

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1913.

Die Behandlung der Lichtbeugung bei Schülerübungen in gleicher Front.

Von

Prof. Dr. E. Maey in Remscheid.

Die Haupthindernisse, die der Einführung der physikalischen Schülerübungen, insbesondere der Frontübungen entgegenstehen, liegen meist in dem Mangel an Raum und einer genügenden Anzahl gleichartiger Vorrichtungen. Wenn aber Frontübungen wegen dieser ungünstigen Verhältnisse auch nicht in allen Gebieten der Physik durchführbar sind, so sollten sie wenigstens in denen Eingang finden, die diese Schwierigkeiten nicht bieten. Ein Beispiel dafür bietet die Behandlung der Lichtbeugung.

Nun mag wohl dieser Gegenstand von manchem Lehrer selbst auf der Oberstufe der Realanstalten bisher ganz übergangen sein, da er ihn für weniger wichtig hält und die Behandlung der Lichtbeugung in der Schule zu viel Schwierigkeiten zu bieten scheint. Was die Wichtigkeit angeht, so sei hier nur bemerkt, daß jedem aufmerksamen Beobachter in der Natur eine wahre Fülle von Beugungserscheinungen entgegentritt, denen er ohne Kenntnis der grundlegenden Erscheinungen ganz verständnislos gegenübersteht; unter anderem ist das Licht, das uns jede raue, nicht spiegelnde, aber beleuchtete Fläche zusendet, gebeugtes Licht. Was endlich die Schwierigkeit der Behandlung betrifft, so liegt diese nur an der Art und Weise, wie die Lichtbeugung bisher in den meisten Lehrbüchern dargestellt wird. Sie verfolgt dort allein den Zweck, durch Feststellung der Lage der Interferenzstreifen des gebeugten Lichtes eine Stütze der Wellentheorie zu sein, sie verfehlt aber ganz und gar das wichtige Bildungsmittel, eine anschauliche Vorstellung von der Fortpflanzung des gebeugten Lichtes im Raume zu entwickeln, wie es bei der Zurückwerfung und Brechung geschieht. Daß jedoch auch die Lichtbeugung in anschaulicher Weise behandelt werden kann, habe ich schon in dieser Zeitschrift¹⁾ ausgeführt, und diese Darstellung ist auch in der Naturlehre von Höfler-Poske²⁾ gegeben worden.

Die folgenden Zeilen sollen nun den Weg zeigen, wie man die zu jener Behandlung nötigen Beobachtungen in gleicher Front ausführen lassen kann. Alle theoretischen Erläuterungen mögen in der genannten Arbeit oder in der Naturlehre von Höfler-Poske nachgesehen werden.

Von eigenen Hilfsmitteln hat jeder Schüler ein Taschenmesser mit einer sauberen und scharfen Klinge, ein rechteckiges Stück blauen Aktendeckel (ca. 10 cm \times 10 cm) und eine Lupe mitzubringen. Die Schüler beobachten von ihren gewohnten Plätzen im Lehrzimmer aus. Als gemeinsame Lichtquelle für alle dient am besten ein Auerbrenner, der in der Mitte des Versuchstisches in passender Höhe aufgestellt wird, so daß jeder Schüler nach ihm hin freien Blick hat. Damit die Augen der Beobachter nicht

¹⁾ 17. Jahrg. 1904, S. 10.

²⁾ 3. Aufl., Braunschweig 1911.

durch das von der gegenüberliegenden Wand zurückgestrahlte Licht unnütz gestört werden, empfiehlt es sich, die Lampe nach dieser Seite hin dauernd abzublenden. Die nach den Beobachtern zugekehrte Seite der Lampe ist bei den verschiedenen Beobachtungen in verschiedener Weise abzublenden, worüber bei den einzelnen Versuchen Angaben folgen.

Den Ausgangspunkt bildet die einfachste Beugungserscheinung, die des leuchtenden Schirmrandes. Sie ist besonders wichtig, weil sie uns die Art der Ausbreitung des gebeugten Lichtes im Raume kennen lehrt. Die folgenden beiden ersten Beobachtungen dienen dazu, den Schülern eine unmittelbare Anschauung von dieser Erscheinung zu geben.

1. *Versuch*: Innere Beugung. (Versuchsordnung s. Fig. 1.) Die Auerlampe (*A*) wird bei dieser und der nächsten Beobachtung ohne Glocke und vorderen Schirm benutzt. Jeder Schüler nehme das Taschenmesser mit geöffneter Klinge in die rechte Hand, die Klinge nach oben gerichtet, die Schneide nach rechts, und halte diese in deutlicher Sehweite vor sich in der Richtung nach der Lampe. Die Klinge soll als Beugungsschirm (*M*) dienen, der das gerade ausstrahlende Licht dem Auge verdeckt. Da die Klinge nur schmal ist, benutzt man zur Verbreiterung dieses Schirmes die flach ausgebreitete linke Hand oder auch das Pappstück (*P*), das man an den Rücken der Klinge links anlegt. Ist nun dem Auge des Beobachters (*O*) das direkte Licht der Lampe gerade verdeckt, so blicke er nach der Schneide des Messers. Diese erscheint dann als feine Lichtlinie leuchtend, und zwar sehr hell,

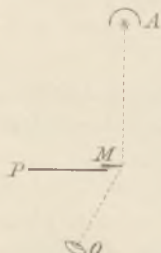


Fig. 1.

wenn die Lichtquelle nur soeben verdeckt ist, also das Licht nur unter einem kleinen Winkel abgelenkt ist; die Lichtlinie nimmt rasch an Helligkeit ab, wenn man das Auge tiefer in den geometrischen Schatten zurückzieht, also unter größeren Winkeln abgelenktes Licht beobachtet. ($MO =$ deutliche Sehweite, $MA =$ mehrere m.)

2. *Versuch* (mit denselben Hilfsmitteln): Äußere Beugung. (Versuchsordnung s. Fig. 2.) Jeder Schüler verdecke die Lichtquelle soeben mit dem Pappdeckelstück, indem er es mit der linken Hand in deutlicher Sehweite, den einen Rand senkrecht, hält. Mit der rechten Hand halte er diesem nahe gegenüber über die Messerklinge, die Schneide nach links gerichtet. Auch jetzt erscheint diese als leuchtende Linie. Das Auge empfängt die außerhalb des geometrischen Schattens des beugenden Schirmes gebeugten Lichtwellen, deren Krümmungsmittelpunkte ebenfalls im Schirmrande liegen. Auch diese Lichterscheinung ist für geringe Beugungswinkel sehr deutlich, nimmt aber für größere Beugungswinkel sehr stark ab. Ist die Schneide mehr oder weniger stumpf, so tritt auch zurückgeworfenes Licht dazu störend auf.

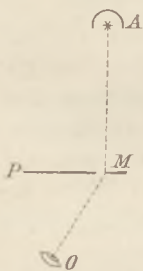


Fig. 2.

Da sich die leuchtenden Kanten auch objektiv durch Projektion auf einem Schirm zeigen lassen, so empfiehlt es sich, diese Vorführung hier einzuschalten. Ihre Anordnung habe ich an anderer Stelle³⁾ ausführlich geschildert, weshalb ich hier nur auf sie hinweisen will.

Die folgenden drei Versuche erstrecken sich auf die sogenannten Fresnelschen Interferenzerscheinungen des gebeugten Lichtes. (Versuchsordnung s. Fig. 3.) Für sie braucht jeder Schüler seine Lupe. Die Lichtquelle muß durch einen Blechschirm mit einem Spalt von etwa 3 cm Länge und 1 mm Breite abgeblendet werden. Dieser Schirm muß dicht vor die Auerlampe gestellt werden; die Breite des Auerstrumpfes läßt dann durch den Spalt Licht nach verschiedenen Richtungen dringen, so daß eine Lampe wohl auch für 20 bis 30 Beobachter genügt. Der Lehrer stelle jedoch

³⁾ Dieses Heft der Zeitschrift, S. 143, 3. Versuch.

vor den weiteren Beobachtungen fest, ob auch jeder Schüler einen solchen Platz hat, daß er den Auerstrumpf selbst durch den Spalt hindurchleuchten sieht. Außer dem Taschenmesser wird für die folgenden Versuche noch eine besondere Vorrichtung gebraucht, die ohne viel Mühe und Kosten für jeden Schüler durch den Lehrer beschafft werden kann: ein rechteckiges Stück Lederpappe $ABCD$ (Fig. 4) von etwa 2 mm Dicke, 15 cm Breite und 35 cm Länge. In den Ecken A und B einer kurzen Seite wird mit einem Locheisen von 2 cm Durchmesser je ein Loch etwa 1 cm von beiden Rändern entfernt ausgeschlagen. Vom Rande AB aus wird durch das eine kreisförmige Loch als Durchmesser eine Insektennadel von etwa 0,6 mm Dicke gesteckt. Auf das andere Loch werden zwei rechteckige dünne Blechstückchen (aus Kupfer, Messing oder Aluminium) von 1,2 cm Breite und 2,4 cm Länge so aufgeklebt, daß zwischen ihnen ein Spalt von etwa 0,5 mm Breite bleibt. Haltbarer ist die Vorrichtung, wenn man die Pappe spaltet, die beiden



Fig. 3.

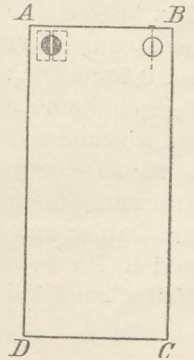


Fig. 4.

Blechstücke dazwischenschiebt und so in der angegebenen Entfernung voneinander festklebt. ($BL =$ einige cm bis dm.)

3. Versuch. Jeder Schüler nimmt das Taschenmesser in die linke Hand, die Schneide senkrecht, also parallel zum Spalt vor dem Auerbrenner und nach rechts gekehrt; die rechte Hand hält die Lupe (L). Die Ellenbogen werden zwecks ruhiger Haltung auf die Tischplatte gestützt, die Hände je nach Möglichkeit und Bedürfnis gegeneinander gelehnt. Nun wird zuerst durch die Lupe in der Richtung nach der Lichtquelle visiert und dann die Schneide als Beugungsschirm (B) davorgeschoben, so daß diese mit der Lupe deutlich beobachtet wird. Entfernt der Beobachter jetzt die Lupe um einige Zentimeter von der Schneide in der angegebenen Visierichtung, so wird zuerst der scharfe Rand des Messers undeutlich, dann aber treten parallel zu ihm mehrere dunkle Linien auf, die erste ziemlich breit und in deutlichem Abstand von der Schattengrenze, die folgenden immer feiner und dichter. Diese Linien werden als Interferenzerscheinungen des gerade fortgepflanzten und des nach außen gebeugten Lichtes erklärt; sie treten überall auf, wo ein einfacher Rand von einer kleinen Lichtquelle beleuchtet wird, auch wenn jener nicht gerade und scharf ist, da diese Interferenzerscheinungen nur unter kleinem Beugungswinkel beobachtet werden.

4. Versuch. Als Beugungsschirm (B) wird die Nadel im Pappschirm benutzt. Dieser hat eine Höhe von 35 cm, damit er mit der Kante CD auf den Tisch aufgestellt werden kann. Die Lupe wird auf die Richtung „leuchtender Spalt — Nadel“ eingestellt, und zuerst der Nadel so genähert, daß man sie deutlich sieht, dann etwas rückwärts geführt. Man sieht jetzt zuerst zu beiden Seiten die aus dem 3. Versuch bekannten Randinterferenzen, sodann aber im geometrischen Schatten Interferenzstreifen in gleichmäßigem Abstände und gleicher Breite. Sie entstehen durch Interferenz der aus dem 1. Versuch bekannten, an beiden Rändern nach innen gebeugten Wellensysteme. Diese Erscheinung ist insofern von klassischer Bedeutung, als zu ihrer Erklärung THOMAS YOUNG⁴⁾ zuerst das Interferenzprinzip anwendete und somit die Anerkennung der Wellentheorie anbahnte. Der Umstand, daß YOUNG statt des schmalen Schirmes zwei enge parallele Schlitze in einem undurchsichtigen Schirm benutzte, war zwar für die damalige noch wenig entwickelte Theorie der Beugung von Bedeutung, ändert aber an der Erscheinung der Interferenzen der inneren Beugung nichts.

Auch die Messung der mittleren Wellenlänge bei weißem Licht läßt sich an diese Beobachtung mit einfachen Mitteln als Frontübung anknüpfen. Dazu habe ich

⁴⁾ Phil. Transactions, 1800, 126; deutsch in Gilberts Ann. 22, 346 (1806).

als Ersatz für optische Bänke kleine Holzleisten von 40 cm Länge und $2\frac{1}{2}$ cm Breite aus Zigarrenkistenholz zugeschnitten. Diese sind auf einer Seite mit mm-Papier beklebt, das als Maßstab dient; auf einer schmalen Seite sitzen zwei aus demselben Holz hergestellte Reiter mit einem aufgeleimten Korkstück. Auf den einen wird eine Insektennadel von 0,6 mm Dicke als Beugungsschirm aufgesteckt, auf den andern eine von 0,4 mm Dicke, die auf die halbe Länge gekürzt ist, deren oberes Ende also quer abgeschnitten ist. Ihre Dicke benutze ich als Vergleichsmaßstab bei der Messung des Abstandes der Interferenzstreifen. Diese Nadel kann durch Verschiebung der Reiter so eingestellt werden, daß ihre Breite den doppelten Abstand e je zweier Interferenzstreifen deckt. Dann beträgt $e = 0,2$ mm. Jetzt kann man auch auf dem mm-Papier den Abstand a der beiden Nadeln (ca. 200 mm) ablesen. Der Abstand der beiden leuchtenden Schirmränder ist $d = 0,6$ mm, und als Durchschnittswert der Wellenlänge bei weißem Licht ergibt sich

$$\lambda = \frac{d \cdot e}{a} = \frac{0,6 \cdot 0,2}{200} \text{ mm} = 0,0006 \text{ mm}.$$

Nachträglich sei noch bemerkt, daß diese einfache Vorrichtung am besten an einem Stativ befestigt wird; ich benutze dazu diejenigen, welche auch für eine Reihe anderer Frontübungen an den Schulbänken befestigt werden können.

5. *Versuch.* Man benutzt als Beugungsöffnung den auf der Papptafel angebrachten Spalt. Die Schüler haben den Spalt mit der Lupe ebenso zu beobachten wie die Nadel. Beim Abrücken von dem Spalt sieht man die auch früher bei dem 3. und 4. Versuch beobachteten Randinterferenzen, aber wegen der Enge des Spaltes nur in geringer Entfernung getrennt und sehr fein; bei weiterem Abrücken fließen die Interferenzen von beiden Rändern ineinander. Zum Schluß sieht man in der Mitte nur noch einen dunklen Streifen, der endlich auch verschwindet. Gleichzeitig aber treten nun auch im geometrischen Schatten Interferenzstreifen auf, und das ist das Neue bei diesem Versuch. Es sind links Interferenzen der inneren Beugung vom linken Rande und der äußeren Beugung vom rechten Rande, und rechts umgekehrt. Die Beugungserscheinungen hinter einem Spalt sind also, wie man hieraus ersieht, gar nicht so einfach, weder ihrer Erscheinung noch ihrer Erklärung nach. Sie verdienen also nicht, wie das in den meisten Büchern geschieht, als einfachste an die Spitze aller Beugungserscheinungen gestellt zu werden.

6. *Versuch.* Derselbe Spalt ist geeignet, den Übergang zu den Fraunhoferschen Beugungserscheinungen zu vermitteln. (Versuchsordnung s. Fig. 5.) Die Lupe wird beiseite gelegt und der Spalt dicht vor das Auge gehalten. Dieses blickt jetzt durch ihn direkt nach der spaltförmigen Lichtquelle. Man sieht diese und zu beiden Seiten abwechselnd helle und dunkle Streifen. Diese sind durch dieselben Interferenzen zu erklären wie die entsprechenden bei dem vorigen ähnlichen Bilde, nur mit dem Unterschiede, daß dort die Interferenzen konvergierender Strahlen in den Punkten beobachtet werden, auf welche die Lupe eingestellt ist. Hier kommt die Interferenz nahezu paralleler Strahlen erst in dem auf weite Entfernung eingestellten Auge zustande. ($AB =$ mehrere m, BO so kurz wie möglich.)

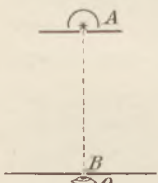


Fig. 5.

Wir lassen jetzt noch zwei weitere wichtige sog. Fraunhofersche Beugungserscheinungen folgen, die bei genauen messenden Versuchen mit dem auf ∞ eingestellten Fernrohr beobachtet werden müßten, die hier aber von den Schülern auch mit dem bloßen Auge wahrgenommen werden können.

7. *Versuch:* Beugungsspektrum. Als Beugungsschirm dient eine Vogelfeder, und zwar der glatte Teil der Fahne einer zarten Deckfeder. Es empfiehlt sich, damit der Schüler diese richtig hält, auch eine günstige Stelle der Feder benutzt, und das andere Auge, welches nicht durch die Feder blickt, zugedeckt wird, ein rechteckiges Stück Aktendeckel ($15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$) in der einen Hälfte mit einem runden Loch von

6 mm Durchmesser zu versehen, und die Feder auf das Pappstück so aufzukleben, daß das Loch durch eine Stelle der Feder verdeckt wird, in der die Fiedern möglichst gerade und gleichmäßig sind, und die Fiedern ungefähr parallel zu den kurzen Seiten des Rechtecks verlaufen. Wir haben damit ein natürliches Beugungsgitter, das auch schon Grimaldi gekannt hat. Blickt der Beobachter durch dies Gitter nach dem leuchtenden Spalt, der den Fiedern parallel ist, so sieht er zu beiden Seiten des hellen Spaltbildes eine Reihe von Spektren, die durch die Beugung an den Rändern der Fiedern entstehen, und außerdem noch je zwei schräge auf- und absteigende Reihen von Spektren, die zwar lichtschwächer, aber breiter sind und von der Beugung an den Zweigen der Fiedern herkommen. Wenn man auch den Einzel- oder Gruppenübungen die Messung der Wellenlänge mit einem feinen Gitter vorbehalten wird, so dürfte doch zur ersten Unterweisung auch in der Geschichte der Erfindung des Gitters jene Frontübung wertvoll sein.

8. Versuch. Den Schluß bildet ein Versuch, der die künstliche Erzeugung der kleinen Höfe kennen lehrt, die wir so häufig um den Mond oder auch um Straßenlampen, wenn wir diese durch bereifte Fensterscheiben betrachten, beobachten.

Jeder Schüler erhält eine Glasscheibe von 10 cm \times 10 cm Größe, die der Lehrer soeben frisch mit Bärlappsporen bestreut hat. Die Lichtquelle wird für diese Beobachtung durch einen Schirm mit kreisförmigem Loch von 5 mm Durchmesser abgeblendet. Beobachtet man nun aus einiger Entfernung die helle Öffnung durch die bestäubte Scheibe, so sieht man um sie einen hellen Hof, der von dunklen, aber farbig gesäumten Ringen umgeben ist. Auch diese Erscheinung läßt sich, wie ich in meiner früheren Arbeit gezeigt habe, auf einfache Weise mathematisch erklären. Diese Erklärung vermittelt auch die Berechnung des Durchmessers d der Bärlappsporen durch Messung des Hofdurchmessers $2h$ und der sonst in Betracht kommenden Entfernungen. Es ergibt sich

$$d = \frac{\lambda \cdot p \cdot q}{h(p+q)};$$

hierin bedeutet λ die Wellenlänge des Lichtes (6×10^{-5} cm), q die Entfernung der Sporen vom Auge, p die Entfernung der Sporen von der Lichtquelle. Sollen die Schüler h messen, so wird auf jede Glasplatte ein etwa 2 mm breiter und 2 cm langer Streifen schwarzen Papiers geklebt, auf dem mittels durchscheinender Nadelstiche ein kleiner Maßstab markiert ist. Der Abstand der Nadelstiche betrug bei den von mir eingerichteten Übungen 2 mm; damit ließ sich dann $2h$ bis auf 1 mm genau messen, indem der Maßstab quer durch den Hof eingestellt wird, und die Zwischenräume gezählt werden, die den Durchmesser des Hofes bis zum ersten Minimum ausfüllen. q wurde mit einem cm-Maßstab von jedem Schüler einzeln gemessen. p wird am einfachsten dadurch ermittelt, daß ein mehrere Meter langes Meßband mit einem Ende bei der Lichtquelle festgeklemmt wird; dann geht ein Schüler mit gestrecktem Meßband zu jedem Beobachtungsplatz. Jeder Beobachter liest dann seinen Wert für p am Meßband ab. Da dieser von Platz zu Platz veränderlich ist, so findet jeder auch andere Werte für h und q . Das Ergebnis (0,03 mm) ist bei der Mehrzahl entsprechend der nur ungefähren Messung von $2h$ bis auf $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}$ genau. Nur bei wenigen ist dies ganz fehlerhaft. Hier schließt sich als reizvolle Aufgabe die Ermittlung der Größe der Nebelteilchen, welche einen kleinen Hof um den Mond erzeugen. Wir setzen $\frac{h}{q} = \text{tg } \alpha$, worin α den scheinbaren Radius des Hofes bedeutet, den man durch Vergleich mit dem Monddurchmesser leicht schätzen kann. Die letzte Formel kann man nun folgendermaßen schreiben:

$$d = \frac{\lambda}{q \left(1 + \frac{q}{p}\right)},$$

und, da $p = \infty$ ist, auch

$$d = \lambda \cdot \frac{q}{h} = \lambda \cotg \alpha.$$

Beispiel: Der Durchmesser des Mondhofes erschien 5mal so groß als der Mond-
durchmesser. Bei punktförmiger Lichtquelle würde er also nur 4mal so groß erscheinen.
Der Monddurchmesser ist $31' = 0,52^\circ$, sein Radius $0,26^\circ$, also $\alpha = 1,04^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,018; \quad d = \frac{\lambda}{0,018} = \frac{6 \cdot 10^{-5}}{18 \cdot 10^{-3}} \text{ cm} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-2} \text{ cm}.$$

$$d = \frac{1}{30} \text{ mm}.$$

Diese eben geschilderten Frontübungen waren neben einigen andern aus der
Optik (Stecknadelversuche für Spiegelung und Brechung) die ersten, welche ich in
Angriff nahm. Ihr gutes Gelingen auf dem beschränkten Raum der Schülerbänke im
Lehrzimmer der Physik mit den billigsten Mitteln gab mir den Mut, es auch in andern
Gebieten mit Frontübungen auf den Schülerbänken zu versuchen. Dazu mußten
freilich alle Vorrichtungen ebenfalls besonders vereinfacht werden. Hierüber hoffe
ich später zusammenhängend zu berichten. Auf das eine aber möchte ich schon hier
hinweisen. Die Ausführung der Übungen im Lehrzimmer ermöglicht es, eine größere
Schülerzahl, als sie von andern als Maximum angegeben ist, arbeiten zu lassen, ohne
daß der Lehrer seine Stimme übermäßig anzustrengen hat, wie das in einem größeren
Übungsaal der Fall ist, wenn er allen zugleich Anweisungen zu geben hat. Ich
habe die obigen Versuche mit 22 Schülern durchgeführt, von denen jeder eine Vor-
richtung für sich allein benutzte. Bei andern Übungen, deren Apparate weniger
einfach und billig sind, lasse ich aber meist zwei zusammen arbeiten. Ich würde
daher, selbst wenn mir ein größeres Zimmer für Übungen zur Verfügung steht, nicht
darauf verzichten, alle diejenigen Übungen, die sich in dem beschränkten Raume des
Klassenzimmers ausführen lassen, auch hier vorzunehmen.

Einführung in den Begriff der Ultramikroskopie.

Von

Prof. Dr. E. Maey in Remscheid.

Ob ein Eingehen auf die Ultramikroskopie auf der Oberstufe der höheren Schulen
nötig ist, darüber mögen wohl gegenwärtig noch die Ansichten geteilt sein. Es kann
aber kein Zweifel darüber bestehen, daß der Lehrer sich bereit halten muß, in möglichst
elementarer, anschaulicher Weise über diese Auskunft zu geben, falls er von Schülern
oder sonstigen Wißbegierigen danach gefragt wird.

Die Ergebnisse der Ultramikroskopie sind für unsere Vorstellung von dem
molekularen Aufbau der Materie so fruchtbringend gewesen, daß kein Physiker und
Chemiker sie unberücksichtigt lassen kann. Sie haben uns nicht nur über den
Zustand der kolloiden Lösungen aufgeklärt, sondern auch eine Methode¹⁾ zur Zählung
der Atome geliefert, die mit anderen, ganz anders gearteten zu guter Überein-
stimmung führt.

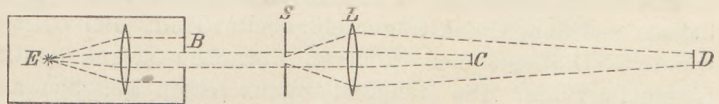
Die Aufgabe der folgenden Zeilen soll es sein, auszuführen, wie man an der
Hand einiger einfacher Versuche mit überall zugänglichen Mitteln eine anschauliche
Vorstellung von dem Wesen ultramikroskopischer Beobachtungen vermitteln kann.

¹⁾ Ausführliche Berichte und Literaturnachweise finden wir in „Neubestimmungen der Loschmidt-
schen Zahl“ von Dr. Wilh. Hillers, Beilage zum Jahresbericht des Realg. des Johanneums, Hamburg
1910, und in der „Experimentellen Grundlegung der Atomistik“ von Werner Mecklenburg, Jena 1910.

Den Ausgangspunkt bildet die einfachste Beugungserscheinung, die des leuchtenden Schirmrandes. Daß sie als solche den meisten Physikern noch unbekannt ist, beweist der Umstand, daß sie in den meisten Lehrbüchern²⁾, welche die Lichtbeugung behandeln, gar nicht erwähnt wird. Meist wird die Lichtbeugung an einem Spalt irrtümlich als einfachste behandelt. Andererseits beweist gerade der Umstand, daß wir von ihrer Kenntnis bei der Einführung in die Ultramikroskopie ausgehen müssen, am besten, daß sie die grundlegende einfachste Beugungserscheinung ist. Wir machen uns mit ihr am besten bekannt durch zwei sogenannte Freihandversuche, zu denen jeder Beobachter außer einem Auerbrenner oder einer elektrischen Lampe nur noch ein sauber geschliffenes Taschenmesser als Beugungsschirm nötig hat. Diese beiden Beobachtungen der sich an der Schneide des Messers als feine Lichtlinie zeigenden inneren und äußeren Beugung können von allen Zuhörern in gleicher Front ausgeführt werden, und da ich ihre Durchführung im vorhergehenden Aufsatz eingehend geschildert habe, so will ich auf sie als die beiden ersten einleitenden Versuche hier nur kurz verweisen.

