfenden Spiegel gibt eine rechteckige Platte Spiegelglas, die mittels Siegellacks auf einer zum Winkel gebogenen Bleiplatte angebracht ist. Es ist beim Unterricht sehr zweckmäßig, sie

stets in der Nähe zu halten. Der handgroße Spiegel ist sofort so aufstellbar, daß er die Schauseite von Apparaten dem Lehrer sichtbar macht. In der Nähe des Fensters dient er als vorzüglicher Ersatz des Heliostaten. Man zeigt die gekreuzten Wege, die der große Lichtschein an der Wand beschreibt, wenn man den Spiegel einmal an seinem Standorte im Sonnenschein um eine senkrechte Achse dreht, sowie zweitens die Neigung des aufgebogenen Plattenschenkels verschieden macht, ohne dabei den Spiegel auf dem Tische zu bewegen. Bei der geringen Elastizität des Bleies braucht man kaum mehr Zeit als beim Handheliostaten, um dem Sonnenstrahl die Richtung etwa auf einen am anderen Tische stehenden Spektroskopenspalt oder einen wassergefüllten Glastrog zu geben. Andererseits ist nicht unerwünscht, daß die Schüler bei solchem Einstellen erkennen, daß auch Blei ein wenig elastisch ist, indem der Lichtschein nach Aufhören eines Druckes auf das Blei um vielleicht 1 dm zurückspringt. Für manche optischen Versuche ist es zweckmäßig, mehrere solcher sehr billigen Heliostatenspiegel (etwa von Größe der halben Handfläche) vorgerichtet zu haben. Nach Aufkleben farbiger Gelatine reflektieren sie buntes Licht, das man, wie bei bekannten Versuchen, auf weißen Auffangflächen zur Deckung und Mischung bringen kann. Läßt man das vom einen farbigen gemachten Spiegel reflektierte Sonnenlicht auf einen andern fallen, so hat der erneut zurückgeworfene Strahl die Färbung des von den beiden Gelatineplatten nicht absorbierten Lichtes. Gelb und Blau geben so Grün, während die Spiegel, nach demselben Papier hin ihr Licht addierend, einen weißlichen Farbenton liefern. Eine mit Blei stabil gemachte Spiegelplatte ist auch im Glastrog mit Wasser verwendbar. Von oben her kann man für einfache Versuche über Brechung mit einem oder zwei eingesenkten Stäben leicht die Neigung des Spiegels ändern.

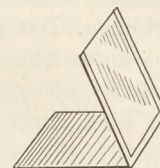


Fig. 4.

Ein am einen Ende festgeklemmter Bleiplattenabschnitt läßt die verschiedene Wucht von Gegenständen vergleichen, die in der Nähe des freien Endes nach einem Falle aus ungleicher Höhe sowie bei ungleichen Massen auftreten. Ein gerader Bleidraht zeigt auch nach zunächst langsamer, dann schnellerer Bewegung die Trägheit seiner Masse durch die Verbiegungen, die sowohl bei plötzlichem Anhalten als auch bei ruckartigem Beginnen der Bewegung in den Bewegungsrichtungen entstehen. Man hält den Bleidraht am einen Ende oder in seiner Mitte in der Hand.

Zwei Versuche zur Sulfuration der Metalle.

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

1. Eisenpulver in Schwefeldampf. Bei einer genaueren Diskussion des allbekannten Vorlesungsversuches, ein Gemisch von Eisenpulver und Schwefelblumen zur Vereinigung zu bringen¹⁾, zeigt sich, daß die exothermische Wirkung so stark ist, daß es sich keineswegs um die Vereinigung des festen Eisens mit dem festen Schwefel handelt, sondern daß dieser in der Zone der Vereinigung nicht nur vorher schmilzt, sondern sogar in die gasige Formart übergeht. Es ist daher eine zweckmäßige Ergänzung, die Vereinigung beider Elemente auch direkt in einer Atmosphäre von Schwefeldampf vorzunehmen. Es tritt dadurch die Sulfuration des Metalles zu seiner

¹⁾ Über die Vereinigung mit Hilfe einer glühenden Stricknadel (und ausgeglühter Asbestpappe) vgl. diese Zeitschr. VIII, S. 366.

Oxydation innerhalb einer Sauerstoffatmosphäre²⁾ in eine didaktisch erwünschte Parallele.

Man spannt ein größeres (2,5 bis 3 cm weites) Probierglas (Fig. 1) mit seinem obersten Teile in eine Stativklemme (*St*) und schiebt von unten her ein engmaschiges Drahtnetz (*D*) darüber, nachdem man in letzteres eine Öffnung geschnitten hat, die im Durchmesser ein paar Millimeter kleiner ist, als der äußere Durchmesser des Probierglases. In das Glas läßt man 15–20 g Stangenschwefel gleiten und beginnt mit dem Erhitzen. Das Drahtnetz dient einerseits zur Minderung der Entflammungsmöglichkeit des entweichenden Schwefeldampfes, andererseits zum Schutz der Stativklemme. Ähnlichem Zwecke dient auch die Asbestplatte *A*, die man im

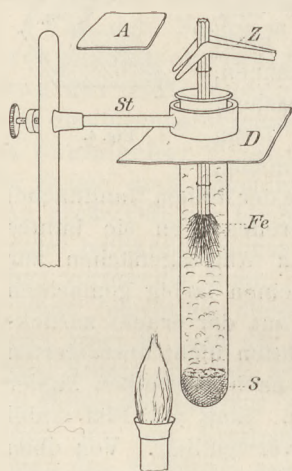


Fig. 1.

Falle stattfindender Entzündung — ev. auch schon während des Erhitzens selbst — auf die Mündung des Probierglases legt, von der man sie nachher mit der Zange abhebt.

Andererseits hält man ein Bündel von sechs einzeln (durch Streichen) magnetisierten und mit den gleichnamigen Polen aneinandergelegten starken Stricknadeln (die durch dünnen Draht an zwei Stellen zusammengehalten werden) bereit, faßt es an einem Ende mit der Zange *Z*, so daß das Bündel senkrecht herabhängt, und taucht das andere in Eisenpulver. Sobald nun beim Erhitzen des Probierglases die Dämpfe gleichmäßig bis *D* emporgestiegen sind, entfernt man die Wärmequelle und taucht gleichzeitig die Eisenmasse in das Probierglas. Das Eisenpulver entzündet sich von selbst und verbindet sich unter glänzendem Erglühen mit dem dampfförmigen Schwefel (zuweilen fallen winzige Mengen glühender Masse herab in den geschmolzenen

Schwefel, was aber das Gelingen des Versuches nicht beeinträchtigt). Nach einer Reihe von Sekunden — zwecks Abkühlung — zieht man das Produkt heraus, das nach Farbe und Härte viel konstantere Eigenschaften zeigt, als die sonst bei den üblichen Versuchen erhaltenen Produkte. Es gleicht auffallend dem Schwefelkies (FeS_2) — nach Glanz und Farbe der kleinen kristallähnlichen Flächen —, trotzdem es sich bei quantitativer Untersuchung als eine Verbindung von der Formel FeS erweist.

Der Versuch zeigt die Vereinigung beider Elemente, den thermischen Effekt usw., wohl in denkbar größter Einfachheit und Klarheit — zumal auch der störende Faktor Luft eliminiert ist — und liefert ferner ein sehr gut demonstrierbares Endprodukt. Er zeigt aber außerdem, daß erstens Eisen in Schwefeldampf selbstentzündlich ist, und daß zweitens die Entzündungstemperatur unterhalb 448° liegt; über beides habe ich eine Notiz in der Literatur nicht aufgefunden.

Statt der magnetisierten Stricknadeln kann man natürlich auch einen elektromagnetisch erregten Eisenstab verwenden.

2. Kupferblech in Schwefeldampf, quantitativer Demonstrations-Versuch. Daß Kupfer in dünner Form, als Schnitzel, Blech oder Draht, in Schwefeldampf von selbst erglüht, ist seit längerer Zeit bekannt und wird verschiedentlich zu Vorlesungsversuchen benutzt. Verfasser verwendet zur Vereinigung von Kupfer und Schwefel seit 1889 (Leitfaden der Chemie und Mineralogie, 1. Aufl., S. 22; 5. Aufl., 1910, S. 19, 20) ausschließlich Kupferblech von einer bestimmten Dünne, das nur in den Dampf des Schwefels eingeführt wird. In der letzten Bearbeitung von HEUMANN'S „Anleitung“ wird gleichfalls „dünnes Kupferblech“ (ohne Dickenangabe) empfohlen. Es ist indessen

²⁾ Über die Verbrennung von Eisenpulver in Sauerstoff vgl. diese Zeitschr. X, S. 169 und XI, S. 226.

nicht zweckmäßig, dieses Material „rasch bis in den flüssigen Schwefel“ einzuschieben (Anleitung, 3. Aufl., 1904, S. 383). Es ist aus dieser Angabe zu vermuten, daß zu dem Versuch ein etwas zu dickes Kupferblech verwendet wurde, das sich erst in der heißesten Schicht des Dampfes, nahe dem flüssigen Schwefel, entzündet. Das Einführen in diesen flüssigen Schwefel ist insofern nicht empfehlenswert, als das Anhaften von flüssigen Schwefelmassen an dem sulfurierten Kupfer meist dazu führt, daß der ungemein spröde gewordene Streifen zerbricht und sich nicht als Ganzes wieder herausziehen läßt. Beiläufig sei bemerkt, daß das Produkt nicht „schwarzblaues Kupfersulfid“, sondern schwarzblaues Kupfersulfür ist. — Und wenn es in ARENDTS „Technik“ (3. Aufl., 1900, S. 401) heißt, man solle „das in Streifengesechnittene dünne Kupferblech“ ein wenig erwärmen (übrigens eine unnötige Operation) und hineintauchen, „worauf es in Berührung mit dem Dampfe alsbald abschmilzt“, — so ist hier zweifellos ein zu dünnes Kupferblech verwendet. Das Produkt wird dadurch nur sehr umständlich demonstrierbar; man muß, um es zu zeigen, den „Kolben zerschlagen“, und das „Produkt im Mörser pulvern“.

Man ersieht schon hieraus — und zahlreiche Versuche des Verfassers haben dasselbe ergeben —, daß bei dem Versuch der Sulfuration von Kupfer sehr viel auf das dabei verwendete Material ankommt. Nach verschiedentlichem Probieren ist Verfasser bei einem Kupferblech von 0,05 mm Dicke stehen geblieben. Das vom Verfasser verwendete, zu sicheren Resultaten führende Material wird von den „Sächsischen Kupfer- und Messingwerken, Kupferhammer-Grünthal, Erzgebirge“ hergestellt³⁾.

Man schneide von diesem 0,05 mm dicken Kupferblech einen Streifen von 8 cm Länge und 6 cm Breite ab. Das Gewicht eines solchen Streifens beträgt wenig mehr als 2 g. Durch Abschneiden kleinerer Randstreifen mittels der Schere kann man es leicht einrichten, daß das Gewicht gerade 2 g beträgt. Man richte sich gleich zwei oder drei solcher Streifen zu einem Versuche vor. Man falte einen dieser Streifen einmal längs, doch nicht bis zur Berührung der Innenflächen, dann jede Hälfte noch einmal nach außen, so daß die ganze Querschnittsfigur ein \mathcal{M} darstellt, fasse das Ganze möglichst knapp am Rande (nahe der mittleren Falte) mit der Zange und führe es unter denselben Versuchsbedingungen wie beim ersten Versuch ziemlich schnell in den Schwefeldampf ein. In demselben Maße, wie das am unteren Ende beginnende lebhafte Erglühen fortschreitet, schiebt man den weiteren Streifen nach, bis auch der obere Rand mitergriffen wird (Fig. 2), und wartet das allmähliche Erkalten ab. Man kann mit einiger Vorsicht leicht den Streifen als Ganzes, wenn auch wegen Schrumpfung etwas durchlöchert, herausziehen. Man bringt ihn, indem man ein Blatt Kartonpapier darunterhält, zur Wage: Die Gewichtszunahme beträgt regelmäßig etwas mehr als 0,5 g, also etwa $\frac{1}{4}$ der angewandten Masse; das entstandene Produkt ist demnach nicht CuS (Atomgewicht von $Cu = 63,57$), sondern Cu_2S . Das sulfurierte Kupfer zeigt sehr charakteristische Eigenschaften: es bricht wie dünnes Glas, und in der dunkelbläulichen Farbe ist es überraschend ähnlich dem natürlichen Kupferglanz, der gleichfalls Cuprosulfid ist.

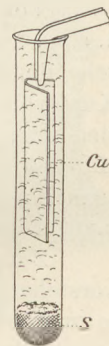


Fig. 2.

Will man vermeiden, daß das unmittelbar von der Zange gefaßte Kupferteilchen unsulfuriert bleibt, so kann man auch den Streifen folgendermaßen perforieren und einhängen: In den beiden mittleren Teilen des gefalteten Streifens macht man, etwa $\frac{1}{2}$ cm vom oberen Rande entfernt, ein Loch mittels der Scherenspitze; andererseits

³⁾ Die Werke geben das Material nur im großen ab. Zu Versuchen ist das Material (in einzelnen, billigen Platten) durch die „Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin NW 6, Luisenstraße 58“ und für Groß-Berlin auch durch die „Niederlage von F. A. Lange, Berlin SW 19, Seydelstraße 14“ zu beziehen.

glüht man das eine Ende einer Stricknadel und biegt es so herum, daß ein Halbkreis von etwa 0,7 cm Durchmesser entsteht, und hängt nun das durchlochte Kupfer hier hinein. Beim Einführen in den Schwefeldampf faßt man die Stricknadel mit der Zange. Man hat so gleichzeitig den Vorteil, das Kupfer beliebig tief einsenken zu können.

Es sei noch eingeschaltet, daß sich der erste Versuch ($Fe + S$) bei Anwendung bestimmter Kautelen (nur eine, kräftig magnetisierte Stricknadel, Erschüttern des Eisenbausches, damit der Rest fest anhaftet) gleichfalls quantitativ auswerten läßt, trotzdem es sich hier nur um ziemlich geringe Massen handelt.

Theoretisch sollte die Gewichtszunahme des sulfurierten Kupfers nur knapp 0,5 g betragen; das oben erwähnte Plus rührt wohl zweifellos daher, daß sich beim Abkühlen Schwefeldämpfe auf der Oberfläche des Produktes kondensieren. Die Wägungen zeigen, daß diese Mengen immerhin ziemlich gering sind. Der meiste Schwefeldampf schlägt sich nämlich offenbar an den sich zuerst abkühlenden Gefäßwänden nieder, während infolge der Energieabgabe bei der Vereinigung von dem ursprünglichen Kupferstreifen ziemlich lange andauernde Hitzewellen ausgehen, so daß in der unmittelbaren Umgebung der sulfurierten Flächen sich eine Atmosphäre verdünnten oder, genauer gesagt, weniger stark polymerisierten Schwefeldampfes ausbildet. — Wenn man andererseits das sulfurierte Kupfer zu früh herauszieht, so fängt es Feuer, und der adhärerende Schwefel verbrennt. Daß er hier verhältnismäßig lange brennt (alle Verhältnisse weisen darauf hin, daß hier an der Luft nicht etwa noch ein anderer chemischer Prozeß sich abspielt), hat wohl seinen Grund darin, daß man den Streifen der ganzen Länge nach durch die Dampfschicht stärkster Kondensation (nahe der Gefäßmündung) gezogen hat, so daß hier sich Absätze bilden konnten. Übrigens zeigt der Streifen, den man vor dem Herausnehmen langsam abkühlen ließ, und der, den man abbrennen ließ, beim Wägen keinen großen Unterschied.

Der Versuch ist also quantitativ nur im Sinne eines Demonstrationsversuches. Was ihn vielleicht geeignet macht, zu den Standardversuchen gerechnet zu werden, ist einmal die ziemlich große Konstanz in der Gewichtszunahme, dann aber die vorzügliche Demonstrierbarkeit des Produktes mit den hervorstechenden Eigenschaften. Die schöne dunkelblaue Farbe ist beiläufig nicht nur „Anlauffarbe“ (wie es bei Arendt a. a. O. heißt), sondern durchgreifende Farbe, da sie gerade auch auf den Bruchflächen sehr deutlich zu beobachten ist. Übrigens kann auch bei diesem relativ kräftigen Kupferblech noch ein Abschmelzen eintreten, wenn man es in den Dampf des stark siedenden und andauernd erhitzten Schwefels senkt. Der Kunstgriff, das schöne Material ganz intakt zu erhalten, besteht eben darin, kurz vor dem Beginn des Einsenkens die Flamme zu entfernen — wobei man indessen ziemlich schnell operieren muß, damit das Kupfer auch bis oben hin sulfuriert werde.

Zum Schluß noch einige Bemerkungen über die methodische Verwertung der vorstehenden Versuche. Liegen die Versuche über die Sulfuration der Metalle, was in methodischer Hinsicht durchaus zweckmäßig ist, vor der Luftuntersuchung, so bilden die Erscheinungen bei den beiden mitgeteilten Versuchen eine vorzügliche Vorbereitung für die bei der Verkalkung der Metalle zu gewinnende Vorstellung — die den früheren Generationen der Chemiker (einschließlich Alchemisten) so außerordentliche Denkschwierigkeiten bereitete —, daß ein luftförmiger Körper an einen festen während lebhaften Erglühens herangeht. Es ist hier besonders wertvoll, daß der Schwefeldampf, wenigstens der stärker polymerisierte, ein sichtbares Gas darstellt. — In methodischer Hinsicht wäre ferner zu bemerken, daß man nach der ersten, qualitativen Vorführung der Versuche, besonders beim zweiten, noch die Frage nach der Gewichtsveränderung anknüpfen kann. Schon hier ev. ist das Gesetz aufzustellen: „Wenn ein Element (Kupfer) eine Stoffveränderung erleidet, so kann dies (abgesehen von der Möglichkeit der Allotropie) nur dadurch geschehen, daß ein anderer Stoff

hinzutritt.“⁴⁾ Es genügt dann, einen beliebigen Kupferstreifen abzutarieren und nach der Sulfuration einfach die Gewichtszunahme feststellen zu lassen. Später, wenn die quantitativen Verhältnisse eine größere Rolle spielen, wenn es sich um die Auffindung von Atomgewichten usw. handelt, kann man dann den Versuch in der genaueren, oben mitgeteilten Form vornehmen, um nunmehr die Formel der Verbindung zu gewinnen.

Die Versuche sind in erster Linie als Verbesserungen bzw. Ergänzungen der oben erwähnten Vorlesungsversuche gedacht. Ihre weitere Verwendbarkeit im Unterricht, insbesondere auch für die Zwecke der chemischen Schülerübungen, ergibt sich wohl aus dem Vorstehenden.

Kleine Mitteilungen.

Eine Analogie zu der Spannung von Flüssigkeitshäutchen.

Von **H. J. Oosting**, den Helder.

In der populär-wissenschaftlichen Vorlesung von Prof. Dr. E. Mach über „die Gestalten der Flüssigkeit“ findet sich die nebenstehende Fig. 1 (3. Auflage, S. 13, Fig. 5) und dabei: „Wieso das Prinzip der kleinsten Oberfläche unsere beiden sonderbaren Paragraphen¹⁾ zur Folge haben kann, wollen wir uns an einem einfacheren Falle aufklären. Denken wir uns über vier feste Rollen *a, b, c, d* und durch zwei bewegliche Ringe *f, g* eine am Nagel *e* befestigte glatte Schnur gewunden, welche bei *h* mit einem Gewicht beschwert ist. Dies Gewicht hat nun kein anderes Bestreben, als zu fallen, also den Schnurteil *eh* möglichst zu verlängern, also den Rest der Schnur, der sich über die Rollen schlingt, möglichst zu verkürzen. Die Schnüre müssen mit den Rollen und vermöge der Ringe miteinander in Ver-

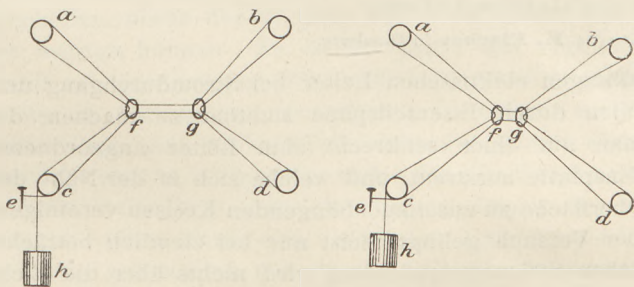


Fig. 1.

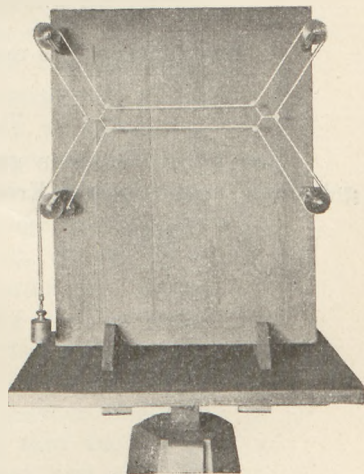


Fig. 2.

bindung bleiben. Die Verhältnisse sind also ähnliche wie bei den Flüssigkeitsfiguren. Das Ergebnis ist auch ein ähnliches. Wenn, wie in der Figur, vier Schnurpaare zusammenstoßen, so bleibt es nicht dabei. Das Verkürzungsbestreben der Schnur hat zur Folge, daß die Ringe auseinandertreten, so zwar, daß jetzt überall nur drei aneinanderstoßen, und zwar je zwei unter gleichen Winkeln (von 120°). In der Tat ist bei dieser Anordnung die größtmögliche Verkürzung der Schnur erreicht, wie sich elementar-geometrisch leicht nachweisen läßt.“

Ich habe versucht dieses Experiment auszuführen. Die Schwierigkeit ist, die Reibung klein genug zu machen. Für die Rollen *a, b, c, d* habe ich die Weinholdschen (Physikalische Demonstrationen 4. Auflage, S. 82, Fig. 69A) genommen, welche an ein vertikales Holzbrett (Fig. 2) geklemmt sind. Mit Ringen *f* und *g* geht es nicht,

⁴⁾ Vgl. diese Zeitschr. XI, S. 267: „Ein Lehrgang zur chemischen Untersuchung der Luft.“

¹⁾ Nämlich die beiden Plateauschen Gesetze für das Zusammentreffen von Flüssigkeitshäutchen.

da dabei die Reibung viel zu groß ist. Statt jedes Ringes habe ich ein System von drei kleinen Rollen *A* genommen, wovon in der Fig. 3 eine in wirklicher Größe abgebildet ist. Diese drehen sich in kleinen Bügeln, und die drei Bügel sind verbunden durch drei Fäden, welche durch eine Durchbohrung der Bügel laufen und an der Innenseite mit einem Knoten anliegen. Die drei Fäden *B* haben jeder eine Länge von 2 cm und sind in einem Punkte zusammengeknüpft. Der lange Faden, der über die vier großen festen und die sechs kleinen Rollen läuft, und dessen eines

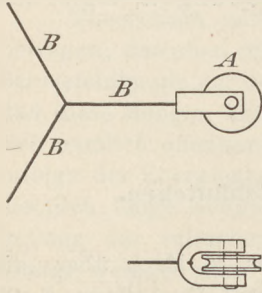


Fig. 3.

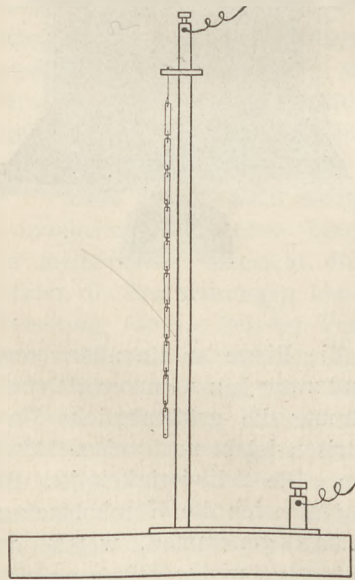
Ende das Gewicht trägt, kann nicht, wie in Machs Beschreibung, an einem Nagel *e* befestigt werden, da dann die Rolle *c* sich nicht drehen kann. Darum habe ich den Faden an einem rechts von der Rolle *c* liegenden Nagel befestigt. Dieser Nagel sitzt in einem Holzklötzchen, das auf dem Brett befestigt ist und so lang ist, daß der Befestigungspunkt in der Ebene der Rolle liegt. Ich habe einen 1,5 mm dicken weißen Faden genommen, und das Brett ist schwarz angestrichen. Der Abstand der Mittelpunkte ist bei den in derselben Höhe liegenden festen Rollen 54 cm, bei den in derselben Vertikalen liegenden 35 cm. Das Gewicht ist 500 g. Das System stellt sich sehr gut so ein, daß die Schnurpaare und auch die

Fäden *B*, welche die kleinen Rollen *A* verbinden, unter Winkeln von 120° zusammenstoßen. Bewegt man das eine System von drei kleinen Rollen nach rechts oder nach links, dann hebt sich jedesmal das Gewicht, und läßt man es los, so stellt das ganze System sich wieder gut ein.