3. Versuch. Die Wellen des gebeugten Lichtes können dazu dienen, den Rand des Beugungsschirmes als leuchtende Linie abzubilden. Dieses ermöglicht folgende Einrichtung³⁾. Von einer Projektionslampe *E* (s. Figur) läßt man aus einer Blende *B* von ungefähr 1 cm Durchmesser paralleles Licht austreten auf eine etwa 1 m entfernte Linse *L* von möglichst großem Durchmesser (8–10 cm), deren Brennweite ungefähr $\frac{1}{3} BL$ beträgt. Diese liefert bei *C* ein verkleinertes Bild der Blende *B*. Man richte sich nun einen kleinen Schirm *C* her, der gerade dieses Bild zu verdecken imstande ist, so daß an ihm keiner

der abbildenden Strahlen der Blende vorbeigehen kann. Er muß also zur Sicherheit ein wenig



größer als dieses Bild sein, jedoch so wenig wie möglich, vielleicht das Bild ringsum etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 mm überragen. Diesen Schirm *C* halte man in der Nähe des Bildes der Blende zum Vorsetzen bereit.

Nun stelle man zwischen die Blende *B* und die Linse *L* einen Spalt *S*, dessen einigermaßen scharfe Ränder etwa 2 mm von einander abstehen und von dem Lichte möglichst in ganzer Ausdehnung beleuchtet werden. Von diesem beleuchteten Spalt entwirft die Linse in einiger Entfernung ein wirkliches Bild *D*, das man auf einem weißen Schirm auffängt. Nun schiebe man den Schirm *C* vor das wirkliche Bild der Blende *B*. Das Projektionsbild der Spaltöffnung verschwindet, da alles durch den Spalt gerade hindurchgehende Licht abgeblendet ist. Aber die Spaltränder erscheinen als leuchtende Linien, da das durch sie abgebeugte Licht an dem Schirm *C* vorbeigeht. Daß aber nicht der Spalt als solcher diese Erscheinung liefert, sondern jeder Rand für sich, zeigt man am einfachsten dadurch, daß man während dieser Abbildung die Spaltränder gegeneinander verschiebt, wobei sich auch ihre Bilder gegeneinander verschieben, ohne daß sie sonst sich im einzelnen ändern. Auch die folgenden Vorführungen dienen dazu, diese Auffassung zu bestätigen. Diese Vorführungen sind so eindrucksvoll, sie wirken so überzeugend, daß wir es hier mit einer grundlegenden Erscheinung zu tun haben, daß ich durch sie schon einige Fachgenossen dafür gewonnen habe, ihre Betrachtung der ganzen Beugungslehre zugrunde zu legen.

²⁾ Eine Ausnahme bildet die Oberstufe der Naturlehre von Höfler-Poske, 3. Aufl., Braunschweig 1911.

³⁾ Die Anordnung ist nach den Angaben von Schreiber und Springmann, „Experimentierende Physik, Leipzig 1905 u. 1906, 2. Bd., S. 85, nachgebildet. Nur das abzubildende Objekt, ein feiner Haarpinsel, ist aus Gründen, die sich aus den Versuchen Nr. 4 ergeben, durch andere Objekte ersetzt.

4. *Versuch.* Man ersetze den Spalt S durch Beugungsschirme anderer Form, z. B. durch eine große Stecknadel mit breitem Kopf. Ihr ganzer Umriß, auch der des Kopfes, erscheint als feine Lichtlinie. Nimmt man statt der Nadel einen Draht von 0,2 mm Dicke, so erscheinen beide Ränder im Bilde sehr nahe, aber doch deutlich unterscheidbar. Auch wenn man ein gerade gespanntes Haar von 0,03 mm Dicke nimmt, lassen sich beide Ränder im Bilde noch deutlich unterscheiden. Nimmt man aber den feinen Haarpinsel nach den Angaben bei SCHREBER und SPRINGMANN, so erscheint jedes Haar, auch wenn es dicker als das obige ist, nur als eine einzige feine Lichtlinie. Das ist aber eine Täuschung. Denn bei den wirr auseinanderstrebenden Haaren des Pinsels kann die Abbildung nicht auf alle zugleich scharf eingestellt werden. Die meisten Haare liefern also nur eine Linie, weil beide Randlinien wegen unscharfer Einstellung zu einer zusammenfließen; die wenigen, auf welche das Bild scharf eingestellt ist, verlieren sich in dem Haufen der andern. Diese Abbildung des Pinsels bleibt aber sehr überraschend und daher lohnend. Ohne Blende bei C erscheint der Pinsel als schwarzer Schatten auf weißem Grunde, mit der Blende als gespenstiges weißes Bild auf schwarzem Grunde.

5. *Versuch.* Noch wenig bekannt als Beugungsmittel ist die Prismenkante. Man ersetze daher S durch ein Fresnelsches Doppelprisma. Es erscheinen jetzt bei C zwei Bilder von B nebeneinander, die man beide durch zwei schmale Schirme zugleich abblenden muß; dann sieht man bei D das Bild der leuchtenden Prismenkante als feine Lichtlinie.

6. *Versuch.* Als Übergang zu ultramikroskopischen Objekten ersetze man jetzt S durch eine Menge feiner undurchsichtiger Körnchen, z. B. von CuO , die in Kanadabalsam auf dem Objektträger eingebettet sind. Bei C ist jetzt nur eine Blende notwendig. Die einzelnen größeren Körnchen zeigen deutlich ihre Umrisse als helle Linien im Bilde. Die Menge der ganz feinen Teilchen aber ist nur noch als Lichtpunkte zu erkennen.

Wir haben hier also so kleine Körper vor uns, daß ihre Umrisse bei der Abbildung nicht mehr unterschieden werden können, sondern nur noch durch gebeugtes Licht ihr Vorhandensein als leuchtende Punkte (Beugungsscheibchen) verraten. Freilich, im Mikroskop mit seiner feineren Abbildung sind ihre Umrisse noch deutlich erkennbar. Aber auch bei ihm gibt es eine Grenze für die Abbildungsfähigkeit der Objekte. Körper, deren Durchmesser kleiner als eine halbe Wellenlänge ist, können in ihren Umrisen durch kein Mikroskop abgebildet werden, sie können aber auf dunklem Untergrunde als kleine Beugungsscheibchen oder bei größerer Ausdehnung in einer Richtung als feine Lichtlinien sichtbar gemacht werden. Solche Körper werden von SIEDENTOPF, dem Begründer der Ultramikroskopie, Ultramikronen genannt, und die Möglichkeit, sie sichtbar zu machen, erstreckt sich nach ihm bis zu einem Durchmesser von etwa $0,004 \mu$, eine Grenze, die durch die zur Verfügung stehende hellste Beleuchtung durch Sonnenlicht gegeben ist.

Von dem genannten Forscher⁴⁾ sind auch die drei folgenden Untersuchungsmethoden der Ultramikronen ausgebildet worden:

1. mit orthogonaler Beleuchtung des Objekts,
2. mit koaxialer Beleuchtung und Zentralblende im Objektiv,
3. mit koaxialer Beleuchtung und Zentralblende im Kondensor.

Die zweite Methode entspricht im wesentlichen der oben vorgeführten makroskopischen Abbildung. Da aber die dritte die am meisten angewandte ist, will ich nur sie hier noch in Kürze erläutern.

⁴⁾ H. Siedentopf, Über ultramikroskopische Abbildung. Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie und für mikroskopische Technik, Bd. XXVI, 1909, S. 391—410. Diese Arbeit enthält auch zahlreiche auf die Ultramikroskopie bezügliche Literaturangaben.

Das Objekt wird durch einen Kondensor mit möglichst großer Apertur, größer als die des Objektivs, beleuchtet; die zentralen Strahlen, welche in das Objektiv fallen würden, werden durch eine zentrale Blende im Kondensor abgeblendet. Betrachtet man jetzt ein optisch reines Objekt, z. B. einen reinen Wassertropfen zwischen Objektträger und Deckglas, die beide von Rissen frei sind, so sieht man nur ein dunkles Feld (Dunkelfeldbeleuchtung). Bringt man aber in den Wassertropfen ein mikroskopisches oder ultramikroskopisches Objekt, so senden die Umrisse der Objekte gebeugtes Licht in das Objektiv. Als Beispiel wollen wir ein ultramikroskopisches Objekt nehmen, das jeder stets bereit hat: eine Spur von dem weißen Zahnansatz in einem Tropfen Wasser zerrieben. Falls wir nicht gerade einen für ultramikroskopische Beobachtungen eingerichteten Kondensor besitzen, können wir auch die Beleuchtung mit Sonnen- oder elektrischem Licht durch einen ebenen Spiegel möglichst schräge von unten auf das Objekt fallen lassen, so daß die geraden Strahlen am Objektiv vorbeigehen. Diese Art der einseitigen Beleuchtung entspricht der ersten oben genannten Methode, wenn auch in diesem Falle die beleuchtenden Strahlen und die Mikroskopachse nicht gerade einen rechten Winkel bilden. Schon mit diesen einfachen Mitteln sieht man hier stets zwei Arten ultramikroskopischer Objekte in lebhafter Bewegung, und zwar zahlreiche Kokken als Beugungsscheibchen und Bakterien als feine kurze Striche.

Es muß hier aber noch hervorgehoben werden, daß diese einfache Beleuchtungsart nicht imstande ist, alle Ultramikronen sichtbar zu machen. Bei feineren und daher lichtschwächeren Objekten ist die allseitige Beleuchtung mit Kondensor und Zentralblende schon zur Vergrößerung der Helligkeit erforderlich. Auch können durch einseitige Beleuchtung nicht alle beliebig im Raume gelegenen Kanten sichtbar gemacht werden, da dann nicht immer die Strahlungsrichtung des gebeugten Lichtes ins Objektiv fällt, wie dies durch die Arbeiten von Siedentopf⁵⁾ und dem Verfasser⁶⁾ nachgewiesen ist.

Solche Kondensoren für Dunkelfeldbeleuchtung, werden von den optischen Firmen jetzt so geliefert, daß sie sich an jedes bessere Mikroskop ansetzen lassen.

Übungen im Bestimmen des scheinbaren Sonnendurchmessers.

Von

Prof. P. Kiesling in Bromberg.

Zu allen auf die Sonne bezüglichen Beobachtungen (Zeitbestimmungen, Meridiandurchgängen usw.) bedarf man der Kenntnis des scheinbaren Sonnendurchmessers, um die für den Mittelpunkt der Sonne berechneten Resultate auf den Sonnenrand zu beschicken. Die Größe des Durchmessers kann man nun den astronomischen Tafeln für jeden Tag des Jahres entnehmen; doch ist es von pädagogischem Wert, den Schülern zu zeigen, daß man von solchen Tafeln nicht unbedingt abhängig ist, sondern die Bestimmung auch selbst vornehmen kann.

Astronomische Beobachtungen feinerer Art gehören nun nicht zu den Forderungen der Lehrpläne für höhere Schulen. Man ist daher bedauerlicherweise beim Unterricht in der mathematischen Geographie auf die graue Theorie angewiesen. Daß dabei nicht viel herauskommt, ist bekannt. Trotzdem findet man bei den meisten Schülern

⁵⁾ H. Siedentopf, Über ultramikroskopische Abbildung linearer Objekte. Zeitschr. für wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. XXIX, Heft 1, S. 1–47.

⁶⁾ E. Maey, Die räumliche Lagerung von Kanten im mikroskopischen Objekt bei Dunkelfeldbeleuchtung. Ebenda, S. 48–57.

ein äußerst reges Interesse für die Vorgänge am Himmel. Daher betreibe ich seit Jahren astronomische Übungen und Messungen unter freiwilliger Beteiligung der Schüler, wobei es mir an Teilnehmern bisher nie gefehlt hat

Der hauptsächlichste Wert der nachfolgend beschriebenen Übungen liegt darin, daß sie (außer Versuch 1) wirklich praktisch ausgeführt sind.

Versuch 1. In einfachster Weise kann die Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers durch den Sextanten geschehen. Man bringt das direkt gesehene Sonnenbild mit dem durch doppelte Spiegelung erzeugten in der Weise aneinander, daß sie sich von außen berühren, und liest dann an der Teilung die gesuchte Größe unmittelbar ab. Aber selbst wenn ein besseres Instrument zur Verfügung steht (ich konnte nur ein Modell benutzen), ist die Messung wohl wenig genau und rein äußerlich, so daß die Schüler höchstens den Gebrauch des Sextanten bei dieser Übung kennen lernen können.

Zu dem *Versuch 2* ist ein Theodolit, und zwar ein sogenanntes Universalinstrument, benutzt worden; mindestens ist aber ein mit Höhentheilung versehenes Fernrohr nötig.

Man beobachtet die Sonne zur Zeit ihrer Kulmination. Dazu berechnet man ihre Kulminationshöhe nach der Formel $h_0 = 90 - \varphi + \delta$ (mit Korrektion für Refraktion und Höhenparallaxe). Dann stellt man das in den Meridian gebrachte Fernrohr auf die Höhe h_0 ein. Die Sonne erscheint dann pünktlich zur Zeit des wahren Mittags im Fernrohr, so daß die verlängerte Fernrohrachse durch den Mittelpunkt der Sonne geht. Darauf bringt man durch Drehen der Höhenschraube den unteren (oder oberen) Sonnenrand mit dem horizontalen Mittelfaden des Fadensystems zur Berührung und liest am Höhenkreise die Größe der Drehung ab; sie gibt den scheinbaren Sonnenradius. Bei diesem Versuch ist vorausgesetzt, daß die Höhe der Sonne sich während der Beobachtung nicht ändert, was ja im wahren Mittag mit großer Annäherung der Fall ist.

Will man noch genauer verfahren, so bringe man zur Zeit der Kulmination den unteren Sonnenrand zur Berührung mit dem Horizontalfaden, lese die Höhe ab und drehe dann schnell die Höhenschraube so weit, daß der obere Sonnenrand den Faden berührt.

Nachdem man wieder abgelesen hat, ergibt die Differenz der Ablesungen den scheinbaren Sonnendurchmesser. Ich erhielt auf diese Weise am 21. Juli v. J. als Mittel von 3 Versuchen den scheinbaren Sonnendurchmesser zu $0,53^{\circ} = 31,80'$, der scheinbare Radius war also $\varrho = 15,9' = 15' 54''$, während das Nautische Jahrbuch für den genannten Tag angibt $\varrho = 15' 46''$. Der Fehler betrug also $8''$.

Versuch 3. Der dritte Versuch erfordert zwar mehr Arbeit und Rechnung, liefert aber ein genaueres Resultat, und ist besonders deshalb von Wert, weil er Gelegenheit bietet, die Anschauung der Schüler in bezug auf die Bewegungen am Himmel zu üben. Ein fernerer Vorzug des Versuches ist endlich der, daß er auch mit einem einfachen Fernrohr (ohne Ablesungsvorrichtung) ausgeführt werden kann. Gut ist es, wenn das Fernrohr ein Fadensystem und ein Sonnenblendglas besitzt. Ist kein Fadenzug vorhanden, so kann man zur Not den Rand des Gesichtsfeldes als Marke benutzen; fehlt das Blendglas, so wird man das Sonnenbild objektiv auf einem mit Fadenzug versehenen Schirm auffangen, was ja durch geringes Herausschieben des Okulars leicht zu bewirken ist. Außer dem Fernrohr ist noch eine Stoppuhr nötig, welche aber im Notfall durch ein Sekundenpendel ersetzt werden kann. Der benutzte Zeitmesser gibt meist mittlere Sonnenzeit an. Als Einleitung zu dem Versuch dient folgende Überlegung:

Wir betrachten die Sonne zur Zeit der Äquinoktien ($\delta = 0$); sie beschreibt dann im Laufe des Tages den Äquator AQ_1 (Fig. 1). Während sie den Bogen $Q_1\sigma_1$ zurücklegt, beschreibt der Sehstrahl MQ_1 den ebenen Winkel $Q_1M\sigma_1 = \tau$, der mit dem

sphärischen Winkel $Q_1 P \sigma_1$ (Stundenwinkel) identisch ist. Braucht die Sonne zu dem Wege $Q_1 \sigma_1 t^{sec}$, so ist bekanntlich t^{sec} (Zeitsekunden) gleichbedeutend mit $(15 t)''$ (Bogensekunden). Denn $24^h = 360^\circ$, $1^h = 15^\circ$, $1^{sec} = 15''$. Also ist $\tau = (15 t)''$.

Denken wir uns nun $Q_1 \sigma_1$ so klein, daß Q_1 ein Punkt des rechten Sonnenrandes, σ_1 der ihm diametral gegenüberliegende Punkt des linken Sonnenrandes ist, so ist τ der scheinbare Sonnendurchmesser (von M aus gesehen).

Mit Hilfe eines Fernrohrs, welches wir uns zunächst der Einfachheit halber parallaktisch aufgestellt denken, kann man nun die Zeit t bestimmen, indem man die Sonne zur Zeit ihrer Kulmination (siehe Vers. 2) über den mittleren Vertikalfaden des Fadenkreuzes hinwegstreichen läßt, so daß am Anfang des Versuches der (im Fernrohr) linke Sonnenrand, am Ende der rechte Sonnenrand den Faden berührt. Hat man so t mittels der Stoppuhr in Sekunden bestimmt, so hat man gleichzeitig den scheinbaren Sonnendurchmesser $\tau = 15 t''$ in Bogensekunden erhalten.

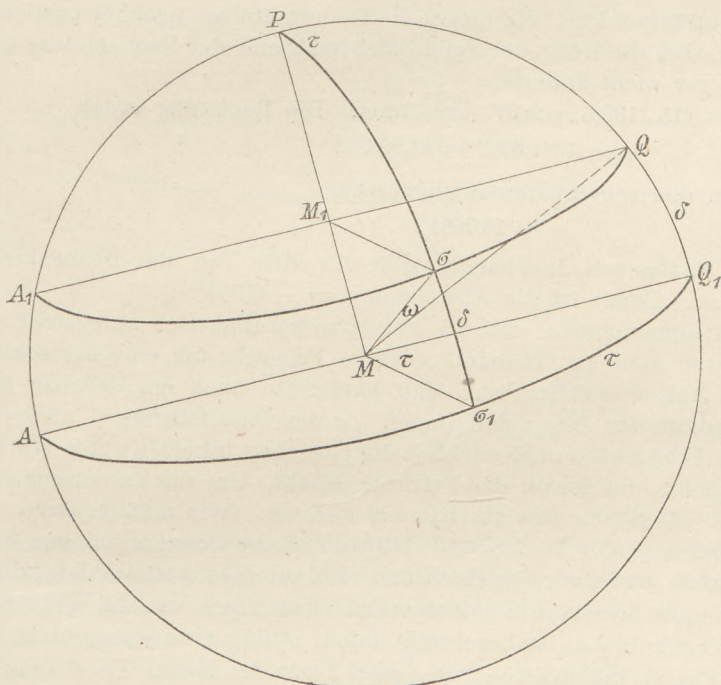


Fig. 1.

Nun wäre es mißlich, wenn man die Beobachtung nur zur Zeit der Äquinoktien vornehmen könnte. Daher betrachten wir jetzt die Sonne an einem be-

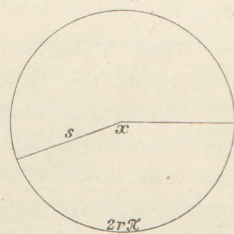


Fig. 1 a.

liebigen Tage, an dem ihre Deklination $= \delta$ ist. Legt dann die Sonne in der Zeit t^{sec} den Bogen $Q \sigma$ zurück, so ist $\angle Q M_1 \sigma = \angle Q_1 M \sigma_1 = \tau$ (Fig. 1). Der Sehstrahl beschreibt

aber jetzt den $\angle Q M \sigma = \omega$. In 24^h legt die Sonne den ganzen Parallelkreis $A_1 Q$ zurück, also 360° , der Sehstrahl $M Q$ dagegen beschreibt gleichzeitig den Mantel eines Kegels, dessen Achse $M M_1$ und dessen Grundkreis $A_1 Q$ ist. In 24^h beschreibt also der Sehstrahl den Zentriwinkel x eines Kreissektors, der dadurch entsteht, daß man den Kegelmantel in die Ebene ausbreitet (Fig. 1 a). Dann besteht bekanntlich die einfache Beziehung:

$$\frac{x}{360} = \frac{2 r \pi}{2 s \pi} = \frac{r}{s},$$

wo r der Grundkreisradius des Kegels ($r = M_1 Q$) und s die Seite ist ($s = M Q$).

Nun ist $\frac{r}{s} = \sin M_1 M Q = \sin (90 - \delta) = \cos \delta$. Also ist $x = 360 \cos \delta$. Ferner ist

$$\frac{\omega}{x} = \frac{\tau}{360}, \text{ also } \omega = \frac{x \cdot \tau}{360} = \tau \cos \delta.$$

In derselben Zeit t also, in der die Sonne den $\angle \tau = Q M_1 \sigma$ zurücklegt, beschreibt der Sehstrahl $M Q$ den $\angle \omega = \tau \cos \delta$.

Beobachtet man also, wie oben beschrieben, die Zeit t^{sec} für den Vorübergang der Sonne am Vertikalfaden, so erhält man für den scheinbaren Sonnendurchmesser

$$\omega = (15 t \cos \delta)''^1).$$

Es wurde nun in Bromberg (geogr. Breite $\varphi = 53,129^\circ = 53^\circ 7' 44,4''$) am 15. Juli 1912 die Kulminationshöhe der Sonne nach der Gleichung $h_0 = 90 - \varphi + \delta = 58^\circ 26' 44,93''$ berechnet.

Einige Minuten vor der Kulmination, die ungefähr um 11^h 54^m M. E. Z. eintrat, wurde das Fernrohr des Theodoliten in den Meridian gestellt und ihm die Höhe h_0 gegeben. In dem Augenblick, wo der (im Fernrohr) linke Sonnenrand den Vertikalfaden berührte, wurde die Stoppuhr in Gang gesetzt und dann gestoppt, als der rechte Sonnenrand mit dem Faden zur Berührung kam. Die Uhr gab 2^m 15,6^{sec} = 135,6^{sec} als Zeit des Vorübergangs. Wie man sieht, wurde der Versuch so eingerichtet, daß die erste Hälfte des Sonnendurchmessers den Faden unmittelbar vor der Kulmination des Sonnenmittelpunktes, die zweite Hälfte unmittelbar nachher passierte. Dadurch wurde erreicht, daß die Höhe der Sonne sich während der Beobachtung und Zeitmessung so gut wie gar nicht änderte.

Darauf wurde $\omega = (15 \cdot 135,6 \cdot \cos \delta)''$ berechnet. Die Rechnung ergab

$$\omega = 1891,608'' = 31,5268'.$$

Hieraus findet man den scheinbaren Sonnenradius

$$\rho = 15,7634'.$$

Die Tabelle des Nautischen Jahrbuches gibt für den Tag der Beobachtung $\rho = 15' 46'' = 15,766'$ an. Somit ist die Abweichung = $-0,003'$.

Es wurde bis jetzt angenommen, daß das Fernrohr parallaktisch aufgestellt sei. Der benutzte Apparat war aber ein Theodolit, dessen Fernrohr um eine horizontale und um eine vertikale Achse drehbar ist. Nun beschreibt auch ein derartig aufgestelltes Fernrohr während der Zeit t den Bogen $Q\sigma$ des Parallelkreises, also den Winkel ω , es ist aber die Frage, ob ω auch wirklich der Gesichtswinkel ist, unter dem die Sonne einem Auge erscheint, das durch das Fernrohr blickt. Um das zu entscheiden, denken wir uns einmal die Sonne fest am Himmel stehend. Wir müßten dann das Fernrohr so drehen, daß erst der rechte und dann der linke Sonnenrand von dem Vertikalfaden berührt wird, wenn wir den Gesichtswinkel erhalten wollen. Jetzt dreht sich aber das Fernrohr nicht wie vorhin mit der Erde zusammen um die Weltachse, sondern um die eigene Vertikalachse, es beschreibt daher, streng genommen, nicht den $\angle \omega$, sondern den $\angle \xi$ (Fig. 2), indem seine Achse jetzt nicht den Kegel QMA (Fig. 1), sondern den Kegel QMR beschreibt, dessen Grundkreis der dem Horizont parallele Kreis RQ ist. Dem $\angle \xi$ würde dabei der Bogen $Q\sigma_2$ auf dem Kreise RQ entsprechen.

Bei der geringen Größe der Bögen $Q\sigma$ und $Q\sigma_2$ kann man aber diese und dementsprechend auch die Winkel $QM\sigma$ ($= \omega$) und $QM\sigma_2$ als identisch betrachten.

Wie schon wiederholt gesagt, ändert ja die Sonne während der kurzen Zeit der Beobachtung ihre Höhe nicht, so daß sie einem durch das Fernrohr blickenden Auge auf dem Kreise RQ entlangzugleiten scheint. Wir dürfen also ohne erheblichen Fehler die horizontale Aufstellung des Apparates statt der parallaktischen benutzen.

¹⁾ Es sei bemerkt, daß ω sich auch in anderer Weise finden läßt. Der Bogen $Q\sigma$ ist nämlich der kürzeste Winkelabstand λ der beiden Punkte Q und σ am Himmel. Für diesen ist bekanntlich allgemein:

$$\cos \lambda = \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cdot \cos \delta_2 \cdot \cos (\alpha_1 - \alpha_2).$$

Hier bedeutet λ den kürzesten Abstand, δ_1 und δ_2 die Deklination der beiden Punkte Q und σ , α_1 bzw. α_2 ihre Rektaszensionen. Macht man die Annahme, daß in der Zeit t die Deklination des Punktes Q (der Sonne) sich nicht ändert, so wird in unserem Falle

$$\cos \omega = \sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cdot \cos \tau,$$

da $\alpha_1 - \alpha_2 = \tau$ ist.

Punktes zur Zeit $4^h + t$, wo t wieder die Zeit des Vorüberganges der Sonnenscheibe am Vertikalfaden des Fadenkreuzes bedeutet. Der Bogen AB ist dann gleich der Breite der Sonnenscheibe, also gleich dem scheinbaren Durchmesser. Ist nun T der Stundenwinkel der Sonne um 4^h , so ist $T = 60^\circ$, der sphärische Winkel $APB = \tau = (15 \cdot t)''$; $PA = 90^\circ - \delta_1$; $PB = 90^\circ - \delta_2$, also

$$\cos \omega = \cos AMB = \sin \delta_1 \cdot \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos \tau.$$

δ_1 und δ_2 sind durch einfache Regeldetri aus dem Werte δ zur Zeit der Kulmination zu bestimmen.