Darstellung des magnetischen Feldes in der Umgebung eines geradlinigen Leiters.

Von Dr. Ing. K. Fischer in Hamburg.

Man pflegt die einen geradlinigen elektrischen Leiter bei Stromdurchgang umgebenden magnetischen Kraftlinien durch Eisenfeilspäne sichtbar zu machen, die



man auf einer senkrecht zum Leiter angeordneten Glasplatte ausstreut, und welche sich in der Nähe der Oberfläche zu zusammenhängenden Kreisen vereinigen. Der Versuch gelingt meist nur bei ziemlich beträchtlichen Strömen; außerdem wird nichts über die Richtung der magnetischen Kraft gesagt. In sehr einfacher Weise läßt sich der Kraftlinienverlauf um einen Leiter durch den nebenstehend abgebildeten Apparat zur Darstellung bringen, welcher eine Nachahmung der bekannten aus einem biegsamen Metallband bestehenden Stromschlange ist. Bei Stromdurchgang windet sich das Metallband um einen vertikalen Magnetstab auf, und zwar je nach der Stromrichtung weinwendig oder hopfenwendig. Bei dem vorliegenden Modell ist der Stromträger unbeweglich und besteht aus einem geradlinigen Stab aus Kupfer oder Messing, welcher senkrecht auf einer Grundplatte befestigt ist und oben und unten mit Klemmschrauben versehen ist zur Befestigung der Stromzuführungsleitungen. Der

biegsame Teil wird durch eine größere Anzahl von kleinen Magnetstäben gebildet, welche an ihren Enden durchbohrt sind und mit Fäden aneinander geknüpft sind,

so daß sie sich leicht bewegen können. Die Stromzuführungsleitungen sind durch Vermittelung einer Wippe mit einer Batterie verbunden, die einen genügend kräftigen Strom herzugeben vermag.

Schließt man den Strom, dann windet sich die bewegliche Kette von Magneten schlangenartig um den Stab herum. Kehrt man die Richtung des Stromes um, dann löst sich die Schlange und schlingt sich weit ausholend in der entgegengesetzten Richtung herum. Man kann den Versuch auch in der Weise anstellen, daß man eine Anzahl stählerne Stecknadeln magnetisiert und aneinanderhängt; es gelingt gewöhnlich, 7 Nadeln aneinanderzuhängen. Der Strom darf aber nicht zu groß werden, weil die unteren Nadeln infolge des plötzlichen Stoßes sonst abreißen. In jedem Fall ist es empfehlenswert, den Stab mit einer nicht zu dünnen Schicht aus isolierendem Material, etwa Lack, zu überziehen; dadurch vermeidet man, daß die kleinen Magnete sich zu dicht an die Leiteroberfläche anlehnen und beim Kommutieren von dem selbst sehr starken magnetischen Felde entmagnetisiert werden.

Nachweis des verschiedenen Verhaltens der elektrischen Leiter erster und zweiter Ordnung beim Durchgange von Gleichstrom.

Von Professor **Zillich** in Linz.

Es ist fast allgemein gebräuchlich, das verschiedene Verhalten der elektrischen Leiter erster und zweiter Ordnung beim Durchgang von Gleichstrom mittels des Galvanometers zu zeigen. Gegen dieses Instrument ist vom wissenschaftlichen Standpunkte gewiß nichts einzuwenden, besonders, wenn ein dauernd aufgestelltes aperiodisches Galvanometer mit weithin sichtbarer Skala von entsprechender Empfindlichkeit zur Verfügung steht. Leider ist ein so vollkommen eingerichtetes Galvanometer selten vorhanden, man muß sich mit minder zweckentsprechenden transportablen Instrumenten behelfen, deren Skalen nicht von allen Stellen des Lehrzimmers gleich gut beobachtet werden können. Da in der Regel das verschiedene Verhalten der Leiter erster und zweiter Ordnung vor dem Galvanometer besprochen wird, so ist man genötigt, das in Verwendung genommene Instrument mehr oder minder ausführlich zu beschreiben; man verliert Zeit, ohne eine spätere abermalige Besprechung des Galvanometers ersparen zu können, und, was die Hauptsache ist, die Aufmerksamkeit der Schüler wird von dem eigentlichen Zweck des Experimentes um so mehr abgelenkt, je vollkommener das verwendete Instrument ist und je eingehender es besprochen wird. Ich möchte nun darauf aufmerksam machen, daß man zu dem im Titel aufgeführten Zwecke das Galvanometer ganz entbehren und statt dessen sich einer elektrischen Klingel bedienen kann, die als ein den meisten Schülern schon bekannter Apparat in kurzer Zeit näher erklärt ist. Überdies wird das Läuten einer Klingel gewiß in allen Teilen des Lehrzimmers gut vernommen und regt die Aufmerksamkeit der Zuhörer viel mehr an und wirkt auf sie viel beweiskräftiger als die lautlose Bewegung eines Galvanometerzeigers.

Um den Nachweis über das verschiedene Verhalten der Leiter erster und zweiter Ordnung bei dem Durchgang des Gleichstroms zu führen, benötigt man:

Eine elektrische Klingel, welche, an einem kleinen Stativ vertikal befestigt, leicht und bequem aufgestellt werden kann. Dieselbe soll auf ein Volt (mittelgroßes Daniell-Element) gut ansprechen.

Zwei Chromsäure-Elemente mittlerer Größe (Grenet-Ballon-Elemente).

Einen Leiter erster Ordnung. Hierzu verwendet man eine Drahtspule von entsprechendem Widerstand oder besser noch die flache Mine eines Zimmermannsbleistiftes. Diese befreit man von der Holzumhüllung, verkupfert sie an einem Ende und klebt sie auf eine Holzleiste, an deren Ende eine Drahtklemme befestigt ist, die

mit einer Blattfeder den Kontakt mit dem verkupferten Ende der Mine herstellt. Bei dem Gebrauche wird das eine Leiterende in der Klemme befestigt, während das andere an die Mine angedrückt wird. Man kann dadurch immer die geeignete Länge des Minenstückes aufsuchen, welches dem jeweiligen Zustande der verwendeten Stromquelle am besten entspricht.

3 Pulvergläser oder Batteriegläser (0,4—0,5 l) für Zersetzungszellen.

Einen gemeinsamen Deckel aus Hartgummi oder aus mit Schellacklösung gestrichenem Holz. Zum Zwecke der Durchführung stabförmiger Elektroden werden in den Hartgummi-Deckel kurze Rohrstücke aus gleichem Material mit 12 mm Bohrung in der Entfernung von 2—3 cm, in den Holzdeckel dagegen 2 Porzellaneinführungen, wie sie bei der Verlegung von Starkstromleitungen gebraucht werden, eingesetzt.

5 Stabelektroden von 10—12 mm Stärke und 200—250 mm Länge, und zwar 2 Kohlenelektroden (Homogen-Bogenlampenkohlen). Die Stifte werden, soweit sie nicht in die Flüssigkeit tauchen, mit heißem Paraffin getränkt; die Enden sind durch Schaben gut zu reinigen und mit fest anliegenden Kupferspiralen mit gerade gebogenen Enden zur Befestigung von Klemmen zu versehen.

2 Bleistäbe mit eingelöteten Kupferdrähten.

1 Aluminiumstab oder rohrförmig gebogenes Aluminiumblech, ebenfalls mit angesetztem Drahtstück.

4 Stück biegsame Leiter, von welchen einer rot gefärbt ist, um den Anschluß des positiven Poles der Stromquelle an die Leiter auf die Ferne sichtbar zu machen.

Als Elektrolyte finden Verwendung: Verdünnte Schwefelsäure ($\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$), gesättigte Zinkvitriollösung, gesättigte Alaunlösung.

Man kann nun folgende Versuche anstellen:

A. Mit dem Leiter erster Ordnung: Man schaltet ein Element und die Glocke mit dem Leiter hintereinander und zeigt, daß das Hindernis, welches der Strom beim Durchgange durch den Leiter erster Ordnung findet, konstant, also von der Dauer des Stromdurchganges unabhängig ist.

B. Mit den Leitern zweiter Ordnung: Hierbei ist allgemein immer das gleiche Verfahren einzuhalten. Man schaltet zuerst die Stromquelle, die Klingel und die Zersetzungszelle hintereinander; im Momente des Stromschlusses wird die Klingel mehr oder minder kräftig ansprechen, doch nach verhältnismäßig kurzer Zeit (1 bis Minuten) tritt eine bedeutende Abschwächung, manchmal sogar ein Verstummen des Tones ein. Dann drückt man die Kontaktfeder der Klingel noch durch wenigstens eine Minute an den Kontaktstift und hierauf schließt man die Zersetzungszelle über die Klingel kurz. Wurde die Erhöhung des Durchgangshindernisses durch Polarisation bewirkt, so wird die Klingel wieder, wenn auch nur für kurze Zeit, ansprechen, während dies selbstverständlich bei eingetretenem Übergangswiderstand nicht der Fall sein wird.

1. Nachweis der Polarisation durch ausgeschiedene Gas-Ionen. Elektrolyt: Verdünnte Schwefelsäure, 2 Kohlenelektroden, 1 Chromsäureelement.

2. Nachweis der Polarisation durch ausgeschiedenes Metall. Elektrolyt: Gesättigte Zinkvitriollösung, 2 Kohlenelektroden, 2 Chromsäureelemente.

3. Nachweis der Polarisation durch chemische Veränderung der Elektroden-Oberfläche. Elektrolyt: Verdünnte Schwefelsäure, 2 Bleielektroden, welche aber vor dem Gebrauche mechanisch mit Glas oder Schmirgelpapier zu reinigen sind, 2 Chromsäureelemente.

Wiederholt man den Versuch 2—3 mal bei derselben Stromrichtung, so kann man an dem schon merklich längeren Läuten der Klingel während des Ladens und Entladens der Zersetzungszelle (Akkumulator) das Fortschreiten der Formierung der Bleioberfläche bemerken (Plantésche Akkumulatoren).

4. Nachweis des Übergangswiderstandes. Elektrolyt: Verdünnte Schwefelsäure. 1 Aluminium- und eine Blei- oder Kohlenelektrode. Der positive Pol ist an die Aluminiumelektrode zu legen, welche ebenfalls vor dem Gebrauch mit Glas- oder Schmirgelpapier zu reinigen ist, 2 Chromsäureelemente. Ändert man die Stromrichtung, so tritt kein größerer Übergangswiderstand, aber etwas Polarisierung auf.

Die Elektroden sind nach dem Gebrauche sorgfältig zu waschen. Kohlenelektroden, welche in Zinkvitriollösung gebraucht wurden, sind außerdem mit verdünnter Säure zu reinigen.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß bei Verwendung der Klingel als Stromanzeiger die Richtung des Stromes durch die Klingel nicht angezeigt werden kann. Da jedoch die Klingel durch allmähliches Schwächerwerden des Tones anzeigt, daß während des Stromdurchganges durch den Elektrolyt eine dem Strome entgegengerichtete Kraft auftritt, so ist wohl leicht einzusehen, daß, wenn diese Kraft eine Polarisationskraft ist, der von der Polarisierung erzeugte Strom die entgegengesetzte Richtung haben muß, als der die Polarisierung hervorrufende Strom. Übrigens könnte man die Richtung des Polarisationsstromes auch mittels eines genügend empfindlichen Polreagenzpapiers oder mittels eines Kupfervoltameters mit Platinkathode nachweisen.

Linz, Ende Mai 1910.

Eine Tafel zur Reduktion feucht gemessener Gasvolumen.

Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

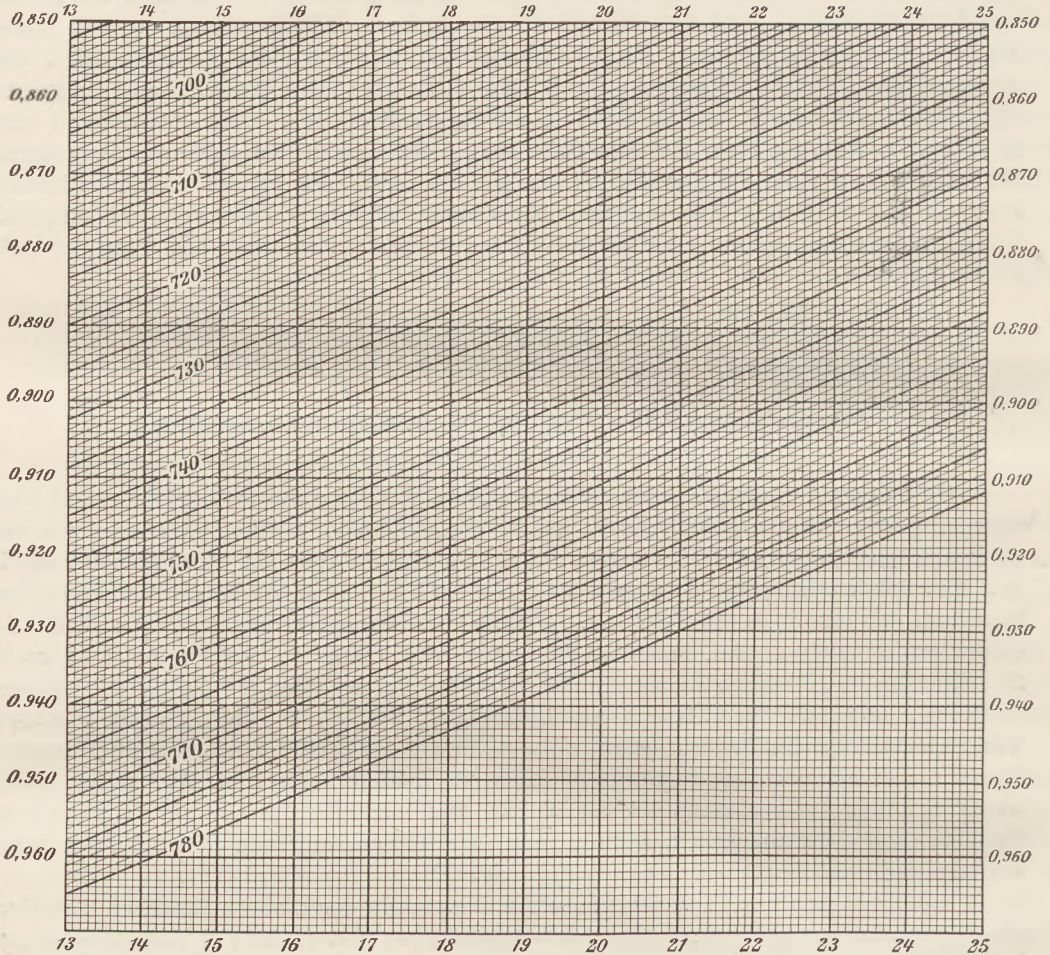
Gasmessungen spielen auch im chemischen und physikalischen Unterricht eine hervorragende Rolle und müssen so häufig vorgenommen werden, daß eine von der ganzen Klasse sofort ablesbare graphische Reduktionstafel ein fühlbares Bedürfnis ist. Zur Erleichterung gasmessender Arbeiten sind freilich schon längst Zahlentabellen mehrfach zusammengestellt worden. Im Chemikerkalender findet man z. B. die 15 enggedruckte Seiten einnehmenden Tabellen von Lunge. Gedrängter und recht zweckmäßig sind die Leo Liebermannschen Tabellen, welche Cl. Winkler seinem vorzüglichen Lehrbuch der Gasanalyse beigegeben hat. Aber die Benutzung dieser Tabellen ist erst im fortlaufenden Gebrauche zu erlernen. Auch müssen mehrere Posten zusammengesucht, niedergeschrieben und addiert werden. Vor allem lästig wird noch das Interpolieren, da die Tafeln nur nach ganzen Graden fortschreiten. Und, von alledem abgesehen, könnte man ihre Anschaffung von den Schülern nicht verlangen.

Nun habe ich bereits vor 8 Jahren mit Benutzung der Liebermannschen Tabellen eine Tafel zur graphischen Reduktion ausgearbeitet und in Teil X der Forschungsberichte, der biologischen Station zu Plön im Anschluß an eine Mitteilung von Prof. Zacharias über meinen „Tenax“-Apparat zur Ermittlung der Wassergase veröffentlicht. Aus jener Tafel habe ich für den Schulgebrauch das von 13°—25° reichende Stück ausgeschnitten und fünffach vergrößern lassen. Die so entstandene Schultafel hat sich bewährt und viel Mühe und Zeit erspart, weshalb die Wiedergabe der Vorlage den Zwecken dieser Zeitschrift förderlich sein dürfte.

Die Temperaturen 13°—25° sind als Abszissen, die Reduktionsfaktoren als Ordinaten eingetragen, während die das Netz schräg durchziehenden, nur sehr wenig von einer Geraden abweichenden Linien den äußeren Drucken (Luftdruck, gegebenenfalls vermehrt oder vermindert um den in Millimeter Quecksilber umgewandelten Druck der Sperrwassersäule) entsprechen. Sei nun beispielsweise für 15,3° und 754 mm Barometerstand zu reduzieren, so suche man unten 15,3 und gehe bis zur schrägen Linie 754 senkrecht in die Höhe. Der so getroffene Punkt liegt

auf der Ordinate 0,923. Mit dieser Zahl ist das feucht abgemessene Gasvolumen zu multiplizieren.

Nach dem vorliegenden gedruckten Original kann die 5fach vergrößerte Tafel ohne Schwierigkeiten durch einen Schüler auf Millimeterpapier gezeichnet werden. Man beginnt damit, auf den zu 15° , 20° , 25° gehörigen Vertikalen pentadenweise die Schnittpunkte der schrägen Linien einzustechen. Dann zieht man zwischen den Punkt-reihen mit Bleistift gerade Verbindungslinien, die auf der Vertikalen 20 unter ganz stumpfem Winkel zusammentreffen. Die Zehnerlinien werden sehr kräftig in Schwarz



ausgezogen, die Fünferlinien weniger kräftig in Rot. Die feine Zwischenteilung geschieht mittels des Zirkels. Nachher ist das Nachziehen der Vertikalen und Horizontalen im Millimeternetz eine Kleinigkeit. Die Fünferlinien zieht man in Blau.

Diese große Tafel ist von der ganzen Klasse gut zu übersehen und gestattet, jeden Reduktionsfaktor auf der Stelle bis auf Bruchteile eines Tausendstel genau abzusehen. Selbstverständlich empfiehlt sich ihre Herstellung auch für den Laboratoriumsgebrauch, da sie weit bequemer ist als die feine, die Augen etwas beunruhigende Originaltafel.

Lehrreich ist der durch die Tafel veranschaulichte funktionale Zusammenhang von Temperatur, Barometerstand und Reduktionsfaktor.

Einige Beobachtungen bei der Elektrolyse von wässrigem Ammoniak.

Von Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Die Elektrolyse von wässrigem Ammoniak ist mir niemals einwandfrei gelungen, trotzdem es nach Angabe der Bücher leicht gehen soll, und Autoritäten dafür bürgen. Alljährlich versuchte ich es aufs neue, habe aber das Volumverhältnis 1:3 nicht aufweisen können. Stets war das Stickstoffvolum zu gering. Im üblichen Hofmann-Apparat bei Anwendung von 220 Volt betrug das Stickstoffvolum kaum $\frac{1}{3}$ des Wasserstoffvolums. — Wo man über hochgespannten Strom nicht verfügt, läßt sich die Elektrolyse wässrigen Ammoniaks wegen ihres äußerst langsamen Verlaufs kaum zeigen. Deshalb benutzten die meisten Experimentatoren den Kniff, Kochsalz oder Salmiak zuzusetzen. Von Rechts wegen darf dann aber nicht von Ammoniakanalyse gesprochen werden; denn NH_3 wird dabei indirekt durch Chlor zersetzt, was man viel anschaulicher ohne Elektrolyse mit freiem Chlorgas machen kann. Übrigens habe ich auch bei der Elektrolyse NH_3 -haltiger $NaCl$ -Lösung immer zu wenig Stickgas erhalten.

Als ich die kürzlich d. Zeitschr. 23, S. 284 beschriebene elektrolytische Zelle mit großen Eisenelektroden zur Zersetzung von Kalilauge in Gebrauch genommen, lag der Gedanke nahe, sie auch mit Ammoniaklösung zu beschicken. Es gingen in der Tat schon bei 20 V. Klemmspannung 10 Amp. durch 8% Ammoniak. Auch wurde an der Kathode ziemlich genau das dreifache Wasserstoffvolum entbunden. Als man aber in das Anodengas einen glimmenden Span tauchte, flammte er auf; statt des erwarteten Stickstoffs war reiner Sauerstoff entwickelt. Außer dieser ungereimten Tatsache stimmte auch die Menge der Gase nicht mit dem Faradayschen Gesetze. 10 Amp. hätten 74 ccm Wasserstoff in der Minute freimachen sollen, während es tatsächlich nur 65 ccm waren und 22 ccm Sauerstoff.

Als man in der nämlichen Lösung in demselben Apparat die Eisenanode durch ein großes Platinblech ersetzte, wurde wirklich Stickstoff frei, allerdings wieder zu wenig.

Die Unregelmäßigkeiten der Ammoniakelektrolyse sind schon von Faraday und Berzeliüs beobachtet worden; letzterer hat auch gefunden, daß an einer Eisenanode nicht Stickstoff, sondern Sauerstoff ausgeschieden wird.

Zu diesen schwer erklärlichen Tatsachen gesellte sich noch eine neue. Ich demonstriere seit einigen Jahren die Wärmewirkung des Stroms auch in der Weise, daß ich in einem Becherglase von 100 ccm Fassung etwa 50 ccm destilliertes Wasser zwischen Platinelektroden der Einwirkung 220-voltigen Stroms unterwerfe und so viel Ammoniak hinzufüge, daß ein Strom von 3 Amp. bei etwa 150 V. Klemmspannung hindurchgeht. Ammoniak wurde an Stelle von anderen Elektrolyten bevorzugt, weil es wegen seiner sehr geringen Leitfähigkeit eine sichere Dosierung ermöglicht. Die 50 ccm Wasser kommen binnen $\frac{1}{3}$ Minute zum heftigen Kochen.

Ich setzte das Kochen fort, in der Meinung, daß das Wasser bald wieder nichtleitend werden müsse, weil das NH_3 entweicht. In Wirklichkeit blieb das Leitvermögen aber unverändert, auch wenn über die Hälfte des Wassers verkocht und freies Ammoniak nicht mehr nachweisbar war. Es mußte sich also ein neuer Elektrolyt gebildet haben. Um dessen habhaft zu werden, verdampfte man die Flüssigkeit in einer Platinschale auf dem Dampfbade. Ein Rückstand war nicht zu sehen; aber die Schale zeigte eine Gewichtszunahme von 4 mg. Diese winzige Menge machte 30 g destilliertes Wasser ebenso leitend, wie die Lösung vor dem Eindampfen gewesen war. In einem U-Rohr zwischen Platinelektroden elektrolysiert, gab die Lösung an der Anode Sauerstoff.

Da die Möglichkeit vorlag, daß die fragliche elektrolytische Substanz aus dem Glase stamme, stellte man zunächst reinstes Wasser dar, indem man in eine reine, lange

ausgeglühte Platinschale, welche in Kühlwasser tauchte, aus einiger Entfernung einen Strahl Wasserdampf blasen ließ. Das so in der Schale verdichtete Wasser erwies sich 220 V. gegenüber als Nichtleiter, wobei die Schale selbst als Anode und ein eingesetzter Platinteller als Kathode diente. Darauf leitete man einen Strom NH_3 -Gas auf dies Wasser; sofort leitete es und geriet schnell ins Kochen. Wiederum blieb die Leitfähigkeit nach längerem Kochen bestehen, und der Versuch verlief genau so wie die vorangegangenen.

Es wurden auch noch mehrere analoge Versuche mit alkoholischem Ammoniak ausgeführt. Auch der Alkohol blieb, nachdem das NH_3 ausgekocht, leitend und hinterließ nach dem Eindampfen etwa 5 mg elektrolytischen Rückstand. Nunmehr wurde bei weiteren Versuchen festgestellt, daß der Rückstand schon unter Glühhitze flüchtig ist. Und da konnte die Frage nach seiner Natur mit großer Wahrscheinlichkeit dahin beantwortet werden: Es ist Ammoniumnitrat. Dies zu erweisen, löste man den Rückstand in einigen Tropfen 50% Schwefelsäure, erwärmte zum Kochen und fügte stark verdünnte Indigolösung hinzu. Die sofortige Entfärbung zeigte das Vorhandensein von Salpetersäure aufs deutlichste an.

Somit ist nachgewiesen, daß bei der Elektrolyse von wässrigem Ammoniak geringe Mengen Ammoniumnitrat entstehen können, welche einen wesentlichen Anteil an der weiteren Elektrizitätsübertragung nehmen. Wie die Bildung der Salpetersäure zustande kommt, ob der naszierende Stickstoff gelösten Luftsauerstoff bindet oder Sauerstoff, der durch Zerlegung winziger Salzspuren, z. B. Karbonat, frei geworden, läßt sich vorläufig nicht entscheiden; ebenso die Frage, ob diese Oxydation erst bei Kochhitze oder schon in der kalten Lösung erfolgt. Für den Experimentalunterricht aber ist die bloße Tatsache, daß die Elektrolyse wässrigen Ammoniaks von allerlei störenden Nebenvorgängen begleitet ist, wohl der Beachtung wert.

Für die Praxis.

Untersuchung auf Farbenblindheit. Von Dr. L. Spilger in Bensheim. Die Methode, die Schüler einer Klasse mit Hilfe von gefärbten Wollfäden auf Farbenblindheit zu untersuchen, ist sehr zeitraubend und kann zudem von Lehrern, die selbst farbenblind sind, nicht angewendet werden. Ich möchte darum auf ein wenig bekanntes Hilfsmittel zur Diagnose der Farbenblindheit hinweisen, das diese beiden Nachteile glücklich vermeidet. Es ist dies das Täfelchen zur Prüfung feinen Farbensinns von Prof. Cohn in Breslau (Verlag von Oskar Coblentz, Berlin. Preis 1,20 M).

Auf purpurnem Untergrund sind schwarze $E \sqcup \cap \exists$ Haken aufgedruckt. Bedeckt man das Täfelchen mit einem dünnen Seidenpapier, so sieht jemand, der normalen Farbensinn hat, die Haken grünlich durchschimmern (Meyerscher Florkontrast *Poggendorfs Annalen*, Bd. 95, 1855). Ein Farbenblinder sieht die Haken nicht, ebenso wenig wie ein Normaler sie wahrnehmen kann, wenn er das mit Papier bedeckte Täfelchen durch ein grünes Glas betrachtet. Mit dieser Methode kann man nicht nur die Rotgrünblindheit, sondern auch die seltenen Fälle von Blaugelbblindheit mit Sicherheit finden, da diese immer mit Schwäche im Rotgrünsinn gemischt sind. Da auch Farbenblinde die Haken erkennen können, wenn sie durch ein rotes Glas blicken, so können auch farbenblinde Lehrer, wenn sie sich einer roten Brille bedienen, die Untersuchungen vornehmen. — Dem Täfelchen ist eine genaue Gebrauchsanweisung beigegeben.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Eine Verbesserung des Nernstschen Saiten-Unterbrechers. Von E. MATTENKLODT.¹⁾ Der gewöhnliche, sogenannte Nernstsche Saiten-Unterbrecher, wie er zu Messungen der Dielektrizitäts-Konstanten benutzt wird, (s. u. a. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik), dient dazu, den Primärstrom eines kleinen Induktionsapparates zu unterbrechen. In der Höhe des Eisendrahtkernes ist senkrecht zur Achse der Spule ein dünner, etwa 10 cm langer Eisendraht gespannt; an beiden Enden läuft er über Stege zu Schraubenspindeln, die durch Metallsäulchen geführt und gehalten werden. Nach außen hin sind kleine, flache Schraubenmutter aufgesetzt; zwischen diesen und den Säulchen sind auf die Spindeln kleine Schraubenfedern aufgeschoben. Durch die Bewegung der Mutter werden diese zusammengedrückt oder gelockert und der Draht gespannt. Die beiden Stege und Säulchen stehen symmetrisch zur Spule. In der Mitte des Drahtes, also vor dem Eisenkern, ist ein kurzes Stückchen Platindraht eingelötet. An dieser Stelle berührt er nämlich die Schneide, ebenfalls aus Platin, an der die Unterbrechungen des Primärstromes stattfinden. Durch eine Stellschraube kann der etwas federnde Metallstreifen, welcher die Schneide trägt, bewegt und so die Schneide eingestellt werden. Der Primärstrom nimmt folgenden Weg: Er durchfließt die Spule, geht durch eines der Säulchen in die Saite, verläßt diese in der Mitte und fließt durch Schneide und Metallfeder wieder ab. Dieser Nernstsche Saitenunterbrecher zeigt jedoch bei längerem Gebrauch erhebliche Mängel. Er springt ja, wie bekannt, bei Stromschluß nicht von selbst an, sondern die Saite muß erst in Schwingungen gesetzt werden. Ferner aber setzt er aus irgendwelchen Gründen häufig während des Betriebes aus und muß dann erst wieder in Tätigkeit gesetzt werden, wenn nicht inzwischen die Saite durchgeschmolzen ist, weil der Betriebsstrom vielleicht etwas zu stark war. Denn — und das ist der größte Fehler des Apparates — der Strom muß ja stets die Saite, wenigstens auf ihre halbe Länge, durchfließen. Da nun die Unterbrechungsstelle für den Betriebsstrom an den Punkt der weitesten Elongationen der Saite gelegt wird, muß natürlich an dieser Stelle der

Eisendraht, aus dem die Saite besteht, durch ein Stückchen Platindraht ersetzt werden; denn ersterer würde die fortwährenden Funken nicht aushalten, sondern in kürzester Zeit durchbrennen. Infolgedessen fehlt aber das Eisen an dem Punkte der größten magnetischen Kraft, wo es gerade am geeignetsten wäre. Man sucht diesen Mangel etwas dadurch auszugleichen, daß man das Platinstückchen möglichst kurz macht und unmittelbar neben ihm die Eisendrahtsaite noch mit etwas Eisendraht bewickelt. Das ist jedoch ein sehr schlechter Ersatz, zudem ist auch die Befestigung des Platins an dem Eisendraht umständlich, und man muß genau aufpassen, daß es auch an den richtigen Platz kommt. Weiterhin hat der stete Stromdurchfluß noch die Folge, daß der Draht sich erwärmt, seine Spannung nachläßt und dadurch die Zahl der Unterbrechungen sinkt. Hat man seine Apparate auf eine bestimmte Frequenz eingestellt, so ist dieses Nachlassen der Spannung natürlich sehr störend. Bleibt der Draht aus irgendeinem Grunde an der Unterbrecherschneide kleben, so kann es leicht passieren, wie schon oben erwähnt, daß die Saite durchschmilzt.

Der Verfasser wurde bei seinen Arbeiten durch diese Übelstände oftmals empfindlich gestört, und nach mancherlei Versuchen gelang es ihm, den Apparat so umzubauen, daß diese Mängel beseitigt wurden.

Die beigegebenen Figuren 1 u. 2 zeigen die neue Ausführung, Fig. 1 schematisch. Zunächst wurde die Unterbrecherschneide samt den Stützen zum Halten und Einstellen entfernt, der ganze Apparat sodann um 90° gedreht, so daß die Achse der Induktionsrolle senkrecht stand, und die Saite unten war²⁾. Letztere bestand aus dünnem Eisen- sog. Blumendraht und wurde dem Magnetkern gegenüber durch Umwickeln mit demselben Draht noch verstärkt, etwa auf 0,5 cm Länge hin. Durch zwei rechtwinklig gebogene Eisenwinkel wurde das Brett, auf dem das Induktorium montiert ist, auf einem anderen so befestigt, daß seine

¹⁾ Ann. d. Physik (4) 27, 359; 1908.

²⁾ *Ann. der Redaktion:* Dieselbe Anordnung in großartiger Ausführung wurde seinerzeit von Kempf-Hartmann verwendet, nur war statt der Induktionsrolle ein Elektromagnet angebracht. (Diss. Würzburg; Frankfurt a. M. 1903. Vgl. diese Zeitschr. 18, 118, 1905.)

Unterkante etwa 2 cm Abstand. Ein 2 cm breiter und 20 cm langer Messingstreifen, der nicht zu stark sein darf, damit er etwas federt, wurde an einem Ende durch eine kleine, dickere Platte verstärkt, das andere auf ein auf der Grundplatte festsetzendes Klötzchen von 1–1,5 cm Höhe aufgeschraubt; dieses

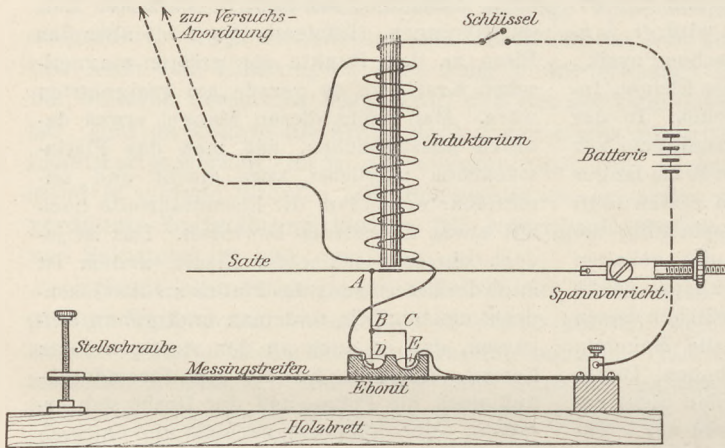


Fig. 1.

Ende trägt eine von dem Streifen nicht isolierte Klemmschraube. Das verstärkte Ende ist durchbohrt und die Bohrung mit Gewinde von geringer Ganghöhe versehen; es dient als Mutter für eine Schraubenspindel, die so lang ist, daß der Streifen genügend auf und ab bewegt werden kann. Dieser liegt nun parallel zur Unterbrechersaite. An der Stelle,

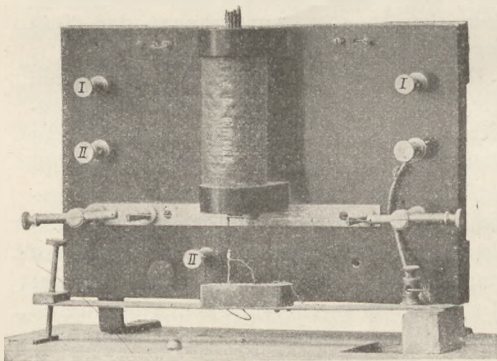


Fig. 2.

die dem Magnetkern gegenüber liegt, ist ein Ebonitstück aufgeschraubt, in das zwei Quecksilbernapfe gebohrt sind, nebeneinander in der Längsrichtung des Streifens; sie sind etwa 2–3 mm voneinander entfernt und haben 5–6 mm Durchmesser. In diese Napfe tauchen die Schenkel eines Bügels ADE (s. Figur) von der Form eines h. Der Hals AB und der

Schenkel BCE sind aus dünnem (ca. 0,5 mm) Messingdraht; in B ist der Schenkel BD aus Platindraht hart angelötet. Der Bügel ist in A an der Saite dicht neben dem verstärkten Teil angelötet. Die Länge AD ist ca. 3 cm, die Entfernung von BD und CE etwa 1 cm. BD berührt in D nur eben die Oberfläche, CE bleibt mit dem Ende E stets eingetaucht, so daß nur bei D die Unterbrechungen stattfinden können. Um in diesem Napf das Verdampfen des Quecksilbers zu verhüten, wird Wasser darüber geschichtet. Die Einstellung der Quecksilbernapfe geschieht mit der Stellschraube des Messingstreifens; um möglichst kleine Änderungen vornehmen zu können, ist neben der geringen Ganghöhe noch zweckmäßig das Ebonitstück so zu befestigen, daß die Entfernung zur Stellschraube größer ist als

bis zum anderen Ende. Auch die Spannvorrichtung wurde ganz abgeändert. Die vorhandenen kleinen Schraubenfedern wurden entfernt und durch entsprechend weite Messingröhrchen ersetzt. Die linke, in der Figur nicht gezeichnete Seite wurde so festgeklemmt, daß hier keine Bewegung mehr möglich ist, und die Saite nur von rechts gespannt werden kann. Dieses geschieht dadurch, daß sich die Schraubenmutter gegen das Röhrchen preßt und die Spindel mit dem Draht anzieht.

Da die Lötstelle des Unterbrecherbügels mit der Saite nur sehr klein ist, kommt es vor, daß der Bügel sich löst; um nun nach dem Anlöten leicht die Enden D und E (s. Fig.) möglichst wieder in die Mitte der Quecksilbernapfe zu bringen, wo die Schwingung des Bügels durch Oberflächenspannung am wenigsten gestört wird, ist es vorteilhaft, das Holzklötzchen, auf dem der Messingstreifen befestigt ist, auf eine Schlittenführung zu setzen; auf diese Weise kann der Streifen auch leicht in seiner Längsrichtung verschoben werden; doch sind hier ja nur geringe Bewegungen nötig.

Von Zeit zu Zeit müssen die Quecksilbernapfe gereinigt und nachgestellt werden. Auch muß von vornherein möglichst reines Quecksilber verwandt werden.

Der Primärstrom nimmt nun folgenden Verlauf. Er tritt durch den Messingstreifen und einen angelöteten Draht in den (in der

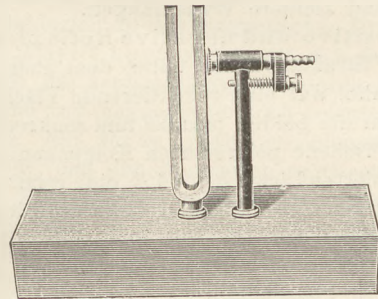
Figur) rechten Quecksilbernapf ein, geht durch die Schenkel des Bügels zum linken, in dem die Unterbrechungen stattfinden, von da durch die Primärspule und um den Magnetkern herum und wieder zur Batterie zurück. Die schwingende Saite wird also nicht vom Strom durchlaufen und infolgedessen nicht erwärmt. Der Ton ist ganz konstant und recht rein, wie man durch Vergleich mit einer Stimmgabel gleicher Tonhöhe feststellen konnte. Die benutzte Spannung entsprach dem Ton einer Stimmgabel von 768 Halbschwingungen pro sec. Der benutzte Primärstrom hatte bei 8 Volt Spannung etwa 2 Amp.; die von der Sekundärspule gelieferte Spannung wurde mit einem Exnerschen Elektrometer zu ca. 300 Volt gemessen.

Wenn ja auch der Unterbrecher in dieser neuen Form nicht von selbst bei Stromschluß anspringt, so hat er doch den Vorteil, daß er sehr selten (nur infolge unreinen Quecksilbers) während des Betriebes aussetzt und stets eine fast konstante Zahl von Unterbrechungen liefert. Um ihn in Tätigkeit zu setzen, muß man beim Stromschluß mit dem Finger die Saite in Schwingungen setzen. Der Verf. hat lange Zeit mit ihm gearbeitet und war immer mit ihm zufrieden. *M.*

Erregung von Stimmgabeln durch Preßluft.

Von M. Th. EDELMANN. Eine Stimmgabel kann dadurch zum Schwingen gebracht werden, daß ein Luftstrom unter einem Druck von

wenigstens zwei Atmosphären aus einer passend geformten und genäherten Düse gegen die Außenseite der einen Stimmgabelzinke getrieben wird. Die Schwingungen werden unter passenden Umständen nach kürzester Zeit so groß, wie man sie auf anderem Wege nur durch recht günstige elektromagnetische Erregung erhält. Ist die Gabel nebst dem Luftzuführungsrohr auf einem Resonanzkasten



befestigt, so entstehen ungemein starke Töne, und zwar nicht nur wegen der Wirkung des Resonators, sondern noch dazu, weil vermöge der schwingenden und der Düse genäherten Zinke der Luftstrom mit derselben Frequenz wie die der Stimmgabelschwingungen hervorquillt. Die in der Figur abgebildete Vorrichtung wird von dem Physikal.-mechanischen Institut Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn in München hergestellt. *P.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Optik. 1. Untersuchungen im Gebiete der Schumann-Strahlen. Von F. HANDKE¹⁾. Die kleinsten unter 185 $\mu\mu$ liegenden Lichtwellen hatte Schumann dadurch der Beobachtung erschlossen, daß er die diese Strahlen absorbierende Luft aus dem Beobachtungsraum entfernte, als brechende Substanzen Flußspat benutzte und photographische Platten mit einer sehr gelatinearmen Bromsilberschicht herstellte. Die Wellenlängen des Schumannschen Wasserstoffspektrums hat Lyman mit Beugungsgittern bestimmt. Er identifizierte seine normalen Spektren mit den prismatischen von Schumann und fand, daß die kürzeste von diesem photographierte Wellenlänge bei 127 $\mu\mu$ lag. Lyman selbst fand Linien bis zu 103 $\mu\mu$. HANDKE stellte seine Versuche mit einem von Fueß in Steglitz für das Physikalische Institut der Universität Berlin hergestellten Vakuum-

spektrographen an, der mit einer Gaedeschenschen Quecksilberpumpe evakuiert wurde. Der Grad der Verdünnung muß so hoch wie möglich sein, da schon Spuren von atmosphärischer Luft bei dem langen Wege vom Spalt bis zur Platte die kürzeste Strahlung vollkommen absorbieren. Als Lichtquelle diente die Kapillare eines mit Wasserstoff gefüllten Entladungsrohres, die durch eine Linse auf einen Spalt abgebildet wurde. Zugleich mit dem *H*-Spektrum konnte das Spektrum einer Funkenstrecke photographiert werden. Unter der Voraussetzung, daß die Lymanschen *H*-Wellenlängen richtig sind, wurden die unterhalb 185 $\mu\mu$ liegenden Wellenlängen des Funkenspektrums von *Al*, *Cu*, *Au*, *Ag*, *Zn*, *Sn*, *Mg*, des Bogenspektrums von *Hg* bestimmt. Der Verfasser arbeitete ferner eine Methode aus, um mit einfachen Linsen an Stelle von achromatischen Objektiven Brechungsexponenten zu bestimmen. Dadurch bestimmte er die Exponenten und die

¹⁾ Inaugural-Dissertation Berlin 1909.

Dispersion von Flußpat zwischen 131 und 185 $\mu\mu$. Ebenso wurden die Exponenten μ von Luft bis zur Grenze ihrer Durchlässigkeit, d. h. bis zu 185 $\mu\mu$, bis auf etwa 1% der brechenden Kraft $\mu - 1$ gemessen. Aus Absorptionsversuchen ergab sich, daß Quarz bis 150, Steinsalz bis 172, Sylvin bis 181 $\mu\mu$ durchlässig sind; ferner wurde es wahrscheinlich gemacht, daß Schwefelkohlenstoff zwischen 199 und 185 $\mu\mu$ durchlässiger ist als für größere und kleinere Wellenlängen.

2. Positive und negative Reflexion.

Fällt ein Strahlenbündel unter dem Polarisationswinkel auf eine reflektierende Fläche, so erleiden die beiden parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisierten Komponenten des reflektierten Lichts R_p und R_s eine relative Phasendifferenz, so daß das reflektierte Licht elliptisch polarisiert ist. Die Reflexion wird als eine positive oder negative bezeichnet, je nachdem die Phasendifferenz $\Delta = \delta_p - \delta_s > 0$ oder < 0 ist. Wie Lord RAYLEIGH gezeigt hat, läßt sich die an einer starkbrechenden Glasfläche auftretende positive Reflexion durch Polieren der Fläche in eine negative verwandeln²⁾. Er benutzte bei seinen Versuchen linear polarisiertes Sonnenlicht, das auf die reflektierende Glasfläche unter dem Einfallswinkel auffiel, bei dem der Gangunterschied Δ der beiden Komponenten R_p und R_s $\lambda/4$ betrug. Das reflektierte Licht ging durch ein $\lambda/4$ -Glimmerblättchen und konnte dann durch das analysierende Nicol völlig ausgelöscht werden. Je nachdem $\Delta = \pm \lambda/4$ ist, ändert sich auch das Vorzeichen des Analysatorazimuts. Geht die positiv reflektierende Fläche ($+\lambda/4$) in eine negativ reflektierende ($-\lambda/4$) über, so geht die Schwingungsebene des Analysators von der einen auf die andere Seite der Reflexionsebene. Lord RAYLEIGH stellte gewöhnlich den Analysator unter 45° gegen die Polarisationssebene und führte die Auslöschung mit dem Polarisator aus. Er untersuchte eine schwarze Flintglasplatte, deren Oberfläche zunächst eine positive Reflexion mit einem Polarisationsazimut von $+5^\circ$ zeigte. Nach Polieren mit der Hand sank das Azimut auf $+35'$, nach Polieren mit Polierrot wurde es $-22'$. Nach 24 Stunden war das Azimut wieder $+10'$, nach 4 Tagen $+35'$ geworden. Ähnliche Beobachtungen wurden auch noch mit anderen Platten gemacht.

Versuche von M. VOLKE zeigten, daß bei Totalreflexion Druckspannungen einen großen

Einfluß auf den Verlauf der Phasendifferenz der beiden Komponenten des total reflektierten Lichtes ausüben³⁾. Diese Beobachtungen brachten O. LUMMER und K. SORGE zu der Vermutung, daß auch die Elliptizität bei gewöhnlicher Reflexion durch mechanische Einwirkungen auf das reflektierende Medium geändert würde⁴⁾. Die Verff. benutzten bei ihren Untersuchungen den Lummer-Kynastschen Spektralapparat für Polarisations- und Phasendifferenzmessungen, der mit Babinet-Soleilschem Kompensator versehen ist und im homogenen Licht der Quecksilberlinien die durch Reflexion entstandene Wegdifferenz bis auf $\lambda/1000$ zu messen erlaubt. Dadurch war man nicht an die Stelle gebunden, an der $\Delta = \pm \lambda/4$ ist, sondern konnte an jeder Stelle des Elliptizitätsgebiets den Charakter der reflektierenden Fläche feststellen, und zwar für alle lichtstarken Linien der Hg-Dampflampe. Die Beobachtung hatte bei $\Delta = \pm \lambda/10$ besonders günstige Bedingungen. Die Verff. wiederholten die Rayleighschen Versuche mit einem Glasprisma, bei dem zunächst der Charakter der Flächen für alle Einfallswinkel festgestellt wurde. Alle drei Flächen zeigten positive Reflexion. Dann wurde die Hypotenusenfläche mit Polierrot mehr oder weniger stark poliert. Es zeigte sich, daß die behandelte Fläche aus positiver in negative Reflexion übergegangen war, daß aber gleichzeitig auch die nicht polierte Kathetenfläche ihre positive Elliptizität wesentlich verkleinert hatte. Dann wurden beide Basisflächen des Prismas gleichmäßig unter Anwendung von Druck auf einer besonderen Poliervorrichtung gerieben, während die drei reflektierenden Flächen unberührt blieben. Trotzdem war auf allen dreien die Elliptizität fast um die gleichen Beträge kleiner geworden, und gemäß dem verschiedenen Anfangszustand hatte die Hypotenusenfläche sogar negative Werte angenommen. Wurde das Prisma in der Richtung von Basis zu Basis einem Druck ausgesetzt, so zeigte die zuerst schwach positive Hypotenusenfläche bei schwachem Druck ideale, bei starkem Druck schwach negative Reflexion. Der Druck war hierbei so stark, daß, wie besondere Versuche zeigten, starke Doppelbrechung bemerkbar war. Es ist hiernach festgestellt, daß die Elliptizität an einer reflektierenden Fläche durch mechanische Veränderung des Mediums wesentlich geändert werden kann, ohne daß

³⁾ M. Volke, Inaugural-Diss. Breslau 1909.

⁴⁾ Ann. d. Physik **31**, 325 (1910).

²⁾ Phil. Mag. **16**, 444 (1908).

man die reflektierende Fläche selbst beeinflusst. Die Drudesche Theorie, welche nur die Oberflächenschichten berücksichtigt, ist hiernach nicht haltbar.