Man wird also aus dem Polardreieck PZA die Höhe h_1 und das Azimut a des Punktes A berechnen. Es ist bekanntlich:

$$\sin h_1 = \frac{\sin \varphi}{\sin \mu} \cos (\mu - \delta_1),$$

wo $\cotg \mu = \cotg \varphi \cdot \cos T$ ist. Ferner ist

$$\sin a = \frac{\cos \delta_1 \cdot \sin T}{\cos h_1}; \quad (a \text{ wohl meist } < 90^\circ).$$

Man gibt nun dem Fernrohr zu der bestimmten Zeit (4^h wahre Zeit) die berechnete Höhe h_1 und das Azimut a und mißt wie früher die Zeit t des Vorüberganges

der Sonnenscheibe mittels der Stoppuhr. Dann kann man ω nach der oben angegebenen Formel berechnen.

Da ich diesen Versuch nicht ausgeführt habe, so beschränke ich mich darauf, ihn anzudeuten.

Gesagt sei noch, daß der Gangfehler der Uhr bekannt sein muß. Ist man nicht in der Lage, den Fehler (etwa durch die Zwischenzeit der Meridiandurchgänge zweier Fixsterne) zu bestimmen, so wird das Resultat etwas ungenau, was aber bei einem Schulversuch von nicht allzu großer Bedeutung sein dürfte.

Ein zweiter Beobachtungsfehler hängt mit der persönlichen Gleichung zusammen. Bei Anstellung einer Beobachtung ist man oft nicht

kaltblütig genug. Die Uhr wird durch Druck auf einen Knopf in Gang gesetzt und gestoppt. Es ist unvermeidlich, daß man nicht genau im richtigen Augenblick drückt.

Endlich kommt auch noch der Einfluß der Zeitgleichung in Betracht. Die Uhr geht konform der mittleren Sonne. Beobachtet wird aber die wahre Sonne. Nun nahm am Tage der Beobachtung (15. Juli) die Zeitgleichung stündlich um $0,3^{\text{sec}}$ zu, in der Zeit der Beobachtung ($t = 135,6^{\text{sec}}$) also um $0,011^{\text{sec}}$. Die mittlere Sonne läuft also der wahren voraus, wie es ja zur Zeit des Apheliums sein muß. Die wahre Sonne schreitet also langsamer vorwärts wie die mittlere, sie braucht zum Passieren des Fadens nicht $135,6$, sondern $135,6 + 0,11 = 135,611$ wahre Sekunden. Dadurch

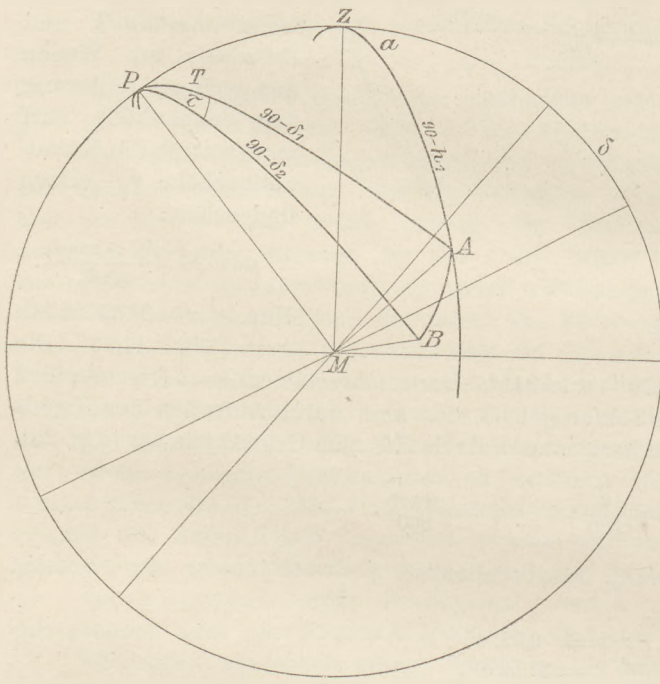


Fig. 3.

wird $\tau = 15 t$ nicht unerheblich größer, demgemäß wird auch $\omega = 15 \cdot t \cdot \cos \delta$ größer und der Fehler kleiner. Er reduziert sich nach meiner Berechnung auf 0,002'. Die durch den Gangfehler der Uhr und durch die Zeitgleichung bedingten Korrekturen sind erst am Schluß erwähnt, weil sie bei einem Schulversuch unwesentlich sind und den Gang der Betrachtungen an früherer Stelle gestört hätten.

Bestimmung der Schwerebeschleunigung g durch den direkten freien Fall*).

Von

Erich Zerbst in Georgenburg bei Insterburg.

Eine einigermaßen brauchbare Bestimmung der Beschleunigung der Schwere g durch den freien Fall von Körpern scheidet bekanntlich an der Kürze der Zeit, während der sich der Fall abspielt. Im folgenden habe ich den Versuch gemacht, durch mehrfache nacheinander erfolgende Wiederholung der gleichen Fallerscheinung die Beobachtungszeit zu verlängern und damit die einfache Fallzeit einer erheblich größeren Genauigkeit zugänglich zu machen. Das Verfahren dürfte besonders auch für Schülerübungen geeignet sein.

Die Beobachtungen werden aus zwei verschiedenen Höhen angestellt. Die Hilfsmittel für die Versuche bestehen in einer richtiggehenden Stoppuhr und einer größeren Anzahl Bleikugeln (sog. Rehposten). Die Bleikugeln werden durch einen leichten Hammerschlag ein wenig abgeplattet, um das Rollen derselben zu verhindern.

Etwa 5 bis 10 Kugeln legt man in Abständen von 1 bis 2 cm abgezählt vor sich hin auf ein glatt gehobeltes Brett, und zwar ganz dicht an die dem Beobachter zugekehrte Kante des Brettes. Auf den Boden des Fallschachtes genau unter dieses Brett wird eine Holzkiste zum Auffangen der Kugeln gestellt. Um das Aufschlagen der Kugeln scharf hören zu können, legt man zweckmäßigerweise den Boden der Kiste mit Papier aus.

Die erste der abgezählten Kugeln stößt man durch Krümmen des Zeigefingers ab. Gleichzeitig setzt man mit der linken Hand die Stoppuhr in Bewegung, was sich nach einiger Übung leicht erreichen läßt. Sowie man das Aufschlagen der ersten Kugel hört, stößt man die zweite in gleicher Weise ab, und so fort, bis alle Kugeln, die man vor sich liegen hatte, gefallen sind. Gleichzeitig mit dem Aufschlagen der letzten Kugel hält man die Stoppuhr an.

Die beobachteten Fallzeiten bedürfen folgender Korrekturen:

1. Es vergeht eine bestimmte Zeit τ , bis der Schall vom Boden des Fallschachtes in das Ohr des Beobachters gelangt. Diese Zeit ist für den einzelnen Fall gering, sie summiert sich aber bei n Kugeln auf $n \tau$ Sek. Dieser Fehler wird dadurch eliminiert, daß man aus der Fallhöhe und der Schallgeschwindigkeit τ berechnet und $n \tau$ Sek. von der beobachteten Fallzeit abzieht.

2. Es vergeht ferner eine bestimmte Zeit, bis die Gehörsempfindung des Schalles eine Bewegung des Fingers auslöst. Diese Zeitdauer wird naturgemäß individuell verschieden sein. Sie wird aber auch verschieden sein zu Anfang und zu Schluß der Beobachtungen, wenn man eine gewisse Übung erreicht hat. Dieser persönliche Fehler x wird im Mittel ziemlich konstant bleiben, wenn man folgendes beachtet: Die Versuchsanordnung ist in beiden Höhen ganz gleichartig einzurichten, und zwar

*) Ein auf dem gleichen Prinzip beruhender Apparat wird von Herrn Dr. P. GEHNE in einem der nächsten Hefte der Zeitschrift beschrieben werden. Die Redaktion.

so, daß man in ganz bequemer Weise arbeitet. Ebenso ist es zweckmäßig, drei Beobachtungen aus der Höhe h_1 , dann drei Beobachtungen aus der Höhe h_2 und wieder drei Beobachtungen aus Höhe h_1 usw. vorzunehmen.

3. Inwieweit der Einfluß der Luftreibung von Bedeutung ist, soll unten betrachtet werden (S. 154).

Beobachtungssätze.

Fallhöhe $s_1 = 813$ cm.

Anzahl der gefallenen Kugeln	Beobachtete Zeit	Korrektion
$n = 5$	7,6 Sek.	$\tau = \frac{8,1_3 \cdot 5}{330} = 0,12$ Sek., also die korrigierte Zeit $T_1' - n \tau = 7,52$ Sek.
	7,6 -	
	7,8 -	
	7,6 -	
	7,6 -	
Mittel $T_1' = 7,64$ Sek.		

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_1' = \frac{T_1' - n \tau}{n} = 1,50_4$ Sek.

$n = 10$	15,4 Sek.	$\tau = \frac{8,1_3 \cdot 10}{330} = 0,24$ Sek., also die korrigierte Zeit $T_1'' - n \tau = 15,06$ Sek.
	15,2 -	
	15,4 -	
	15,2 -	
	15,2 -	
Mittel $T_1'' = 15,30$ Sek.		

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_1'' = \frac{T_1'' - n \tau}{n} = 1,50_6$ Sek.

und aus beiden Sätzen das Hauptmittel $\vartheta_1 = 1,50_5$ Sek.

Fallhöhe $s_2 = 1051$ cm.

Anzahl der gefallenen Kugeln	Beobachtete Zeit	Korrektion
$n = 10$	17,2 Sek.	$\tau = \frac{10,5_1 \cdot 10}{330} = 0,32$ Sek., also die korrigierte Zeit $T_2' - n \tau = 16,83$ Sek.
	17,0 -	
	17,2 -	
	17,2 -	
Mittel $T_2' = 17,15$ Sek.		

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_2' = \frac{T_2' - n \tau}{n} = 1,68_3$ Sek.

$n = 5$	8,4 Sek.	$\tau = \frac{10,5_1 \cdot 5}{330} = 0,16$ Sek., also die korrigierte Zeit $T_2'' - n \tau = 8,41$ Sek.
	8,8 -	
	8,6 -	
	8,6 -	
	8,4 -	
Mittel $T_2'' = 8,57$ Sek.		

und daraus die Fallzeit einer Kugel $\vartheta_2'' = \frac{T_2'' - n \tau}{n} = 1,68_4$ Sek.

und aus beiden Sätzen das Hauptmittel $\vartheta_2 = 1,68_2$ Sek.

Bezeichnen wir für die Fallhöhe s_1 mit

- n_1 die Anzahl der gefallenen Kugeln,
- T_1 die beobachtete Fallzeit,
- t_1 die wahre zu berechnende Fallzeit,
- τ_1 die Zeit, die der Schall braucht, um den Fallraum s_1 zu durchlaufen,
- x den mittleren persönlichen Fehler

und führen für die Fallhöhe s_2 die entsprechenden Bezeichnungen ein, so können wir folgende Gleichungen aufstellen:

$$T_1 = n_1 t_1 + n_1 \tau_1 + n_1 x,$$

$$T_2 = n_2 t_2 + n_2 \tau_2 + n_2 x;$$

ferner benutzen wir die Relationen

$$s_1 = \frac{1}{2} g t_1^2, \quad s_2 = \frac{1}{2} g t_2^2,$$

$$s_1 : s_2 = c^2, \quad t_1 = t_2 \cdot c, \quad t_2 = \frac{t_1}{c}.$$

Setzt man einen dieser Werte oben ein, so ist

$$\frac{T_1 - n_1 \tau_1}{n_1} = t_1 + x, \quad \frac{T_2 - n_2 \tau_2}{n_2} = t_2 + x;$$

nach früherer Bezeichnung ist nun

$$\frac{T_1 - n_1 \tau_1}{n_1} = \vartheta_1, \quad \frac{T_2 - n_2 \tau_2}{n_2} = \vartheta_2,$$

$$\vartheta_1 = t_1 + x, \quad \vartheta_2 = \frac{t_1}{c} + x,$$

also

$$t_1 = \frac{(\vartheta_1 - \vartheta_2) c}{c - 1}, \quad t_2 = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{c - 1}.$$

Aus den angeführten Beobachtungssätzen ergeben sich folgende Zahlen:

$$\begin{aligned} \text{Fallhöhe } s_1 &= 813 \text{ cm}, & \vartheta_1 &= 1,50, \text{ Sek.}, \\ \text{Fallhöhe } s_2 &= 1051 \text{ cm}, & \vartheta_2 &= 1,68, \text{ Sek.}, \\ \vartheta_2 - \vartheta_1 &= 0,17, \text{ Sek.} \\ c &= \sqrt{s_1/s_2} = 1,13, \end{aligned}$$

es ist also

$$t_1 = \frac{0,17 \cdot 1,13}{0,13} = 1,46, \text{ Sek.},$$

$$t_2 = \frac{0,17}{0,13} = 1,29, \text{ Sek.};$$

daraus ergeben sich folgende Werte für g :

$$g_1 = \frac{2 \cdot s_1}{t_1^2} = \frac{2 \cdot 1051}{1,469^2} = 974,0 \text{ cm.},$$

$$g_2 = \frac{2 \cdot s_2}{t_2^2} = \frac{2 \cdot 813}{1,292^2} = 973,6 \text{ cm.}$$

Die Höhe des Fallraumes läßt sich bis auf ± 3 cm bestimmen, was einen Fehler von ± 3 cm für g zur Folge hat. t_1 und t_2 sind genau bis auf $\pm 0,005$ Sek.; dem entspricht der Fehler $\pm 6,5$ cm. g ist für unsere Breite = 981 cm. Aus anderen Beobachtungssätzen erhielt ich Werte, die um 10 cm größer oder kleiner waren als 981 cm; die Genauigkeit der Messungen ist also etwa 1%.

Reibung einer frei fallenden Kugel an der Luft.

Im Verhältnis zu der geringen Ausdehnung der Luftteilchen ist auch die Oberfläche einer glatt polierten Kugel so rau und uneben, daß die einzelnen Luftteilchen an der Oberfläche nicht vorbeigleiten, sondern ihr anhaften. Es wird also die Kugel während des ganzen Falles von einer dünnen Luftschicht fest umhüllt sein.

Die Reibung, die die fallende Kugel in ihrer Bewegung hemmt, findet also zwischen der äußeren umgebenden Luft und der dünnen Luftschicht statt, die der Kugel anhaftet; sie ist abhängig von der inneren Reibung der Luft, und nach einem Gesetz von STOKES haben wir für die fallende Kugel anzusetzen

$$K = 6 \pi r \mu v.$$

K ist die reibende Kraft, r der Radius der Kugel, μ der Koeffizient der inneren Reibung der Luft, v die Geschwindigkeit der fallenden Kugel.

Multiplizieren wir K mit dem Weg, so erhalten wir den Energieverlust der fallenden Kugel während dieses Weges. Für v setzen wir $g \cdot t$, also ist der Weg in dem Zeitelement dt

$$v dt = g t dt.$$

Setzen wir diesen Wert ein und bilden für die ganze Fallzeit von t_0 bis t_1 die Summe, so haben wir den Energieverlust der Kugel während des Falles,

$$W = \int_{t_0}^{t_1} \mu \cdot 6 \pi r g^2 t^2 dt.$$

Setzen wir die Anfangszeit des Falles $t_0 = 0$, so ist

$$W = 2 \pi r \mu g^2 t_1^3.$$

Ist die Fallzeit der Kugel im luftleeren Raum gleich T_1 , so haben wir die kinetische Energie am Ende des Falles, wenn m die Masse des fallenden Körpers ist,

$$E = \frac{m g^2 T_1^2}{2};$$

ist t_1 die in Luft beobachtete Fallzeit, so ist anzusetzen

$$\frac{m g^2 T_1^2}{2} = \frac{m g^2 t_1^2}{2} - 2 \pi r \mu g^2 t_1^3,$$

$$T_1 = t_1 \sqrt{1 - \frac{4 \pi r \mu t_1}{m}}.$$

Berechnung von T_1 .

$t_1 = 1,29_2$ die in Luft beobachtete Fallzeit,

$r = 0,3$ cm der Radius der Kugeln,

$m = 1,28$ g Gewicht der Kugeln,

$\mu = 0,000179 \left[\frac{\text{g}}{\text{cm/sec}} \right]$ innerer Reibungskoeffizient der Luft bei 15° C.

$$K = \frac{4 \pi r \mu t_1}{m} = 0,00067_2,$$

$$1 - k = 0,999328$$

$$\sqrt{1 - k} = 0,99965$$

$$T_1 = t_1 \cdot 0,99965 = 1,291_3.$$

Der Fehler, der durch die Reibung bedingt ist, beträgt also $-0,0005$ Sek.; er liegt also innerhalb des Fehlers, der bei der Beobachtung gemacht wurde und $\pm 0,005$ Sek. betrug.

Mathem. Physik. Institut zu Königsberg i. Pr.

Chemische Versuche mit Metallwolle¹⁾.

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

A. Allgemeine Eigenschaften der Metallwolle.

Für viele Versuche, bei denen Metalle zur Verwendung gelangen, ist die Art ihrer Zerkleinerung von Bedeutung, besonders hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit. Für manche Versuche sind Metallpulver oder gezogene Drähte, für andere dünne Bleche oder die dünnsten geschlagenen Metallfolien geeigneter. Eine neue Art der Zerkleinerung darf daher auf ein gewisses Interesse rechnen, und es ist der Zweck der nachfolgenden Zeilen, auf ein Material aufmerksam zu machen, das für manche Reaktionen vielleicht geeigneter ist als alle bisher vorliegenden Formen der Metallzerkleinerung. Verf. lernte zunächst in der „Stahlwolle“ ein Material kennen, das sich auch für chemische Versuche vorzüglich eignet, besonders in der feinsten Nummer (Nr. 0) des Handels. Diese Stahlwolle stellt ein Gewirr feinsten, ineinander verschlungener elastischer Metallfäden dar, so daß ein Bausch davon einen gegebenen Raum, z. B. ein engeres oder weiteres Glasrohr, gleichmäßig federnd anfüllt, aber Gasen noch den Durchzug gestattet. Der Grad der Auflockerung des Metalles ist ein so weitgehender, daß 100 g davon, bei nicht allzu starker Zusammenpressung, noch einen Raum von mehr als 1 cdm einnehmen. Als eine der ersten Eigenschaften dieser feinsten Stahlwolle erkannte Verf. die Fähigkeit, einem durch ein Rohr sich ausbreitenden, bereits entzündeten explosiven Gasmisch die exothermische Wärme zu entziehen und so die weitere Ausbreitung der Explosion zu verhindern (vgl. diese Zeitschr. XXV, 26).

Ein Erkundigen an der Quelle — nur das „Metallzerkleinerungswerk von Aug. Bühne & Co., Freiburg i. B.“ stellt die Metallwolle nach patentiertem Verfahren her — ergab, daß die neue Methode der Metallzerkleinerung sich auch auf die anderen Metalle anwenden läßt; ferner auch, daß diese Metallwollen in Forscherkreisen so gut wie unbekannt sind und Publikationen darüber nicht vorliegen. Es wurden vom Verf. Proben oder größere Mengen von Zinkwolle, Bleiwolle, Aluminium-, Magnesium-, Kupfer-, Zinn-, Silber-, Phosphorbronze- und Messingwolle, z. T. nach eigenen Wünschen hergestellte, näher untersucht. Die für die Stahlwolle gegebene Charakteristik gilt im großen und ganzen auch für die anderen Metallwollen, doch machen sich hinsichtlich der Stabilität der Fäden ziemlich starke Unterschiede bemerkbar; auch entsprechen die Eigenschaften der feinen Fäden nicht immer den sonstigen Eigenschaften der kompakten oder sonstwie bearbeiteten Metalle. Das verhältnismäßig leichtbrüchige Zink liefert als Zinkwolle Fäden von recht erheblicher Festigkeit; z. B. lassen sich aus einem größeren Bausch Zinkwolle leicht Fäden von 20–30 cm Länge herauslösen. Ähnliches gilt von der Bleiwolle, die gleichfalls sehr lange Fäden bildet; man hält die Feinheit und Festigkeit der Fäden bei diesem sonst so weichen und wenig festen Metall kaum für möglich. Beim Transport schmiegen sich diese Fäden sehr eng aneinander; ein größerer Bausch Bleiwolle (200 g), der einen Karton ausfüllte, nahm danach nur $\frac{1}{4}$ des Raumes ein. Diese zusammengeballte Bleiwolle bildet fast einen kompakten Körper, aus dem man einen erwünschten Bausch lockerer Fäden kaum herauslösen kann. Auf Anregung des Verf. hat die Firma daher eine andere Form der Verpackung — lange, über mehrere Pappstücke gewickelte Strähnen — gefunden, bei der dieser Übelstand ver-

¹⁾ Die vorstehende Arbeit ist teilweise die Wiedergabe von des Verf. Aufsatz: „Über einige Eigentümlichkeiten der Metallwolle“ in den Berichten d. D. Chem. Ges. 45, Heft 13, S. 2973...2976 — unter näherer Ausführung und Vermehrung der dort angedeuteten Versuche.

mieden ist. Dagegen sind die Fäden sehr feiner Kupferwolle auffälligerweise leicht brüchig, ebenso die der Phosphorbronze- und Messingwolle sowie der feinsten Magnesiumwolle. Ein gewisser Grad von Brüchigkeit ist natürlich infolge der großen Feinheit der Fäden bei den meisten Metallwollen vorhanden. Auf Wunsch des Verf. hinsichtlich der Brüchigkeit stellte die Firma, die es bei der Fabrikation in der Hand hat, die Stärke der Metallfäden zu variieren, vom Kupfer eine Wolle mit etwas kräftigeren Fäden her, die ein vorzügliches Material darstellt. Speziell der zuerst erwähnten Stahlwolle, die einerseits aus einem schwieriger zu bearbeitenden Material hervorgeht und die andererseits billig im großen hergestellt wird, haftet von der Fabrikation her etwas Fett an, das sich indessen nur durch den Geruch bemerkbar macht. Sie läßt sich übrigens leicht entfetten²⁾.

So nützlich auch für viele Demonstrationsversuche die Anwendung von Metallwolle sein mag, so dürfte doch der Hauptwert des schönen Materials in seiner Verwendbarkeit für eigentliche Forschungszwecke, auch auf dem Gebiete der organischen Chemie, liegen; hier werden sich hauptsächlich die Zinkwolle sowie die oben erwähnte besondere Kupfer- und Magnesiumwolle bewähren, z. B. Kupferwolle auch als Ersatz der Kupferspirale bei der Elementaranalyse. Magnesiumwolle dürfte besonders bei der Argondarstellung dem bisherigen Material überlegen sein.

Im folgenden soll eine Reihe von Versuchen näher beschrieben werden, aus denen hervorgehen wird, daß einige Arten von Metallwolle sich für Demonstrationsversuche und auch für chemische Schülerübungen ganz ausgezeichnet eignen.

B. Spezielle chemische Versuche mit Metallwolle.

I. Magnesiumwolle 110/123. Die zuerst gelieferte Magnesiumwolle war für chemische Versuche wenig brauchbar, weil zu leichtbrüchig. Auf Wunsch des Verf. stellte die Firma eine Magnesiumwolle her, bei der die Fäden etwas stabiler und im Querschnitt nicht mehr rund sondern meist etwas bandartig verbreitert sind. Dieses sehr voluminöse und vorzüglich wirkende Material hat von der Firma die Bezeichnung „Magnesiumwolle 110/123“ erhalten.

1. Gewöhnliche Verbrennung. a) Faßt man einen Bausch von $\sim 0,5$ g mit der Tiegelzange und berührt nur den Saum der Bunsenflamme, so flammt das Ganze explosionsartig auf, glüht noch einige Sekunden nach und gibt ein reinweißes Verbrennungsprodukt, das schön im Zusammenhang bleibt. — b) Bringt man einen gleichen Bausch auf eine kleine Asbestpappe und tariert ab, so kann man nach dem Entzünden eine deutliche Gewichtszunahme feststellen; doch ist der Versuch aus methodischen Gründen nicht empfehlenswert, da es sich bei dieser Gewichtszunahme nicht um einen reinen Oxydationsvorgang, sondern um eine Komplikation mit Nitridbildung und auch ein wenig Kohlendioxydreduktion handelt. Die Magnesiumverbrennung sollte daher auch nicht mehr — wie es noch vielfach geschieht — zur Sauerstoffwegnahme aus einem abgeschlossenen Luftquantum benutzt werden.

2. Verbrennung in Sauerstoff. Unter Verwendung der in dieser Zeitschr. (XI, 227) beschriebenen Apparatur (statt des Vierkantglases kann auch ein größeres Batterieglas dienen) gibt ein Bausch von $\sim 0,2$ g, mit der Glühnadel (unter Einschaltung von wenig Zündmasse) in Sauerstoff entzündet, eine glänzende Explosionserscheinung.

3. Zersetzung des Kohlendioxydes. Die Zersetzung des reinen Kohlendioxydes durch Magnesiumwolle läßt sich in einem eleganten Versuch bewerkstelligen, doch bietet hinsichtlich des Produktes die Magnesiumwolle keine besonderen Vorteile; hier bleibt es bei dem vom Verf. in dieser Zeitschr. (X, 174) beschriebenen Versuch mit Magnesiumpulver.

²⁾ Gereinigte Stahlwolle kann von der Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin N., Chausseestr. 8, bezogen werden (je 50 g zu 0,50 M).

4. Für alle Lösungsversuche in den anorganischen Säuren ist das Material gleichfalls sehr gut geeignet, auch für quantitative volumetrische Versuche. Auch in organischen Säuren verlaufen die Reaktionen in bezug auf die Demonstration recht günstig; so löst sich ein Bausch in verdünnter Essigsäure unter lebhaftem Aufbrausen in wenigen Sekunden.

II. Zinkwolle. Diese Metallwolle ist ein vorzügliches Material, das den bisher gebräuchlichen Zinkspänen in jeder Beziehung überlegen ist.

5. Das einfache Verbrennen von Zinkwolle eignet sich zu einem wirkungsvollen Vorlesungsversuch. Ein entflammter Brenner wird horizontal eingespannt und eine Asbestpappe *A* (Fig. 1) darüber gebreitet. Nähert man einen kleineren, mit der Tiegelzange *T* seitlich gefaßten Bausch von Zinkwolle (1...2 g) der Spitze der Flamme, so zeigt sich eine glänzende Flammenbildung und Glüherscheinung, und die Masse bleibt im Zusammenhang, während bei dem üblichen Versuch mit den viel roheren Zinkspänen immerfort Massen von geschmolzenem Zink abfallen. Bei Anwendung eines größeren Bausches Zinkwolle ist die Erscheinung noch glänzender, doch muß man hier gewöhnlich mit einem Abfallen der unteren Hälfte der glühenden Masse rechnen, die dann auf dem Asbest noch ein längeres Nachglühen zeigt unter reichlicher Entwicklung der *lana philosophica*. Auch das Endprodukt ist charakteristisch: stellenweise watteartig und sehr gut zur Demonstration geeignet.