Im Anschluß an die gleichzeitige Beobachtung von Doppelbrechung und negativer Reflexion möchte der Referent auf eine ältere eigene Arbeit hinweisen, in der die Reflexion an Kristalloberflächen untersucht wurde⁵⁾. Besonders eigenartig zeigte sich damals das Verhalten eines dem quadratischen System angehörigen Kristalls von Magnesiumplatinzyanür. An der Basisfläche des Kristalls war die Reflexion durchweg negativ; an der Prismenfläche war sie, wenn die optische Achse in der Einfallsebene lag, positiv, wenn die optische Achse senkrecht zur Einfallsebene stand, je nach dem Einfallswinkel und der Farbe positiv oder negativ; an der Pyramidenfläche war die Reflexion im allgemeinen positiv, nur im äußersten Blau (Linie *G*) war sie auch hier negativ. Aus diesen Untersuchungen ging also auch schon hervor, daß Spannungen, wie sie im Innern eines doppeltbrechenden Kristalls vorhanden sein müssen, in der Art der Reflexion der Oberflächen zum Ausdruck gelangen.

3. Untersuchungen über Totalreflexion. Von CL. SCHAEFER und G. GROSS⁶⁾. Aus allen Lichttheorien folgt, daß bei der sogenannten Totalreflexion auch im zweiten Medium ein Strahlungsvorgang stattfindet. Diese Strahlung beobachteten Newton und später Quincke dadurch, daß sie für das zweite Medium eine dünne Lamelle von der Größendicke einer Wellenlänge benutzten, Ditscheiner und andere, indem sie an der Trennungsfäche ein Beugungsgitter anbrachten. Voigt benutzte als Grenzfläche eine unter stumpfem Winkel geknickte Fläche; aus der Kante des Knickes trat dann ein sehr feines Lichtbündel aus [diese Zeitschr. *XII*, 225 (1899)]. Hall zeigte das Eintreten des Lichts in das andere Mittel an einer an der Grenzfläche angebrachten lichtempfindlichen Gelatineschicht. SCHAEFER und GROSS stellten sich nun die Frage, ob es sich bei allen diesen Versuchen im strengen Sinn um Totalreflexion handelt, d. h. ob nicht die Energie, die im zweiten Mittel auftritt, dann im reflektierten Lichte fehlt.

Wichtig für richtige Auffassung dieser Vorgänge ist eine Arbeit des russischen

Physikers EICHENWALD⁷⁾, deren Inhalt die Verf. wiedergeben. EICHENWALD stellte aus den Maxwell'schen Theorien für den Fall der totalen Reflexion die Differentialgleichungen der magnetischen Kraftlinien im ersten und zweiten Medium auf und gab in einer Figur eine graphische Darstellung dieser Linien. Da die elektrischen Kraftlinien bei dieser Darstellung senkrecht zur Ebene der Zeichnung liegen, so geben die orthogonalen Trajektorien zu den magnetischen Kraftlinien den „Poyntingschen Vektor“, d. h. den Lichtstrahl, der senkrecht auf der durch die elektrische und magnetische Kraft gelegten Ebene steht. Aus der so erhaltenen Zeichnung geht hervor, daß die Energie an gewissen Stellen aus dem ersten Medium in das zweite strömt, dafür aber an andern Stellen wieder völlig in das erste zurückkehrt. In toto ist die Strömung der Energie durch die Trennungsebene gleich Null. Aus diesem Ergebnis der Eichenwald'schen Untersuchungen ziehen SCHAEFER und GROSS den Schluß, daß jeder Vorgang, der den Energiestrom im zweiten Medium irgendwie verändert oder einen Teil desselben absorbiert, die totale Reflexion gleichzeitig vernichtet. Das ist aber der Fall bei allen vorhin erwähnten Versuchen, die Strahlung im zweiten Medium nachzuweisen.

Die Verf. führten die Theorie noch besonders für den Fall der Totalreflexion an einer sehr dünnen Lamelle durch und kamen auf Grund der Formeln und der graphischen Darstellung zu dem Ergebnis, daß nicht alle magnetischen Kraftlinien sich im Medium 2 (der dünnen Lamelle) schließen, sondern einzelne (und zwar um so mehr, je kleiner die Dicke der Lamelle ist) in das dritte Medium eintreten und hier parallel ins Unendliche verlaufen. Daraus geht eben hervor, daß beim Vorhandensein eines dritten Mediums in endlicher Entfernung *d* von der Trennungsfäche des ersten und zweiten nie die ganze aus Medium 1 und 2 austretende Energie ins erste Medium zurücktreten kann, sondern daß stets ein Teil ins dritte Medium eindringt. Dadurch werden die Ergebnisse des Newton-Quinckeschen Versuchs bestätigt. Bei diesem Versuch wird die an der Hypotenusenfläche eines rechtwinkligen Glasprismas erzeugte Totalreflexion dadurch gestört, daß man ein zweites ähnliches Prisma dem ersten so weit nähert, daß die beiden Hypotenusenflächen

⁵⁾ E. Schenck, Wied. Ann. **15**, 177 (1882).

⁶⁾ Ann. d. Physik **32**, 648 (1910).

⁷⁾ Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. **41**, phys. Teil, S. 131 (1909).

nur um etwa eine Wellenlänge voneinander entfernt sind. Es wird dann nicht mehr alles Licht reflektiert, sondern ein Teil durchgelassen. Die Verf. wiederholten diesen Versuch mit elektrischen Wellen von $\lambda = 15$ cm Wellenlänge. Die durch einen Hohlspiegel parallel gemachten Wellen wurden an der Rückseite eines Paraffinprismas P_1 total reflektiert und gelangten nach der Reflexion wieder zu einem Hohlspiegel, der sie auf einem Klemenziöschschen Thermoresonator T_1 konzentrierte. Ein eben solcher Thermoresonator T_2 mit Hohlspiegel befand sich auch in der Richtung der direkten Strahlen. Ein zweites dem ersten genau gleiches Paraffinprisma P_2 stand hinter dem ersten so, daß die Hypotenusenflächen parallel waren, und konnte mit einer Schraube dem ersten genähert bzw. von ihm entfernt werden. Bei einer Entfernung der beiden Hypotenusenflächen $d \geq \lambda$ gab nur T_1 einen Ausschlag, d. h. man hatte eine Totalreflexion. Wurde $d < \lambda$ gemacht, so zeigte auch T_2 einen Ausschlag, während der Ausschlag T_1 um so mehr abnahm, T_2 um so mehr zunahm, je kleiner d wurde. Ein Teil D der Energie wurde also jetzt durchgelassen, ein anderer Teil R reflektiert. D und R waren durchaus komplementär zueinander, wie es die Theorie auch erfordert. Wurde das zweite Prisma P_2 entfernt, so ließ sich dadurch, daß man T_1 ohne Hohlspiegel direkt hinter die Hypotenusenfläche von P_1 brachte, der parallel zu dieser Fläche in das zweite Medium eintretende Energiestrom direkt nachweisen; seine Abnahme mit der Entfernung von P_1 entsprach den aus der Theorie folgenden Zahlenwerten. Schk.

Kathoden- und Röntgenstrahlen. Feste oder durch Abkühlung zum Erstarren gebrachte aromatische Verbindungen zeigen nach GOLDSTEIN unter dem Einfluß der Kathodenstrahlen drei ganz verschiedene Leuchtspektren: 1. das Vorspektrum, das im ersten Moment der Bestrahlung am hellsten ist und dann stark erblaßt; 2. das für jede Substanz besonders charakteristische Hauptspektrum, und 3. das Lösungsspektrum, das sich zeigt, wenn eine Substanz in andern Medien gelöst ist¹⁾. Sehr charakteristische diskontinuierliche Lösungsspektren erhält man von zwei- und mehrkernigen, besonders von „kondensierten“ aromatischen Substanzen (Naphthalin-, Chino-

lin-, Anthrazengruppe usw.); als Lösungsmittel eignen sich besonders Chlorbenzol, benzoesaures Methyl, Toluol, die Xylole, Pyridin, Anilin usw. Bei den unmittelbaren Derivaten des Benzols zeigen die Vorspektren häufig einen aus sechs Bandengruppen bestehenden Typus; die Lösungsspektren dagegen sind kontinuierlich. Bei vielen aromatischen Kohlenwasserstoffen wird durch einen geringen Zusatz (schon $\frac{1}{100000}$) von Benzaldehyd das Sechsstammenspektrum mit grellem Weißblaulicht hervorgerufen. Auch andere Zusätze bewirken ein ähnliches „induziertes Vorspektrum“. Die Vorspektren lassen sich auch durch optische Bestrahlung, die Hauptspektren nur durch Kathodenstrahlen hervorgerufen. Die Reaktionsempfindlichkeit für Lösungsspektren ist dieselbe wie für induzierte Vorspektren; $\frac{1}{100000}$ Naphthalin, in Chlorbenzol gelöst, kann man leicht an den Wellenlängen seines Lösungsspektrums erkennen. Der Verf. macht ausführliche Angaben über den chemischen Charakter der von ihm benutzten Verbindungen und dessen Beziehungen zu den einzelnen Spektren.

Die Absorption der Kathodenstrahlen in Gasen versuchte H. BAERWALD auf Veranlassung von LEONARD mit Hilfe der Sekundärstrahlung zu messen²⁾. Als Grundlage für die Methode dienen zwei Sätze: 1. der Satz von der Proportionalität zwischen Sekundärstrahlung und Intensität der Primärstrahlen; 2. der Satz von der Konstanz des Verhältnisses von Absorptionsvermögen und Druck. Die im Vakuumrohr erzeugten Kathodenstrahlen treten durch ein Aluminiumfenster in den zur Aufnahme der Gase bestimmten Raum, durchmessen hier in 2 verschiedenen Bündeln 2 Wege r_1 und r_2 , treten dann durch 2 weitere Fenster in einen mit gewöhnlicher Luft gefüllten Raum und erzeugen hier Sekundärstrahlung. Die dabei gebildeten positiven „Träger“ geben ihre Ladungen an zwei Sonden ab, von denen sie zu 2 Thomsonschen Quadrantenelektrometern geleitet werden. Die magnetische Zerlegung der Kathodenstrahlen bot ein Mittel, die Homogenität der das Fenster treffenden Strahlen aufs höchste zu steigern. Gemessen wurden die Elektrometerausschläge der beiden Sonden bei zwei verschiedenen Drucken, p und p' ; das Verhältnis beider gab die Größe Q . Der Verf. zeigt, daß dann der Absorptionskoeffizient a_0 beim Drucke 1 mm Hg durch die Formel

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **12**, 376; Phys. Zeitschr. **11**, 430 (1910).

²⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 145 (1910).

$$a_0 = \frac{\lg Q_p - \lg Q_{p'}}{\lg e \cdot (r_2 - r_1) (p - p')}$$

dargestellt werden kann.

Die Messungen ergaben für a_0 im Mittel folgende Werte: Luft 0,00291, H_2 0,000327, N_2 0,00276, O_2 0,00338, N_2O 0,00435, CO 0,00233, CO_2 0,00429, SO_2 0,00665. Die Werte stimmen mit den früher auf anderem Wege von Becker gefundenen gut überein. In einer besonderen Tabelle hat der Verf. die Größen a_0/M und $(D-1)/M$ (M = Molekulargewicht, D = Dielektrizitätskonstante) zusammengestellt, auf deren Beziehungen von Lenard und Becker hingewiesen worden ist. Es ergibt sich daraus, daß die Kathodenstrahlabsorption dazu dienen kann, die Größe der Dielektrizitätskonstante zu bestimmen, und daß eine Verwandtschaft besteht zwischen der Absorption von Kathodenstrahlen und der Dispersion der Lichtstrahlen.

Beobachtungen über die dissymmetrische Emission von Röntgenstrahlen machte J. STARK³⁾. Seine Versuche hatten den Zweck, zur experimentellen Entscheidung zwischen Ätherwellen- und Lichtquantenhypothese beizutragen. Trifft ein Bündel Elektronen auf materielle Teilchen, so geht von diesen eine elektromagnetische Strahlung aus, die in bezug auf eine senkrecht zur Achse des Bündels stehende Ebene symmetrisch oder dissymmetrisch sein kann. Nach der Ätherwellenhypothese wäre auch im Dissymmetriefalle die Strahlung in allen Emissionsrichtungen von gleich großer Intensität und gleicher Frequenz; nach der Lichtquantenhypothese dagegen wären die Intensitäten und Frequenzen der Strahlen verschieden in Richtungen, die gleiche Neigung zur Normalebene haben, aber auf verschiedenen Seiten liegen. Zur Aufsuchung einer dissymmetrischen Emission der Röntgenstrahlen diente eine Antikathode aus Buchenholzkohle, bei der die Absorption der Strahlen und Fluoreszenzemission gering, die Erhitzungsmöglichkeit groß ist. Die Antikathode hatte die Form einer planparallelen kreisförmigen Scheibe, deren Mitte mit dem Zentrum der kugelförmigen Röntgenröhre zusammenfiel. Normal zur Kohlscheibe und koaxial mit ihr war in einem Ansatzrohr eine konkave Aluminiumkathode angebracht. Mit einer Gaedepumpe wurde in der Röhre das geeignete Vakuum hergestellt. Zur Fluoreszenzbeobachtung diente ein halb-

kreisförmig gebogener schmaler Bariumplatincyanschild, der konzentrisch die Röhre umgab, zur photographischen Beobachtung ein kreisförmig gebogener Film in entsprechender Kassette. Um die Intensität der Röntgenstrahlung auch innerhalb der Röhre selbst messen zu können, wurde eine mit Film versehene schmale kreisförmige Kassette aus Aluminiumblech durch die Schlifföffnung in die Röhre eingeführt. Da die Dicke der Glaswand mit dem Azimut der ausgesandten Strahlen variiert, so mußten die Beobachtungen auf Gleichheit der Absorption korrigiert werden. Später wurden Anordnungen getroffen, bei denen man auf die verschiedene Absorption der Glaswand keine Rücksicht zu nehmen brauchte. Die Schwärzungen der Photogramme wurden mit Hilfe des Hartmannschen Photometers von 5° zu 5° Azimutdifferenz bestimmt und in Kurven graphisch dargestellt. Alle Beobachtungen zeigten eine Dissymmetrie der Röntgenstrahlen sowohl hinsichtlich der Intensität als auch des Absorptionsindex. Nach der Rückseite der oben definierten Normalebene, also in der Richtung der Kathodenstrahlen, wurden beträchtlich mehr Röntgenstrahlen emittiert als nach der Vorderseite der Normalebene (entgegengesetzt der Richtung der Kathodenstrahlen). Die nach irgendeiner Richtung emittierte Röntgenstrahlung ist inhomogen und besteht aus Strahlen von verschiedenem Absorptionsindex. Aus den Beobachtungen ging hervor, daß der mittlere Absorptionsindex auch von dem Azimut der Emissionsrichtung abhängt; er ist für Azimute $\varphi > 90^\circ$ größer als für Azimute $\varphi < 90^\circ$. Bezüglich der Intensität überwiegt auf der Rückseite der Normalebene zu dem erzeugenden Kathodenstrahlbündel der Anteil der Strahlen von kleinerem, auf der Vorderseite der Anteil der Strahlen von größerem Absorptionsindex. Auf Grund seiner Beobachtungen gibt STARK für den Fall, daß man die Röntgenstrahlen überhaupt als eine elektromagnetische, polarisierbare Strahlung ansieht, der Lichtquantenhypothese vor der Ätherwellenhypothese den Vorzug.

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen Starks steht die Beobachtung von J. HERWEG, daß in einer Röntgenröhre mit Kohleantikathode der hinter der Antikathode liegende Teil der Röhre durch zerstäubte Kohle stark geschwärzt wird⁴⁾. Diese Schwärzung läßt sich dadurch

³⁾ Phys. Zeitschr. **10**, 902 (1909); **11**, 107 (1910).

⁴⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 170 (1910).

erklären, daß die sich von der Antikathode nach rückwärts ausbreitenden Röntgenstrahlen auf ihrem Wege durch die Antikathode wieder sekundäre Kathodenstrahlen auslösen, durch welche die Kohle zerstäubt wird. Daß es sich bei der Erscheinung wirklich um eine von der Antikathode ausgehende Strahlung handelt, scheint auch daraus hervorzugehen, daß sich die hinter der Kohle befindliche Eisenfassung als durchsichtiger Fleck auf der Glaswand abhebt.

Wie BARKLA gefunden hatte, liefern die von verschiedenen Stoffen (*Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Sr, Mo, Ag, Sn, Sb*) ausgesandten sekundären Röntgenstrahlen homogene Bündel von sehr verschiedenem, für jede Substanz charakteristischem Durchdringungsvermögen (diese Zeitschr. XXII, 382). Die durchdringendste dieser Strahlungen war etwa siebenmal so durchdringend als die am meisten absorbierbare. BARKLA bestimmte weiterhin die von diesen Strahlen in verschiedenen Gasen bewirkte Ionisation⁵⁾. Die Strahlen gingen durch *O, CO₂, SiH₂, SO₂, Kohlendgas, N₂O, C₂H₃Br, CH₃J, Se₂Cl₂, SnCl₂*. Es wurde das Verhältnis der in einem Gase bewirkten Ionisation zu der Ionisation in Luft bestimmt. Bei *CO₂* war dieses Verhältnis für Strahlen von verschiedenem Durchdringungsvermögen nahezu das gleiche; ähnlich war es bei *O, SiH₂, SO₂, N₂O*, wenn auch die Verhältniszahl bei einigen größer war als bei *CO₂*. Viel größer, aber ebenfalls konstant war das Ionisationsverhältnis *C₂H₃Br*: Luft, jedoch nur für Strahlen, deren Durchdringungsvermögen nicht größer war als die für *Br* charakteristische sekundäre Strahlung. Für durchdringendere Strahlen nahm jenes Verhältnis zuerst rasch und dann langsamer zu. Ähnliches ergab sich für *CH₃J, SnCl₂, Se₂Cl₂* im Verhältnis zu Luft. Diese Variationen der relativen Ionisation sind ähnlich den Variationen der Absorption der ionisierenden Strahlung. Denn die Absorption in einem gegebenen Element ist annähernd proportional der Absorption in anderen Elementen, bis die Strahlung durchdringender wird, als sie für das absorbierende Element charakteristisch ist; dann beginnt sie rasch zu wachsen und nähert sich zuletzt einer höheren Proportionalität. Eine ähnliche Änderung zeigt auch die Intensität der sekundären homogenen Strahlung, wenn das emittierende Element einer allmählich durchdringender werdenden primären Strahlung ausgesetzt wird. Wie

Sadler gefunden hat, beginnt auch die sekundäre korpuskulare Strahlung an demselben kritischen Punkt. Einen guten Einblick in diese Beziehungen geben die Kurven, mit denen der Verf. die Ionisation als Funktion der Absorbierbarkeit der X-Strahlung darstellt. Die Abweichung von der einfachen Proportionalität tritt bei *C₂H₃Br* ein, sobald die durchdringende Kraft der ionisierenden Strahlung die für *Br* charakteristische ist; bei *CH₃J*, sobald es die für *J*, bei *SnCl₂*, sobald es die für *Sn*, bei *Se₂Cl₂*, sobald es die für *Se* charakteristische Strahlung ist. Um also zu erfahren, wie die Ionisation in einem Gas oder Dampf sich mit der durchdringenden Kraft der ionisierenden Strahlung ändert, ist es nötig und ausreichend, die durchdringende Kraft der für die konstituierenden Elemente der benutzten Substanz charakteristischen sekundären X-Strahlen zu kennen.

Auf eine feste Substanz fallende Röntgenstrahlen erzeugen an derselben sowohl sekundäre Röntgenstrahlen als auch korpuskulare Strahlen (Kathodenstrahlen). Wie Cooksey und Innes fanden, ist die Geschwindigkeit dieser Kathodenteilchen unabhängig von den Intensitätsänderungen der erregenden Röntgenstrahlung und von der Natur der Substanz; sie wächst aber mit der durchdringenden Kraft der erregenden Strahlung. SADLER untersuchte jene Strahlung unter Benutzung der Barklaschen homogenen Sekundärstrahlen⁶⁾. Diese fielen auf Platten von verschiedenen Metallen; die von diesen Radiatoren erzeugte tertiäre Korpuskularstrahlung wurde dann in bezug auf ihre Abhängigkeit von der erregenden Sekundärstrahlung auf ihre Homogenität und ihre Absorbierbarkeit untersucht. Als Radiatoren dienten Aluminium, Eisen, Kupfer, Silber. Es ergab sich, daß die an diesen Metallen durch homogene Röntgenstrahlen erzeugten Korpuskularstrahlen nach einem einfachen Exponentialgesetz absorbiert werden. Ihre Absorbierbarkeit hängt nur ab von der Härte der erregenden sekundären Strahlen und nicht von der Natur des tertiären Radiators. Der Absorptionskoeffizient der Korpuskularstrahlung ist eine lineare Funktion des Atomgewichts desjenigen Metalls, welches als Quelle der erregenden homogenen Strahlung dient. Jede an Metallen erregte homogene Sekundärstrahlung ist begleitet von einer Zunahme der Korpuskularstrahlung. Wenn die homo-

⁵⁾ Phil. Mag. **20**, 370 (1910).

⁶⁾ Phil. Mag. **19**, 337 (1910).

gene Sekundärstrahlung nicht auftritt, so wird ein Teil der erregenden Strahlung von dem Metall zerstreut, während die Intensität der Korpuskularstrahlung ganz beträchtlich ist. Wahrscheinlich steht diese in solchen Fällen mit jener Zerstreung in enger Verbindung.

Auch R. F. BEATTY untersuchte die durch die Barklaschen homogenen Sekundärstrahlen erregte Korpuskularstrahlung⁷⁾. Als Radiator diente Silber; es wurde die Ionisation der Korpuskularstrahlen auf elektrischem Wege bestimmt. Dabei ergab sich, daß der Betrag der vom Silber frei gemachten korpuskularen Energie ungefähr der vom Silber absorbierten Energie der erregenden Strahlung proportional ist. Das Verhältnis zwischen der Absorption der Korpuskularstrahlen durch Luft und der Absorption der erregenden homogenen Strahlung durch Aluminium war nahezu linear. Eine bestimmte Menge von Korpuskeln erzeugte in Wasserstoff und in Luft dieselbe Anzahl von Ionen. Die durchdringende Kraft der Korpuskeln war dieselbe, ob sie von der vorderen oder hinteren Seite des Blättchens ausgingen.

Eine besondere Art von Strahlen, die sich, von der Kathode ausgehend, im Magnetfelde bilden, waren von Villard Magneto-kathodenstrahlen genannt und näher beschrieben worden (diese Zeitschr. XVII, 363; 1904). Eine weitere Untersuchung und Theorie dieser Strahlen gibt RICH⁸⁾. Wegen ihres Verhaltens im Magnetfelde schlägt er vor, sie einfacher magnetische Strahlen zu nennen. Er nimmt an, daß in einem ionisierten Gase nicht nur Moleküle, Ionen und Elektronen, sondern auch gewisse Systeme, die aus einem (positiven) Ion und einem (negativen) Elektron bestehen. Die letztern sollen aber nicht fest verbunden sein, sondern vermöge ihrer gegenseitigen Anziehung wie Doppelsterne umeinander kreisen. Diese Doppelsternsysteme werden im allgemeinen sehr instabil sein und sich für gewöhnlich nicht zu erkennen geben. Der Verf. zeigt, daß, wenn das Elektron sich kreisförmig um das Ion in einer senkrecht zur Feldrichtung liegenden Ebene bewegt, das Feld die Wirkung ausüben muß, das Elektron dem Ion zu nähern und damit die Stabilität des Systems zu vermehren. Nur in Magnetfeldern von

sehr großer Stärke wird sich die umgekehrte Wirkung zeigen. Mit dieser Theorie stimmt die Tatsache überein, daß das die magnetischen Strahlen kennzeichnende Plücker'sche Lichtbündel bei allmählicher Steigerung des Magnetfeldes plötzlich auftritt, bei hoher Feldstärke wieder verschwindet. Messungen der von Kathodenstrahlen und Kanalstrahlen mitgeführten Ladungen zeigten eine Verringerung derselben im Magnetfelde; das scheint auf eine Vereinigung der in diesen Strahlen vorhandenen Elektronen und Ionen, d. h. auf Bildung magnetischer Strahlen, hinzuweisen. Eine zylindrische Röhre, an deren einem Ende eine kleine Kathode, hinter dieser ein Magnetpol, zeigte die Erscheinung der magnetischen Strahlen besonders deutlich. Bei einer bestimmten Feldstärke tritt eine beträchtliche Steigerung des Entladungspotentials ein, und gleichzeitig erfolgt die Umwandlung der Kathodenstrahlen in magnetische Strahlen. Setzt man die Erhöhung der Feldstärke fort, so nimmt in einem Moment das Entladungspotential schnell ab; gleichzeitig verschwinden die magnetischen Strahlen, und die Röhre erhält ungefähr wieder das Aussehen wie vor Erregung des Feldes. Versuche mit dem rotierenden Spiegel zeigten das Intermittieren des Entladungsvorganges im Magnetfelde. Die magnetischen Strahlen erfüllen nur den ersten Teil der zylindrischen Röhre hinter der Kathode; ihre Verlängerung bildet eine Lichtsäule vom Aussehen einer positiven Säule, innerhalb der sich eine aus positiven Ionen bestehende „virtuelle Anode“ ausbildet. Ebenso wie längs der Bahn der Kathodenstrahlen, so bilden sich auch auf dem Wege der Kanalstrahlen im Magnetfelde magnetische Strahlen. Die magnetischen Strahlen erzeugen an der Glaswand der Röhre für gewöhnlich gelbe, bei geringerem Druck grüne Fluoreszenz. Bringt man die Röhre zwischen zwei gleichnamige Magnetpole, so erscheint in jeder Hälfte der Röhre ein Bündel magnetischer Strahlen. Die kreisenden Doppelsterne werden unter der Wirkung des hinter der Kathode liegenden Feldes gebildet, zerfallen in der Mitte der Röhre und bilden sich unter Wirkung des zweiten Feldes am andern Ende der Röhre von neuem. Eigenartige Erscheinungen erhält man, wenn man von der Seite einen Magnetpol dem Magnetstrahlenbündel nähert. Auch sekundäre Kathodenstrahlen können sich in magnetische Strahlen umwandeln.