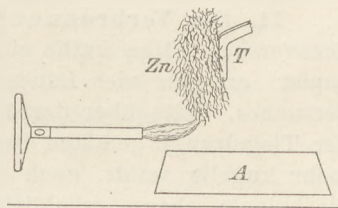


Fig. 1.

6. Gewichtszunahme beim Verbrennen. Wird im vorigen Versuch die Asbestpappe nebst Zinkbausch (2 g) abtariert, so ist nach der Verbrennung eine deutliche Gewichtszunahme festzustellen. Es dürfte dies der einfachste und kürzeste Vorlesungsversuch über die Gewichtsveränderung beim „Verkalken“ von Metallen sein, der um so überzeugender wirkt, als hier die Gewichtsvermehrung trotz des sichtbaren Substanzverlustes infolge Bildung von Rauch und der spinnwebartigen umherfliegenden Oxydmassen stattfindet. Außerdem rechtfertigt das Aussehen des Produktes das Entstehen des alten Wortes Metallkalk.

Die Versuche 5 und 6 eignen sich auch sehr gut für Schülerübungen.

7. Das Verbrennen in der Flamme des Leuchtgas-Sauerstoffgebläses ist ebenfalls ein empfehlenswerter glänzender Versuch. — Auch beim Auflösen in manchen Säuren zeigen sich einige Vorteile.

III. Bleiwolle. Diese Metallwolle hat beiläufig den Vorzug besonderer Billigkeit; sie findet auch in der Technik (z. B. zu Muffendichtungen) Verwendung.

8. Behandlung in der Bunsen- und Gebläseflamme. Eine Strähne (≈ 4 g), in gleicher Weise wie Zinkwolle (Vers. 5) behandelt, zeigt auffälligerweise Spuren von Verdampfung bzw. Flammenbildung (der Verdampfungspunkt von Blei bei gew. Druck wird meist zu 1600° angegeben). Vor dem Leuchtgas-Sauerstoffgebläse *S* (Fig. 2) erhitzt, schmilzt die Bleiwolle zwar zumeist in winzigen Tröpfchen ab, doch entsteht andererseits ein interessanter vielseitiger feiner Rauchregen *R*, der bei Verdunklung des Zimmers noch günstiger zu beobachten ist. Die sich ablösenden kleinen Kugeln zeigen die bekannten Anlauffarben.

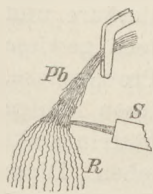


Fig. 2.

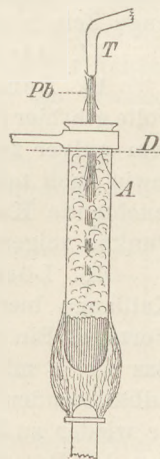


Fig. 3.

9. Sulfurierung. In einem größeren Jenaer Probierglase (20 : 160 mm) werden 20 g Stangenschwefel geschmolzen und bis zum Sieden erhitzt. Sobald die dunkelroten Dämpfe sich bis nahe zur Mündung erstrecken, faßt man mit der Tiegelzange *T* (Fig. 3) eine Strähne Bleiwolle (2 g) und senkt den unteren Teil langsam in das

Probierringlas, das senkrecht in ein Stativ gespannt ist, und dem von unten her ein (bei A) entsprechend perforiertes Drahtnetz *D* übergestreift ist. Die Bleiwolle entzündet sich von selbst im Schmelzdampf und schmilzt unter lebhaftem Erglühen ab.

10. Einwirkung auf Säuren. Es ist auffallend, daß die feinen Bleifäden weder von gewöhnlicher noch von rauchender Salpetersäure angegriffen werden. Überhaupt bedürfen die Lehrbuchangaben in puncto Bleieinwirkung auf Salpetersäure einer gewissen Korrektur, worauf indessen hier nicht näher eingegangen werden soll. Auch die häufige Angabe, daß Blei in feiner Zerteilung auf Salz- und Schwefelsäure einwirke, erstreckt sich nicht auf die feinen Bleifäden.

IV. Zinnwolle ist gleich der Bleiwolle ein mehr strähniges Material.

11. Die Verbrennung in der Bunsenflamme gibt einen reizvollen Demonstrationsversuch. Man kniffe einen Bogen dünnen Kartonpapiers (oder ein Stück Meterpapier) an den vier Rändern um, wie zur Vorbereitung des bekannten Antimonversuches, halte über der Mitte eine Bunsenflamme horizontal und bringe einen mit der Tiegelzange gefaßten Bausch Zinnwolle, den man nicht zu langsträhnig, sondern mehr kugelig wählt, nach und nach in die Flamme. Unter starker Rauchbildung, die beinahe ebenso erheblich ist wie beim Verbrennen von Zink, bilden sich zahllose glänzende Kügelchen, die auf dem Papier kurze Zeit unter lebhaftem Leuchten umhertanzen.

V. Stahlwolle. Von ihrer Verwendung auch zu Schülerversuchen war in dieser Zeitschrift außer an der oben erwähnten Stelle schon früher (XXV, 361) die Rede.

12. Beim Behandeln in der Bunsenflamme analog dem Vers. 5 läßt sich die Brennbarkeit des Eisens und der Übergang in Oxyduloxyd gut zeigen (auch Schülerübung). — Für die Behandlung vor dem Sauerstoffgebläse ist die Uhrfeder vorzuziehen.

13. Die Sulfurierung unter Erglühen erfolgt mit einiger Sicherheit nur in einem kürzeren Probierringlas, ev. noch nach Eintauchen in etwas Eisenpulver. Der früher in dieser Zeitschrift (XXIII, 345) angegebene Versuch zur Sulfuration des Eisenpulvers am Magneten kann aber hierdurch nicht ersetzt werden.

14. Das Verhalten gegen Säuren bietet gegenüber den Eisenfeilspänen oder dem Eisenpulver verschiedentliche Vorteile; z. B. wirkt sie auf Phosphorsäure in lebhafter Weise ein, und bildet mit ihr bei bestimmter Konzentration, eine sich lange Zeit in gleicher Beschaffenheit haltende Gallerte.

VI. Aluminiumwolle bildet ebenfalls ein schönes, wenig brüchiges Material.

15. Behandeln in der Bunsen- und Sauerstoffgebläseflamme. Aluminiumwolle gibt hier nicht das erwartete Aufleuchten, das sich so stark beim Blattaluminium und dem -pulver zeigt; es widersteht also durch sein Oxydhäutchen der weiteren Oxydation sowie auch teilweise dem Abschmelzen. Doch springen ab und zu feine glänzendleuchtende Kugeln im Bogen zur Seite, die große Ähnlichkeit mit den glänzenden Funken zeigen, wie sie Verf. bei seinen Schlagversuchen mit Lithium³⁾ erhielt.

16. Lösung in Säure und Lauge. Bei der Einwirkung auf Salzsäure und Kalilauge bietet Aluminiumwolle gegenüber dem üblichen Aluminiumblech gewisse Vorteile. Ein zusammengerollter Bausch, etwa von Bohnengröße, sinkt im Probierringlas, das zu $\frac{4}{5}$ mit starker Kalilauge gefüllt ist, zu Boden, um sich von diesen infolge adhärerenden Wasserstoffs bald zu erheben. Jedesmal bei kräftigem Schütteln sinkt er wieder zu Boden, um sich nach wenigen Sekunden von neuem zu erheben. Diese Art der Demonstration hat für ein größeres Auditorium einige Vorteile. Der Versuch ist auch als Schülerübung recht instruktiv.

VII. Silberwolle bildet weniger feine, ziemlich zähe Fäden.

17. Behandeln in der Bunsen- und Sauerstoffgebläseflamme. Hier bilden sich ähnlich wie am Platindraht in der Gebläseflamme viele kleine Schmelz-

³⁾ Berichte d. D. Chem. Ges. 39, 866 ff; 1906.

kugeln. Größere davon zeigen zuweilen deutlich eine gelblichgraue Färbung, zum Zeichen, daß eine partielle Veränderung des Edelmetalles stattgefunden hat (Fig. 4, a); doch ist dies nur von wissenschaftlichem, nicht von didaktischem Wert. Als Beweis für das Edelmetall ist vielmehr das Erhitzen von starkem Silberdraht oder -blech, wobei sich reinweiße Schmelzprodukte bilden, vorzuziehen.

Welcher von den vorstehenden Versuchen für Vorlesungszwecke, für den Klassenunterricht oder die Schülerübungen für passend erscheint, wird sich am besten aus der praktischen Erprobung ergeben. In erster Linie empfiehlt Verf. die Anschaffung von Stahlwolle, Zink- und Bleiwolle, weiterhin von Magnesiumwolle 110/123, Aluminium-, Zinnwolle usw.⁴⁾.



Fig. 4.

Zur Demonstration der Brownschen Bewegung.

Von

Hans Schimank in Berlin-Schöneberg.

Während bisher eine Demonstration der Brownschen Molekularbewegung nur mit Hilfe des Ultramikroskops ausführbar war, in den meisten Schulen also trotz ihres großen Interesses nicht gezeigt werden konnte, ist dies nunmehr dank der Methoden von MILLIKAN und REGENER zur Bestimmung des elektrischen Elementarquantums unschwer möglich. Wir beschreiben im folgenden eine vereinfachte und gut erprobte Anordnung, die sich mit sehr geringen Mitteln realisieren läßt. Bevor wir die Anordnung als solche skizzieren, mögen zunächst ihre einzelnen Bestandteile besprochen werden.

1. Die Lichtquelle. Als Lichtquelle von ausreichender Helligkeit kann außer einer Bogenlampe beliebiger Konstruktion eine Nernstlampe in der Anordnung nach GRIMSEHL mit bestem Erfolge angewandt werden. Wo kein Anschluß an die Elektrizitätszentrale vorhanden ist, leistet folgende einfache Anordnung, mit der meine Versuche angestellt wurden, treffliche Dienste.

In die Schmalseite einer größeren Zigarrenkiste *A* wird eine kreisförmige Öffnung von ~ 4 cm Durchmesser geschnitten und in diese ein Stück zusammengerollten Aktendeckels *B* nach Art eines Tubus gesteckt. Am entgegengesetzten Ende einer Längsseite wird eine zweite Öffnung herausgeschnitten, durch die sich ein breiter Kork *K* nur mit Mühe schieben läßt (Fig. 1).

Nachdem dieser Kork, der an beliebigen Stellen zwei Längsrinnen trägt, zu etwa $\frac{2}{3}$ hindurchgeschoben ist, wird mittels Siegelack oder Picein eine fertig montierte kleine Edisonfassung befestigt und die Zuleitungsdrähte durch die Rillen aus der Kiste herausgeführt. Nun schraubt man eine 6-Volt-Osramlampe *L* mit Λ -förmigem Faden ein und dreht dann den Korken so, daß, durch den Tubus gesehen, der vordere Schenkel des Metallfadens den hinteren vollständig verdeckt; man hat also in praxi eine fadenförmige Lichtquelle, die bei einer Überspannung von 2 Volt ein sehr helles Licht ausstrahlt und mit Prisma und Linse ein reines und lichtstarkes Spektrum liefert.

Man hat in diesem improvisierten Projektionsapparat zugleich einen horizontalen oder vertikalen Lichtzeiger, je nachdem man die Zigarrenkiste mit dem Boden oder

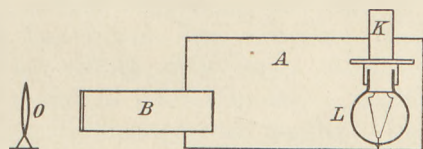


Fig. 1.

⁴⁾ Die verschiedenen Arten der Metallwolle sind von der Firma Aug. Bühne & Co, Freiburg i. B., sowie von der Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin N, Chausseestr. 8 und von der Firma Paul Altmann, Berlin NW, Luisenstr. 47 zu beziehen.

der zweiten Längskante auf den Tisch stellt. Als Projektionslinse O dient ein Leseglas vom ungefähren Durchmesser der Tubusweite, das vor der ganzen Anordnung in bequemer Weise verschoben werden kann.

2. Die „Rauchkammer“. Nunmehr handelt es sich um die Herstellung eines Raumes, in dem die Molekularbewegungen ohne störende Einwirkung von Konvektionsströmen beobachtet werden können. Zu diesem Zweck wird in ein Brett von etwa 7 cm Länge, 3–4 cm Höhe und 1 cm Stärke ein kreisförmiges Loch von $1\frac{1}{2}$ –2 cm Durchmesser geschnitten (Fig. 2) und dieses dann beiderseits durch dünne aufgekittete Glasplatten verschlossen. Am einfachsten erzielt man dabei einen luftdichten Verschuß, wenn man ein Stückchen Plastilin, das man in Spielwarenhandlungen erhält und das vielfältiger physikalischer Verwendung fähig ist, dünn ausrollt, um die Durchbohrung herumlegt, so daß ein geschlossener Ring entsteht, und nun die Glasplatte sanft andrückt. Wie Fig. 2 erläutert, bohrt man dann zwei

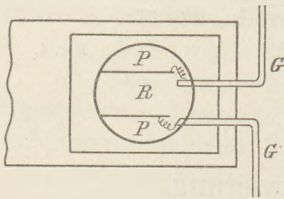


Fig. 2.

der Kammer und setzt mittels Siegellacks G dünne Glas- oder Messingröhrchen in diese ein, durch die man Rauch in den Innenraum (R) zu blasen vermag. Über die freien Enden der Röhren schiebt man Gummischläuche, die durch Quetschhähne geschlossen werden können. Um auch die elektrischen Ladungen und das Prinzip der Elementarquantenbestimmung vorzuführen, kann man schließlich noch zwei parallele Metallplatten P in die Kammer einkitten, die mit den Messingröhrchen metallisch verbunden und dann an die Pole der Lichtleitung angeschlossen werden. Für den vorliegenden Zweck kann man übrigens eine geeignete Hochspannungsbatterie aus verbrauchten Batterien¹⁾ für Taschenlampen herstellen, die ja meist nicht völlig ausgebrannt sind, und denen beim Kurzschluß durch den Gasraum der Kammer praktisch kein Strom mehr entzogen wird. Völlig verbrauchte Batterien stören natürlich durch ihren hohen inneren Widerstand; man muß also vor dem Zusammenlöten die einzelnen Batterien prüfen.

3. Das Mikroskop. Zur Beobachtung der Molekularbewegung bzw. des elektrischen Verhaltens der Rauchteilchen dient ein einfaches Mikroskop von 100 bis 150facher Vergrößerung, das man aus seinem Stativ herausgenommen hat. Eine stärkere Vergrößerung als die angegebene ist weder notwendig noch — wegen der geringen Tiefenwirkung — vorteilhaft.

4. Versuchsanordnung. Nach diesen Erörterungen können wir nun zur eigentlichen Versuchsanordnung übergehen. Wie bei der Demonstration der Brownschen Bewegung in Flüssigkeiten geschieht die Beobachtung in indirektem Licht; man sieht also nicht die Teilchen selbst, sondern nur ihre Beugungsbilder. Man gelangt so zu folgender Aufstellung (Fig. 3):

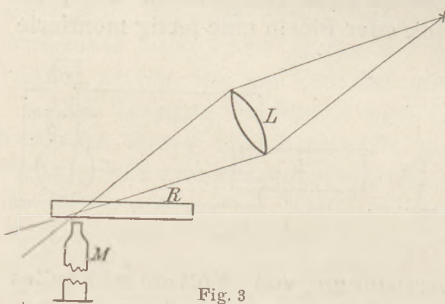


Fig. 3

Die Rauchkammer R wird in einen Retortenhalter od. dgl. gespannt und das Mikroskop M , das horizontal an einem Bunsenstativ befestigt ist, mit seiner Achse senkrecht vor ihr aufgestellt. Nun entwirft man dicht an der Innenseite der vorderen Verschußplatte der Kammer

durch die Projektionslinse L ein möglichst scharfes Bild des vertikalen Lampenfadens. Dabei müssen die Lichtstrahlen die Kammer schräg durchsetzen, so daß kein direktes

¹⁾ Solche „ausgebrannten“ Batterien erhält man umsonst oder doch sehr billig in Installationsgeschäften.

Licht in das Objektiv des Mikroskopes gelangt; das Gesichtsfeld ist also nahezu dunkel. Bläst man nun Zigarren- oder Zigarettenrauch in die Kammer ein, so tritt eine plötzliche Aufhellung des ganzen Feldes ein. Durch vorsichtiges zugweises Saugen entfernt man nun den größten Teil des Rauches wieder und erhält jetzt bei richtiger Einstellung des Mikroskops eine Anzahl heller Punkte auf dunklem Grunde. Unter dem Einfluß des Gravitationsfeldes sinken die Rauchteilchen nach unten und man sieht deshalb ihre Beugungsbilder wie eine Schar von Schneeflocken das Gesichtsfeld von unten nach oben durchziehen.

Schaltet man jetzt ein elektrisches Feld im Innern der Kammer ein, so beobachtet man, wie manche Teilchen eine Beschleunigung, andere eine Verzögerung ihrer Bewegung erfahren, oder gar ihre Bewegungsrichtung völlig umkehren, je nach Art und Zahl der Ladungen, die sie tragen. Die eigentlichen Brownschen Bewegungen, die durch die Stöße der Gasmoleküle hervorgerufen werden, zeigen sich in den unregelmäßigen seitlichen Verschiebungen der Teilchen und können besonders schön beobachtet werden, wenn man durch rechtzeitiges An- und Abschalten des elektrischen Feldes ein einzelnes Teilchen längere Zeit im Gesichtsfelde erhält. Freilich entzieht es sich auch unter diesen Umständen schließlich der Beobachtung, da die Brownschen Bewegungen in Richtung der dritten Achse es allmählich aus dem Bereich der Tiefenwirkung des Mikroskops entführen.

Für die praktische Ausführung ist noch folgendes zu bemerken: Man richte das Mikroskop auf die hell beleuchtete Austrittsstelle des Strahlenbündels aus der Kammer, stelle ein auf die Beugungsbilder der Staubteilchen, die an der Innenseite der Glaswand haften, und nähere dann das Instrument der Kammer noch um ein wenig mehr. Sollte das Gesichtsfeld zu hell erscheinen, so genügt eine kleine seitliche Verschiebung des Mikroskops, um es hinreichend zu verdunkeln. Eine nähere Erläuterung der Fig. 3 dürfte sich erübrigen.

Die Wetterkartentafel, ein neues Lehrmittel für den wetterkundlichen Unterricht.

Von

Dr. Lauwartz in Limburg a. d. Lahn.

Unter den mannigfaltigen Lehrmitteln für den Unterricht in der Meteorologie nimmt die Wetterkarte eine überragende Stellung ein: sie ist zugleich wichtigstes Lehrmittel und letztes Lehrziel im genannten Unterricht; denn dieser findet in der Erläuterung von fertigen Wetterlagen seine eigentliche Vollendung und zugleich die wichtigste Anwendung der vorhergegangenen Lehre von den einzelnen Wetterelementen. Soll dieser doppelten Forderung mit Erfolg entsprochen werden, so müssen mit der ganzen Klasse — am besten schon in Obersekunda — möglichst viele, beliebig gewählte Beispiele von Wetterlagen durchgesprochen werden. Dieser Aufgabe suchten bislang vor allem die BÖRNSTEINSCHEN Wetterkarten gerecht zu werden; allein, soviel Gutes sie auch schon in den höheren Schulen geleistet haben, so scheinen sie mir doch aus mehreren Gründen verbesserungsbedürftig; zunächst aus äußeren: die BÖRNSTEINSCHEN Karten enthalten neben den für die Wetterlage maßgebenden schwarzen Isobaren auch noch die rotgezeichneten Isothermen, die in Verbindung mit den ersteren verwirrend wirken; sodann ist auf ihnen die 760er Isobare durch Druck auffallend stark hervorgehoben, was zu der irrtümlichen Auffassung verleiten könnte, als sei diese Kurve die Trennungslinie zwischen den Hochs und Tiefs, während sie doch bald den ersteren, bald den letzteren Gebieten angehören

kann, je nach ihrer Ausbildung. Während sich indes diese Mängel durch Neudruck beseitigen ließen, haften ihnen andere an, die in der Form und Anlage der Karten selber begründet sind. Denn einmal stellen die Börnsteinkarten fertigggedrucktes Wetter vergangener Tage dar, was die Schüler naturgemäß weniger zu fesseln vermag als die gerade gegebene Wetterlage; sodann läßt sich nicht gut, wie man zugeben wird, die fast unendliche Mannigfaltigkeit in unsrem Wetter auf die kleine Zahl von 12 Typen bringen.

Diese Mängel werden vermieden, wenn man in der Schule das beste Material, das ihr geboten werden kann, die tägliche Wetterkarte der amtlichen Dienststellen, vorführt; aber hier ergeben sich Schwierigkeiten anderer Art: erstens wird es nicht immer leicht sein, von den Wetterwarten die nötige Anzahl von Karten für längere Zeit zu erhalten; sodann aber — und das ist der Hauptgrund —: der Lehrer mag noch so genau erklären; er geht nie sicher, daß nun auch alle Schüler auf den vor ihnen liegenden Wetterkarten dasselbe beobachten.

Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, bin ich mit der Wandtafelfabrik Adolf Stein, Frankfurt a. M., in Verbindung getreten, die nach mehreren Versuchen eine Tafel hergestellt hat, auf der es möglich ist, jede beliebige Wetterlage gleichzeitig einer ganzen Klasse vorzuführen¹⁾. Die neue Wetterkartentafel ist eine abwaschbare, leicht transportable Wandtafel, die, wie die Abbildung zeigt, in der Hauptsache die Umrißzeichnung Europas in silberweißem Aufdruck auf schwarzer Tafelmasse enthält; sodann sind auf ihr neben den Stationskreisen die wichtigsten meteorologischen Stationen nach Art der halbstummen Landkarten aufgedruckt; rechts unten folgen noch einmal die Abkürzungen für die Ortsnamen nebst deren vollständiger Bezeichnung (z. B. Be = Berlin, Mü = München); dieser Zusammenstellung entspricht auf der linken Tafelseite die Angabe der wichtigsten Hydrometeore.

Die „Gebrauchsanweisung“ für das neue Lehrmittel ist bald gegeben: Das ganze Verfahren besteht in der Übertragung einer beliebigen Wetterkarte in vergrößertem Maßstab auf die Tafel; hinsichtlich der technischen Ausführung sei folgendes bemerkt; man kann so vorgehen, wie es beim Entwurf der Wetterkarten geschieht, indem man zunächst die einzelnen Wetterelemente einzeichnet und zuletzt die Isobaren entwirft, oder auch umgekehrt; dabei ist es durchaus nicht nötig, daß man alle Angaben der Vorlage nachzeichnet; man wird ruhig jene fortlassen dürfen, welche weder für das Wetter noch auch für die geographische Lage des Schulortes Bedeutung haben. Meist wird man dabei die Karte vor der Unterrichtsstunde entwerfen; man wird aber auch gut tun, die eine oder andere Karte vor den Augen der Schüler zu entwerfen, damit diese das ganze Wetter vor sich entstehen sehen.

Es sei mir nunmehr gestattet, kurz zu schildern, bei welchen Gelegenheiten die neue Tafel gebraucht werden kann; ihre Verwendbarkeit beschränkt sich nämlich nicht auf die Vorführung fertiger Wetterlagen; die Tafel läßt sich vielmehr organisch mit der ganzen Lehre vom Wetter verbinden, etwa im Anschluß an den guten, von Dr. F. Linke und J. Klößner verfaßten „wetterkundlichen Unterricht“.

1. Von weittragender Bedeutung in der Wetterlehre ist der Isobarenbegriff; da bietet die Tafel ein gutes Hilfsmittel zu seiner Erläuterung; entweder bildet man sich die Beispiele selber, oder aber, was besser ist, man entnimmt die Luftdruckangaben den Wetterberichten einer größeren Tageszeitung und trägt sie von Ort zu Ort in die Tafel ein. Dann beginnt man mit dem Entwerfen der Kurven, indem man, mit der innersten Linie anfangend, in einem Tief z. B. alle Punkte miteinander

¹⁾ Der Preis der einseitig bedruckten Wetterkartentafel stellt sich auf M 40, der der zweiseitig bedruckten auf M 50. Die letztere ist vor allem wegen der größeren Verwendbarkeit für höhere Schulen vorzuziehen.

verbindet, die den Luftdruck von 740 mm besitzen; diese Linie scheidet alle Orte unter 740 mm — die im Kern des Wirbels liegen — von denjenigen über 740 mm; letztere werden wieder sortiert und zwischen ihnen die 745er Linie gezogen; so fährt man fort, und indem man dann die nicht benutzten Angaben auslöscht, erhält man statt der unübersichtlichen Zahlenangabe die einfache und klare Isobarendarstellung. Nebenbei sei bemerkt, daß man in diesem Verfahren ein wichtiges Beispiel zur Veranschaulichung von Isokurven besitzt.

2. Weiter bietet die Tafel Gelegenheit, die gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Wetterelemente in Form von sog. unvollständigen Wetterkarten vorzuführen. So kann z. B. der funktionelle Zusammenhang von Luftdruck und Bewölkung, oder von Luftdruck und Windstärke und -richtung, oder von Luftdruck, Bewölkung und Lufttemperatur unter Berücksichtigung des Gegensatzes zwischen Sommer und Winter anschaulich zur Darstellung gebracht werden. Alle diese Erläuterungen haben das Besondere, daß man die Beispiele für sie nicht zu fingieren braucht, daß man sie vielmehr den täglichen Wetterkarten, d. h. also der Wirklichkeit, entnehmen kann.

3. Auf den Wetterelementen baut sich die Lehre von den Hoch- und Tiefdruckgebieten auf; hat man nun die thermische Erklärung von ihrer Entstehung gegeben, so wird man dazu übergehen, an zwei geeigneten Beispielen das Verhalten von Wind, Bewölkung, Temperatur und Ausscheidungsprodukten im Tief und Hoch aus der Figur abzulesen und sie dann mit Hilfe der entwickelten Theorie erklären. An einem anderen Beispiel wird man dann die für unser Wetter meist ausschlaggebenden Teilgebilde, die sog. Randhochs und Randtiefs, vorführen und zeigen, daß in ihnen sich der Wetterverlauf ähnlich abspielt wie im selbständigen Wirbel. Man kann ferner anschaulich den Drehungssinn sowohl des ganzen Wirbels wie auch seiner Randgebilde klarstellen, ebenso auch ihre Zugrichtung, ferner die barischen Windgesetze ableiten, aus der Richtung der Windpfeile auf die Erdrotation schließen u. a. m.

4. Man ist nun soweit, daß man zur Vorführung vollständiger Wetterkarten übergehen kann, und zwar am besten so, daß man mit einfachen Wetterlagen beginnt, so wie sie z. B. der Altweibersommer bietet, um dann zu verwickelteren Lagen überzugehen, wo ein oder gar zwei kräftige Tiefs mit etwa vorhandenen Hochs um die Herrschaft ringen.

Die Frage: Woher nimmt man nun das Material zur Wiedergabe von Wetterkartenbildern? ist glücklicherweise heute leicht zu beantworten; ich möchte aus dem Vielen nur die folgenden herausgreifen: Zunächst sei auf die Wetterkarte hingewiesen, die Herr Dr. Linke am Schluß des vorerwähnten Buches mit Erklärungen veröffentlicht hat; eine wertvolle Sammlung bietet Herr Professor Freybe in seinem Wetterkartenatlas; dieser enthält eine methodisch geordnete und vollständig erklärte Zusammenstellung von 25—30 Wetterlagen. Weiter verdient dann besondere Erwähnung das in der Sammlung Natur und Geisteswelt erschienene von Herrn Dr. Richard Hennig verfaßte Werkchen: Gut und Schlecht Wetter. Es ist ein ganz reizend geschriebenes Buch über das deutsche Wetter, wie es sich im Laufe eines Jahres abspielen kann;



Gewichtes, auch dann, wenn 2 oder 3 Gewichte zusammengeschraubt sind. Das hierdurch bedingte Tieferstellen der Auslösung geschieht am Bunsenstativ mit Leichtigkeit. Sorgt man dafür, daß das Gewicht G zentrisch in der Zange hängt, wovon man sich durch einen Fingerdruck auf die Anker A schnell überzeugen kann, so erfährt auch das steigende Gewicht keinen Stoß, in jedem Fall ist das fallende Gewicht ganz unbeeinflußt. Der kleine Apparat hat sich trefflich bewährt und dient auch zu andern Versuchen, um Kugeln aus beliebigem Material zu fassen und frei zu lassen. Da dieser Apparat durch Erregung des Magnetismus wirkt, ist er ohne Zweifel einem Elektromagnet, der eine eiserne Kugel festhält und durch Stromunterbruch freigibt, mindestens ebenbürtig, da ein wenn auch kurz dauerndes Kleben beim beschriebenen Apparat ausgeschlossen ist. Da die Winkelhebel nur aus Blech gemacht sind, kann man verschieden große Gewichte festhalten, man braucht nur mit der Krümmung bei B nachzuhelfen, wobei aber der Abstand der Anker nicht größer werden soll. Im Ruhezustand liegen die Anker an den Stiften SS an.

Zur Technik des Quinckeschen Interferenzversuches.

Von **H. Riegger** und **J. Zenneck** in Danzig-Langfuhr.

(Mitteilung aus dem physikalischen Institut der Technischen Hochschule.)

Die große pädagogische Bedeutung des Quinckeschen Interferenzversuches hat ihn wohl überall in der Experimentalvorlesung und dem physikalischen Praktikum eingebürgert. Gleichwohl ist die übliche Art der Ausführung, bei der als Tonquelle eine Stimmgabel und als Indikator das Ohr des Beobachters dient, wenig geeignet weder für Demonstrationszwecke in einer Experimentalvorlesung noch für Messungen in einem mehr oder weniger geräuschvollen Praktikum. Erheblich besser sind Anordnungen¹⁾, bei denen als Tonquelle ein in der Mitte eingeklemmter Stahlstab, der

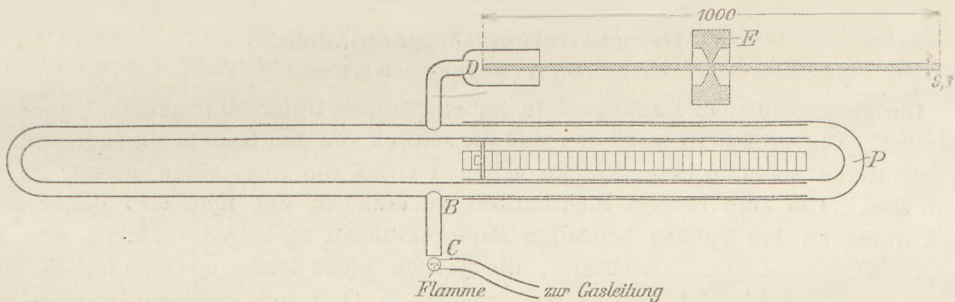


Fig. 1.

durch Reiben in Longitudinalschwingungen kurzer Wellenlänge versetzt wird, und als Indikator eine Gasflamme zur Verwendung kommt (vgl. Fig. 1). Besonders geeignet scheint uns folgende Anordnung zu sein:

Man läßt das Gas aus einem **scharf konischen Rohr** (vgl. Fig. 2) mit annähernd elliptischer Öffnung (bei unseren Versuchen lange Achse der Ellipse = ca. 1,5 mm, kurze Achse = ca. 0,8 mm; Gasdruck der städtischen Zentrale = ca. 62 mm Wassersäule) ausströmen und stellt dasselbe vor dem Ende C (Fig. 1) des Interferenzapparates auf. Das Bild der Flamme ist dann dasjenige von Fig. 3, wenn bei C ein Schwingungsminimum vorhanden ist; es geht um so mehr in das Bild von Fig. 4 über, je größer die Amplitude der Schwingung in C ist.

Um die Lage der Minima zu demonstrieren, braucht man nur, nachdem man die Schwingungen des Stabes erregt hat, das Posaunenrohr P (Fig. 1) allmählich ausziehen. Sobald bei C ein Schwingungsminimum eintritt, schnellt die Flamme in die Höhe (Fig. 3), um sofort, nachdem das Minimum passiert ist, eine Form ähnlich derjenigen

¹⁾ Solche sind z. B. von K. Antolik (diese Zeitschr. IV, 179, 1891) angegeben worden.

von Fig. 4 anzunehmen. Die Stellung der Minima läßt sich sehr genau feststellen. Bei unserer Anordnung ($\lambda = 133$ mm) genügte eine Verschiebung des Posaunenrohres von 0,2 mm aus der Minimumlage, um eine selbst für Demonstrationszwecke deutliche Änderung der Flamme hervorzurufen.

Zur Ausführung des Versuches ist im übrigen noch folgendes zu bemerken:

1. Die Flamme reagiert um so stärker, je tiefer in Fig. 2 die Ausströmungsöffnung des Gases sitzt, um so weniger, je mehr man die Ausströmungsöffnung der oberen Rohrwand nähert. Es ist nicht empfehlenswert, die Empfindlichkeit der Flamme zu groß zu wählen, da sie sonst auch in den Minimumlagen auf die Schwingungen des Stabes anspricht. Aus demselben Grunde sind empfindliche Flammen gewöhnlicher Art (feine Ausströmungsöffnung, Gas unter erhöhtem Druck) wenig geeignet.

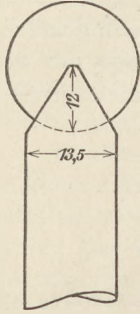


Fig. 2.

2. Wesentlich ist, daß die Dämpfung der Stabschwingungen so klein als möglich gemacht wird. Es empfiehlt sich deshalb nicht, den Stahlstab am Ende *D* mit einer Scheibe

von Kork oder Pappe zu versehen; und es ist dafür zu sorgen, daß die Einspannvorrichtung (*E*, Fig. 1) nur mit einer Kante den Stab festhält.

3. Nicht unwichtig ist die Länge des Rohres *BC*; sie wird am besten für jede Wellenlänge ausprobiert.

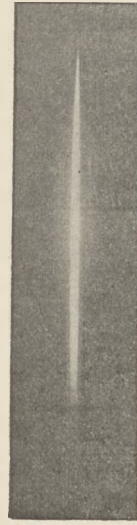


Fig. 3.

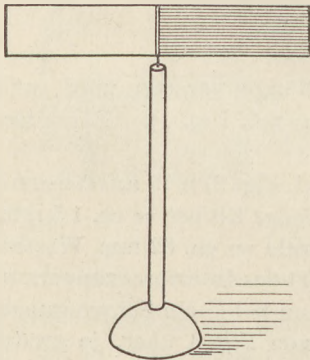


Fig. 4.

Demonstrations-Magnetnadeln.

Von Prof. Dr. **W. Merkelbach** in Kassel.

Die gebräuchlichen Magnetnadeln haben für den Unterricht manche Unbequemlichkeiten. Die größte ist wohl die, daß die seitlich von den Nadeln sitzenden Schüler fast nur deren schmale Seitenkanten sehen, so daß die Ausschläge schwer zu verfolgen sind. Um eine bessere Sichtbarkeit zu erzielen, hat man sich daher schon längst durch an den Spitzen befestigte Papierblättchen zu helfen versucht, eine Einrichtung, die jedoch nicht leicht unveränderlich bleibt und öfters wieder in Ordnung gebracht werden muß. Ferner ist es störend, daß die üblichen an den Nadeln befestigten Hütchen neben drehenden Bewegungen noch schaukelnde zulassen.

Fig. 1 ($\frac{1}{3}$ n. Gr.).

Die im folgenden beschriebenen Magnetnadeln vermeiden diese Übelstände. Sie sind aus rechteckigen Stahlstreifen hergestellt, die dem Beschauer ihre breite Seite zukehren. An Stelle des Hütchens ist eine seitlich in der Mittellinie ange kittete dünne Glaskapillarröhre, die am oberen Ende zugeschmolzen ist, angebracht (s. Fig. 1). Da die Drehungsachse etwa 1 mm außerhalb der magnetischen Achse liegt, kann man die Nadeln nicht verwenden, wo es auf genaue Bestimmung der Ablenkungswinkel

ankommt. Aber sie sind sehr geeignet für die Anstellung der magnetischen Grundversuche und für die Ermittlung der Gesetze der Einwirkung elektrischer Ströme auf Magnetnadeln, zumal ihre Empfindlichkeit bei richtiger Herstellung derjenigen der gebräuchlichen Nadeln nicht nachsteht. Sie haben ferner den Vorteil, daß sie bei

ihren Bewegungen mehr dämpfenden Luftwiderstand finden, und daß man sie sich leicht selbst in beliebiger Zahl und Größe, je nach dem besonderen Zwecke, fast kostenlos herstellen kann.

Die von mir angefertigten Magnetnadeln bestehen aus Bandfederstahl. Sollte dieser nicht leicht zu beschaffen sein, so kann man sich passende Stücke aus unbrauchbar gewordenen Uhrfedern, die man bei Uhrmachern leicht in verschiedenen Breiten und Dicken erhalten kann, durch Aufbiegen herstellen. Ich erhielt solche in Dicken von 0,25, 0,30, 0,35, 0,40, 0,50 mm und in Breiten, die zwischen 7 mm und 20 mm lagen. Hat man Sorten gleicher Breite, so wird man zur Herstellung der Nadeln die dünneren bevorzugen, da sie sich verhältnismäßig stärker magnetisieren lassen. Die Uhrfedern werden geradlinig, indem man sie durch eine Flachzange zieht und ihnen dabei eine Biegung in entgegengesetztem Sinne zu erteilen sucht.

Um von den Streifen Stücke von der gewünschten Länge abzubrechen, klemmt man sie in einen Schraubstock oder Feilkloben längs der Trennungslinie fest und knickt den nicht festgeklemmten Teil scharf um. Die hierbei an der Bruchstelle auftretende schwache Biegung beseitigt man, indem man mit einer Rundzange den Bruchrand nach entgegengesetzter Richtung biegt. Die Bruchstelle wird mit einer guten Feile geglättet. Hierauf werden die Nadeln magnetisiert und mit farbigem Anstrich versehen. Rosenberg empfiehlt die Nordhälfte rot, die Südhälfte grün zu färben wegen der Gedächtnishilfe, die man im Gleichklang der Vokale in „Nord“ und „Süd“ und „rot“ und „grün“ besitzt. Ich habe bei meinen Nadeln (wie auch bei meinen Magneten) die Nordhälfte rot, die Südhälfte weiß gestrichen, und habe letztere Farbe wegen ihrer guten Sichtbarkeit gewählt. Zum Anstrich wählt man Ölfarbe. Am einfachsten wird man ihn durch einen Anstreicher besorgen lassen. Will man ihn selbst ausführen, so eignen sich die in Tuben käuflichen Ölfarben, die allerdings auf dem Metall nur recht langsam trocknen. Der Anstrich muß so lange wiederholt werden, bis er genügend deckt.

Wie schon erwähnt dient zur Herstellung der Drehungsachse ein feines, oben zugeschmolzenes Glasröhrchen, das auf die Spitze einer Nadel aufgesetzt ist. Man wählt die Nadel recht dünn (Nr. 9; 0,5 mm dick), um auch ein enges Glasröhrchen verwenden zu können, damit die Nadel möglichst wenig exzentrisch kommt. Bei den größeren Nadeln verwendete ich dünnwandige Glasröhrchen von $1-1\frac{1}{3}$ mm äußerem Durchmesser. Man stellt sich solche dar, indem man Glasröhren, deren Wanddicke nur einen kleinen Bruchteil des inneren Durchmessers beträgt, in einer Flamme recht weich macht und dann außerhalb der Flamme rasch bis auf die gewünschte Dicke auszieht. Mit Hilfe eines Glasmessers trennt man ein möglichst zylindrisches Stück ab, dessen Länge etwa der doppelten Breite der Magnetnadel entspricht. Das Glasmesser darf man nur mit wenig Druck über das Röhrchen führen, weil letzteres sonst leicht zertrümmert wird. Das eine Ende des Glasröhrchens wird zugeschmolzen, indem man dieses eben an den untern Saum einer Flamme bringt, bis sich ein halbkugelförmiges Glaströpfchen dort gebildet hat.

Zur Befestigung der Röhre an der Nadel benutzte ich Picein¹⁾ (s. d. Zeitschr. XIX, S. 188). Um die geeignete Stelle zu ihrer Befestigung zu ermitteln, diente folgendes Verfahren: An der Mitte des oberen Randes der (magnetisierten) Nadel wurde das untere Ende eines feinen Fadens mit einer geringen Menge von klebendem Wachs befestigt und die Ansatzstelle so verschoben, daß die freihängende Nadel eine horizontale Gleichgewichtslage einnahm. Eine dann durch die Befestigungsstelle gelegte Senkrechte wird auf der Nadel bezeichnet. Längs dieser Linie ist das Röhrchen festzukitten.

Man bewirkt dies, indem man ein ganz schwach angewärmtes Streifchen Picein zwischen zwei Platten zu einer etwa 1 mm dicken Walze rollt, längs der bezeichneten

¹⁾ Zu beziehen von der New York-Hamburger-Gummiwarenkompanie in Hamburg, die es in Stangen von 100 g liefert. Preis des kg 6 M.

Befestigungsstelle an die Nadel andrückt und mit Hilfe eines heißen Messers zum Schmelzen bringt. Dann wird das Glasröhrchen, indem man es am offenen Ende faßt, vorsichtig über einer Flamme erwärmt und auf den geschmolzenen Piceinstreifen so gedrückt, daß das zugeschmolzene Ende mit dem oberen Rande der Nadel abschneidet. Hierauf bringt man den Kitt noch einmal oberflächlich durch eine in die Nähe gebrachte Flamme zum Schmelzen. Nach dem Erkalten wird aller überflüssige Kitt mit dem Messer sauber weggeschnitten und die Röhre — nachdem man sich noch einmal überzeugt hat, daß sie gut sitzt — am unteren Nadelrande abgetrennt. Es geschieht dies nach der Fertigstellung, damit kein Kitt in das Innere der Röhre eindringen kann.

Bei sehr kurzen Nadeln kann man längs der Linie, in deren Richtung die Glasröhre zu befestigen ist, eine schwache Rinne herstellen. Es gelingt dies, wenn man den Stahlstreifen zwischen einem Brettchen aus weichem Holz und einer höchstens $1\frac{1}{4}$ mm dicken Stricknadel in einem Schraubstock stark preßt. Bei stärkeren Stricknadeln bricht der Stahlstreifen leicht durch. Mit einer Flachzange sind dann die beiden Nadelhälften wieder in eine Ebene zu bringen.

Passende Stative für die Nadeln erhält man, indem man in einem aus Blei gegossenen Fuß ein dickwandiges Glaskapillarrohr (Thermometerrohr) mit Picein befestigt. Dann schiebt man in das obere Ende des Rohres ein Stückchen Picein, das man zu einer passenden Walze gerollt hat, und schmilzt es durch Erwärmen. Nach dem Erkalten schiebt man das erhitzte Ende der Nadel ein, das auch mit etwas Picein versehen worden war. Glasrohr und Nadel hat man gut senkrecht zu stellen, weil sonst die Schwerkraft die Meridianstellung der Nadel beeinflußt.

Die von mir am meisten gebrauchten Nadeln haben 12 cm Länge bei 2 cm Breite oder 10 cm Länge bei 1,2 cm Breite. Gut hergestellte Nadeln stellen sich noch bei 2 cm Länge sicher in den Meridian ein.

Die kurzen Nadeln sind recht geeignet, um die Richtung horizontal verlaufender Kraftlinien magnetischer Felder zu untersuchen. Um insbesondere nachzuweisen, daß die Achsen kleiner Magnetnadeln sich an jeder Stelle in die Richtung der durch Feilspäne dargestellten magnetischen Kraftlinien stellen, habe ich mir die in Fig. 2

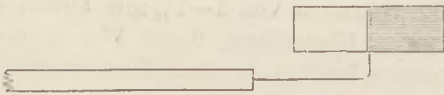


Fig. 2 (u. Gr.).

in natürlicher Größe abgebildete 2 cm lange Nadel angefertigt, deren Hütchen aus einem nur 0,8 mm dicken Kapillarrohr hergestellt ist. Die Drehungsachse ist aus einer langen, 0,35 mm dicken Insektennadel aus Neusilber hergestellt, die rechtwinklig gebogen und in das Ende eines schmalen Brettchens aus Zigarrenkistenholz eingefügt ist. Letzteres geschieht, indem man das vom Kopf befreite Nadelende mit einer Flachzange kurz faßt und in ein mit einer feinen Nähnaedel hergestelltes Loch in das Brettchenende einschiebt und nun ebenso nachschiebt. Man hat auch hier darauf zu sehen, daß die Spitze senkrecht steht, wenn das Brettchen auf einer horizontalen Fläche aufliegt.

Den Versuch führt man so aus, daß man sich auf starkem Papier das Kraftlinienbild eines unter dem Papier liegenden Magneten erzeugt und fixiert (z. B. mit paraffiniertem Papier, wie es Weinhold beschreibt, oder mit zerstäubtem Fixativ). Legt man nun den Magneten auf das horizontal gelegte Papier mit dem Kraftlinienbild, und zwar genau über die Stelle, die er vorher einnahm, so stellt sich die Nadel, wenn man ihr Stativbrettchen auf dem Papier verschiebt, mit großer Behendigkeit an jeder Stelle in die Richtung der Feilspanlinien. Bei stark gekrümmten Kraftlinienbogenstücken, deren Enden ungleiche Entfernung vom Magneten haben, nimmt die Nadel die Richtung der Tangente an dem Ende des Bogenstücks an, das dem Magneten zunächst liegt.

Daß die Nadel auch geeignet ist, den Verlauf horizontaler Kraftlinien in der Nähe stromdurchflossener Leiter sichtbar zu machen, ist selbstverständlich.

Schließlich sei noch bemerkt, daß es zweckmäßig ist, die Nadeln nach längerem Nichtgebrauch wieder zu magnetisieren.

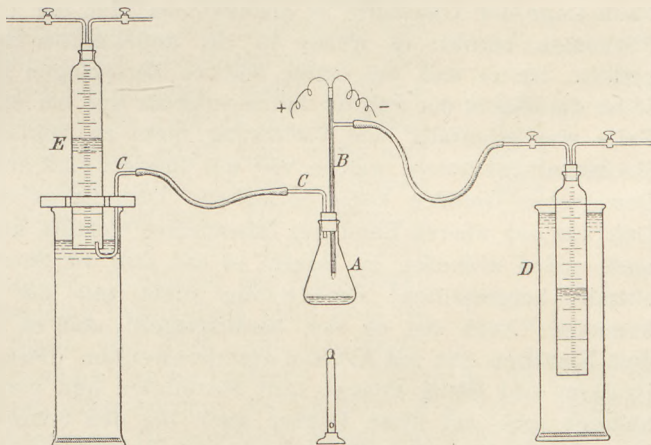
Bei der Aufbewahrung hat man darauf zu achten, daß die schwachen Glasröhrchen an den Seiten nicht abgestoßen oder zerdrückt werden. Am besten ist es, sich zur Aufbewahrung niedrige Kästchen von passender Länge herzustellen, die in zwei gegenüberliegenden Seitenwänden mit der Säge hergestellte Nuten zum Einschieben der Nadeln besitzen. Man kann die Nadeln auch mit der ebenen Seitenfläche in Schachteln legen, auf deren Bodenfläche ein passendes Stück Weißblech befestigt ist.

Über die Vorgänge in der umgekehrten Ammoniakflamme.

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

Die Verbrennung von Ammoniak mittels Sauerstoffs wird gewöhnlich unter Bildung einer umgekehrten Flamme so gezeigt, daß man Sauerstoff aus einem Rohr in eine Atmosphäre von Ammoniakgas strömen läßt und irgendwie entzündet. Ich verwende zu diesem Versuche seit Jahren das von mir mehrfach empfohlene Zündrohr. (Vgl. meine Technik S. 360 und diese Zeitschr. XX, 11). Fig. 1 gibt eine Vorstellung von dem ganzen Apparat. Etwa 50 ccm 30% Ammoniaklösung befinden sich in dem Erlenmeyer-Kolben *A* von 300 ccm Inhalt, *B* ist das mit der Sauerstoff enthaltende Meßglocke *D* verbundene Zündrohr, *C* das unter die zweite, mittels des Klemmrings hochgestellte, Meßglocke *E* führende Gasableitungsrohr. Man erhitzt *A* mittels sehr kleiner Flamme, bis das Gas vom Wasser neben der Glocke völlig verschluckt wird, führt das Entbindungsrohr unter die Glocke *E*, läßt den Funken-

induktor spielen und öffnet behutsam den Hahn der Sauerstoffglocke *D*. Alsbald entsteht am unteren Ende von *B* die Ammoniakflamme und zugleich steigt in *E* lebhaft Gas empor. Während die Glocke *E* sich füllt, hebt man sie mitsamt dem Entbindungsrohr in die Höhe, in dem Maße, wie das Sperrwasser im Zylinder steigt. Diese Versuchsanordnung hat sich als bequem, zuverlässig und anschaulich bewährt. Es empfiehlt sich nicht, das Gas



von oben in die Meßglocke zu leiten, weil das reichlich mitübergelassene NH_3 dann nur langsam vom Wasser verschluckt wird.

Selbstverständlich lag dem Aufbau dieses Apparats ursprünglich die Absicht zugrunde, das Gasvolumengesetz zu bestätigen. Nach der Gleichung $4 NH_3 + 3 O_2 = 2 N_2 + 6 H_2O$ müssen ja 3 Volumen Sauerstoff 2 Volumen Stickgas freimachen. Die Sache kam aber ganz anders. Zur großen Überraschung zeigte sich in der Glocke *E* nicht $\frac{2}{3}$ Volumen, sondern etwas mehr als doppelt so viel. Überdies brannte das Gas mit schwach leuchtender Flamme. Es mußte also neben Stickstoff reichlich Wasserstoff enthalten. Später habe ich zu drei weit auseinanderliegenden Terminen das fragliche Gasgemenge in der Explosionsbürette quantitativ untersucht und fand:

	1.	2.	3.
O_2	2,5	4,5	0,0
N_2	55,7	64,9	61,8
H_2	41,8	31,6	38,2

Der in den ersten beiden Fällen gefundene Sauerstoff rührt sicher von einer Verunreinigung mit Luft her. Der bei den Versuchen verwendete Sauerstoff enthält 5 % Stickstoff.

Die Erklärung des Wasserstoffgehalts und des Stickstoffüberschusses ist offenbar in einer Dissoziation von NH_3 in Berührung mit der von innen brennenden Ammoniakflamme zu suchen. Wenn neben 1 Vol. verbrannten Ammoniaks noch 0,3 Vol. NH_3 durch Dissoziation zerlegt würden, müßte ein Gasgemenge von 59 % N_2 und 41 % H_2 entstehen, was ungefähr dem Analysenbefund entspricht.

Die Firma Max Kohl, Chemnitz, liefert Zündröhren in guter Ausführung für 6 M. Eine Meßglocke zu 600 ccm nebst Zylinder und Klemmenring zu 17 M. Nach langjähriger Erfahrung hat sich für Unterrichtszwecke mir keine Gasmeßvorrichtung als so bequem und vielseitig verwendbar erwiesen wie diese.

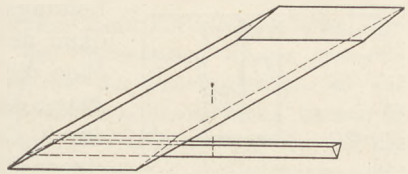
Für die Praxis.

Über Unfälle bei den Versuchen mit flüssiger Luft. Von O. Ohmann in Berlin. Im Königl. Gymnasium zu Spandau ereignete sich — wie dem Schreiber dieser Zeilen direkt mitgeteilt wurde — im physikalischen Unterricht nachstehender Unfall. In ein zylindrisches Dewarsches Gefäß wurde in üblicher Weise flüssige Luft nahe bis zum Rande eingefüllt, um zu einem späteren Versuche zu dienen. Während der Experimentierende einen anderen Versuch demonstrierte, zersprang plötzlich nach mehreren Minuten dieses Gefäß, und seine Splitter wurden mehr als meterweit umhergeworfen. Nach Lage der Umstände ist anzunehmen, daß der Unfall auf dem Leidenfrostschenschen Phänomen beruht; es wurde in ein ungekühltes Gefäß und wohl zu schnell eingefüllt. Da es sich bei einem solchen Zerspringen um eine sog. Implosion handelt, so ist die Wucht der Splitter keine so große wie bei einer Explosion. Im vorliegenden Falle war jedenfalls eine Verletzung nicht zu beklagen. — An denjenigen Berliner Hochschul-Instituten, welche viel mit flüssiger Luft arbeiten, bilden solche Unfälle mit Dewarschen Gefäßen keine Seltenheit. Dort ist es verpönt, etwas von der flüssigen Luft auf den oberen Rand des Dewarschen Gefäßes kommen oder gar über den Rand nach außen abfließen zu lassen; es soll also die Schmelzstelle der beiden (technisch einzeln hergestellten) Gefäßwände nicht mit der flüssigen Luft in Berührung kommen. Auch hat es sich herausgestellt, daß es zweckmäßig ist, das Gefäß vor dem Einfüllen erst mit Alkohol auszuschwenken, diesen zu entfernen und nun zunächst langsam und wenig flüssige Luft einzufüllen und vorsichtig zu schwenken. Es wird nützlich sein, auf diese Punkte auch bei den Schulversuchen mit flüssiger Luft — denen im übrigen die weiteste Verbreitung zu wünschen ist — zu achten; im besonderen dürfte es sich empfehlen, ein neues Gefäß kurz zu prüfen, ehe man es zu einem Versuch vor der Klasse benutzt.