⁷⁾ Phil. Mag. 20, 320 (1910).

⁸⁾ Physikal. Zeitschr. 11, 158 (1910); s. auch die Anzeige in dieser Zeitschr. voriges Heft, S. 313.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die Stellung der neueren Physik zur mechanischen Naturanschauung. Über dieses Thema hat MAX PLANCK auf der 89. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Königsberg eine Rede gehalten, die in der *Intern. Wochenschrift* vom 8. Oktober 1910 veröffentlicht ist¹⁾. Der Verfasser hält angesichts der Fülle neuer Tatsachen und neuer Ideen, die die jüngste Entwicklung der Physik zutage gefördert hat, das Verlangen nach einer zusammenfassenden Betrachtungsweise für durchaus gerechtfertigt. „Denn so gewiß der Erfolg eines jedweden Experiments nur durch eine passende Anordnung der Versuche gewährleistet wird, ebenso sicher kann eine in weiterem Umfang brauchbare Arbeitshypothese, die zu richtigen Fragestellungen verhilft, nur durch eine zweckmäßige physikalische Weltanschauung vermittelt werden.“ Die Frage, ob die mechanische Naturanschauung dies heute noch leiste, scheine in unseren Tagen sich einer Entscheidung zu nähern, da sich heute in der theoretischen Physik eine radikale Umwälzung vollziehe, die nur mit dem Auftreten der kopernikanischen Weltanschauung verglichen werden könne.

Nach einem interessanten Rückblick auf die Entwicklung der mechanischen Naturanschauung und insbesondere der mit ihr eng verknüpften kinetischen Atomistik spricht sich der Verfasser dahin aus, daß auf den Gebieten der Chemie, der Wärmelehre, der Elektronentheorie die kinetische Atomistik nicht nur Arbeitshypothese, sondern eine fest und dauernd begründete Theorie sei. Dagegen begegne die Ausdehnung dieser Theorie auf alle Naturvorgänge immer größeren Schwierigkeiten, namentlich gelte dies von dem Versuch, die Lichtwellen als Bewegungen eines Lichtäthers zu deuten. Mit dem Auftreten der elektromagnetischen Lichttheorie wurde das Problem nur insofern verschoben, als es nun darauf ankam, sämtliche elektromagnetischen Vorgänge auf Bewegung zurückzuführen. Es erwies sich aber als unmöglich, die elektrodynamischen Vorgänge im freien Äther aus einer einheitlichen mechanischen Hypothese abzuleiten, während doch dieselben Vorgänge durch die Maxwell-Hertz'schen Differentialgleichungen mit wunderbarer Einfachheit und Genauigkeit dargestellt werden.

¹⁾ Als besondere Schrift bei S. Hirzel, Leipzig 1910. Preis M 1,25.

Durch das Scheitern aller Versuche, in den Fragen nach den mechanischen Eigenschaften des Äthers vorwärts zu kommen, wird nun der Gedanke nahe gelegt, ob nicht dieses Scheitern einen prinzipiellen Grund hat, und ob nicht vielleicht die Fragestellung falsch sei. Dieser Gedanke kann auch in die folgende Form gefaßt werden: Welche Beziehungen müssen zwischen den Naturkräften bestehen, wenn es unmöglich sein soll, an dem Lichtäther irgendwelche stofflichen Eigenschaften nachzuweisen? Wenn also die Lichtwellen sich, ohne überhaupt an einem materiellen Träger zu haften, durch den Raum fortpflanzen? Dann würde insbesondere auch die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers in bezug auf den Lichtäther gar nicht definierbar, geschweige denn meßbar sein. Bekanntlich hat sich nicht die Spur eines Einflusses der Erdbewegung auf die optischen Vorgänge innerhalb unserer Atmosphäre nachweisen lassen, obwohl namentlich eine von Michelson ersonnene Versuchsanordnung so fein ist, daß ein solcher Einfluß deutlich hätte sichtbar werden müssen.

Die prinzipielle, eben erwähnte Fragestellung findet nun an dem Prinzip der Relativität einen bedeutsamen Anhalt. Denn nach diesem Prinzip ist es unmöglich, an unserm Sonnensystem eine gemeinsame konstante Geschwindigkeit aller Bestandteile desselben durch Messungen innerhalb des Systems nachzuweisen. Eine solche Geschwindigkeit dürfte also in keiner Weise durch Wirkungen innerhalb des Systems zur Geltung kommen. Hieran anschließende Überlegungen²⁾ haben bekanntlich dazu geführt, einer Zeitgröße ebenso wie einer Geschwindigkeit nur relative Bedeutung zuzuerkennen. Die Schwierigkeit, die diese Vorstellung dem gewöhnlichen Anschauungsvermögen macht, gibt der Verfasser zu, aber er erinnert an die ähnliche Erfahrung mit der Kugelgestalt und der Drehung der Erde, während heute jemand, der hiergegen Bedenken erhöhe, einfach ausgelacht werden würde, und fügt hinzu: „Ich bin nicht sicher, ob nicht in abermals fünfhundert Jahren das nämliche jemand passieren würde, der den relativen Charakter der Zeit bezweifeln wollte.“

²⁾ Vgl. Classen, Über das Relativitätsprinzip in der modernen Physik. Dieser Jahrg. d. Zeitschr., Heft 5, S. 257.

Die Theorie der Relativität in diesem die Zeit einschließenden Umfange hat sich dadurch bewährt, daß ihre Methoden bequem und universell, ihre Resultate eindeutig und verhältnismäßig leicht formulierbar sind. Die Theorie ist zunächst vorwiegend von Mathematikern ausgebildet worden, und die maßgebenden mathematischen Methoden sind zum größten Teil ganz dieselben wie die in der vierdimensionalen Geometrie ausgebildeten. Die Experimentalphysiker stehen der Sache noch zurückhaltend gegenüber und warten ab, welche Resultate die experimentelle Prüfung ergeben wird. Diese Prüfung stellt an die Genauigkeit der Messungen Anforderungen, die die Beobachtungsinstrumente bis zur äußersten Grenze ihrer Leistungsfähigkeit in Anspruch nehmen. Dies rührt daher, daß die Geschwindigkeiten der irdischen Körper gegen die Lichtgeschwindigkeit in der Regel äußerst klein sind. Die schnellsten Bewegungen treffen wir bei den Elektronen; auf diesem Gebiet ist das erste sichere positive Ergebnis zu erwarten. Die Sache liegt hier ähnlich wie bei der Kugelgestalt der Erde. Wäre der Erdradius nicht gar so groß gegen die uns bei Versuchen zur Verfügung stehenden Längen, so wäre die Kugelgestalt der Erde (und damit die Relativität aller räumlichen Richtungen) jedenfalls schon viel früher erkannt worden.

Die hervorgehobene Analogie der Zeit und des Raumes geht, wie Minkowski gezeigt hat, sogar so weit, daß die Dimension der Zeit und die drei Dimensionen des Raumes absolut symmetrisch in die physikalischen Grundgesetze eingehen. „Der Übergang von einer räumlichen Richtung in eine andere ist danach mathematisch und physikalisch vollkommen äquivalent dem Übergang von einer Geschwindigkeit auf eine andere.“

Zum Schluß deutet der Verfasser noch an, in welcher Weise die Konsequenzen der Theorie weiter zu entwickeln sein würden. Das oberste physikalische Gesetz, das Prinzip der kleinsten Wirkung, enthält die vier Weltkoordinaten x , y , z , t in vollkommen symmetrischer Anordnung. Von diesem Zentralprinzip strahlen symmetrisch nach vier Richtungen vier ganz gleichwertige Prinzipien, entsprechend den vier Weltdimensionen, aus; den räumlichen Dimensionen entspricht das

(dreifache) Prinzip der Bewegungsgröße, der zeitlichen Dimension das Prinzip der Energie! Die drei Newtonschen Bewegungsgleichungen sind nichts anderes als der Ausdruck des Prinzips der Bewegungsgröße, angewandt auf einen materiellen Punkt; die Änderung der Bewegungsgröße ist gleich dem Impuls der Kraft, während die Änderung der Energie gleich der Arbeit der Kraft ist. Jede der beiden Naturanschauungen, die mechanische wie die energetische, ist einseitig; beide aber sind in jenem allgemeinen Prinzip enthalten.

Die Masse ist nach der neuen Auffassung keine Konstante, sondern ein abgeleiteter Begriff, und ihre Größe ist abhängig von der Geschwindigkeit, derart, daß, wenn die Geschwindigkeit des Körpers bis zur Lichtgeschwindigkeit gesteigert wird, seine träge Masse über alle Grenzen hinaus wächst. Daher ist es nach dieser Theorie unmöglich, die Geschwindigkeit eines Körpers so groß oder gar größer als die Lichtgeschwindigkeit zu machen. Als universelle Konstanten dagegen sind anzusehen die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum, die elektrische Ladung und die Ruhmasse eines Elektrons, das aus der Wärmestrahlung gewonnene „elementare Wirkungsquantum“, die Gravitationskonstante und wohl noch andere. Diese Größen sind von realer Bedeutung, insofern ihre Werte unabhängig sind von der Beschaffenheit, dem Standpunkt und dem Geschwindigkeitszustand des Beobachters.

Das Prinzip der Relativität erweist sich nicht nur als zerstörend, sondern noch mehr als ordnend und aufbauend. „Es entfernt aus dem physikalischen Weltbild die im wesentlichen nur durch die Zufälligkeit unserer menschlichen Anschauungen und Gewohnheiten hereingebrachten Bestandteile, . . . es eröffnet dem Forscher eine Perspektive von schier unermeßlicher Weite und Erhabenheit und leitet ihn auf Zusammenhänge, die man in früheren Perioden nicht einmal zu ahnen vermochte.“ Mindestens aber muß man das Prinzip als eine Arbeitshypothese von eminenter Fruchtbarkeit anerkennen. Während es anfangs den Anschein hatte, daß die experimentellen Messungen den Forderungen des Prinzips widersprechen, scheint sich jetzt das Zünglein der Waage mehr zugunsten des Prinzips zu neigen.

4. Unterricht und Methode.

Über Probleme des physikalischen Unterrichts sprach F. POSKÉ in Brüssel gelegentlich der Tagung der internationalen mathematischen Unterrichtskommission am 14. August 1910. Dem Vortrage sind die folgenden Darlegungen entnommen¹⁾.

Der physikalische Unterricht in Deutschland befindet sich in einer stetig fortschreitenden Entwicklung. Mit dieser Entwicklung aber ist eine Reihe von Problemen verknüpft, die zurzeit in Deutschland und wohl auch anderwärts aktuell sind. Ein erstes, oft erörtertes Problem dieser Art betrifft die Beziehung des physikalischen zum mathematischen Unterricht. In früherer Zeit trug der physikalische Unterricht vorwiegend mathematisches Gepräge; dies hat sich in den letzten 20 Jahren wesentlich geändert. Der Unterricht ist mehr und mehr experimentell geworden — bis zu dem Grade, daß man hier und da die mathematische Seite auf Kosten der experimentellen vernachlässigen zu können geglaubt hat. Dazu kam, daß die elementarmathematische Behandlung physikalischer Dinge zumeist die volle Strenge vermissen ließ. Der Grund dafür liegt hauptsächlich darin, daß bisher die Elemente der Infinitesimalrechnung nicht vorausgesetzt werden konnten. Die neuere Reformbewegung zielt bekanntlich auf Einführung dieser Elemente in den Schulunterricht ab und erfreut sich stets wachsender Erfolge. Mit der Zeit wird es also möglich sein, gewisse Elementar-begriffe und Gesetze in der Physik streng und doch ohne großen Zeitaufwand zu entwickeln. So sehr auch betont werden muß, daß Physik in erster Reihe Naturwissenschaft ist, so kann sie doch andererseits das Salz der Mathematik nicht entbehren; sie würde damit ihres Hauptvorzugs vor den anderen Naturwissenschaften, der exakten Formulierung ihrer Gesetze und gleichsam des Knochengerüstes mathematisch strenger Begriffe, verlustig gehen. —

Durch die gewaltigen Fortschritte der modernen Technik drängt sich ferner eine Fülle von Anwendungsstoff an den physikalischen Unterricht heran; jedes Jahr bringt neue Erfindungen, die unseren Schülern durch das tägliche Leben bekannt werden und über die sie Aufklärung verlangen. Es geht nicht mehr an, sich auf den Standpunkt früherer

Zeit zu stellen und diese technischen Dinge als nicht zur Wissenschaft gehörig beiseite zu lassen. Das stets sich erneuernde Problem ist, wie all dies in der kurzen, dem Unterricht zur Verfügung stehenden Zeit bewältigt werden soll. Immer wird es ja die erste Aufgabe des Unterrichts sein, die wissenschaftlichen Vorkenntnisse zum Verständnis dieser Dinge zu vermitteln. Aber darüber hinaus wird der Unterricht sich der Pflicht nicht entziehen können, auch über technische Erfindungen Auskunft zu geben. Auch die neueren deutschen Lehrbücher berücksichtigen diese Anwendungen in steigendem Maße. Es bleibt eine beständig sich erneuernde Aufgabe, der hier auftretenden Pflicht zu genügen, ohne die Hauptziele des physikalischen Unterrichts zu vernachlässigen. Hier ist, wie bei vielen Dingen, ein taktvoller Ausgleich, ein Kompromiß nötig. —

Zu den technischen Fortschritten aber gesellt sich eine beständig wachsende Menge neuer wissenschaftlicher Entdeckungen. Von diesen, z. B. den neueren Strahlungen, den Erscheinungen der Radioaktivität, soll den Schülern ebenfalls einiges mitgeteilt werden. Auch dadurch wird ein weiteres Problem immer aktueller, das Problem der richtigen Auswahl des Stoffes. Noch dringlicher wird gerade dieses Problem dadurch, daß die Methode des Unterrichts sich geändert hat. An die Stelle des dogmatischen Unterrichts tritt mehr und mehr die heuristische Methode, die den Stoff nicht einfach mitteilen, sondern mit den Schülern erarbeiten, ihn gewissermaßen selbsttätig heranbringen will. Dies braucht nicht notwendig in Schülerübungen zu geschehen; auch in reger Wechselwirkung und Diskussion zwischen Lehrer und Schülern, wie sie bereits seit langer Zeit nach dem Beispiel des berühmten Schellbach üblich ist, kann ein solches heuristisches Verfahren betrieben werden. Dazu aber gehört mehr Zeit als zu bloß mitteilendem Unterricht. Kommen nun gar eigene praktische Versuche der Schüler, die sogen. Schülerübungen, hinzu, so wird die Zeit noch weniger ausreichen. Es hat daher nicht an Stimmen gefehlt, die die Forderung erhoben haben, es sei der Unterricht überhaupt eklektisch zu betreiben und grundsätzlich von einem Überblick über die Gesamtheit des physikalischen Gebiets abzusehen. Man solle ganze große Abschnitte fortlassen, um dafür andere dafür geeignete desto gründlicher methodisch durchzuarbeiten.

¹⁾ Eine ausführlichere Wiedergabe des Vortrages ist in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturw. 1910, Heft 5, veröffentlicht.

Dennoch wird die Entwicklung bei uns in Deutschland wohl nicht diesen Weg gehen. Es wird sich immer wieder das Bedürfnis geltend machen, die Einheit des physikalischen Weltbildes auch im Unterricht zum Ausdruck zu bringen. Gerade heute, wo die Wissenschaft sich wieder darauf besinnt, daß über allen Fortschritten der Spezialforschung doch die Einsicht in die Einheitlichkeit und den Zusammenhang des Naturgeschehens als Ziel alles Fortschritts bestehen bleibt, heute wäre es eine seltene Verirrung, wenn der Unterricht sich mit einer rein eklektischen Behandlung des Stoffes begnügen wollte. Allerdings wird das Prinzip der rein heuristischen Methode nicht durchweg aufrecht erhalten werden können; man wird daneben wieder gewisse Abschnitte in dozierend dogmatischer Form behandeln müssen, aber gerade in diesem Teil des Unterrichts die großen zusammenfassenden Gedanken betonen können. Und man wird zweitens auch das Lehrbuch nicht eng der heuristischen Methode anpassen dürfen, sondern gerade das Lehrbuch wird den Zusammenhang und die logische Gliederung des gesamten Stoffes zur Darstellung bringen müssen. Wir werden uns dem amerikanischen System nähern, wo das text book neben den practical exercises einen wesentlichen Bestandteil im Unterrichtsbetrieb bildet. —

Auch an die Schülerübungen knüpfen sich Probleme zum Teil recht schwieriger Art. In dem Maße, in dem diese Übungen Einführung fanden, wurde die Frage immer brennender: In welchem Verhältnis sollen die praktischen Übungen zu dem physikalischen Klassenunterricht stehen? Sollen sie neben diesem herlaufen, oder sollen sie irgendwie organisch mit diesem verbunden oder, wie man auch gesagt hat, verwebt werden? Die Natur der Sache selbst hat hier die Entscheidung gegeben. Denn wenn sich alle physikalische Erkenntnis auf Beobachtung und Experimente aufbaut, so ist es sicher naturgemäß, daß Beobachtung und Versuch dem geregelten Klassenunterricht voraufgehen und gleichsam die Grundlage bilden. Mit anderen Worten: Die praktischen Übungen sollen nicht als Erläuterungen neben dem Unterricht hergehen, sondern sollen mit diesem eng verbunden sein. Damit ist freilich nur ein ideales Ziel bezeichnet, das einstweilen wohl nur an den realistischen Anstalten erreichbar und auch hier erst zum Teil verwirklicht ist, während die große Zahl der Gymnasien sich bestenfalls mit fakultativen und daher nicht

in den Gang des Unterrichts eingefügten Übungen begnügen muß. —

Mit der Einordnung der Schülerübungen in den lehrplanmäßigen Gang des Unterrichts ist auch noch die andere Frage nach der besten Art der Übungen der Entscheidung näher geführt worden. Die ersten praktischen Übungen, wie sie namentlich Schwalbe eingerichtet hat, waren qualitativer Natur; dies System hat sich weniger gut bewährt und ist heute großenteils verlassen. Ein anderes Verfahren schloß sich eng an den Betrieb der Hochschule an; es bestand hauptsächlich in messenden Versuchen, bei denen physikalische Konstanten mit möglichst großer Genauigkeit bestimmt wurden. Dies Verfahren ist indes nicht ohne weiteres auf den Schulunterricht übertragbar. Die genaue Bestimmung einer Konstanten erfordert zumeist „einen kostbaren Apparat und ein kompliziertes Verfahren“, ist daher der Hochschule vorzubehalten. Wir können die Konstanten nur mehr oder weniger näherungsweise ermitteln. Was wir dagegen in diesen Übungen in erster Reihe erreichen können, ist die Erkenntnis der funktionalen Abhängigkeit gewisser Größen voneinander. Hierin liegt ein besonders bildendes Moment der Schülerübungen. Die Auffindung eines gesetzmäßigen Zusammenhanges aber läßt sich meist mit ganz schlichten und durchsichtigen Vorrichtungen ausführen. Auch die Zahl der graphischen Darstellungen, die sich an solche Untersuchungen anschließen, ist nicht gering. Immerhin erfordern solche Übungen, wenn sie von einer ganzen Klasse gleichzeitig ausgeführt werden sollen, eine beträchtliche Zeit. Es ist daher noch eine Abänderung des Verfahrens von Hahn in Berlin in Vorschlag gebracht worden, die er als das Verfahren des allseitigen Angriffes bezeichnet. Es besteht darin, daß verschiedene Gruppen gleichzeitig Teile derselben Hauptaufgabe lösen. Die Resultate aller Gruppen werden nachher in einer für alle gemeinsamen Besprechung zusammengestellt und die Folgerungen daraus gezogen. —

Der Vortragende berührte endlich noch die Frage, woher die erforderliche Zeit für die Schülerübungen genommen werden solle, und schloß mit dem Hinweis auf das rege Leben, das in Deutschland auf diesem Gebiete herrsche. „Wir verdanken diese Entwicklung zunächst der Vielheit der deutschen Staaten, die es ermöglicht, daß hier und da unter günstigen Bedingungen Ideen verwirklicht werden können, deren Durchführbarkeit auf

diese Weise erwiesen wird, und die dann auch andere zu gleichem Vorgehen veranlassen. Wir verdanken diese Entwicklung zweitens aber der Freiheit, die besonders auch in Preußen durch die Lehrpläne von 1901 ausdrücklich gewährt wird, und durch die alle lebendigen Kräfte im deutschen Lehrstande ermutigt werden, sich in den Dienst des Fortschritts zu stellen.“

Physikalische Schülerübungen. In der deutschen Unterrichtsabteilung der Brüsseler Weltausstellung hielt am 11. August Herr E. GRIMSEHL einen Vortrag über die an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg ausgeführten physikalischen Schülerübungen. Einleitend besprach er den Entwicklungsgang der Übungen an dieser Schule, die vor etwa zehn Jahren unter den denkbar ungünstigsten Umständen begonnen wurden und sich seit der Zeit zu einer Höhe entwickelt haben, daß sie für viele Schulen vorbildlich geworden sind. Mit den Übungen wurde begonnen, als die sechsstufige Realschule in eine neunstufige Oberrealschule umgewandelt wurde, ohne daß die für den erweiterten Betrieb erforderlichen Räume vorhanden waren. Für den gesamten physikalischen und chemischen Unterricht war nur ein kleiner Hörsaal vorhanden, an den ein kleines physikalisches und ein noch kleineres chemisches Sammlungszimmer angrenzten. So waren mangelhafte Räume und mangelhafte Erfahrung die Grundlagen, auf die sich die Übungen stützen konnten; doch war bei den Lehrern ein eifriges Wollen vorhanden, das über diese Schwierigkeiten hinwegtäuschte. Damals existierte nur der kleine Leitfaden von Noack, und dieser hat sich auch als Führer durch die erste Periode der Übungen gut bewährt. Als Apparate standen nur die Apparate der Unterrichtssammlung zur Verfügung, die durch einige Noacksche Apparate ergänzt wurden. Da alle Apparate nur in der Einzahl vorhanden waren, mußten die Schüler einer Klasse gleichzeitig mit verschiedenen Aufgaben betraut werden, die natürlich vorwiegend nur den Charakter der Repetitionsaufgaben tragen konnten. Die Übungen wurden nur in den Oberklassen gemacht; sie waren für die Schüler wahlfrei; doch nahmen stets sämtliche Schüler der Oberklassen an den Übungen teil. Für den leitenden Lehrer waren die Übungsstunden im höchsten Maße anstrengend, da der Lehrer mit seinen Gedanken dauernd von einem physikalischen Lehrgebiet in ein anderes springen mußte, wenn er von der einen Arbeits-

gruppe zu einer anderen ging, um helfend und belehrend einzugreifen. So regte sich zuerst der Wunsch, zugleich mehrere Schülergruppen mit derselben oder wenigstens doch mit ähnlichen Arbeiten zu beschäftigen, hervorgerufen durch die Notwendigkeit, den Lehrer zu entlasten. Deshalb wurden von einigen Apparaten zwei gleichartige Exemplare angeschafft; jedoch verbot der hohe Preis der damals benutzten Apparate die Anschaffung einer größeren Anzahl gleicher Apparate. Dennoch zeigte die Erfahrung, daß es erwünscht sei, möglichst alle Schüler gleichzeitig mit derselben Aufgabe zu beschäftigen, wenn die Übungen recht fruchtbar für die Schüler gestaltet werden sollten, ohne zu aufreibend für den Lehrer zu sein.

Um nun auf möglichst billige Weise Apparate für die Schülerübungen zu beschaffen, wurden die Schüler selbst unter Anleitung des Lehrers mit dem Bau geeigneter Apparate betraut; d. h. es wurden aus den physikalischen Übungsstunden Stunden in physikalischer Handfertigkeit. Mit großem Eifer und nicht ohne Erfolg wurden mannigfaltige Apparate gebaut, die zum Teil noch heute in Benutzung sind. Es erschien auch plausibel, daß ein Schüler einen Apparat, den er selbst gebaut hatte, am besten verstehen würde. Hierin täuschte man sich nicht. Trotzdem kam man nach kurzer Zeit von dieser Art der Übungen wieder zurück, da der Aufwand an Zeit, der für die Anfertigung eines Apparates nötig war, in einem gar zu ungünstigen Verhältnis zu dem Gewinn an physikalischer Erkenntnis und physikalischer Bildung stand. Zudem wurde es klar, daß es einerseits erwünscht war, die physikalischen Übungen für alle Schüler nutzbringend zu gestalten, daß aber andererseits keineswegs alle Schüler die zur Anfertigung der Apparate erforderliche manuelle Geschicklichkeit besaßen, daß sogar manche Schüler geradezu einen Hemmschuh für die übrigen bildeten. So wurden die physikalischen Handfertigungsübungen nach etwa einjährigem Versuch wieder aufgegeben mit der Überzeugung, daß derartige Übungen höchstens als völlig wahlfreie Übungen außer Zusammenhang mit dem physikalischen Unterricht ausgeführt werden können; daß sie aber die physikalischen Übungen, die sich an den Unterricht anschließen, niemals ersetzen können.

Inzwischen war durch eine Erweiterung des Schulgebäudes ein besonderer Raum für die physikalischen Schülerübungen geschaffen, der möglichst einfach eingerichtet war, indem er nur an den Wänden mit verschiedenen

Gas-, Wasser- und elektrischen Anschlüssen versehen war; während die aufgestellten Tische frei von jeder Leitung blieben, dafür aber den Vorteil der freien Beweglichkeit hatten, so daß man dann, wenn man Gas, Wasser oder Elektrizität an einem Tische brauchte, mit dem Tische an den betreffenden Anschluß herangehen konnte. Diese Einrichtung hat sich bis heute in jeder Beziehung bewährt und verdient den Vorzug vor fest aufgestellten Tischen, die mit den erforderlichen Leitungen fest versehen sind, ganz abgesehen davon, daß die einfachen Tische bedeutend billiger sind als die festen, mit Leitungen versehenen Tische.

Die wachsende Erfahrung führte allmählich zur Konstruktion einfachster Apparate für Schülerübungen, die jetzt an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg durchweg in zehn gleichen Exemplaren vorhanden sind. Da fast ausnahmslos immer zwei Schüler zu einer Gruppe vereinigt arbeiten, so können gleichzeitig zwanzig Schüler mit derselben Übung beschäftigt werden. Die Übungen schließen sich auf jeder Klassenstufe dem physikalischen Vortragsunterricht eng an; sie bilden meist den Ausgangspunkt der theoretischen Erörterungen, dienen aber auch wohl dazu, eine im Vortragsunterricht gebrauchte physikalische Konstante zu bestimmen. Die an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst benutzten Apparate für die Schülerübungen sind fast ausnahmslos Originalkonstruktionen des Vortragenden.

Im Anschluß an den Vortrag sowie am Nachmittag führte Herr GRIMSEHL eine Reihe von Apparaten und Versuchsanordnungen vor.

Er forderte dazu auf, auch dann mit der Einführung physikalischer Schülerübungen nicht zu zögern, wenn die äußeren Umstände dafür nicht besonders günstig lägen, da nach seinen Erfahrungen ein Lehrer, der mit Begeisterung für sein Fach und mit Liebe für die Jugend an die Übungen herangehe, die zuerst ihm entgegenstehenden Schwierigkeiten überwinden werde. Man werde wohl zuerst allerorts damit anfangen, daß die Schüler mit getrennten Arbeiten beschäftigt werden, da selten die Apparate gleicher Art in genügender Zahl vorhanden sein werden; aber man solle danach streben, möglichst bald zu den sogenannten Übungen in gleicher Front überzugehen, die mit dem Vortragsunterricht des Lehrers in möglichst inniger Wechselbeziehung stehen.

Die Stellung der Hypothese im Unterricht.

Dem interessanten Buche von F. Hodson

und M. E. Sadler „*Broad Lines in Scientific Teaching*“ (vgl. d. Heft, S. 374) entnehmen wir folgende Ausführungen von T. PERCY NUNN über „*The Place of Hypotheses in Science Teaching*“. Es kommt nicht selten vor, daß ein Schüler den Lehrer in Verlegenheit setzt mit der Frage: „Was ist Elektrizität?“ oder „Was ist der Äther?“ Die Verlegenheit des Lehrers ist um so größer, je mehr er über diese Fragen nachgedacht hat; denn sie hängen aufs engste mit dem Problem zusammen: „Gehören solche Dinge wie Elektrizität und Äther zu den letzten unzerstörbaren Realitäten, aus denen die Welt aufgebaut ist, oder bestehen sie nur aus eben dem Stoff, aus dem die Träume des Forschers gebildet sind?“ Der Verfasser erinnert daran, daß für Lord Kelvin der Äther zu den allersichersten Realitäten gehörte; daß die Energie nach Heaviside das einzige Ding ist, was existiert, während alles andre nur „Mondschein“ sei; daß die „Moleküle“ und die „Ionen“ für Realitäten gehalten werden, ebenso wie das fossile, nach einer Kinnlade rekonstruierte Opossum Cuviers, obwohl die einen wie das andre der direkten menschlichen Beobachtung unzugänglich sind. Indessen macht man in neuerer Zeit einen schärferen Unterschied zwischen Tatsachen und wissenschaftlichen Begriffen; man kann die Nützlichkeit der letzteren zugeben, ohne irgendeine Ansicht über ihre objektive Realität auszusprechen. So wurde schon im Zeitalter Galileis von manchen (wie von Henry Gellibrand 1635) die kopernikanische Lehre nicht als objektive Wahrheit, sondern als eine Konsequenz der „Unfähigkeit des Menschen, die wunderbare Schöpfung Gottes in ihrer ganzen tatsächlichen Komplexität aufzufassen“, angesehen; Newton betrachtete einen Begriff wie die Zentralkraft nur als ein Hilfsmittel zur intellektuellen Bearbeitung der Tatsachen, ebenso stellte sich Joseph Black zu seinem „Caloricum“, und einige Chemiker des 19. Jahrhunderts (Wollaston, Davy, Liebig, Faraday) zur Atomtheorie. Später führten die erstaunlichen Erfolge der Fernwirkungstheorie wie der Atomtheorie dazu, daß die Mehrzahl der Forscher es mit Realitäten zu tun zu haben glaubte. Kirchhoff, Mach, Pearson leiteten wieder zu vorsichtigerer Auffassung zurück.

Angesichts des Widerspruchs, der zwischen den hervorragendsten Forschern besteht, ist es dem Physiklehrer nicht zu verdenken, wenn er es vermeidet, sich auf einen der beiden entgegengesetzten Standpunkte zu stellen. Die Ausbildung des künftigen Elektro-

ingenieurs wird auch nicht sichtlich gefördert werden durch Untersuchungen darüber, ob die Elektrizität eine Flüssigkeit oder ein bloßer Begriff ist, der als Hilfsmittel für die ökonomische Beschreibung dient; der künftige Fabrikchemiker hat keinen Vorteil davon, wenn er zum Nachdenken darüber gebracht wird, daß Strukturformeln bloß ersonnen sind, um häufig vorkommende Wahrnehmungen zusammenzufassen. Sobald aber der Lehrer auf die erzieherische Seite seiner Arbeit Nachdruck legt, sobald er den Hauptwert seiner Tätigkeit darin erblickt, daß sie in die wissenschaftliche Methode einführt, dann kann er es doch nicht umgehen, sich auf die Fragen des wissenschaftlichen Kritizismus einzulassen. Er mag immerhin die destruktiven Schlüsse, zu denen mehrere moderne Denker gelangt sind, ablehnen und mag der älteren optimistischen Ansicht beipflichten, für welche die Moleküle und der Äther Realitäten sind; aber er muß doch dabei einen Unterschied beachten. Er darf erstlich seinen Optimismus nicht auf die Unkenntnis der gegnerischen Argumente aufbauen, und er darf zweitens nicht ihn seinen Schülern aufdrängen. Es wäre eine Verkennung des Wesens der wissenschaftlichen Methode, wenn man Knaben und Mädchen dazu anleiten wollte, unerwiesene Hypothesen als wohlbegründete und feststehende Resultate anzunehmen, oder zu denken, daß sie es mit letzten Realitäten zu tun haben, wo es sich nur um a priori gemachte Annahmen handelt. Ferner ist zu beachten, daß gerade für das Lebensalter des Schülers ein wenig Skeptizismus in bezug auf die Werkzeuge wissenschaftlicher Untersuchung von ausgezeichnetem Nutzen ist, da hierdurch falsche Meinungen über den Wert der Forschungsarbeit berichtigt und richtige Ansichten über die Größe der Leistungen, die zu den heutigen Errungenschaften führten, hervorgerufen werden.

Der praktische Wert dieser Erziehungsprinzipien wird erläutert durch näheres Eingehen auf die spezielle Frage, ob wir im Unterricht die objektive Realität der Moleküle und Atome lehren sollen. Jedenfalls herrscht darüber Einigkeit, daß Atome und Moleküle in der chemischen Theorie zunächst nur ein Mittel zur Interpretation gewisser, die quantitative Seite der chemischen Umsetzungen betreffender Tatsachen sind. Deshalb muß jeder Lehrer seiner Klasse zunächst diese Tatsachen — das sogenannte Gesetz der konstanten Gewichtsverhältnisse — vorführen, ehe er Atome und Moleküle zum Zweck der

„Erklärung“ dieser Tatsachen einführt. Alle werden ferner darin übereinstimmen, daß die Theorie der Atome und Moleküle auch einen großen heuristischen Wert hat. Aber damit ist die Übereinstimmung zu Ende. Bei der Frage der Realität oder Nichtrealität scheiden sich die Ansichten; die einen huldigen dieser, die andern jener Ansicht, weniger aus zureichenden Gründen, als gemäß denselben Differenzen der Anlage, denen zufolge die einen Liberale, die andern Konservative sind, oder die einen Platoniker, die andern Aristoteliker. Der Lehrer kann nicht von seinen Schülern verlangen, daß sie auf Grund einer sehr mangelhaften Kenntnis der Erscheinungen eine Ansicht annehmen, die von Männern mit sehr viel tieferer Einsicht verworfen wird. Und er kann andererseits den Schülern nicht zumuten, daß sie sich mit der Vorstellung einer provisorischen Geltung des Atom- und Molekülbegriffs begnügen; der Schüler will entweder für real nehmen, wovon er Gebrauch macht, oder er will nichts von dem wissen, was nicht real ist.

Diese Überlegungen führen dazu, die Einführung der gewöhnlichen Begriffe von Atomen und Molekülen hinauszuschieben, bis der Schüler dafür reif ist. Der Verfasser selbst hat alle Unzuträglichkeiten, die aus der zu frühen Einführung dieser Begriffe entspringen könnten, dadurch vermieden, daß er die Ausdrücke „Atom“ und „Molekül“ in einem Sinne benutzte, der es gestattete, sie zu nützlichen Hilfsmitteln der Beschreibung zu machen, ohne die Vorstellung der materiellen Diskontinuität damit zu verbinden. Anfänglich bedeutet bei ihm das Wort „Molekül“ bei einer zusammengesetzten Substanz einfach die „kleine Masse“, die der Untersuchung unterliegt; ein Atom ist die kleinste Masse eines Elements, die von dem Molekül entfernt oder ihm zugefügt werden kann, derart, daß wieder ein homogenes Produkt entsteht: So kann ein „Atom“ Sauerstoff von dem braunen Oxyd des Bleis durch Erhitzen abgespalten werden, und das erhaltene gelbe Oxyd kann durch Reduktion gezwungen werden, ein anderes „Atom“ abzugeben. Der Ausspruch, daß ein Molekül braunen Bleioxyds zwei Atome Sauerstoff enthält, ist dann nur eine kurze und zusammenfassende Darstellung des beobachteten Verhaltens der Substanz. Die Entdeckung der Beziehungen, die als Gesetz der „relativen Verbindungsgewichte“ bekannt sind, führt zu einer quantitativen Ausgestaltung des Begriffs und zur Aufstellung einer Reihe von „Atomgewichten“ nebst den zugehörigen

Molekulargewichten, ohne daß dabei an die Hypothese der Diskontinuität des Stoffs gedacht wird. Auf einer dritten Stufe werden dann die gewonnenen Begriffe auf die Beschreibung von Erscheinungen bei der Verbindung von Gasen angewandt. Das Studium der einfachsten Fälle führt bereits zu der Einsicht (*conviction*), daß die Anzahl der sich verbindenden Atome zweier Gase aus dem Verhältnis ihrer Volumina vorausgesagt werden kann. An diese Einsicht schließt sich zunächst die Folgerung, daß unter identischen Bedingungen der Temperatur und des Druckes die Atome aller gasförmigen Elemente das gleiche Volumen einnehmen. Die weitere Betrachtung solcher Erscheinungen wie die Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf, von Wasserstoff und Chlor zu Chlorwasserstoff führt zu der zweiten Folgerung, daß das Molekül einer Verbindung den Raum zweier Atome eines Gases einnimmt. Diese beiden Folgerungen genügen dann für die weiteren Anwendungen des Avogadroschen Gesetzes; so ergibt sich, wenn Kohlenstoff in einem Überschuß von Sauerstoff verbrannt und ein Molekül Kohlendioxydgas ohne Volumänderung gebildet wird, daß bei der Verbindung zwei Atome Sauerstoff in Aktion getreten sind; daraus, daß ein gegebenes Volum Stickstoffoxyd sich mit halb so viel Sauerstoff zu Stickstoffdioxyd verbindet, folgt, daß bei der Verwandlung ein Atom Sauerstoff zu einem Molekül Stickstoffoxyd hinzugetreten ist.

Nachdem so im elementaren Kursus die Einführung der Ausdrücke erfolgt ist, kann dann beim systematischen Unterricht über die Kohlenstoffverbindungen die Vorstellung von der atomistischen Struktur der Materie nicht gut umgangen werden; auf dieser Stufe

aber ist der Schüler bereits reif für eine Aufklärung über die Divergenz der Ansichten, die bezüglich der Realität der Atome und Moleküle bestehen. —

Man wird leicht andere Probleme finden, die zu ähnlichen Überlegungen wie die vorstehenden Anlaß geben. So die Frage nach dem Ursprung der allgemeinverbreiteten Neigung, zu glauben, daß Wasser tatsächlich aus den beiden Elementen „besteht“; so die Frage nach dem präzisen logischen Charakter der Begriffe „Wärme“ und „Wärmeübertragung“, so die Beziehung der Begriffe Kraft und Masse zu den beobachtbaren Vorgängen, auf die sie angewandt werden. Diese und viele andere Fragen der Art lassen nur eine befriedigende Art der Beantwortung zu. Der Lehrer muß in jedem Fall untersuchen, welches die Beobachtungstatsachen sind, auf welche der erklärende Begriff (*the explanatory idea*) angewandt wird, und muß entscheiden, ob der Begriff bloß eine Zusammenfassung dieser Tatsachen darstellt, oder ob er den Charakter eines an sich unverifizierbaren, den Beobachtungstatsachen hinzugefügten Gebildes trägt. —

Wir lassen es dahingestellt, ob in dem oben dargelegten Beispiel aus der Chemie die propädeutische Einführung der Begriffe Atom und Molekül in einem zunächst von der wissenschaftlichen Bedeutung verschiedenen Sinn sich empfiehlt. Es dürften gewichtige Gründe dagegen sprechen. Aber es ist gewiß bemerkenswert, daß auch in England, wo man vielleicht mehr als anderswo dem Prinzip des „*matter of fact*“ huldigt, solche Bestrebungen laut werden, die auf eine gedankliche Vertiefung des naturwissenschaftlichen Unterrichts abzielen.

P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1909, dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. 65. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie. Von K. Scheel. XXX u. 507 S. II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme. Von K. Scheel. XLIII u. 655 S. III. Abteilung: Kosmische Physik. Von R. Abmann. LXX u. 584 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1910.

Mit großer Pünktlichkeit ist wieder noch im Laufe dieses Jahres der Bericht über die Fortschritte des vorhergehenden fertig ge-

worden. Das Verdienstvolle des Unternehmens ist oft hervorgehoben worden; sein Hauptwert liegt darin, daß jedem, der auf einem Spezialgebiet arbeitet, die Möglichkeit geboten ist, sich über die früheren Arbeiten auf diesem Gebiet rasch zu orientieren. Ein Abschnitt von 23 Seiten in Band I stellt auch die Neuerscheinungen auf dem Gebiet des Unterrichts sowie Apparate für Unterricht und Laboratorium zusammen. Hier bildet allerdings unsere Zeitschrift die hauptsächlichste Quelle, nur wenige Angaben sind anderen Zeitschriften entnommen.

P.

Methodik der Naturlehre. Anleitung zur Erteilung des Unterrichts in Volks- und Bürgerschulen und Fortbildungsschulen. Von Schulrat Konrad Kraus, Prof. a. d. k. k. Lehrerbildungsanstalt in Wien. Mit 28 Abbildungen. Wien, A. Pichlers Ww. u. Sohn, 1910. 184 S.

Die ältere Methode der Naturlehre von Netoliczka, die der Verf. in zweiter Auflage herausgegeben, wird nunmehr durch diese völlig neue Arbeit ersetzt. Der Verf. legt im Vorwort dar, daß das Ziel des Unterrichts in der Naturlehre auch für die Volksschule nicht mehr in der Aneignung einer Summe gemeinnütziger Kenntnisse, sondern in einer durch Denken und Arbeit zu gewinnenden naturwissenschaftlichen Bildung bestehe. Er behandelt in einem allgemeinen Teil nach dem Zweck und der Aufgabe des Unterrichts den Lehrstoff, das Lehrverfahren, die Anleitung zu Beobachtungen, die Lehr- und Hilfsmittel. Charakteristisch ist, daß er auch für die Volksschule eigene Betätigung der Schüler durch Beobachtungen und Versuche fordert. Der besondere Teil (S. 58—180) gibt Unterrichtsbeispiele für die Mittelstufe sowie für die Oberstufe der Volksschule und für die Bürgerschule. Hier zeigt sich der besonnene Schulmann, der seine Behandlungsart dem Standpunkt der Kinder anzupassen weiß, und nie über deren Köpfe hinaus nach Früchten greift, die für sie ungenießbar sind. Geschickt knüpft er an die täglichen Beobachtungen der Schüler an und weiß ihr Interesse durch passende Fragen rege zu erhalten. Sicher sollen die Beispiele nicht als unmittelbare Vorlagen für den Unterricht dienen, aber sie regen dazu an, den Unterricht in lebendiger und wirkungsvoller Weise zu erteilen. Das Buch verdient, auch in den reichsdeutschen Fachkreisen beachtet zu werden. P.

Die Sicherstellung der Ernährung der Menschheit. Vortrag, gehalten im Keplerbund (Ortsgruppe Königsberg), von Prof. Dr. Lassar-Cohn. Hamburg und Leipzig, Leop. Voß, 1910. 32 S. M 0,80.

Ein ausgezeichnete populärer Vortrag, der die Grundlagen der Agrikulturchemie darlegt und die dauernde Erhaltung der Fruchtbarkeit von Äckern und Wiesen mittels künstlicher Mittel (Superphosphat, Luftsalpeter usw.) zum Gegenstande hat. Das Schriftchen ist auch als Lektüre für Schüler sehr zu empfehlen. P.

Kraft und Stoff im Haushalt der Natur. Von Max Rubner, o. Prof. a. d. Universität Berlin.

Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1909. 181 S.

Im Mittelpunkt des Buches steht die Beziehung von Materie und Energie zur lebenden Substanz: „Materie und Energie der Nahrung sind für die lebende Substanz trennbare Dinge und werden auch jede für sich zu besonderer Funktion verwandt.“ Der Verf. legt den Hauptnachdruck auf die Rolle der Energie und stellt den wohl anfechtbaren Satz auf, daß jeder Organismus ein bestimmtes Quantum von Energie umzusetzen fähig sei, nach dessen Verbrauch seine Lebenskraft erlischt. Näher auf diese energetische Biologie einzugehen, liegt außerhalb des Rahmens dieser Zeitschrift, doch sei auf ihren vielfältig anregenden Inhalt aufmerksam gemacht. P.

Naturkunde für höhere Mädchenschulen. Von P. Siemon und E. Wunschmann. Dritter Teil: Physik, Chemie und Mineralogie. Vierte, neu bearbeitete Auflage. Mit 92 + 84 Figuren und einer farbigen Spektraltafel. 346 S. Geb. M 3,—.

Die Physik ist von P. Siemon, die Chemie und Mineralogie von E. Wunschmann verfaßt. Schon die dritte Auflage (1908) war durch Zufügung von wichtigeren neuen Erfindungen wie Dampfturbine, Luftschiffahrt, Farbenphotographie angemessen erweitert worden. In der vorliegenden vierten Auflage haben die Verfasser den Stoff nicht beschränken mögen, sondern die passende Auswahl hervorragender Einzelercheinungen, die durch die Lehrpläne vorgeschrieben ist, dem Lehrer überlassen. Nur die Anordnung des Stoffs ist verändert worden, so daß die Reihenfolge im allgemeinen den bestehenden Vorschriften entspricht. Auch sind an einigen Stellen kurze mathematische Entwicklungen eingefügt, die sich allerdings mit Recht auf die einfachsten Formulierungen physikalischer Gesetze beschränken. P.

Broad Lines in Science Teaching. Edited by F. Hodson, Ph. D., B. Sc., Senior Science Master of Bedales School. With an Introduction by M. E. Sadler, M. A., LL. D. etc., Professor of the History and Administration of Education, Victoria University of Manchester. London, Christophers, [1910]. XXXVI u. 268 S. 5 M.