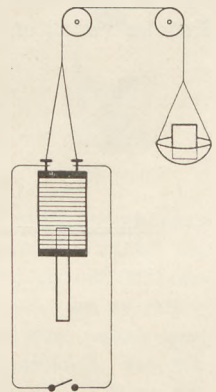
In den bekannteren Versuchszusammenstellungen habe ich über die genannte Unfallmöglichkeit bzw. die Verhütungsmaßregeln nichts gefunden, auch nicht in der trefflichen Broschüre von Novicki und Mayer¹⁾.

¹⁾ Flüssige Luft. Die Verflüssigungsmethoden der Gase und die neueren Experimente auf dem Gebiete der flüssigen Luft. Von R. Novicki, Gruben-Laboratoriumsleiter in Mährisch-Ostrau, und H. Mayer, Ingenieur in Graz. Mit 48 (meist photographischen) Abbildungen. Leipzig, Robert Hoffmann. 59 S.

Ein sicherer Schieber für die Wheatstonesche Brücke von R. Danneberg in Dresden. Ein Stück quadratisches Fassonmessing $3,2 \times 3,2$ cm wird zu einem schiefen Parallelepiped gesägt, indem man es durch 2 Ebenen so schneidet, daß die Seitenkante mit der Grundfläche einen Winkel von ca. 60° bildet. Die Schwerlinie schneidet also außerhalb der Unterstützungsfigur. Man fertigt sich nun eine Schneide aus Messing von der Form Γ und lötet sie parallel zu einer Seitenfläche, wie es die Figur zeigt, so ein, daß die Schneide eine Gerade der Grundfläche wird. Den Hohlraum gießt man mit Blei aus und lötet eine Zuführungsklemme an einer Seitenfläche fest. Damit ist der Schieber fertig, der stets mit leichtem Drucke auf dem Drahte der Brücke aufliegt, da die Schwere die Schneide aufdrückt. Man kann sehr genau ablesen, und Kontaktfehler sind mir nie vorgekommen. Für Schülerübungen empfiehlt sich der Schieber besonders, da Quecksilberkontakte immer Anlaß zu Unsauberkeiten geben.

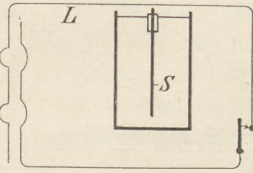


Zur Lenzschen Regel. Von Dr. Ph. Friedrich in Darmstadt. Um dieser Regel die ihr gebührende Stelle an der Spitze der Lehre von den Induktionsströmen zu geben, kann man von dem Hereinziehen eines Eisenkerns in eine stromdurchflossene Spule ausgehen, einem Versuch, der wohl meist auch zur Erläuterung des Kohlrauschschen Federgalvanometers angestellt wird. Dabei kann man die Gegenseitigkeit der Kraftwirkung zwischen Kern und Spule durch folgende Anordnung hervortreten lassen: Eine Spule mittlerer Größe wird mittels Kordel, zweier Rollen, Wagschale und Gewichte ins Gleichgewicht gebracht (s. Fig.). Auf den Tisch wird ein Eisenkern in das untere Ende der Spule hineinragend gestellt. Indem man nun abwechselnd Spule und Kern festhält, schließt man den Strom. Man gelangt so zu dem Satz: Der Eisenkern und die stromdurchflossene Spule eines Elektromagneten halten sich gegenseitig fest, und die Trennung beider erfordert eine Arbeitsleistung, die von außen her kommt. Bei der Wiedervereinigung beider Teile dagegen leistet der Strom die Arbeit. Die Antwort auf die Frage nach den Folgen dieser Arbeitsleistungen erhält man, wenn man ein Ampèremeter mit ziemlich großem Zeiger in den Stromkreis einschaltet und die beiden Versuche wiederholt. Das Instrument zeigt beim Hereinspringen — oder auch beim Hereinschieben des Eisenkerns — einen momentanen Rückgang der Stromstärke deutlich an, wenn auch der Ausschlag naturgemäß nicht groß ist. Beim Auseinanderziehen von Spule und Kern gibt der Strommesser eine vorübergehende Zunahme der Stromstärke zu erkennen. Es legen sich also über den vorhandenen Strom Arbeitsströme, die jedesmal so gerichtet sind, daß sie die erzeugende Bewegung hemmen. Da innerhalb weiter Grenzen diese Arbeitsströme unabhängig von der primären Stromstärke auftreten, kann man die Frage aufwerfen: Ist es möglich, auch ohne primären Strom, also in einer stromlosen Spule, solche Arbeitsströme zu erzeugen? Aussichtslos ist der Versuch mit einem unmagnetischen Eisenkern, erfolgreich mit einem Magnetstab. Damit ist man bei den Induktionsströmen im gemeinen Sinn angelangt; auch hier bleibt die Regel bestehen, daß sie Arbeitsströme von solcher Richtung sind, daß sie die erzeugende Bewegung hemmen.



Zur Ampèreschen Regel. Von Dr. Ph. Friedrich in Darmstadt. Rascheres Verständnis der Versuche über Ablenkung der Magnetnadel durch einen Strom wird erzielt, wenn man mit unipolarer Wirkung beginnt. In einem tiefen Glastrog läßt man

mittels Korks eine magnetisierte Stricknadel S aufrecht schwimmen. Quer über das Gefäß und den oberen Pol spannt man den Stromleiter L . Als Stromquelle verwendet man zweckmäßig Akkumulatoren in Parallelschaltung, ferner einen nicht zu kurzen



Leitungsdraht und einen einfachen Unterbrecher. Man kann dann der Batterie einen ziemlich starken Strom entnehmen, ohne die einzelne Zelle zu überlasten und ohne einen Rheostaten einschalten zu müssen. Auch der Stromwender wird durch Umlegen des Stromleiters entbehr. Beides ist bei einem Grundversuch auf der Unterstufe erwünscht. Wie die Versuche zu variieren sind, braucht nicht erörtert zu werden;

nur darauf soll noch hingewiesen werden, daß auch auf der Oberstufe der Versuch nutzbringend verwendet wird zur Erkennung der Richtung der Kraft, welche ein Längsstrom auf einen Pol ausübt.

Die Auflösung der Edelmetalle im Königswasser. Von K. Wörner in Frankfurt a. M.

Die Versuche zur Auflösung der Edelmetalle Gold und Platin im Königswasser begegnen im Klassenunterricht wegen ihrer Kostspieligkeit begreiflichen Schwierigkeiten. Diese lassen sich jedoch leicht überwinden, ja es läßt sich beinahe kostenlos sogar eine recht wirkungsvolle Demonstration zusammenstellen, wenn eine Projektionslampe in den Schulräumen zur Verfügung steht.

Man füllt von 2 Glühröhrchen (ca. 10 cm Länge, ca. $\frac{1}{3}$ cm lichte Weite) das eine mit konzentrierter Salpetersäure, das andere nur zur Hälfte mit Königswasser (die Salzsäure ist zuerst einzufüllen!). Zwei Platindrähte, deren Länge die der Röhrchen um ca. 3 cm übertrifft, werden gestreckt und so rechtwinklig geknickt, daß eine Krücke von 3 cm Länge entsteht (Fig. 1). Alsdann setzt man die beiden Glühröhrchen

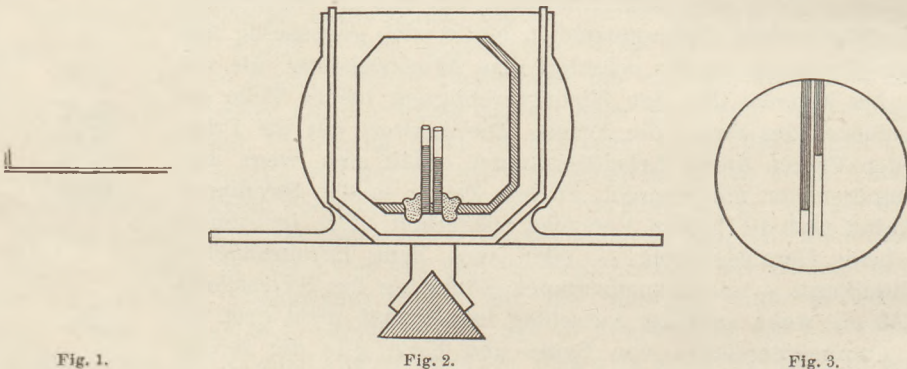


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

in den Rahmen des Halters für die Diapositive ein, drückt zu beiden Seiten noch kleine Wachsklumpen fest, um eine sichere aufrechte Stellung zu erzielen (Fig. 2). Sie geben auf dem Schirm ungefähr das folgende Bild (Fig. 3). Nachdem man die zwei Drähte im Lichtkegel demonstriert hat, führt man sie einzeln in die Röhrchen ein, wo sie sich von der Flüssigkeit deutlich abheben. Im Vergleichsröhrchen mit der Salpetersäure tritt keinerlei Bewegung auf, im andern mit dem Königswasser dagegen setzt eine stürmische Gasentwicklung ein, die auf dem Bildschirm deutlich zu erkennen ist. Werden die angegebenen Maße für die Füllung nicht eingehalten, so kann das Königswasser überfließen. Nach einigen Minuten nimmt man die Platindrähte an den Krücken heraus und ersetzt sie durch Golddrähte derselben Gestalt.

Glühröhrchen und die 2 Paar Metallfäden lassen sich dem eisernen Bestand des Kabinetts einverleiben.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Temperatur-Meßapparate *). (Originalbericht.) 1. Flüssigkeitsthermometer. Über die bei ärztlichen Thermometern gebräuchlichen Maximumvorrichtungen berichtet Wiebe¹⁾. Im wesentlichen gibt es 3 Formen. Die älteste, nur noch wenig verwendete Form besitzt einen durch eine kleine Luftblase vom übrigen Quecksilber abgetrennten Indexfaden (Fig. 1), die zweite, am

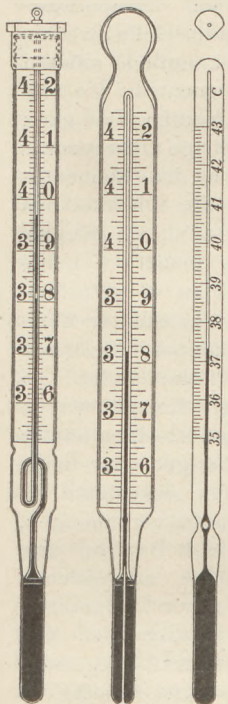


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

meisten in Deutschland und einigen anderen Ländern verbreitete Form hat die von J. BRÜCKNER eingeführte Stiftvorrichtung (Fig. 2); diese besteht in einem Glasstift von 0,2—0,6 mm Stärke, der so weit in den unten erweiterten Teil der Kapillare (vgl. Fig. 2a) eingeführt wird, daß an seinem oberen Ende ein ganz enger ringförmiger Raum frei bleibt, durch den das Quecksilber beim Ansteigen der Temperatur wohl hindurchtreten, sich aber nach dem Abkühlen nicht ohne weiteres zurückziehen kann. In Ländern englischer Zunge dagegen wird fast ausschließ-

lich eine dritte, die HICKSSCHE Vorrichtung (Fig. 3), benutzt, deren wesentlicher Teil in Fig. 3a und 3b noch einmal vergrößert abgebildet ist; hier ist im unteren Ende des Kapillarrohres eine Erweiterung geblasen, die man dann bis auf 2 feine Kanäle zusammenfallen läßt, durch die das Quecksilber bei langsamem Steigen der Temperatur nicht mehr zusammenhängend, sondern perlartig getrennt hindurchfließt. In allen Fällen kommt es darauf an, daß der Faden bei sinkender Temperatur an der höchsten Stelle verharret. Die Vorrichtungen 2 und 3 sind ungefähr

gleich gut, nur kann bei der HICKSSCHEN Vorrichtung der Indexfaden kürzer gemacht werden als bei der BRÜCKNERSCHEN, so daß seine Verkürzung beim Abkühlen kleiner ist als bei jener (etwa 0,02° statt 0,07°). Bei der Frage, ob Stab- oder Einschlußthermometer vorzuziehen seien, wird darauf hingewiesen, daß bei ärztlichen Stab-Thermometern die vertiefliegenden Ätzstriche der Teilung wegen der Infektionsgefahr bedenklich sind. Es wird eine (gesetzlich geschützte) kombinierte Stab-Einschlußthermometerform empfohlen, bei der über dem Stabrohr noch ein an dem Gefäß angeschmolzenes Umhüllungsrohr angebracht ist.

Eine empfindliche Fehlerquelle bei Temperaturmessungen mit dem Quecksilber-

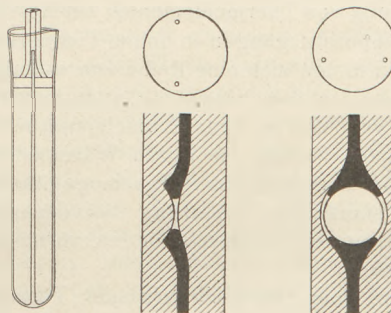


Fig. 2 a.

Fig. 3 a

Fig. 3 b.

thermometer macht bekanntlich die „Korrektion für den herausragenden Faden“ erforderlich. Die für gewöhnlich bei feineren Messungen gebrauchte Methode, sie zu eliminieren, besteht darin, daß man neben dem Thermometer ein anderes anbringt, das ein fadenförmiges Gefäß hat und dadurch die mittlere Temperatur des herausragenden Fadens zu bestimmen erlaubt. Die beiden Formen dieser Hilfsthermometer sind die GUILLAUMESCHE Röhre und das MAHLKESCHE Fadenthermometer. Die erstere besteht aus einer einfachen zylindrischen Röhre, die zum Teil mit Quecksilber gefüllt ist, während bei der zweiten an das zylindrische Gefäß wiederum eine noch engere Kapillare angesetzt ist, wodurch die Empfindlichkeit seiner Angabe wesentlich erhöht ist. In einer kritischen Untersuchung über diese beiden Instrumente kommt BUCKINGHAM²⁾ zu dem Er-

*) Fortsetzung des Berichts in Heft 1, S. 40.

¹⁾ Deutsche Mech.-Ztg. 1911, S. 77—79, S. 89—90 u. S. 189—191.

²⁾ Journ. Wash. Acad. 1, S. 167—169, 1911. Bull. Bur. Stand. 8, S. 239—267, 1911.

gebnis, daß die Guillaumesche Röhre dem Mahlkeschen Fadenthermometer doch vorzuziehen ist, da die Erhöhung der Empfindlichkeit, die bei dem letzteren erreicht wird, nur durch Einführung neuer Fehler erkauf werden kann.

In einer Arbeit „über einen verbreiteten Thermometerfehler bei der Bestimmung von Siedepunkten unter vermindertem Druck“ glauben A. Smith und A. W. C. Menzies³⁾ darauf aufmerksam machen zu müssen, daß die Quecksilberthermometer bei vermindertem Druck andere Angaben machen als bei atmosphärischem. Die Korrekturen können bei Bestimmung von Siedepunkten bis zu $0,15^\circ$ betragen und seien in keiner Arbeit über Dampfspannungen erwähnt. Für den Physiker hätte es jedenfalls eines solchen Hinweises kaum bedurft, da ihm diese Korrektur wohl bekannt ist.

2. Thermoelemente. Zur Kritik der Benutzung von Thermoelementen zur Messung von Temperaturgängen in hohen Temperaturgebieten finden sich eine Reihe von wichtigen Hinweisen in der bereits oben angeführten Arbeit von WHITE über Schmelzpunkte. Es werden die Fehler, die durch Wärmeleitung längs der Schenkel, durch Inhomogenität und durch mangelnde Isolierung hervorgerufen werden, sowie die Mittel, sie zu vermeiden, besprochen.

Von dem thermoelektrischen Verhalten der Edelmetalle und ihrer Eignung zu Thermoelementen handelt eine ausführliche Arbeit von GEIBEL⁴⁾, die in dem Laboratorium der bekannten Platinschmelze von Heraeus in Hanau ausgeführt ist. Untersucht werden eine ganze Reihe von Metallen (Pt, Jr, Rh, Pd, Au, Ag) und Legierungen verschiedener Konzentration, indem ihre Thermokraft gegen reines Platin, ihr Leitvermögen und deren Temperaturkoeffizient gemessen werden. Als eine der besten Verbindungen für thermoelektrische Zwecke bis 1000°C wird danach bezeichnet die Legierung von 40% Palladium und 60% Gold gegen Platin, die eine etwa zweimal so große Thermokraft hat als Platinrhodium gegen Platin. Nach neueren Messungen von DAY und SOSMAN (1912) scheint indessen die Palladium-Gold-Legierung nicht homogen genug hergestellt werden zu können, so daß der Verwendung für genauere Messungen erhebliche Bedenken entgegenstehen.

³⁾ Zeitschr. f. phys. Chem. **75**, S. 498, 1911.

⁴⁾ Zeitschr. f. anorg.-Chem. **70**, S. 240, 1911.

Für technische Zwecke versucht man immer wieder die billigen unedlen Metalle in Temperaturen bis etwa 900° zu gebrauchen. Die Schwierigkeit ist, einer Zerstörung durch Oxydation vorzubeugen. Nach einem Patent von UBBELOHDE (D.R.P. 248138 Nov. 1911) kann man so verfahren, daß man die unedlen Metalle zunächst einer Kohlung unterwirft und sie dann in Kohle einbettet, wodurch man sie gleichzeitig vor Oxydation und vor einer Änderung ihrer elektromotorischen Kraft schützt.

Eine Reihe von Neuerungen an Apparaten zu thermoelektrischen Temperaturmessungen, besonders für industrielle Zwecke, beschreibt WHIPPLE⁵⁾. Bekanntlich müssen die Enden des Thermoelementes, wo die Zuleitungen angeschlossen werden, eine ganz bestimmte, am besten niedrige Temperatur haben, wenn die Angaben des Elementes richtig sein sollen. Wenn die Schenkel des Elementes aus billigem Material, wie Kupfer und Konstantan, bestehen, macht es keine Schwierigkeiten, sie vom Ofen so weit fortzuführen, daß sie leicht auf konstanter Temperatur gehalten werden können. Bestehen aber die Schenkel aus Platinmetallen, so sucht man sie der hohen Kosten wegen möglichst kurz zu halten und hat dann häufig durch die Wärmeschwankungen der nahe der Ofenwandung liegenden Anschlüsse erhebliche Störungen. Um diesen vorzubeugen, schlug bereits im Jahre 1904 BRISTOL vor, als Zuleitungen zwei Drähte aus solchen Metallen zu wählen, die bei der Temperatur, der die Anschlußklemmen ausgesetzt sind (0° bis 100°), eine Thermokraft gegeneinander haben, die ebenso groß ist wie die des Thermoelementes selbst. PEAKE hat neuerdings gezeigt, daß eine Legierung aus Kupfer mit wenig Nickel dieser Anforderung hinreichend genügt. Bei Verwendung solcher „Kompensationszuführungen“ tritt die in allen thermoelektrischen Kreisen vorhandene zweite Thermokraft an der Stelle auf, wo diese mit Kupferdrähten verbunden werden, während die Temperatur der Anschlußklemmen selbst ganz belanglos ist.

Selbst bei Verwendung von Kompensationsdrähten bleibt also immer noch die Forderung der Temperaturkonstanz einer bestimmten Stelle des Stromkreises zu erfüllen. Im Laboratorium erreicht man das am sichersten dadurch, daß man diese Stellen auf Eis legt, das man zweckmäßig in ein Vakuumgefäß tut.

⁵⁾ Electrician **68**, S. 132—134, 1911.

In technischen Betrieben ist die Beschaffung von Eis meist schwierig, und für diese Fälle ist es wünschenswert, einen Thermostaten zu haben, der selbsttätig die Temperatur der Verbindungsstellen konstant erhält. Einen solchen „Thermostaten für die kalten Lötstellen“ hat HORACE DARWIN angegeben. Seine Wirkung ist die, daß eine elektrische Heizung unterbrochen wird, sobald eine bestimmte Temperatur erreicht ist, worauf wiederum Abkühlung eintritt. Die Unterbrechung erfolgt dadurch, daß eine nach Art der BREGUETSCHEN Spirale aus 2 Metallen von verschiedenen Ausdehnungskoeffizienten zusammengesetzte Lamelle einen elektrischen Kontakt betätigt.

3. Widerstandsthermometer. Die große Bedeutung, die den Platin-Widerstandsthermometern bei der Darstellung der Skala in dem Gebiete der Temperaturen von 0° bis 50° zukommt, ging schon aus dem Bericht über die gasthermometrischen Arbeiten hervor. Aber auch im Gebiete der tiefen Temperaturen hat sich die widerstandsthermometrische Methode als äußerst fruchtbar erwiesen. So hat KAMERLINGH-ONNES zur Messung der tiefen Temperaturen bereits wiederholt Widerstandsthermometer aus verschiedenen Metallen (Platin, Gold, Silber, Blei) benutzt, nachdem er deren Widerstandsänderung mit der Temperatur zuvor bestimmt hatte. Auch bei seinen neueren Untersuchungen in flüssigem Helium wurde wiederum der Widerstand verschiedener Metalle in Abhängigkeit von der Temperatur gemessen⁶⁾. Dabei ergab sich dann, daß der Widerstand von Platin, Silber, Gold, Blei und von festem Quecksilber mit Annäherung an den absoluten Nullpunkt verschwindend kleine Werte annimmt. KAMERLINGH-ONNES glaubt zu dem Schlusse berechtigt zu sein, daß er wirklich gleich Null wird, und daß der geringe Widerstand, der bei Platin noch nachweisbar ist, nicht dem Metall selbst, sondern kleinen Verunreinigungen zuzuschreiben ist. Damit versagt denn allerdings die widerstandsthermometrische Methode zur Ermittlung der allertiefsten Temperaturen.

In dem Gebiete bis etwa 20° abs. dagegen läßt sich das Widerstandsthermometer mit großem Vorteil gebrauchen. So hat es NERNST⁷⁾ bei seinen Untersuchungen über die spezifi-

schen Wärmen in tiefen Temperaturen sehr wertvolle Dienste geleistet. Das Prinzip der von NERNST und EUCKEN ausgebildeten kalorimetrischen Methode besteht darin, daß die zu untersuchende Substanz selber als Kalorimeter dient und durch einen Platindraht, dem eine gemessene Quantität elektrischer Energie zugeführt wird, um wenige Grade erwärmt wird; diese Erwärmung wird dann durch denselben Platindraht bestimmt, indem er zugleich als Widerstandsthermometer dient. Zur Eichung des Widerstandes dienten als Fixpunkte außer 0° die Siedepunkte der festen Kohlensäure, des Sauerstoffs und Wasserstoffs, und zwar in der Weise, daß sie in möglichst reinem Zustande in das Tensionsthermometer von STOCK⁸⁾ gefüllt wurden. Da dieses Instrument die Dampfspannungen unmittelbar zu messen erlaubt, so konnten nicht nur die Widerstände bei den Fixpunkten selbst, sondern auch die Widerstandskoeffizienten in der Nähe der Fixpunkte mit großer Genauigkeit gemessen werden. Daneben wurde der Platin-Widerstand auch noch mit einem solchen aus reinem Blei verglichen, dessen Änderung mit der Temperatur nach KAMERLINGH-ONNES einen sehr regelmäßigen Verlauf hat. Es ergab sich, daß der Widerstand des von KAHLBAUM bezogenen Bleis genau mit dem von KAMERLINGH-ONNES angegebenen übereinstimmt. Damit ist der Anschluß der von NERNST gemessenen Temperaturen an die gasthermometrischen Werte von KAMERLINGH-ONNES sichergestellt.

Für den Gebrauch in Temperaturen von etwa 0° bis 300° empfiehlt MARVIN⁹⁾ das Nickel-Widerstandsthermometer. Von Vorteil sei, daß es einen größeren spezifischen Widerstand und einen größeren Temperaturkoeffizienten habe. Weiter zeigt aber der Verfasser, daß die Widerstandsänderung mit der Temperatur gegeben ist durch die Formel:

$$\lg R = a + m \cdot T,$$

und daß beim Gebrauche einer Wheatstone'schen Brücke mit linearer Einteilung des Schleifdrahtes die Teile nahezu (bis auf etwa 0,1°) Temperaturgraden entsprechen. Der Vorteil, der hierin liegt, mag für praktische Zwecke zu beachten sein.

F. Hoffmann, Charlottenburg.

⁶⁾ Comm. Phys. Lab. Leiden Nr. 119, S. 19—26, 1911.

⁷⁾ Berl. Akad. Ber. 1911, I, S. 311 f. Ann. d. Phys. **36**, S. 395, 1911.

⁸⁾ A. Stock u. C. Nielsen. Ber. Dtsch. Chem. Ges. **39**, II, S. 2066—68, 1906.

⁹⁾ C. F. Marvin, Journ. Frankl. Inst. 171, 441—445, 1911.

Vorgänge bei der Elektrolyse. Von E. GRIMSEHL.¹⁾ Der Verf. benutzte die in Fig. 1 abgebildete Elektrode, einen in einem Glasrohr befindlichen, vorne eingeschmolzenen Platindraht; das vordere Ende war eben abgeschliffen und poliert. Bei der Elektrolyse von stark verdünnter Schwefelsäure bei 110 oder 220 Volt Spannung bildete sich an der Kathode ein Strahl feinsten Wasserstoffbläschen („Spritzphänomen“), vgl. Fig. 2. Bei genügender Spannung und Konzentration trat das Phänomen auch auf, wenn die Elektrode als Anode diente. Bei gleicher Konzentration wuchs die



Fig. 1.