Das Buch enthält, die Einleitung Sadlers nicht mitgerechnet, 21 Abhandlungen von 19 hervorragenden Verfassern. Der Begriff Science Teaching ist hier recht weit genommen und umfaßt ungefähr das, was wir in

Deutschland als Sachunterricht bezeichnen würden. Es werden nämlich in dem Buch auch der Unterricht in der Erdkunde, in der Geschichte, in der Volkswirtschaft, in der Haushaltkunde und die Aufklärung über das Geschlechtsleben behandelt. Diese Überfülle des Inhalts verbietet, hier auf Einzelheiten näher einzugehen. — Sadler gibt in seiner prächtigen Einleitung eine Übersicht über den Inhalt und legt so ein einigendes Band um die meist nur locker zusammenhängenden einzelnen Abhandlungen. Er hebt hervor, daß in der Gegenwart das Eindringen der Naturwissenschaften in die Schulen eine ebenso große Bedeutung für den Kulturfortschritt der Menschheit habe wie die Renaissance zur Zeit der Humanisten. — An den Aufsatz von J. H. Badley über die Stellung der Naturwissenschaft im Lehrplan reihen sich die Arbeiten von Edward Thomas und Clotilde von Wyss über den Unterricht in der Naturkunde, von Oswald Latter über den biologischen Unterricht und von Alice Ravenhill über die Behandlung der Gesundheitslehre. — Über den wertvollen Aufsatz von T. Percy Nunn über die Stellung der Hypothese im naturwissenschaftlichen Unterricht hat F. Poske bereits in dieser Zeitschrift (dieses Heft, S. 371) eingehend berichtet. — Die Abhandlung des Herausgebers, Fred Hodson, über die Forderungen des Arbeitsunterrichts und die Prüfungen zeigt, welchen schädlichen Einfluß das englische Prüfungswesen auf den Schulunterricht ausübt. Hodsons Vorschlag, den ältern Schülern während ihrer freien Zeit die Übungsräume für selbständige Arbeiten zu öffnen, ist nach meinen eigenen Erfahrungen ausgezeichnet; doch läßt er sich, da die Anwesenheit eines Fachlehrers erforderlich ist, nur in vereinzelt günstigen Fällen durchführen. — T. James Garstang schlägt in seinem beachtenswerten Aufsatz über die Verbindung des mathematischen und des naturwissenschaftlichen Unterrichts unter andern vor, die Ergebnisse, die die Schüler bei ihren physikalischen Übungen erhalten haben, in den Mathematikstunden auszuwerten. Hiergegen lassen sich gewichtige Einwände erheben. Auch sind einige der erwähnten Aufgaben wohl kaum durchführbar. — Die Abhandlung von Alfred W. Porter erörtert die Abgrenzung des physikalischen Unterrichts zwischen Schule und College mit besonderer Berücksichtigung von Elektrizität und Magnetismus. — Weitere Aufsätze behandeln den chemischen Unterricht an den Gewerbeschulen und die Vor-

bildung der Landwirte und Ingenieure. — Besondere Beachtung verdient die Abhandlung von Cora B. Sanders über den Einfluß des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Weltanschauung und die religiösen Vorstellungen der Kinder. — Hieran reihen sich Berichte von C. R. Mann und dem Herausgeber über den Stand des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Vereinigten Staaten und in Deutschland. — Den Schluß bilden einige praktische Winke von T. H. Russell über die Einrichtung naturwissenschaftlicher Übungsräume. Sehr beachtenswert ist für uns in Deutschland seine Warnung, in alten Schulgebäuden Zimmer, die ursprünglich für andere Zwecke eingerichtet worden sind, nachträglich in naturwissenschaftliche Arbeitsräume umzuwandeln. — Das Buch erstrebt, zwischen den einzelnen Fächern des Sachunterrichts ein einigendes Band herzustellen, doch lenkt es den Blick des Lehrers weniger auf den Lehrstoff als auf die Schüler. Wenn auch in dem Buche zu vielerlei Gegenstände und diese zu kurz behandelt worden sind, so zeigt es doch in großen Zügen, wie auch unsere englischen Fachgenossen mit Geist und Geschick eifrig und redlich bemüht sind, den Unterricht immer mehr den Bedürfnissen der Gegenwart anzupassen. Das Buch sollte in keiner Lehrer- und vor allem in keiner Seminarbibliothek fehlen.

H. Hahn.

Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus.

Eine Experimentalphysik des Weltäthers für Physiker, Chemiker, Elektrotechniker. Von Gustav Mie, Prof. an der Univ. Greifswald. Stuttgart, Verlag von Enke 1910.

Das vorliegende Lehrbuch nimmt unter den vielen unter gleichem oder ähnlichen Titel erschienenen Werken eine ganz hervorragende Stellung ein. Schon der Untertitel „eine Experimentalphysik des Weltäthers“ deutet darauf hin, daß die Darstellung bewußtermaßen von dem hergebrachten abweicht. In der Tat muß man zugeben, daß es in dem vorliegenden Werke dem Verfasser geglückt ist, das ganze schwierige Gebiet einheitlich aufzubauen auf den modernen Anschauungen der Maxwell-Lorenzschens Denkweise. Dabei fällt es auf, mit welchem Minimum von nur ganz elementaren Formeln der Verfasser auskommt; obwohl die Behandlung des Gegenstandes bis zu den modernsten Problemen der drahtlosen Telegraphie, der Radioaktivität und dem Relativitätsprinzip durchgeführt ist, findet man beim Durchblättern

des 720 Seiten starken Werkes nur selten eine Seite mit Formeln, fast alles ist fortlaufender Text, sehr klare Abbildungen und wiederholte Benutzung graphischer Darstellungen. Es dürfte kaum ein zweites Werk existieren, das bei gleicher wissenschaftlicher Gründlichkeit und Klarheit die gesamte Elektrizitätslehre den modernen Anschauungen entsprechend in so elementarer Behandlungsweise zur Darstellung bringt. Das Geheimnis, wodurch der Verfasser dieses zustande bringt, liegt darin, daß er alle Begriffe streng aus der Erfahrung ableitet und definiert, und die Schwierigkeit bei der Durchführung der gestellten Aufgabe hat darin gelegen, die Begriffe so zu formen und die grundlegenden Gesetze in solche Gestalt zu bringen, daß sie die Tatsachen auch wirklich vom Maxwell-Lorenzschen Standpunkte aus darstellen, und nicht durch die ältere Vorstellungsweise der Fernwirkungen entstellt sind. Als ein Beispiel unter vielen, dafür, wie anders bei diesem Plane altbekannte Fundamentalsätze gestaltet wurden, soll hier nur das Coulombsche Anziehungsgesetz angeführt werden. Wie hat dies folgendermaßen formuliert: „Die elektrische Feldstärke im Äther ist stets genau proportional seiner elektrischen Erregung“, und hierzu macht er die Bemerkung: „Dieses Gesetz, dem in der Mechanik genau das Hookessche Gesetz entspricht, werde ich stets das Coulombsche Gesetz nennen, obwohl es von Coulomb anders formuliert ist und zwar in einer Weise, daß der eigentliche Sinn des Satzes kaum noch zu erkennen ist.“ Man sieht aus diesem Beispiel zugleich, daß es nicht möglich ist, einzelne Kapitel mitten heraus zu verstehen, ohne sich von Anfang an in das Werk hineingelebt zu haben; man muß gesehen haben, wie die Begriffe Feldstärke und elektrische Erregung experimentell gefunden wurden, um zu erkennen, daß wirklich das Coulombsche Gesetz, wenn von aller Fernwirkung abgesehen werden soll, in dieser Gestalt enthalten ist. Wer von Anfang an dem Gedankengange folgt, wird hohen Genuß in dem Studium des Werkes finden. Die Eigenart des Werkes tritt besonders charakteristisch hervor, wenn man die Reihenfolge in seinem Aufbau übersieht. Gleich zu Beginn wird bei der Erzeugung der Elektrizität durch Berührung (Reibung) die Kontaktelektrizität zwischen Metallen und zwischen Metallen und Flüssigkeiten, also die galvanische Kette, mit besprochen. Das bringt große Vorteile für die experimentelle Durchführung der weiteren Untersuchung des elektrischen

Feldes und für die Schaffung einer praktischen Einheit der Spannung, für die gleich das Volt als Spannung des Daniellelementes eingeführt wird. Nach Behandlung des statischen Feldes werden die Erscheinungen beim Zusammenbruch des Feldes besprochen und zwar wird im Anschluß an den langsamen Zusammenbruch des Feldes im Tanz der Hollundermarkkugeln auf die Ionentheorie bei der Leitung durch Elektrolyse eingegangen. Dann folgt die Entladung durch Gase, wobei sehr eingehend die Erscheinungen in Vakuumröhren, Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen, aber auch der Flammenbogen und der Funke besprochen werden. Dann folgt ein Abschnitt über Radioaktivität, wodurch die Vorstellungen über Elektronen weiter befestigt werden. Hiernach folgt erst eine Besprechung der metallischen Leitung, die natürlich jetzt gleich auf Grund der Elektronentheorie erfolgt und die ohne weiteres zur Thermoelektrizität führt. Hiermit schließt der erste Elektrostatische Teil; der zweite, die Elektrodynamik, führt dann in die Eigenschaften des magnetischen Feldes ein und die Beziehung zwischen Magnetfeld und Strom. Danach erst wird das Ohmsche Gesetz abgeleitet und die beiden Maxwell'schen Grundgesetze und der Poyntingsche Satz der Energiebewegung gewonnen. Die weiteren Kapitel behandeln dann noch die magnetischen Kraftwirkungen und die zahlreichen Anwendungen im Gebiete der Technik, wobei besonders die große Reichhaltigkeit verbunden mit Kürze und treffender Klarheit überrascht. Über die elektrischen Wellen wird schließlich der Weg zur Lichttheorie zurückgefunden und mit dem kurzen Ausblick auf die elektromagnetische Theorie der Massenträgheit und das Relativitätsprinzip schließt das inhaltsreiche Werk.

Noch auf eine Besonderheit der Darstellung kann sich Ref. nicht versagen hinzuweisen, daß ist die vollständige Vermeidung des absoluten Maßsystems, es wird konsequent nur das praktische Maßsystem, Volt, Coulomb, Ampere, Ohm, abgeleitet und benutzt. Das absolute Maßsystem wird nur besprochen, weil man es kennen muß, weil viele ältere Arbeiten noch von demselben Gebrauch machen. So finden sich wiederholt Sätze ähnlich dem folgenden: „Die ‚elektrostatischen Einheiten‘ gehören also zu dem sog. ‚absoluten Maßsystem‘, was aber kein besonderer Vorzug ist“. Es wird manchen Leser überraschen, wie vollständig man das absolute Maßsystem wirklich entbehren kann und trotzdem an

Klarheit gewinnen. In der Behandlung des Maßsystems ist aber der Verfasser, nach Ansicht des Referenten, doch wohl einen Schritt zu weit vom Wege des historisch gewordenen abgewichen. Es überrascht durch die praktischen Einheiten zu zwei absoluten Konstanten des Äthers geführt zu werden: der Dielektrizität $K_0 = 0,8842 \cdot 10^{-13}$ und der Permeabilität $M_0 = 1,256 \cdot 10^{-8}$, und dann wird (S. 655) die Lichtgeschwindigkeit $c_0 = \frac{1}{\sqrt{K_0 M_0}} = 3 \cdot 10^{10}$

abgeleitet. In Wirklichkeit ist doch wohl nur die Lichtgeschwindigkeit eine Ätherkonstante und K_0 und M_0 entsprechen bis auf zehnerpotenzen $\frac{1}{4\pi}$ und 4π , nur daß in K_0 auch noch die Lichtgeschwindigkeit als alter Umrechnungsfaktor von Volt auf statische Einheiten drinsteckt. Daß die Größe 4π hier auftritt beruht wohl kaum auf einer Eigenschaft des Äthers und der willkürlichen Festsetzung der Einheiten für Volt und Coulomb, wie aus der vorliegenden Darstellung herausgesehen werden kann, sondern weil wir aus einer Einheitsladung 4π Erregungslinien austreten lassen. Dieser Punkt sollte jedoch hier nicht erwähnt werden, um dem Werke eine Schwäche nachzuweisen, sondern nur um zu zeigen, wie unwälzend und deswegen wie anregend und Interesse erweckend die Darstellung ist, so daß es nur auf das wärmste überall empfohlen werden kann. *Classen.*

Neuere theoretische Anschauungen auf dem Gebiete der organischen Chemie. Von Dr. Ferdinand Henrich, a. o. Professor an der Universität Erlangen. Mit 7 eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, Druck und Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn, 1908. XIV u. 294 S. Geheftet M 7,—, gebunden M 8,—.

Das Buch kann jedem, der sich mit Chemie lernend oder lehrend befaßt, warm empfohlen werden. Von Lavoisier und Berzelius bis zu den neusten Theorien und Spekulationen von Thiele, Hantzsch, Nef, Werner, Michael u. a. werden die Entwicklungen und Wandlungen der theoretischen Ansichten klar, vielleicht manchmal etwas zu knapp dargelegt. Waren es anfangs Kämpfe um die rohen Formeln, so handelt es sich später immer mehr um feine und feinste Bindungs- und Strukturverhältnisse. Der Verf. arbeitet es hübsch heraus, wie manche herrschende, dann in Mißkredit gekommene Ansichten nach Jahrzehnten wenigstens zum Teil wieder nutzbar gemacht werden, so Berzelius dualistische Theorie, die nach einiger Zeit der Herrschaft

mit Recht als ein Prokrustesbett angesehen wurde, das Heterogenste mit Gewalt in eine starre Form zu pressen, und — im letzten Abschnitt des Buches: „Neuere elektrochemische Theorien“ findet man die deutlichsten Anklänge an Berzelius' elektrisch-dualistische Strukturauffassung. Der gesunde Kern der alten Lehre ist wieder zu Ehren gekommen.

Die Stellung der organischen Chemie zur Physik hat geschwankt. Stets, schon in frühester Zeit, hat man physikalische Daten benutzt, um organische Körper zu charakterisieren bzw. zu identifizieren. Eine Sammlung und Sichtung dieses Zahlenmaterials hat aber dann fast stets ergeben, daß jene physikalischen Daten noch mehr leisten können, nämlich Aufschlüsse über Konstitution und Struktur geben!

Henrich führt diese physikalischen Hilfsmittel (also in erster Linie Refraktion und Dispersion, Verbrennungswärme, Farbe und Farbwechsel, elektrolytische Dissoziation), jedes an geeigneter Stelle an. Dadurch wird das Buch eine wertvolle Ergänzung zu manchen Lehrbüchern der organischen Chemie, in denen das Deskriptive-Präparative alles andere überwuchert.

In einer neuen Auflage müßten wohl Molekularrefraktion und -dispersion sowie die Verbrennungswärme noch etwas ausführlicher behandelt werden, da die Bestimmung dieser Größen in den letzten Jahren auf dem Gebiet der ungesättigten Verbindungen — von denen Henrichs Buch ja fast ausschließlich handelt — mancherlei neue Aufschlüsse gegeben hat.

W, Roth-Greifswald.

Anorganische Chemie. Von Ira Remser. Vierte Aufl. der autorisierten deutschen Ausgabe, selbständig bearbeitet von Prof. Dr. K. Seubert. Mit 2 Tafeln u. 21 Textabbildungen. Tübingen, H. Laupp, 1909. XVI u. 513 S. M 9,40, geb. M 10.

Die erste Ausgabe des Buches, die eine wortgetreue Übersetzung des Originals darstellt, ist in dieser Zeitschrift (IV, 322) eingehend besprochen. Seit der zweiten, von Prof. Karl Seubert besorgten Ausgabe haben sich große Wandlungen an dem Buch vollzogen: es wurde umgearbeitet, um als „Leitfaden in den Vorlesungen über anorganische Chemie und als Repetitorium für Studierende“ zu dienen. Weiterhin, zumal in der dritten Ausgabe, wurden dann die neueren Anschauungen, Ionentheorie usw. eingefügt. Das einschneidendste Merkmal des Buches ist wohl, daß — wenigstens im Hauptteile von S. 166 an — konsequent das periodische System für die Stoffeinteilung zugrunde gelegt ist.

Dies bedingt natürlich eine ganz außerordentliche Abweichung von der sonst üblichen Systematik nach Metalloiden und Metallen, so daß z. B. Sauerstoff erst spät und noch später Chlor usw. behandelt sind. Eine weitere Eigenart des Buches besteht darin, daß fast ausschließlich nur reine und analytische Chemie berücksichtigt sind; das eigentlich Experimentelle sowie die Technik treten stark zurück. Infolgedessen fehlen auch fast alle entsprechenden Abbildungen: im ganzen Buch finden sich nur 21 Figuren verstreut. Aber derartige Einseitigkeiten gewähren in gewisser Hinsicht auch wieder Vorteile. Jedenfalls zeichnet sich das Buch durch Klarheit und Einfachheit in den Darlegungen aus, ferner auch durch wertvolle Zusammenstellungen hinsichtlich der Bildung der einzelnen Körperklassen. Das Buch sei auch weiterhin der Beachtung empfohlen. O.

Biologie des Menschen. Aus den wissenschaftlichen Ergebnissen der Medizin für weitere Kreise dargestellt. Bearbeitet von Dr. L. Heß, Prof. Dr. H. Joseph, Dr. Alb. Müller, Dr. K. Rudinger, Dr. P. Saxl, Dr. M. Schacherl. Herausgegeben von Dr. P. Saxl und Dr. K. Rudinger. Mit 62 Textfiguren. Berlin, J. Springer, 1910. VIII u. 338 S. M 8,—, geb. M 9,40.

Wir haben es im vorliegenden Buche mit einer ausgezeichneten Darstellung der wichtigsten physiologischen Vorgänge im menschlichen Organismus zu tun. Die beiden ersten der 13 Kapitel des Buches betiteln sich „Allgemeines über die Bedingungen und Vorgänge des Lebens im menschlichen Körper“ und „Über einige Fragen aus dem Gebiete der Zeugung und Vererbung“; dann werden nach einem kurzen Kapitel über den „Bewegungsmechanismus“ gemäß den neuesten Forschungsergebnissen behandelt: „das Blut; der Zirkulationsapparat; die Atmung; der Verdauungstrakt und seine Anhangsdrüsen; der Stoffwechsel; die Drüsen mit innerer Sekretion; die Ausscheidungen des Organismus“, wobei das Hauptgewicht auf das Physiologische gelegt und das Anatomische nur so weit herangezogen ist, wie es zum Verständnis erforderlich ist. Naturgemäß mehr anatomischen Charakter trägt das nächste Kapitel: „das Nervensystem“, während schließlich die beiden letzten Abschnitte: „Allgemeine Pathologie“ und „Immunitätserscheinungen“, wieder fast rein physiologisch gehalten sind. Trotz der ziemlich weitgehenden Arbeitsteilung — bei der jeden Verfasser dasjenige Gebiet zugewiesen wurde, in welchem er be-

sonders gearbeitet hat — trägt das Ganze doch einen einheitlichen Charakter; daß dabei manche Punkte wiederholt erörtert sind, beeinträchtigt die Darstellung insofern nicht, als dies regelmäßig von einem etwas anderen Gesichtspunkt aus geschehen ist. Bei dem steigenden Interesse, das weite Kreise der Gebildeten an den Fortschritten der medizinischen Wissenschaft und besonders auch an der Entwicklung der Biologie nehmen — wenn auch das Tagesinteresse durch die rapide Entwicklung der Technik, der angewandten Physik und der angewandten Chemie beherrscht wird —, kann man die hier gebotene Darstellung geradezu als die Ausfüllung einer Lücke bezeichnen. Nicht nur über alle wichtigen physiologischen Vorgänge in den einzelnen Organsystemen findet der fachwissenschaftlich nicht weiter vorgebildete Leser hier vorzügliche Belehrung, sondern er wird auch in den Stand gesetzt, sich über Fragen allgemeinerer Natur, z. B. die Vererbung erworbener Eigenschaften, sowie über Fragen von sozialer Bedeutung, z. B. die Vererbbarkeit von Infektionskrankheiten (wie Syphilis) sich ein begründetes Urteil zu bilden. Daß die Sinnesorgane keine speziellere Behandlung gefunden haben, wird am wenigsten seitens der physikalischen Kreise vermißt werden, da diesen hierüber andere Quellen zu Gebote stehen. Als Wunsch wäre zu äußern, daß die illustrative Seite, trotz vorzüglicher Darbietungen im einzelnen, noch etwas mehr ausgestattet werden könnte, z. B. auch im Kapitel vom Bewegungsmechanismus. Im Register vermißt man einen Hinweis auf die Milz. Das Erscheinen des trefflichen Buches ist auch im Hinblick auf den biologischen Unterricht von Wert. Ref. gestattet sich die Bemerkung, daß er seit langem dafür eingetreten ist, daß Bau und Funktion des menschlichen Körpers einen integrierenden Bestandteil alles modernen — oder, richtiger gesagt, des noch in der Zukunft liegenden — biologischen Unterrichts der Oberstufe bilden müssen. Die biologischen Fachkreise auf das vorliegende Buch aufmerksam zu machen, ist indes nicht Sache dieser Zeitschrift. Es seien aber gerade die an dem biologischen Unterricht nicht speziell interessierten Kreise auf das vorzügliche Buch hingewiesen, weil sie durch seine Lektüre, abgesehen von der Erweiterung ihres Anschauungskreises, ein objektives Urteil darüber gewinnen können, welche großen didaktischen Werte auf diesem Gebiete noch verborgen liegen.

Otto Ohmann.

Leitfaden der Chemie. Von Dr. K. Scheid, Prof. a. d. Oberrealschule in Freiburg i. B. Oberstufe. Leipzig, Quelle & Meyer, 1909. 275 S. Dazu Organischer Teil, 72 S. Geb. M 3,80.

Was zunächst die Anlage des Buches, die Verteilung des ganzen Lehrstoffes anlangt, so werden zuerst der Wasserstoff und, als Elemente der Sauerstoffgruppe, Sauerstoff, Schwefel und Selen, ferner die Elemente der Stickstoffgruppe einschließlich des Antimons und, was nur zu billigen ist, auch des Wismuts, und endlich die Gruppe des Kohlenstoffs behandelt. An die Nichtmetalle ist sehr zweckentsprechend eine Betrachtung des periodischen Systems angeschlossen. Es folgen darauf die Metalle nach den üblichen systematischen Gruppen. Den Schluß bildet die „Organische Chemie“ als gesonderter Teil. Der allgemeinen Chemie wird dadurch Rechnung getragen, daß den einzelnen Elementen oder Gruppen besondere theoretische Kapitel zwischengeschaltet sind, in denen auch die neueren Anschauungen hinreichende Berücksichtigung gefunden haben. Das Buch an sich stellt eine gediegene Arbeit dar, doch hätten wir wohl gewünscht, daß die Behandlung im ganzen mehr schulmäßig ausgefallen wäre. Die Chemie ist zu sehr als bloße Fachwissenschaft, zuweilen in recht konzentrierter Form, vorgetragen; vor allem wird die untersuchende, die entwickelnde Methode zu wenig angewandt (nur die „Organische Chemie“ in ihrem ersten Teile macht hiervon eine lobenswerte Ausnahme). Damit sind aber gerade die Momente vernachlässigt, die die Chemie als ein wichtiges Glied der Allgemeinbildung erscheinen lassen. Auch die formalbildende Seite der Chemie kommt auf diese Weise zu wenig zur Geltung. Die angewandte Behandlung des Stoffes, bei der die einzelnen Elemente zumeist nach den Hauptabschnitten „Vorkommen“, „Gewinnung“, bzw. „Verwendung“ und „Eigenschaften“ besprochen werden, wirkt etwas handbuchmäßig und würde noch monotoner wirken, wenn der Verfasser es nicht verstanden hätte, durch streng sachgemäße Darstellung, durch Einstreuen einzelner originaler Versuche und auch durch Berücksichtigung des historischen Moments dem Ganzen doch den Charakter einer selbständigen und eigenartigen Arbeit zu geben. In experimenteller Hinsicht halten wir den Standpunkt, daß die „Versuche im allgemeinen nicht beschrieben, sondern nur angedeutet“ sind, nicht für zweckmäßig, da hierdurch der Schüler bei etwaigem selbständigen Arbeiten und noch mehr bei den Übungen im Buche

eine zu geringe Unterstützung findet. Besonders im Interesse des Ineinandergreifens von Schülerübungen und Klassenunterricht sind eingehendere Versuchsbeschreibungen nebst genügenden Abbildungen — sowie gelegentlicher Angabe von Kautelen zur Vermeidung von Unglücksfällen bei privatem Experimentieren — heute mehr als sonst erwünscht.

Im einzelnen ist zu bemerken, daß es nicht zweckmäßig erscheint, den Begriff der Allotropie aus einem unsichtbaren gasförmigen Körper, aus dem ziemlich schlecht demonstrierbaren Ozon abzuleiten (S. 19); Körper wie Diamant und Graphit sind hierzu entschieden geeigneter. — Die chemische Natur des Kaliwasserglases dadurch kennzeichnen zu wollen, daß gesagt wird, „das Kalisalz hat die Zusammensetzung K_4SiO_4 “, führt irre, da die Kali- bzw. Natronwasserglaslösung, die der Schüler wohl ausschließlich zu sehen bekommt, ein wechselndes Gemisch der Alkalisalze mehrerer Kieselsäuren, mindestens der Ortho- und Metakieselsäure, darstellt. Es ist daher noch weniger zweckentsprechend, fortzufahren, „der Kieselsäure kommt also die Formel H_4SiO_4 zu“. — Wenn in dem Versuch zur Acetylenbildung — mittels des Lichtbogens zwischen Kohleelektroden in Wasserstoffgas (S. 117) — „das oben austretende Gas mit schwachleuchtender Flamme brennt,“ und sich „als Verbrennungsprodukt Kohlendioxyd nachweisen“ läßt, so ist hiermit nicht die Bildung von Acetylen bewiesen, vielmehr muß hier noch die übliche Reaktion hinzutreten. — S. 93 ist die Erklärung der Hydrolyse unvollkommen; der Schlußsatz: „Sind nun die Bestandteile der scheinbar vorhandenen Säure stärker dissoziiert, d. h. chemisch stärker als die Bestandteile der scheinbar vorhandenen Lauge, so reagiert die Flüssigkeit sauer, im entgegengesetzten Falle . . . alkalisch“, hat manches gegen sich und trifft auch nicht den Kern der Sache. — S. 8, gelegentlich eines Versuches mit einer Knallgasflamme, muß in dem T-förmigen, relativ weiten Glasrohr, in das von oben und von der linken Seite her mittels durchbohrter Stopfen Wasserstoff bzw. Sauerstoff eintreten, während unten ebenso eine Knallgasflamme heraustreten soll (wenigstens heraustretend gezeichnet ist), sicherlich beim bloßen Versuch, die Knallgasflamme herzustellen, eine Explosion des innen vorhandenen Gasgemisches stattfinden, die, wenn sie nicht zur Zertrümmerung des kleinen Gefäßes führt, so doch mindestens das Herausgeschleudern eines Stopfens zur Folge haben wird. — Beiläufig sei in typographischer Hin-

sicht noch erwähnt, daß das Aufsuchen der Paragraphenzahlen erschwert ist; wird in einem Buche, wie hier, meist auf Paragraphen statt auf Seitenzahlen verwiesen, so ist auch erforderlich, daß am Kopf jeder Seite irgend-

wo die laufende Paragraphenzahl angegeben ist. — Trotz dieser Beanstandungen sei der Wert des Buches noch einmal hervorgehoben und dasselbe der Beachtung der Fachgenossen empfohlen. (.)