Geschwindigkeit des Gasstroms mit der Spannung; bei gleicher Konzentration und Spannung war die Stromstärke proportional dem Radius der Elektrode, was darauf hindeutet, daß die Erscheinung auf die Peripherie der Elektrode beschränkt ist. Die Richtung des Gasstroms stand immer senk-

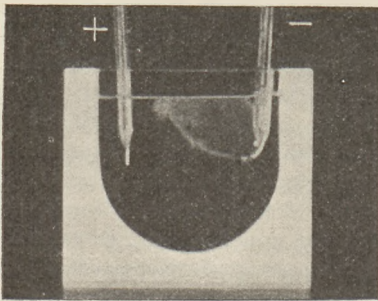


Fig. 2.

recht auf der Endfläche. Mehrere parallel geschaltete Spritzelektroden zeigten gesonderte Gasströme, die sich nicht störten. Wurde die Elektrolyse in einem dünnen, planparallelen Gefäß im Magnetfelde vorgenommen, so wurde der Gasstrahl ebenso wie ein Kathodenstrahl abgelenkt. Der Verf. benutzte auch 2 Elektroden von der Form in Fig. 3 zur gewöhnlichen Elektrolyse gutleitender Schwefelsäure bei 4 Volt. Die Wasserstoff- und Sauerstoffbläschen stiegen dann in dem planparallelen Gefäß senkrecht in die Höhe. Im Magnetfelde wurden sie wie ein Strom negativer bzw. positiver Elektrizität abgelenkt. Waren die Elektroden einander sehr nahe, so gingen beide Gasströme durcheinander. Wurde der Elektromagnet durch Wechselstrom erregt, so beobachtete man ein Hin-

und Herpendeln der Gasströme. Ein gleiches Hin- und Herpendeln der Ströme wurde beobachtet, wenn die Elektrolyse mit Wechselstrom, der Elektromagnet mit Gleichstrom betrieben wurde. Es gelingt sogar, die durch Wechselstrom erzeugten Sauerstoff- und Wasserstoffblasen unter Wirkung des Elektromagnets fast vollständig zu trennen, wenn man ein Auffanggefäß von zweckmäßiger Form über eine der Elektroden bringt (Fig. 4).

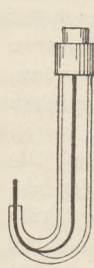


Fig. 3.

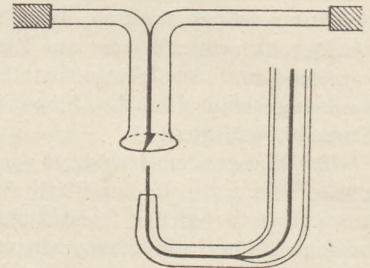
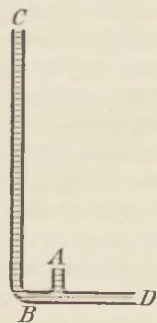


Fig. 4.

Genauere Versuche ergaben dann allerdings, daß die Ablenkung der Gase durch ein magnetisches Feld nur vorgetäuscht wurde durch die Ablenkung, die der vom Strom durchflossene Elektrolyt im magnetischen Felde erfährt. Man beobachtet diese Ablenkung auch direkt, wenn man eine Kupfervitriollösung mit zwei Kupferelektroden elektrolysiert und zur Lösung schwebende Substanzen (Sägespäne) beimischt. Die einzelnen Strombahnen werden dabei wie bewegliche Leiter im magnetischen Felde bewegt und reißen die an den Elektroden entwickelten Gase mit. Der Verf. beschreibt noch zwei Versuche zur Demonstration der Konzentrationsänderung bei der Elektrolyse einer Lösung von Zinkchlorid. Hier scheidet sich nach einigen Minuten Stromdurchgang an der Kathode (A) ein Büschel von Zinkkristallen aus. Wird der Strom umgewechselt, so löst sich bei A (das jetzt Anode ist) das Zink auf, und ein Strom konzentrierter Lösung sinkt hinunter, während an der jetzigen Kathode die verdünnte Lösung in die Höhe steigt. Der Verfasser hat die Erscheinung durch photographische Aufnahmen nach der Schlierenmethode im Bilde festgehalten. — Bei dem andern Versuch sind in ein mit 30prozentiger Schwefelsäure zum Teil gefülltes U-förmiges Glasrohr durch seitliche Ansatzrohre zwei Platinelektroden eingeführt; nach einigen Minuten Stromdurchgang zeigt sich infolge der Konzentrationszunahme im Anodenschenkel eine Niveaudifferenz. Schk.

¹⁾ Phys. Zeitschr. 13, 1199 (1912); 14, 81 (1913).

Ein einfacher Flammenregler. Von W. SCHMIDT*). Um eine von Druckschwankungen in der Gasleitung unabhängige konstante Gasflamme zu erhalten, benutzt der Verf. die in der Figur schematisch dargestellte Anordnung. Denkt man sich die Gaszufuhr bei *D* zunächst abgesperrt, die Röhren aber mit Gas gefüllt, so wirkt der Teil *ABC* als Heber, und das leichtere Gas wird das Bestreben haben, von dem kürzeren Schenkel *AB* nach dem längeren *BC* zu strömen und bei *C* auszufießen. Wird nun bei *D* mehr Gas zugeführt, als nach den gegebenen Be-



dingungen des Hebers bei *C* ausströmt, so bleibt die letztere Menge unverändert. Der Überschuß fließt bei *A* aus, und bei *C* erhält man eine konstante Flamme. Die Anordnung bewährt sich sehr gut in Räumen, in denen die Luftdichte nicht zu stark variiert und wo keine störenden Luftströmungen auftreten. Das überschüssige Gas läßt man bei *A* — wegen der wechselnden Zug- und Saugwirkung — zuerst in die Luft austreten und bringt es etwas oberhalb *A* über einem Drahtnetz zum Brennen. Der kurze Schenkel muß wegen der geringeren Reibung aus weitem Rohr bestehen. Der Verf. hat die beschriebene Einrichtung seit 10 Monaten ununterbrochen im Betrieb, ohne daß ein Handgriff dabei nötig gewesen wäre.

Schk.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Ans der Elektrooptik. 1. Übertragung von Lichtschwingungen auf das Telephon. Den Namen „Optophon“ will E. FOURNIER D'ALBE einem Apparat beilegen, der Licht mittels elektrischer Effekte in Schall umsetzt¹⁾. Zwei Selenzellen (*S, S*, Fig. 1)

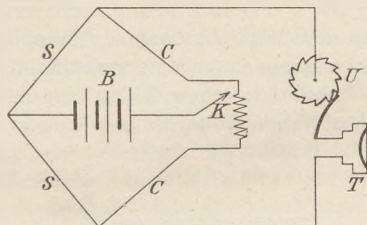


Fig. 1.

werden mit zwei variablen Graphitwiderständen *CC*, einer Batterie *B* und einem Telephon *T* zu einem Wheatstoneschen Brückennetz vereinigt. Durch den Kontaktgriff *K* kann auf einem Manganirheostaten der Telephonstrom auf Null gebracht werden. Durch ein Uhrwerk *U* wird der Telephonstrom 10 mal in der Sekunde unterbrochen und dadurch im Telephon hörbar gemacht. Fällt Licht auf eine der Selenzellen, so vernimmt man ein Summen im Telephon, dessen Intensität der Lichtstärke entspricht. Die Differentialschaltung der beiden Zellen hat den Vorteil, daß das Instrument auch bei veränderter Totalbeleuchtung ohne neue Rheostateneinstellung für Lichtkontraste

empfindlich bleibt. Die Empfindlichkeit des Optophons genügt, um die helleren Lichtkontraste der Gegenstände bei Tagesbeleuchtung dem Ohr vernehmbar zu machen, während bei Nacht Kerzen-, Öl- und Gasflammen auch auf 20 m Entfernung lokalisiert werden können. Blinde werden durch den Apparat befähigt, Dasein und Intensität des Lichtes, Umrisse von Fenstern und Personen durch das Ohr wahrzunehmen.

Wirkte das Licht hier nur indirekt vermöge der lichtelektrischen Empfindlichkeit des Selen, so gelang es O. GROTRIAN, eine direkte Einwirkung der Strahlen auf die Eisenmembran des Telephons zu beobachten²⁾. Er benutzte ein besonders empfindliches Telephon mit Ringmagnet und metallisch glänzender, verzinnter Membran. Die Lichtstrahlen einer Bogenlampe gelangen durch eine Linse auf die Membran; ein Schirm zwischen beiden konnte rasch hin und her bewegt werden. Als Strahlenfilter dienten 1. eine gesättigte Alaunlösung, 2. eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak, 3. ein Uviolglas. Zur Strommessung diente ein Drehspulgalvanometer von Hartmann und Braun. Als Beispiel der Wirkung diene folgende Versuchsreihe. Fielen die Lichtstrahlen ohne Filter auf die Platte, so gab das Galvanometer 103,9 Skalenteile Ausschlag. Nach Einschaltung von 10 cm Alaunlösung waren es nur 20,5, bei Hinzufügung der Uviolplatte 3,3, von 2 cm schwefelsaurem Kupferammoniak

*) Ann. d. Physik **39**, 1609 (1912).

¹⁾ Phys. Zeitschr. **13**, 942 (1912).

²⁾ Ann. d. Physik **39**, 1625 (1912); **40**, 812 (1913).

nur 0,8 Skalenteile. Daraus geht hervor, daß der Hauptteil der Wirkung den ultraroten Strahlen, der zweitstärkste Teil den sichtbaren Strahlen zukommt; aber auch die ultravioletten Strahlen zeigen eine, wenn auch schwache Wirkung. Diese war auch in dem ultravioletten Teile eines durch ein Quarzprisma entworfenen Spektrums zu bemerken. Der Verf. war anfangs im Zweifel, ob die Erscheinung auf eine Änderung der magnetischen Permeabilität der Membran oder auf eine Biegung derselben durch thermische oder radiometrische Wirkung zurückzuführen sei. Weitere Versuche zeigten, daß nur die erste Erklärung in Frage kommt. Wurde nämlich die Einrichtung getroffen, daß die Telephonmembran sowohl von vorn wie von hinten bestrahlt werden konnte, so blieb der Galvanometerausschlag derselbe, während bei einer entgegengesetzten Durchbiegung der Membran — wie auch ein besonderer Versuch zeigte — der Sinn der Ausschläge umgekehrt werden mußte. Die Bestrahlung bewirkt also eine Änderung der Permeabilität der Membran. Da verschiedene Telephontypen entgegengesetzte Ausschläge gaben, so kann jene Änderung sowohl in einer Zunahme als in einer Abnahme der Permeabilität bestehen.

2. Lichtelektrische Photometer. Mit ihren hochempfindlichen Alkalimetallzellen (d. Zeitschr. XXV, 381) haben ELSTER und GETTEL ein überaus brauchbares Photometer konstruiert³). Die Zellen wurden in der Weise hergestellt, daß man in eine mit sehr verdünntem Wasserstoff gefüllte Kugel etwas metallisches Kalium oder Natrium auf einer Silberschicht niederschlug. Ein allmählicher Rückgang der Empfindlichkeit dieser Zellen konnte durch Einführung von Argon oder Helium an Stelle des Wasserstoffs beseitigt werden. Durch Einwirkung des Glimmstroms in Wasserstoffatmosphäre kann die Lichtempfindlichkeit so weit erhöht werden, daß selbst im Ultrarot noch ein merkbarer Photoeffekt besteht. Wird als Material der Zelle Uviolglas gewählt, so läßt sich der hindurchgelassene, also am Kalium wirksame Spektralbereich bis $240 \mu\mu$ ausdehnen. Bei dem Photometer ist die Zelle in eine um eine Achse drehbare, lichtdichte Kapsel eingebaut, und zwar so, daß ein als Anode dienender, ringförmiger Platindraht in der Drehungsachse liegt. Der Lichtzutritt erfolgt durch ein innen geschwärztes Metallrohr und kann durch eine Irisblende reguliert

werden. Eine Mattscheibe aus Uviolglas bewirkt, daß die Zelle nur von diffusum Lichte getroffen wird. Vor der Mattscheibe lassen sich runde Glasplatten als Lichtfilter einfügen. Da das Photometer in erster Linie zur Messung des Sonnen und Tageslichtes bestimmt war, so war auch eine Vorrichtung zur Bestimmung der Sonnenhöhe angebracht. Alle Isolationen sind aus Bernstein, der im Innern mit Picein überzogen ist. Als leicht transportable Stromquelle bewährte sich eine Batterie von Trockenelementen, wie sie zu elektrischen Taschenlampen verwandt werden. Der negative Pol wird mit der Alkalimetallfläche, der positive mit dem Platinring verbunden. Der zwischen beiden entstehende Photostrom wurde im Laboratorium durch ein Drehspulgalvanometer mit Spiegelablesung, bei Beobachtungen im Freien durch ein von der Gesellschaft „Nadir“ hergestelltes Galvanometer in Dosenform gemessen. Bei Beleuchtungsstärken unterhalb einer Meterkerze wurde ein Spinnwebfaden-Elektrometer benutzt. Als Widerstände waren die Campbell'schen Xylolwiderstände sehr geeignet. Bei Beleuchtungsstärken unter $\frac{1}{1000}$ Meterkerzen werden die Photoströme von der Größenordnung 10^{-14} bis 10^{-15} Amp. Sie wurden dann aus der Zeit t berechnet, die nötig ist, das Elektrometer auf v Volt aufzuladen.

Die lichtelektrischen Zellen von Elster und Gettel haben weiterhin zur Konstruktion

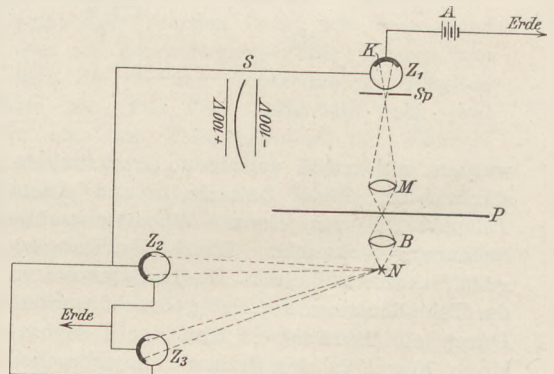


Fig. 2.

eines registrierenden Photometers durch P. P. KOCH geführt⁴). Dasselbe sollte hauptsächlich dazu dienen, die Schwärzung photographischer Platten zu messen. Das Prinzip der Anordnung besteht darin, daß die photographische Platte P (Fig. 2) zwischen einer Nernstlampe N und einer lichtelektrischen

³) Phys. Zeitschr. 13, 739 (1912).

⁴) Ann. d. Physik 39, 705 (1912); 40, 797 (1913).

Zelle Z_1 unter Zwischenschaltung einer Beleuchtungslinse B und eines Mikroskopobjektivs M nebst Spaltblende S_p mit Hilfe eines Uhrwerks vorbeigezogen wird. Die lichtempfindliche Schicht K der Zelle ist mit dem negativen Pol einer kleinen Akkumulatorenbatterie A verbunden, deren positiver Pol geerdet ist. Die positive Elektrode der Zelle führt zu einem Saitengalvanometer S und von dort über eine zweite lichtelektrische Zelle Z_2 , die ebenfalls von N her beleuchtet wird, zur Erde. Je nach der Schwärzung der zwischen N und Z_1 stehenden Stelle der Platte P und damit je nach der Intensität des auf die Zelle auffallenden Lichtes fließt ein elektrischer Strom wechselnder Stärke von A über Z_1 und Z_2 zur Erde. Die durch diesen Strom bewirkte Bewegung der Saite S wird auf photographischem Wege registriert. Dazu wird ein kleines Stück der Saite auf eine photographische Platte abgebildet, die mittels desselben Uhrwerks, das die Platte P vorschreibt, senkrecht zur Bewegungsrichtung der Saite vorbeigezogen wird. Die noch vorhandene Trägheit der ganzen Anordnung ließ sich vermindern durch Anwendung einer dritten, ebenfalls von N beleuchteten Zelle Z_3 , deren Kaliumelektrode zur Erde geleitet ist, während die positive Elektrode mit der Kaliumelektrode von Z_2 verbunden wird. Der Verf. hat das Instrument in jeder Richtung eingehend geprüft und alle möglichen Fehlerquellen berücksichtigt. Zum Vergleich wurde die Schwärzungsverteilung einer photographischen Aufnahme mit dem registrierenden Photometer und mit dem auf subjektiver Beobachtung beruhenden Hartmannschen Mikrophotometer vorgenommen. Die Übereinstimmung der auf beide Arten erhaltenen Kurven war gut. Eine mit dem registrierenden Photometer vorgenommene Ausmessung des von Walter und Pohl mit Röntgenstrahlen aufgenommenen Keilspaltphotogramms ergab ebenfalls die gleiche Schwärzungsverteilung wie die frühere Messung des Verfassers (diese Zeitschr. XXVI, 46). *Schk.*

Das Isolationsvermögen von flüssiger Luft.

Von P. ZEEMAN¹⁾. Der Umstand, daß die Dielektrizitätskonstanten verschiedener flüssiger Gase gemessen werden konnten, beweist, daß dieselben gute Isolatoren sind. Fleming und Dewar bauten sogar eine kleine Leidener Flasche, deren Dielektrikum flüssige Luft war, und deren Belegungen aus Aluminiumplatten

bestanden; diese Flasche hielt ihre Ladung vollkommen. ZEEMAN fand das Isolationsvermögen der flüssigen Luft auch für hohe Spannungen ausgezeichnet. Er brachte zwei Kondensatorplatten in 3 mm Abstand in das Innere eines unversilberten Dewarschen Gefäßes, das mit flüssiger Luft gefüllt wurde. Wurden die Platten mit einer Influenzmaschine geladen, so erhielt man mit Hilfe eines Entladungsdrahtes an den Zuleitungsdrähten glänzende Funken, aus denen mit dem Funkenmikrometer auf Spannungen von 30000 Volt geschätzt werden konnte. Diese Spannungen konnten stundenlang aufrechterhalten werden, wenn die die Zuleitungsdrähte umgebende Luft durch Kalziumchlorid trocken gehalten wurde. Eine Entladung der Platten in der flüssigen Luft wird begünstigt durch kleine Kristalle von Eis und fester Kohlensäure, die man daher durch Filtrieren der flüssigen Luft entfernen muß. Auch Gasbläschen wirken entladend, so daß man die sichtbare Gasbildung möglichst vermindern muß.

Der beste Beweis für das Vorhandensein großer elektrischer Kräfte im Innern der flüssigen Luft bestand aber darin, daß es gelang, den elektrooptischen Kerreffekt in der flüssigen Luft nachzuweisen. Dieser besteht bekanntlich darin, daß isolierende Flüssigkeiten im elektrischen Felde sich wie doppeltbrechende einachsige Kristalle verhalten. Das Licht einer Bogenlampe passierte ein polarisierendes Nicol, einen Kompensator, ging dann zwischen den Kondensatorplatten des Dewarschen Gefäßes hindurch, passierte ein zweites Nicol und wurde schließlich mittels eines Spektroskops zerlegt. Es erscheint dann zwischen gekreuzten Nicols eine schwarze Absorptionsbande des Sauerstoffs. Bei allmählicher Ladung des Kondensators verschob sich diese Bande; bei einer Entladung sprang sie wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Die Doppelbrechung war längs des ganzen Spektrums deutlich zu sehen. Der Sinn der Doppelbrechung war positiv wie beim Schwefelkohlenstoff. Durch Einschalten eines zusammengepreßten Glasstreifens an Stelle des Kondensators wurde die von beiden erzeugte Streifenverschiebung verglichen; daraus ergab sich, daß die Kerrkonstante der flüssigen Luft (des flüssigen Sauerstoffs) etwa 10mal kleiner ist als für Schwefelkohlenstoff. Aus diesen Versuchen geht jedenfalls hervor, daß flüssige Luft eine Substanz ist, die nahezu einen idealen Isolator darstellt. *Schk.*

¹⁾ Phys. Zeitschr. 13, 529 (1912).

Elektronenemission. Über die in metallhaltigen Flammen vorhandenen positiven und negativen Träger sind im Heidelberger Laboratorium auf Veranlassung von P. LENARD mehrere Untersuchungen angestellt worden¹⁾. Wird ein Metallsalz in eine nichtleuchtende Flamme eingeführt, so wird ein Teil der Metallatome in Freiheit gesetzt. Die Flamme zeigt dabei ein wesentlich gesteigertes Leitvermögen und gleichzeitig eine den Schwingungen des Metallatoms angehörige Lichtemission. Die Ursache der elektrischen Leitfähigkeit besteht im Auftreten freier Elektronen, die eine Folge des Austritts negativer Elementarquanten aus den Metallatomen ist. Die Metallatome selbst erhalten dadurch positive Ladung und wandern in elektrischen Feldern nach der negativen Elektrode, was nach LENARD aus der Neigung des leuchtenden Dampfstreifens im elektrischen Felde direkt zu erkennen ist. Aus der Größe dieser Neigung im bekannten Felde läßt sich die Wanderungsgeschwindigkeit der Metallatome bestimmen. Da sich die Größe dieser Geschwindigkeiten als sehr gering ergab, so war LENARD der Ansicht, daß die Metallatome in Flammen nicht dauernd positiv geladen, sondern zeitweilig durch Wiederaufnahme von Elektronen neutralisiert sind. Der aus der beobachtbaren Beweglichkeit ableitbare Bruchteil der Zeit, in der ein Metallatom positiv geladen oder neutral ist, gibt ein direktes Maß für das Verhältnis zwischen Abgabe und Wiederaufnahme von Elektronen durch das betreffende Atom und damit einen Anhalt für den Grad der Beschränkung der freien Elektronenzahl in der Flamme und ihres Leitvermögens.

Diese schon früher gemachten Untersuchungen wurden von G. EBERT fortgesetzt. Er fand, daß die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Elektrizitätsträger bei geringer Salzmenge von dieser Menge selbst unabhängig ist; ferner, daß durch Chlorzusatz die Beweglichkeit der positiven Träger verringert und schließlich ganz vernichtet wird. Damit stimmt die bekannte Verringerung der Leitfähigkeit der Flamme durch Chlorzusatz überein (d. Zeitschr. XXV, 53). Weiter fand E. N. DA C. ANDRADE, daß die Beweglichkeit der positiven Träger nur so lange unverändert bleibt, als deren Umgebung keine wesentliche Änderung zeigt²⁾. Die geringe Wanderungsgeschwindigkeit ist nur im Gebiet

des leuchtenden Metaldampfes vorhanden; für die aus dem Rande des leuchtenden in das nichtleuchtende Gebiet austretenden Träger nimmt sie etwa um das 60fache zu. Diese würden als Metallatome anzusehen sein, bei denen die Zeitdauer des positiven Zustandes des Atoms wesentlich größer ist als im leuchtenden Teile. Außer den positiven fand ANDRADE in geringer Menge auch negative Träger, und zwar ebenfalls langsamere in dem leuchtenden, schnellere in dem nichtleuchtenden Teil der Flamme.

Um den Einfluß des Gasdrucks auf die Vorgänge in der Flamme zu untersuchen, wurde die Flamme in einem größeren Zylinder unter Gasdrucken zwischen 0,4 und 4 Atmosphären zum Brennen gebracht. Die Wanderungsgeschwindigkeit der langsamen Träger war dem Druck umgekehrt proportional. Daraus folgt, daß der Bruchteil der Zeit, während der die Metallatome positiv geladen sind, vom Druck unabhängig ist.

Die beschriebenen Beobachtungen werden von LENARD mit der Annahme erklärt, daß der Austritt negativer Elementarquanten immer gerade beim Zusammentreffen zweier neutraler Metallatome in der Flamme (durch eine Art „Nähewirkung“) erfolge; ebenso hat die Wiedervereinigung der Elektronen mit den geladenen Metallatomen das Zusammentreffen dieser beiden in der Flamme zur Voraussetzung. Im stationären Zustande ist die aus diesen Annahmen berechenbare Anzahl der Quantenemissionen der Anzahl der in gleicher Zeit stattfindenden Wiedervereinigungen von Elektronen und Metallatomen gleich anzunehmen. Hieraus ergibt sich eine Beziehung für den Bruchteil an Zeit, währenddessen ein Metallatom in der Flamme geladen ist; er ist unabhängig von der Metallmenge und vom Druck und wächst linear mit der Häufigkeit des freien, chemisch nicht gebundenen Zustandes der Metallatome.

Sind glühende feste Körper (Elektroden) in der Flamme, so findet an diesen eine besondere Elektronenemission statt; auch wird die Elektronenemission der Flamme durch sie beeinflusst. Auch diesen Beziehungen glaubt LENARD durch seine Theorie gerecht werden zu können. Die Erscheinungen der Lichtemission in metallhaltigen Flammen ist aber durch die Beobachtungen noch nicht genügend geklärt.

Die Abgabe negativer Elektronen von erhitzten Metallen wurde von Richardson dadurch erklärt, daß die in jedem Metall vorhandenen freien Elektronen

¹⁾ Naturw. Rundsch. 27, 637 (1912).

²⁾ Phil. Mag. 23, 865, 24, 15 (1912).

eben dann austreten, wenn ihre von der Temperatur abhängigen Geschwindigkeiten gerade den für das betreffende Mittel charakteristischen Potentialsprung überwinden können. Wilson zeigte, daß man für die Elektronenabgabe des Platins sehr viel niedrigere Werte erhält, wenn man das Platin mit Salpetersäure behandelt, und glaubte, daß in dem Platin absorbiertes Wasserstoff maßgebend für den Effekt ist. K. FREDENHAGEN untersuchte im Vakuum destilliertes Natrium und glaubte hier den Elementareffekt des Natriums erhalten zu können. Neuere Versuche aber zeigten, daß auch die bei *Na* erhaltenen Werte ausschließlich Sekundäreffekten zuzuschreiben sind³⁾. Die Alkalimetalle wurden ein- oder zweimal im Vakuum destilliert und dann in das Versuchsrohr befördert, das vorher bei gleichzeitiger Evakuierung erhitzt wurde, um es von den absorbierten Gasen zu befreien. Das Alkalimetall bildete die eine, Nickel oder Platin die andere Elektrode. An die Elektroden wurden Spannungen zwischen 2 und 100 Volt angelegt; der durch die Elektronenemission des erhitzten Metalles erzeugte Strom wurde mit einem Galvanometer gemessen. Es war ein starker Einfluß eines Gases nachweisbar. So zeigte z. B. Natrium bei 380° C, 2 Volt Spannung und 0,00006 mm Druck eine Stromstärke 3; bei Zuleiten von Wasserstoff von 0,2 mm Druck stieg der Strom auf 40; bei 100 Volt stieg er entsprechend von 22 auf 176. Ähnlich wirkte Stickstoff, besonders stark aber Luft; in Luft von 0,2 mm Druck war der Strom bei 2 Volt 2500, bei 100 Volt 70000. Dieser Einfluß der Luft führt zu der Vermutung, daß überhaupt der Sauerstoff die Wirkung hervorruft und die Wirkungen von *H* und *N* auf geringe Beimengungen von *O* zurückzuführen sind. Mit Kalium erhielt der Verf. ähnliche Ergebnisse. Er ist der Meinung, daß die Elektronenemission auf der chemischen Reaktion zwischen Alkalimetall und Sauerstoff beruht, also auf der zuerst von Haber beobachteten Wirkung (d. Zeitschr. XXV, 54).