Versammlungen und Vereine.

Die Unterrichtskongresse auf der Brüsseler Weltausstellung 1910.

Die internationale mathematische Unterrichtskommission hatte am 10. August eine Zusammenkunft, an der mehr als 30 Delegierte aus 11 Ländern teilnahmen, zu denen in der öffentlichen Sitzung eine große Zahl wissenschaftlicher und technischer Lehrer hinzutrat. Es wurden Berichte über das bisher in den verschiedenen Ländern Geleistete gegeben, und Herr BOURLET-Paris hielt einen mit großem Beifall aufgenommenen Vortrag: *La pénétration réciproque des mathématiques pures et des mathématiques appliquées dans l'enseignement secondaire*¹⁾.

An diese Tagung schlossen sich am 11. und 12. August Vorträge und Demonstrationen über den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland, veranstaltet von dem Deutschen Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts unter dem Protektorat des preußischen Kultusministers. Bei der Eröffnung betonte G.-R. A. MATTHIAS-Berlin, daß die Wertung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer als Bildungsfächer bedeutsam gewachsen sei; mit dem Grundsatz der Selbstbetätigung der Schüler sei frisches Leben und Freude in den Unterricht gekommen, und mit der Ausgestaltung des Unterrichts in humanistischem Sinne sei eine Veredlung des Betriebes Hand in Hand gegangen.

Herr TREUTLEIN sprach an der Hand vor trefflicher Modelle über den geometrischen Anfangsunterricht. Herr GRIMSEHL berichtete über die physikalischen Schülerübungen an der O.R. auf der Uhlenhorst in Hamburg²⁾ und demonstrierte im Anschluß daran sowie nachmittags eine größere Zahl der von ihm konstruierten Apparate. Herr SCHÖNICHEN-

Berlin sprach über Selbstbetätigung der Schüler im naturkundlichen Unterricht. Man sei bemüht, durch Schulgärten und Vivarien die Beobachtung von Lebens- und Entwicklungsvorgängen zu ermöglichen. Ferner sei durch Zeichnen, Modellieren, Herstellung beweglicher Modelle und einfachste Experimente die manuelle Selbstbetätigung von den untersten Klassenstufen an zu pflegen. Zu vollster Entfaltung gelange die Selbstbetätigung in den biologischen Schülerübungen der Oberstufe; für diese empfiehlt sich auch eine Berücksichtigung des Gebiets der Hygiene. Auch an diesen Vortrag schlossen sich am Nachmittag weitere Demonstrationen der Herren SCHÖNICHEN und SCHMID in der Ausstellung an.

Am 12. August gab Herr F. KLEIN eine Reihe von Darlegungen über den mathematischen Unterricht und die Arbeiten der internationalen mathematischen Unterrichtskommission und erläuterte dann eine Reihe Schilling-scher Modelle für den Hochschulunterricht. — Herr POSKE sprach über Probleme des physikalischen Unterrichts³⁾ und demonstrierte im Anschluß daran sowie am Nachmittag eine größere Zahl von Apparaten. — Herr B. SCHMID behandelte „die Entwicklung des biologischen Unterrichts, seine Ziele und seinen gegenwärtigen Betrieb“ und ging dabei besonders auf die tierpsychologischen Beobachtungen ein. Am Nachmittag demonstrierte Herr MOSCH noch die Ausstellung von physikalischen Handfertigungsarbeiten aus der Schulwerkstatt des Herrn P. JOHANNESSEN; Herr DROSTEN führte die Besucher durch die Ausstellung der Präzisionsmechaniker; Herr B. SCHMID bot eine höchst wirkungsvolle kinematographische Darstellung der biologischen Schülerarbeiten am Realgymnasium in Zwickau. —

Am 13. und 14. August fanden in der französischen Unterrichtsabteilung Konferenzen über das technische Schulwesen statt, denen sich nachmittags Führungen durch die Ausstellung anschlossen. Herr BOURLET-Paris sprach über Aviatik, die Herren JOUGLET,

¹⁾ Der Vortrag ist vollständig abgedruckt in „L'Enseignement Mathématique“, 15. Sept. 1910; einen ausführlicheren Bericht findet man in der Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterricht 1910.

²⁾ Man vgl. den Bericht in d. Heft, S. 370.

³⁾ Man vgl. d. Heft, S. 368.

BEAUFILS, TRANERD über die Organisation des technischen Unterrichtswesens in Frankreich.

Am 15. und 16. August tagte ein von der Fédération de l'Enseignement officiel de Belgique berufener internationaler Unterrichtskongreß, auf dem u. a. A. THAER über die Entwicklung der Methodik des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland berichtete. Aus den weiteren Verhandlungen ist besonders noch ein Vortrag des Herrn Chassagny „über die Fortschritte in den Methoden des physikalischen Unterrichts in Frankreich seit 1902“ hervorzuheben. Er legte dar, daß man auch in Frankreich von dem bloßen Lehrvortrag zur Selbstbetätigung der Schüler übergegangen sei, und daß die mathematische Seite der Physik nicht mehr wie früher die erste Stelle einnehme. P.

Naturwissenschaftlicher Fortbildungskurs zu Darmstadt.

19.—24. September 1910.

Die Eröffnung des Kurses geschah am 19. September durch Herrn Geh. Oberschulrat NODNAGEL im Darmstädter Realgymnasium. Er erinnerte an die Entstehung der Fortbildungskurse in Hessen, die einer Anregung des Professors Dr. Noack in Gießen zu danken seien. Die ersten Kurse seien an den Hochschulen zu Gießen und Darmstadt gehalten worden. Inzwischen habe aber das Lehrverfahren große Fortschritte gemacht, er erinnere an die Meraner Beschlüsse; man verlangte eigene Versuche der Schüler, und die Biologie forderte ihr Recht von der Schule. Da habe es nahe gelegen, einen solchen Kurs an einer Schule abzuhalten. Dank gebühre besonders auch der Stadt Darmstadt, die in dem Neubau des Realgymnasiums vorbildliche Ausstattungen geschaffen habe, so daß ein solcher Kurs möglich geworden sei.

Der Direktor des Realgymnasiums, Herr Geh. Schulrat MÜNCH, hielt alsdann den ersten Vortrag. Was bei dem Kurse geboten werden solle, sei aus dem Unterrichte genommen und für ihn bestimmt. Brennende Fragen des Unterrichtsbetriebes sollten der Gegenstand sein. Zunächst besprach Herr MÜNCH die Freihandversuche, denen viele noch ablehnend gegenüberstehen, obwohl die Schüler gerade solche Versuche mit wahrer Begeisterung aufnehmen. Der Vortragende gedachte des verstorbenen Bernhard Schwalbe, der als erster in Deutschland die Bedeutung der Freihand-

versuche erkannt habe. Im Anschluß an ihn veröffentlichte Prof. Hahn zurzeit bei Salle (Berlin) eine Sammlung von Freihandversuchen. Eine Reihe von Freihandversuchen wurde vorgeführt und gezeigt, wie vieles mit überaus einfachen Mitteln hier gezeigt werden kann. Hiernach wandte sich Herr MÜNCH zu Versuchen mit der selbsterregenden mehrplattigen Influenzmaschine, die den Ruhmkorffschen Induktor völlig ersetzt und sogar mehr Versuche erlaubt als dieser. Zum Schluß führte er noch die Gaedesche Kapselluftpumpe vor, die von Leybold zu Köln hergestellt wird und sich durch einfache Handhabung und vorzügliche Leistungen empfiehlt. An diesen einleitenden Vortrag schloß sich ein solcher des Herrn Oberlehrers SCHAUM aus Friedberg, der verschiedene physikalische Apparate, die nach Angaben des Herrn Professors Strohmann zu Friedberg angefertigt wurden, erläuterte.

An den übrigen Tagen wurden folgende Vorträge gehalten.

20. Sept.: Prof. KALBFLEISCH, über physikalische Schülerübungen (geschichtliche Entwicklung, Arten der Abhaltung der Übungen, Hilfsmittel und Kosten). — Prof. VÖLSING, Versuche zur Biologie (Versuche aus dem Tierreiche und über die Wurzel).

21. Sept.: Prof. SCHNELL, Theorie des Mikroskops und Fernrohrs. Physikalische Schulversuche. — Prof. SKRIBA, Versuche für den chemischen Unterricht.

22. Sept.: Oberlehrer SCHAD, Anschauung und Versuch im erdkundlichen Unterricht (Sandtisch; Versuche über Entstehung der Gebirge; Schichtung und Faltung; Quellenbildung; Höhlenbildung u. ä.). — Prof. HÖNIG (Michelstadt), Über Handfertigkeitsunterricht im Anschluß an die Physik (geschichtliche Entwicklung, Bedeutung, Art des Betriebs, Kosten; Schülerarbeiten waren ausgestellt). — Prof. ERB (Gießen), Vorführung chemischer Apparate. — Oberlehrer SPILGER (Bensheim), Über das Plankton (mit mikroskopischen Vorführungen).

23. Sept.: Prof. SCHNEIDER, Verwendung des Bogenlichtes im Unterrichte (das Bogenlicht als Versuchsgegenstand, das Bogenlicht als Lichtquelle, der Strahlenreichtum des Bogenlichtes). — Prof. SCHILLING, Versuche zur Biologie (Stengel und Blatt).

24. Sept.: Prof. FRIEDRICH, Wechselstromversuche. (Unterschied in der Wirkung gegenüber Gleichstrom; Stromkurven; Einfluß der Selbstinduktion und der Kapazität; Drehfeld; Transformator; Gleichrichter nach Grätz.) —

Prof. BALSER, das Zeichnen im stereometrischen Unterrichte (Veranschaulichung an einzelnen Aufgaben. Erläuterung einer Modellsammlung).

An den Nachmittagen fanden folgende Besichtigungen statt: Landwirtschaftliche Versuchsstation; Städtisches Elektrizitätswerk; Telegraphen- und Telephonamt; Großherzogliches Museum; Chemische Fabrik von Merck; Städtisches Gaswerk; Botanischer Garten.

Prof. KALBFLEISCH hielt mit einer Unter-Sekunda Schülerübungen in Physik, Prof. VÖLSING mit einer Unter-Prima solche in Biologie ab.

Prof. SCHMEHL stellte Modelle zur darstellenden Geometrie aus; auch physikalische Apparate nach Noack, Hahn und Grimsehl, die vornehmlich für Schülerübungen geeignet sind, konnten besichtigt werden.

Prof. HAUFF sprach nach dem letzten Vortrage Herrn Geh. Schulrat MÜNCH den Dank aller Teilnehmer aus. Herr MÜNCH dankte seinen Mitarbeitern für die Opfer an Zeit und Kraft, die sie bringen mußten, und erbat die Mitwirkung aller Teilnehmer bei

der beabsichtigten Gründung einer naturwissenschaftlichen Vermittlungsstelle für Hessen. Sie solle einem Gedankenaustausche der Amtsgenossen dienen, neue Apparate prüfen, Austausch von Apparaten und Bezug neuer Apparate erleichtern u. ä. Er hoffe, daß auch andere Schulen des Landes sich würden bereit finden lassen, die Arbeit der Abhaltung eines solchen Kurses auf sich zu nehmen. Prof. SCHNELL teilte im Anschluß hieran noch mit, daß der hessische Oberlehrerverein bereits bei seiner nächsten Tagung durch Einrichtung fachwissenschaftlicher Abteilungen und Besprechung über die Vermittlungsstelle den erwähnten Bestrebungen entgegenkommen werde. Oberschulrat BLOCK nahm fast an allen Vorträgen teil, auch der neue Vorsitzende der Schulabteilung, Geheimrat SÜFFER, beehrte die Veranstaltung mit seinem Besuche.

Der Versuch, einen naturwissenschaftlichen Fortbildungskurs an einer höheren Schule abzuhalten, darf mit Fug und Recht als vollkommen gelungen bezeichnet werden.

Darmstadt.

Hensing.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Der Universal-Schulprojektionsapparat Type NOR

Von FERDINAND ERNECKE in Berlin-Tempelhof.

Über diesen Apparat (vgl. *diese Zeitschr.* XVII, 186) und die mit ihm auszuführenden Projektionen ist eine ausführliche Schrift in 5. vermehrter Auflage (117 S.) im Selbstverlag der Firma erschienen. Sie enthält eine ganze Reihe von neuen Vorrichtungen zur Demonstration physikalischer Erscheinungen. Neu aufgenommen sind u. a. die Liesegangschen Versuche über Schattenbildung und über Kontrastfarben, eine Vorrichtung für die Darstellung des Regenbogens (s. Fig. 1), die Projektion von Schwingungskurven einer Gramophonmembran nach Martens. Für den Fresnel'schen Spiegelversuch ist ein besonderer kleiner Vorsatzapparat konstruiert, der nach geringem Probieren die Erscheinung vorzuführen ermöglicht, da bei ihm Spalt und Spiegel von vornherein in der richtigen Lage fixiert sind. Besondere Apparat-Aufsätze dienen der Darstellung der additiven und der subtraktiven Farbmischung und der Demonstration der Dreifarben-theorie naturfarbiger Bilder, wobei die drei Aufnahmen nach Sanger-Shephards

Verfahren hintereinander gestellt werden, also nicht wie bei Miethes Verfahren dreier getrennter Projektionsapparate bedürfen. Für den Unterricht in der Elektrizitätslehre be-

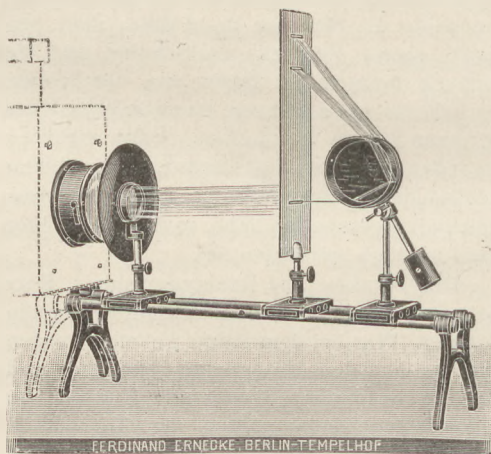


Fig. 1.

sonders bemerkenswert ist ein Projektionsgalvanometer nach dem System Deprez-d'Arsonval (Fig. 2), dessen Zeigerausschlag nebst Skala direkt auf den Schirm projiziert wird. Eine große Zahl von physikalischen Versuchen

wird sich mit den in der Schrift beschriebenen Mitteln leicht und sicher vorführen lassen. Dies ist besonders für Vorträge vor einer großen Zuhörerschaft von Wert, der man von vielen physikalischen Vorgängen auf andere Weise als durch Projektion kaum eine deutliche Wahrnehmung verschaffen kann.

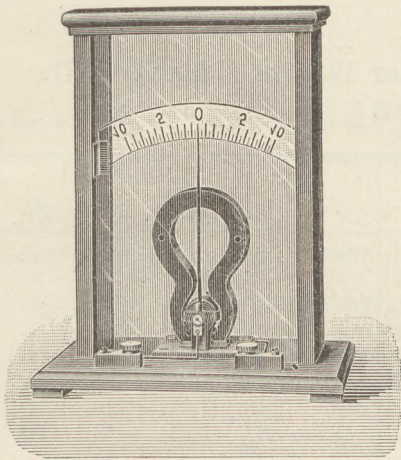


Fig. 2.

Für die Vorführung undurchsichtiger Gegenstände ist ein Megaskop und ein nöth leistungsfähigeres Episkop konstruiert; für mikroskopische Gegenstände dient ein mikroskopischer Ansatz. Der Apparat ist durch diese Vorrichtungen einer fast unbegrenzten Anwendbarkeit fähig. Endlich dient ein Kinematograph „Schola“, der auf die Bank des Apparates aufgesetzt werden kann, dazu,

den Schülern einen Begriff von der Bauart und der Wirkungsweise dieser Vorrichtung zu geben.

Apparate für physikalische Schülerübungen. Von A. KRÜSS in Hamburg. Das Verzeichnis enthält auf 32 Seiten in 170 Nummern eine vollständige Liste der Apparate für Schülerübungen, die von Direktor E. GRIMSEHL in Hamburg teils in seinem Schriftchen über ausgewählte physikalische Schülerübungen, teils in seinem Lehrbuch, teils endlich in dieser Zeitschrift beschrieben sind. Das Verzeichnis gibt über diese bereits vielfach erprobten Apparate eine gewiß manchem willkommene Übersicht. Die Zahl der anzustellenden Übungen beträgt über 100. Dem Verzeichnis angeschlossen sind noch einige elektrische Meßinstrumente, das Goniometer nach Noack u. a. m.

Preisliste über Apparate und Geräte für physikalische Schülerübungen nach Prof. Dr. K. Noack. Von WILHELM SCHMIDT (Inh. C. Schunck) in Gießen. Die Liste umfaßt 146 Nummern im Anschluß an Prof. Noacks Aufgaben für physikalische Schülerübungen (Berlin, J. Springer, 1905). Die Zahl der Aufgaben beträgt 146; ein großer Teil von ihnen ist bereits zum festen Bestand des physikalischen Schulpraktikums geworden. Ein Nachtrag enthält die Beschreibung des Noackschen Universalapparates für die Mechanik fester Körper. (*Diese Zeitschr.* 1910, Heft 3).

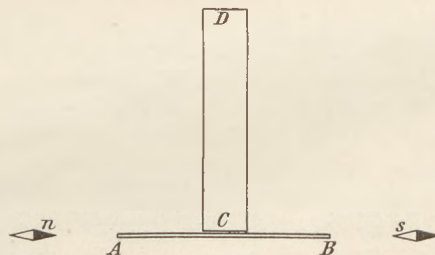
Korrespondenz.

Ein erdmagnetischer Versuch. Ein Nichtfachmann, Herr A. GALSTERER in Trautenau, sendet uns die Beschreibung des folgenden Versuchs, der den Laien in Verwunderung setzt, obwohl er sich leicht aus der induzierenden Wirkung des Erdmagnetismus erklärt.

Ein Stab AB aus weichem, unmagnetischem Eisen wird auf einen Tisch gelegt, am besten so, daß das eine Ende (A) nach Süden und das andere Ende (B) nach Norden weist. Bei dieser Lage des Stabes zeigt nun die Nordspitze einer Magnetnadel auf A und die Südspitze derselben auf B . Die magnetischen Pole des Stabes sind also ungleichnamig.

Nun stellt man die Säule CD , die ebenfalls aus weichem Eisen besteht, aber eine

beträchtlich größere Masse haben muß als der Stab, senkrecht auf die Mitte des Stabes. Sobald das geschieht, dreht sich die Magnetnadel bei A um und zeigt mit der Südspitze



auf A . Die Pole A und B sind jetzt gleichnamig. Wird die Säule entfernt, so kehrt die Magnetnadel wieder in ihre frühere Lage zurück.

Dasselbe findet statt, wenn der Stab *AB* anstatt unter die Säule *CD* auf dieselbe gelegt wird, nur mit dem Unterschiede, daß jetzt nicht der Pol *A*, sondern der Pol *B* geändert wird. Der Vorgang bleibt sich auch gleich, wenn der Stab oder die Säule um-

gedreht, also *A* mit *B* oder *C* mit *D* vertauscht wird. Man kann auch, während man den Stab fest an die Säule drückt, diese um eine Querachse in der Ebene Nord-Süd oder in der Ebene Ost-West drehen und beobachtet dabei den entsprechenden Polwechsel.

Himmelserscheinungen im Dezember 1910 und Januar 1911.

♿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember					Januar						
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♀	AR	17 ^h 31 ^m	18. 5	18.38	19. 9	19.35	19.51	19.51	19.32	19. 4	18.46	18.45	18.55
	D	— 25 ^o	— 26 ^o	— 25 ^o	— 25 ^o	— 23 ^o	— 22 ^o	— 20 ^o	— 19 ^o	— 19 ^o	— 20 ^o	— 21 ^o	— 21 ^o
♀	AR	16 ^h 48 ^m	17.15	17.42	18.10	18.37	19. 5	19.32	19.59	20.25	20.51	21.17	21.41
	D	— 22 ^o	— 23	— 24	— 24	— 24	— 24	— 23	— 22	— 21	— 19	— 17	— 15
☉	AR	16 ^h 40 ^m	17. 2	17.24	17.46	18. 8	18.30	18.52	19.14	19.36	19.58	20.19	20.40
	D	— 22 ^o	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 23	— 22	— 22	— 21	— 20	— 18
♂	AR	15 ^h 6 ^m	15.20	15.34	15.48	16. 3	16.18	16.33	16.48	17. 3	17.18	17.34	17.49
	D	— 17 ^o	— 18	— 19	— 20	— 21	— 22	— 22	— 22	— 23	— 23	— 24	— 24
♃	AR		14 ^h 15 ^m		14.22		14.28		14.34		14.39		14.44
	D		— 12 ^o		— 13		— 13		— 14		— 14		— 15
♄	AR	1 ^h 57 ^m						1.54					
	D	+ 9 ^o						+ 9					
☉	Aufg.	7 ^h 53 ^m	8. 0	8. 5	8. 9	8.12	8.13	8.13	8.12	8. 9	8. 4	7.59	7.52
	Unterg.	15 ^h 46 ^m	15.44	15.44	15.44	15.46	15.50	15.55	16. 2	16. 9	16.17	16.26	16.35
☾	Aufg.	10 ^h 43 ^m	12.58	14.14	19.10	0.28	6.28	10.29	11.43	14. 4	20.52	1.49	7.22
	Unterg.	17 ^h 13 ^m	23.27	5.14	11.10	12.29	13.48	18.36	—	7.10	10.11	11.11	13.56
Sternzeit im mittl. Mittg.		16 ^h 49 ^m 32 ^s	17. 9.15	17.28.58	17.48.40	18. 8.23	18.28. 6	18.47.49	19. 7.33	19.27.14	19.46.57	20. 6.40	20.26.23
Zeitgl.		— 9 ^m 58 ^s	— 7.51	— 5.33	— 3. 7	— 0.38	+ 1.51	+ 4.15	+ 6.30	+ 8.32	+ 10.18	+ 11.47	+ 12.57

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersanfang am 22. Dezember, 18^h 12^m M. E. Z.

Mondphasen in M. E. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 1, 22 ^h 11 ^m	Dez. 9, 20 ^h 5 ^m	Dez. 16, 12 ^h 5 ^m	Dez. 23, 11 ^h 36 ^m
	Dez. 31, 17 ^h 21 ^m	Jan. 8, 7 ^h 20 ^m	Jan. 14, 23 ^h 26 ^m	Jan. 22, 7 ^h 21 ^m
	Jan. 30, 10 ^h 45 ^m			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	in der zweiten Monatshälfte abends für kurze Zeit im SW sichtbar	unsichtbar	morgens ³ / ₄ , zuletzt 1 Stunde lang sichtbar	morgens 2 bis 4 Stunden lang sichtbar	abends 11 bis 9 Stunden lang sichtbar
im Januar	zuletzt bis zu 20 Minuten morgens im SO sichtbar	wird am Anfang des Monats als Abendstern sichtbar, zuletzt ³ / ₄ Stunden	morgens 1 Stunde lang im SO sichtbar	4 bis 5 ¹ / ₂ Stunden lang morgens im SO sichtbar	8 ³ / ₄ bis 6 ¹ / ₄ Stunden lang abends sichtbar

Mittlere Schiefe der Ekliptik am 1. Jan. 1911: 23° 27' 2,8".

F. Koerber.