Eine Erweiterung der H a b e r s c h e n Arbeiten unternahmen L. WEISSMANN und C. GRIEB, indem sie untersuchten, ob bei chemischen Reaktionen auch positiv geladene Teilchen ausgesandt werden können⁴⁾. Ein auf 800° erwärmtes Metall

besitzt die Eigenschaft, eine ihm erteilte positive Ladung zu zerstreuen. Es wurde nun untersucht, ob diese Zerstreuung sich ändert, wenn das Metall bei einer chemischen Reaktion als Katalysator dient. WEISSMANN benutzte einen Platindraht, der bei 850° als Katalysator bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff wirkt. Es zeigte sich tatsächlich, daß hierbei die Abgabe positiver Teilchen durch den Platindraht gesteigert wird. Der positive Effekt nahm aber langsam ab, während der Fortgang der Katalyse derselbe blieb. Ein Draht, der in Luft abgeklingen war, zeigte in Wasserstoff den Effekt von neuem; war er in Wasserstoff abgeklingen, so zeigte sich der Effekt wieder in Luft usw. Allmählich nahm dann aber die Fähigkeit des Drahtes, positive Ladungen abzugeben, ab, und er wurde spröde und brüchig. Ersetzte man Wasserstoff oder Sauerstoff durch Stickstoff, so war die Erscheinung ganz anders, so daß die katalytische Wirkung des Drahtes jedenfalls mit der Abgabe positiver Ladung in Verbindung steht. Die Abgabe negativer Elektrizität ist bei wasserstoffarmen Gemischen sehr gering; bei wasserstoffreichen Gemischen werden positive und negative Träger in gleicher Menge abgegeben. GRIEB zeigte, daß der bei der Knallgaskatalyse entstehende Wasserdampf für die beschriebene Erscheinung keine Bedeutung hat. Die Erscheinung bleibt auch aus, wenn der Wasserstoff durch ein anderes reduzierendes Gas, z. B. Kohlenoxyd, ersetzt wird.

Schk.

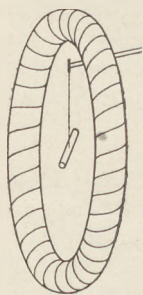
Nachweis der elektrostatisch-ponderomotorischen Wirkung der Induktion durch K. HENRICH, mitgeteilt von F. RICHARZ¹⁾. Während nach den alten Theorien der Elektrizität für jede Art der elektrischen und magnetischen Erscheinungen eine besondere fernwirkende Kraft als Ursache angenommen werden mußte, sind nach der Maxwellschen Theorie alle elektrischen und alle magnetischen Erscheinungen an einer Stelle des Raumes gegeben durch den an dieser Stelle herrschenden Zustand des Äthers. Dieser Zustand wird charakterisiert durch die magnetische und die elektrische Feldstärke, aus denen dann alle Äußerungen der elektrischen und der magnetischen Kraft abgeleitet werden können. Das ist Maxwells Prinzip der Einheit aller elektrischen und magnetischen Erscheinungen. Aus dem Prinzip hat sich

³⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 14, 384 (1912).

⁴⁾ Zeitschr. f. physikal. Chemie 79, 257, 377; Naturwiss. Rundsch. 27, 397 (1912).

¹⁾ Die Naturwissenschaften 1, 4 (1913).

nicht nur der Zusammenhang verschiedener bekannter magnetischer und elektrischer Erscheinungen herleiten lassen, sondern es ergibt sich in Fällen, in denen von den verschiedenen Äußerungen der elektrischen oder magnetischen Kraft nur die eine bekannt ist, die andere als notwendige Folgerung, die dann nur des experimentellen Nachweises bedarf. Eine solche Folgerung ist, daß in einem veränderlichen magnetischen Felde (in der Umgebung eines „magnetischen Stroms“) nicht nur Induktionswirkungen in geschlossenen Leitern, sondern auch elektrostatisch-ponderomotorische Wirkungen auf elektrisch geladene Körper bestehen müssen. RICHARZ hatte einen hierauf bezüglichen Versuch bereits 1899 in Greifswald durch F. E. Wolf anstellen lassen, bei dem die Wirkung des magnetischen Stroms eines starken Elektromagneten auf einen leicht beweglichen geladenen Kondensator untersucht wurde. Der Versuch mißlang, weil das Hineinbringen des Kondensators in das elektrische Feld den Verlauf der elektrischen Kraftlinien so verändert, daß sie alle senkrecht auf den Metalloberflächen stehen und kein Drehungsmoment auf den Kondensator ausüben können. Wenn man dagegen ein ungeladenes metallisches Stäbchen in ein elektrisches Feld so bringt, daß es unter 45° gegen die Richtung



der Kraftlinien geneigt ist (s. Figur), so werden durch Influenz an seinen Endungen Ladungen entstehen, die es in die Richtung der Kraftlinien hineinzudrehen streben. Das elektrische Feld kann nur durch einen magnetischen Wechselstrom hervorgerufen werden; mit dem Wechsel ändert sich dann freilich die Feldrichtung, zugleich aber auch

das Vorzeichen der Influenzladungen, so daß das Stäbchen fortgesetzt nach derselben Richtung gedreht werden muß. Die von HENRICH benutzte Anordnung war sehr ähnlich einer Tangentenbussole. Ein aus feinstem Transformatorblech zusammengesetzter Eisenring von 120 mm äußerem und 30 mm innerem Durchmesser wurde so mit Draht umwickelt, daß die durch diesen strömende Elektrizität keine elektrostatische Wirkung ausüben konnte. In diesem Ringe wurde mittelst eines rotierenden Umformers ein magnetischer Wechselstrom erzeugt. In der Mitte des Ringes hing an einem Quarzfaden eine kleine Nadel aus Glas (6 mm lang, 3 mm dick);

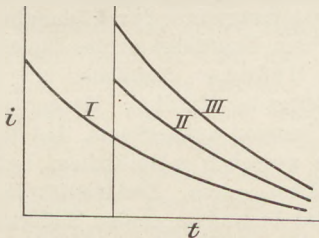
Metalnadeln hatten sich wegen elektrostatischer Influenzwirkungen nicht bewährt. Das Ganze war mit einer Glasglocke umgeben, die evakuiert wurde. Bei Erregung eines hinreichend kräftigen magnetischen Wechselstroms stellte sich die ursprünglich unter 45° gestellte Nadel vollständig in die Richtung der elektrischen Kraftlinien, d. h. in die Ringachse ein. Für quantitative Versuche wurden stärkere Quarzfäden genommen, so daß die Größe des Ausschlags gemessen werden konnte. Mit Berücksichtigung der Torsion der Quarzfäden konnte man die Größe des Ausschlags aus der Maxwell'schen Theorie berechnen; die Übereinstimmung mit der Beobachtung war genügend. Schk.

Über die Theorien der Dielektrika. Von TCHESLAS BIALOBJESKI. (*Le Radium*, Bd. IX, 1912, S. 250—259.) Der Verfasser gibt eine anschauliche Übersicht über die besonderen Vorgänge, die beim Durchgange der Elektrizität durch feste Nichtleiter beobachtet worden sind, und über die verschiedenen Versuche einer theoretischen Behandlung dieser Verhältnisse. Während die gasförmigen und flüssigen Nichtleiter ein in vieler Beziehung analoges Verhalten zeigen, tritt bei den festen Nichtleitern eine Reihe von Eigentümlichkeiten auf, die offenbar mit der besonderen Struktur fester Körper in Beziehung stehen und die man unter dem Namen dielektrische Anomalien zusammenfaßt. Dielektrizitätskonstante und Leitvermögen, die nach der klassischen Theorie ein Dielektrikum charakterisieren, reichen zur Erklärung dieser Erscheinungen nicht mehr aus.

Schließt man den einen Beleg eines Kondensators mit festem Dielektrikum an den einen Pol einer Batterie an, deren anderer Pol an Erde liegt, so zeigt ein mit dem zweiten Kondensatorbeleg verbundenes Elektrometer sofort eine induzierte Ladung an. Im gleichen Augenblick beginnt aber ein Strom durch das Dielektrikum zu fließen, der zunächst sehr schnell, dann immer langsamer abnimmt und schließlich entweder zu Null wird oder einen konstanten Grenzwert erreicht. Nimmt man nach längerer Zeit die Batteriespannung vom Kondensator ab und schließt diesen kurz, so tritt zunächst ein momentaner Elektrizitätsausgleich ein, daran schließt sich aber ein bedeutend schwächerer Strom im Schließungsdraht, dessen Richtung der des langsamen Ladungsstromes entgegengesetzt ist und der allmählich zu Null wird. Das Dielektrikum hat demnach während der

Dauer des langsamen Ladestromes (wir wollen ihn den „direkten Strom“ nennen) eine gewisse Elektrizitätsmenge absorbiert, die nun im „Rückstrom“ wieder frei wird. Im engen Zusammenhange hiermit steht die Erscheinung der dielektrischen Rückstands-bildung. Wenn man nämlich den Kondensator nach erfolgter Aufladung sich selbst überläßt, so bemerkt man eine allmähliche Verringerung der Potentialdifferenz seiner Belege, gleichsam, als ob eine Kapazitätszunahme stattfände. Schließt man ihn darauf für einen Moment kurz, so zeigen die wieder isolierten Belege nach kurzer Zeit wieder eine Ladung. Zwischen den sich momentan abspielenden Erscheinungen der Ladung und Entladung und den sich daran anschließenden langsam verlaufenden Vorgängen bestehen prinzipielle Unterschiede; die beiden Klassen von Erscheinungen sind daher verschiedenen Ursachen zuzuschreiben. Die Erscheinungen der ersten Art sind abhängig von der Dielektrizitätskonstante, bei deren Bestimmung man demnach kurze Ladungs- und Entladungszeiten anzuwenden hat. Der Verlauf der Vorgänge zweiter Art wird beherrscht durch das experimentell gefundene Superpositionsprinzip von Hopkinson und J. Curie. Dieses besagt, daß jede Änderung des elektrischen Feldes auf den Strom einen Einfluß ausübt, der unabhängig ist von dem bereits vorhandenen Felde.

In der Figur stelle $i = f(t)$ den zeitlichen Verlauf des direkten Stromes dar, die



erzeugende elektromotorische Kraft sei vom Momente $t = 0$ an wirksam. Fügt man im Momente t zu der bereits vorhandenen eine neue elektromotorische Kraft hinzu, die, wenn sie für sich bestände, einen Stromverlauf II, hervorrufen würde, so ist der resultierende Strom III die Superposition von I und II. Auch für den Rückstrom gilt das gleiche Superpositionsprinzip. Kurzschließen des Kondensators zu einer bestimmten Zeit ist gleichbedeutend mit dem Hinzufügen eines dem vorangehenden gleichen und entgegengesetzten Feldes. Falls der direkte Strom schließlich zu Null geworden ist, so ist der

beim Kurzschließen entstehende Rückstrom ihm in korrespondierenden Zeitmomenten gleich, die beiden Kurven sind identisch. Wenn der direkte Strom dagegen einen konstanten Endwert erreichte, so muß man diesen in Abzug bringen, um aus dem Verlauf des direkten Stromes den des Rückstroms zu erhalten. Wenn man mit $i_1 = f(t)$ den direkten Strom, vermindert um seinen eventuellen konstanten Endwert, bezeichnet, so ist der Rückstrom $i_2 = -f(t) + f(t + \Theta)$, wo Θ die seit dem Augenblick der Entladung verflossene Zeit bezeichnet. Die experimentelle Prüfung hat für die Form der Funktion $f(t)$ annähernd eine logarithmische Beziehung ergeben, so daß $\log i = \log c - n \log t$ ist, wobei c und n Konstanten sind. Daß diese Formel nur angenähert gelten kann, zeigt eine einfache Überlegung, denn bei strenger Gültigkeit würde für $t = 0$ sich der unmögliche Wert $i = \infty$ ergeben.

Setzt man einen Kondensator mit festem Dielektrikum einer Wechselfeldstärke aus, so zeigt sich eine weitere Anomalie in der dann eintretenden Erwärmung des Dielektrikums. Die dabei erzeugte Wärmemenge ist, wie Versuche gezeigt haben, proportional dem Quadrat der effektiven Feldstärke und steigt mit wachsender Frequenz. Auch diese Gesetzmäßigkeit folgt aus dem Verhalten der anomalen Ströme, denn die Joulesche Wärme ist einerseits proportional dem Quadrat der angelegten Spannung, andererseits ist, wie wir sahen, die Leitfähigkeit des Dielektrikums im Moment der Aufladung sehr groß, um dann rapide abzufallen; je schneller also die Feldwechsel aufeinander folgen, desto häufiger werden auch die hohen Werte der Leitfähigkeit auftreten.

Die verschiedenen Versuche einer theoretischen Erklärung der angeführten Erscheinungen lassen sich in 2 Gruppen teilen; die erste Gruppe führt die Anomalien auf Besonderheiten des Influenzvermögens zurück, die zweite Gruppe schreibt sie der Leitfähigkeit der Dielektrika zu. Nach den Theorien der 1. Gruppe zeigt das Influenzvermögen fester Dielektrika hysteresisartige Eigenschaften, indem die dielektrische Polarisation nicht nur von dem augenblicklichen Werte der elektromotorischen Kraft, sondern auch vom vorhergehenden Zustand abhängig ist. Eine einfache Übertragung der magnetischen Theorie der Hysterese auf dielektrische Erscheinungen ist jedoch aus dem Grunde unmöglich, weil die Arbeit der zyklischen Elektrisierung stark abhängig von der Periode

ist, was bei der zyklischen Magnetisierung nur in sehr geringem Maße der Fall ist. Ebensovienig ist das Auftreten der anomalen Ströme durch einfache Hysteresiserscheinungen zu erklären. Die Schwierigkeiten werden in der Theorie von Bouty und Pellat vermieden durch die Annahme, daß die Polarisation nicht sogleich beim Anlegen des Feldes ihren Endwert erreicht, sondern sich ihm asymptotisch nähert. Für Wechselstrom ergibt sich demnach stets ein Zurückbleiben der Polarisation hinter dem Felde. Diese

nimmt augenblicklich den Wert $D = \frac{1}{4\pi} K \cdot X$ an, wo K die Dielektrizitätskonstante ist, dann beginnt sie zu wachsen nach dem Exponentialgesetz:

$$D_t = \frac{1}{4\pi} [K \cdot X + (1 - e^{-\alpha t}) \varepsilon K X],$$

wo α und ε Konstanten sind, es folgt daraus

$$\text{für } t = D : D_\infty = \frac{1}{4\pi} (1 + \varepsilon) K X, \text{ und}$$

unter Berücksichtigung dieser Beziehung folgt für die Änderung der Polarisation

$$\frac{dD_t}{dt} = \alpha (D_\infty - D_t), \text{ d. h. die Änderung der}$$

Polarisation und damit der anomale Strom ist proportional der Differenz zwischen dem Endwerte und dem Momentanwerte der Polarisation.

Wie eine weitere Rechnung ergibt, steht diese Theorie zwar in Übereinstimmung mit dem Curieschen Superpositionsprinzip, doch ergibt sich für den zeitlichen Verlauf der anomalen Ströme ein Exponentialgesetz an Stelle des experimentell gefundenen logarithmischen Gesetzes. E. v. Schweidler hat die Theorie dadurch erweitert, daß er an Stelle der einen Exponentialfunktion eine Summe solcher Funktionen treten läßt. Ihren physikalischen Sinn erhält diese Erweiterung durch die Annahme, daß außer sehr schnell und ohne merklichen Bewegungswiderstand schwingenden Elektronen, die den Feldänderungen augenblicklich folgen, eine Reihe anderer Arten vorhanden sind, deren Bewegungen mehr oder weniger gehindert sind, die ihre endgültige Lage daher asymptotisch nach einem Exponentialgesetz annehmen; einer jeden solchen Gruppe entspricht dann eine bestimmte Exponentialfunktion. Durch passende Auswahl der Konstanten kann man dann natürlich eine Anpassung an die Versuchsergebnisse erhalten.

Gegen alle diese Theorien, welche die dielektrischen Anomalien zurückführen auf Be-

sonderheiten des Influenzvermögens, läßt sich einwenden, daß diese Größe von äußeren Einflüssen, wie beispielsweise der Temperatur, nur in geringem Maße abhängig ist im Gegensatz zu den Anomalien selbst. Dagegen hat die 2. Gruppe den Vorteil, daß sie den prinzipiellen Unterschied zwischen den homogenen und von dielektrischen Anomalien freien flüssigen und gasförmigen Körpern und den stets mehr oder wenig kristallinisch zusammengesetzten festen Körpern zu ihrem Ausgangspunkte macht.

Hierher gehört zunächst die Maxwell'sche Theorie, die annimmt, das feste Dielektrikum setze sich aus einer Anzahl dünner Lamellen mit wechselnder Leitfähigkeit zusammen. Diese Theorie steht im Einklang mit dem Superpositionsgesetz, besagt aber nichts über die Stärke und den Verlauf der anomalen Ströme. Heß setzt an Stelle der lamellaren Struktur eine körnige. Nach ihm besteht das Dielektrikum aus einer vollkommen isolierenden Masse mit eingebetteten leitenden Körnern.

Eine ungleichförmige schichtenweise Verteilung der Leitfähigkeit im Dielektrikum würde sich schon ohne weiteres ergeben, wenn man annimmt, daß der Strom ähnlich wie bei gasförmigen Körpern in einem Ionen-transport besteht, wodurch eine ungleichmäßige Ionenverteilung herbeigeführt würde. Jedoch genügt, wie Schweidler gezeigt hat, diese Annahme allein nicht zur Erklärung der Anomalien. Der Verfasser verbindet nun diese Vorstellung einer durch Ionenbewegung verursachten Leitfähigkeit des Dielektrikums mit der Heß'schen Annahme eingebetteter kleiner leitender Partikel. Ferner macht er auf den Umstand aufmerksam, daß die Grenzschichten zwischen metallischem Leiter und Dielektrikum dem Elektrizitätsübergange einen ganz besonders großen Widerstand entgegensetzen; eine Erscheinung, die ja auch beim Elektrophor zu konstatieren ist. Solche Schichten mit abnorm kleiner Leitfähigkeit würden sich also einmal an den Belegen des Kondensators finden, sodann ringsherum um jedes leitende Partikelchen. So entstehen verschiedene Schichten, in denen der Stromtransport teils durch Verschiebungsströme, teils durch Leitungsströme infolge von Ionenbewegung zustande kommt. Die analytische Behandlung, der ein besonders einfaches Schema eines nach diesen Vorstellungen aufgebauten Dielektrikums zugrunde gelegt wird, führt zu einem Ausdruck, welcher der v. Schweidlerschen Beziehung ähnlich ist.

Der Ausdruck gibt die tatsächlichen Verhältnisse angenähert wieder. Bessere Annäherung läßt sich erreichen, wenn man berücksichtigt, daß das Dielektrikum in Wirklichkeit komplizierter aufgebaut ist, als das vereinfachte Schema voraussetzt. Möglicherweise läßt die Theorie auch eine Erklärung der Erscheinungen zu, wie sie sich in ionisierten festen Dielektrika abspielen. Die durch Ionisierung hervorgerufene Zunahme der Leitfähigkeit und die Wiederherstellung der ursprünglichen nach Entfernung des Ionisators vollzieht sich bei festen Dielektrika in ähnlicher Weise wie bei den gasförmigen, nur finden hier die Vorgänge bedeutend langsamer statt. Der anomale Leitungsstrom behält auch hier seine charakteristischen Eigenschaften bei, doch ist in diesem Falle die von ihm transportierte Elektrizitätsmenge bedeutend größer.

P. Gehne.

Die Einatomigkeit der Alkalimetalldämpfe.

Da für verschiedene Metalle, wie *Hg*, *Cd*, *Zn*, *Ag*, *Pb*, *Tl*, aus Dampfdichtebestimmungen nachgewiesen ist, daß sie einatomige Molekeln besitzen, hat bereits 1907 F. Richarz die Vermutung ausgesprochen, daß allgemein Metalldämpfe aus einatomigen Molekeln bestehen. Auf seine Veranlassung sind im Marburger Laboratorium einige Arbeiten entstanden, die jene Frage speziell für Alkalimetalldämpfe zur Entscheidung bringen sollten¹⁾. Es wurde dazu das Verhältnis α der spezifischen Wärmen aus der Schallgeschwindigkeit bestimmt. Die erste Bestimmung für Kaliumdampf führte W. WENZ aus. In einem elektrischen Ofen befand sich ein etwa 70 cm langes Stahlrohr von 28 mm innerer Weite und in diesem ein verschiebbarer Stahlstempel. Das Rohr war am vorderen Ende durch eine Glimmermembran geschlossen, die durch eine regulierbare Stimpfpeife in Resonanzschwingungen versetzt werden konnte. Die Resonanzstellungen des Stempels traten auf nach jedesmaliger Verschiebung des Stempels um eine halbe Wellenlänge des Tones in dem das Versuchsrohr erfüllenden Gase. Vor Einführung des zu verdampfenden Alkalimetalles wurde das Versuchsrohr mit einem indifferenten Gase (Stickstoff) gefüllt. Da der von WENZ für Kalium erhaltene Wert von α (1,77) zu groß erschien, wiederholte M. ROBITZSCH die Versuche. Er setzte vor die Membran noch ein auf den jeweiligen Pfeifton ein-

stellbares Resonanzrohr und erhielt so sehr genaue Einstellungen. Die Temperaturbestimmungen im Versuchsrohr wurden durch Wellenlängenmessungen in Luft ausgeführt. Es ergab sich, daß α für Kaliumdampf 1,64, für Natriumdampf 1,68 war. Da der theoretische Wert von α für einatomige Gase 1,67 beträgt, so ist damit die Einatomigkeit von Kalium und Natriumdampf erwiesen. W. PERRON untersuchte in ähnlicher Weise Kadmiumdampf und fand $\alpha = 1,669$. Die Einatomigkeit der Dämpfe bleibt bis nur ganz wenig oberhalb des Siedepunktes der untersuchten Metalle bestehen; es findet also für diese Dämpfe bei Abkühlung bis in die Nähe der Kondensation nicht etwa eine Polymerisation der Dämpfe statt, wie sie bei Arsen, Selen, Tellur, Wismut, Antimon eintritt. Schk.

Das Leuchten von Phosphor. — Bemerkenswerte Nebenumstände bei der bekannten Lichtentwicklung dieses Nichtmetalls sind die Ionisation der angrenzenden Luftschichten, die Bildung von Ozon und Nebelmassen, eine bisweilen auftretende Intermittenz des Leuchtens, sowie das Aufhören der Lichtentwicklung bei größerem Partialdrucke des Sauerstoffs. Ewan fand (*Chem. News* 70, 90), daß bei fehlender Feuchtigkeit der Phosphor mit Sauerstoff erst bei 200 mm Druck reagiert, mit feuchtem Sauerstoff schon unterhalb 700 mm. Wenn die Erscheinung auch stets auf Oxydation beruht, so ist sie doch nicht auf den festen Phosphor selbst beschränkt. Schon Müller-Eybach zeigte (*Pogg. Ann.* 141, 95), daß Phosphor an sauerstofffreien Wasserstoff sowie an reinen Sauerstoff beim Darüberleiten, während es selbst dunkel bleibt, Anteile abgibt, die sauerstoffhaltiges Wasser beim Hindurchleiten leuchtend machen.

Nach L. und E. Bloch entsteht zunächst das Anhydrid der phosphorigen Säure, das sich dann lebhaft weiter oxydiert, und Phosphoreszenz und Ionenbildung hervorruft. Wirkungsvolle Versuche beschreibt HANS SCHMIDT (*Phys. Zeitschr.* 1913, 120), die leicht mit einfachen Mitteln zu wiederholen sind. Durch Schütteln von Phosphor mit heißem Wasser und späteres Erkalten bereitet man eine Art Emulsion, die an hindurchströmende Gase reichliche Mengen von Phosphordampf abgibt. Ebenso wirkt eine gesättigte Lösung von Phosphor in Mandelöl. An der Luft bilden diese Flüssigkeiten Nebel unter intensivem Leuchten. Keine Einwirkung rufen zunächst sauerstofffreie Gase (Wasserstoff, Kohlensäure, Stickoxydul) hervor, ebenso-

¹⁾ Ann. d. Physik 38, 1027; Naturw. Rundsch. 27, 624 (1912).

wenig reiner Sauerstoff. Da sie sich aber beim Durchperlen der Lösungen mit Phosphordampf sättigen, so leuchten sie beim Ausströmen in die Luft stark auf. Im Dunkeln sieht man eine Art Flamme von mehreren Zentimetern Länge, die selbst bei elektrischem Glühlicht zu erkennen bleibt.

Beim Durchleiten von Leuchtgas findet kein Leuchten und keine Nebelbildung statt. Dies ist als eine Hemmung der Oxydation

anzusehen, wie sie auch für Dämpfe von Äther, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl u. a. bekannt ist, von denen selbst Spuren das Leuchten des Phosphors aufheben. Die Ionisation der Luft ist dort stark, wo die durch die Phosphorlösungen geleiteten Gase ausströmen. Die Blättchen eines in der Nähe stehenden geladenen Elektroskops fallen bald zusammen.

Rebenstorff.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

August Toepler. In einem Nachruf vor der Kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften am 14. November 1912 gab W. HALLWACUS ein Lebensbild des am 6. März 1912 verstorbenen Forschers. Toepler war am 7. September 1836 als Sohn des ersten Lehrers am kathol. Schullehrerseminar zu Brühl bei Köln geboren. Wie der Vater besaß auch der Sohn große musikalische Begabung, so daß der Vater ihn zum Pianisten ausbilden ließ. Daneben aber zeigte sich ein lebendiges Interesse für Naturwissenschaft; dies führte ihn zu dem als Experimentator hervorragenden Physiker Caspar Garthe, dem er 1852 bei Wiederholung des Foucaultschen Pendelversuchs im Dom zu Köln behilflich war. Dem Entschluß, sich ganz den Naturwissenschaften zu widmen, setzte der Vater Widerstand entgegen, da der Sohn als Musiker sichere Aussicht auf baldige Anstellung am Konservatorium zu Köln gehabt hätte. Dennoch gelang es August Toepler, seinen Wunsch durchzusetzen. Nachdem er die Kgl. Provinzialgewerbeschule zu Köln 1855 mit Auszeichnung absolviert hatte, studierte er am Kgl. Gewerbeinstitut in Berlin 1855 bis 1858 hauptsächlich praktische Chemie und erwarb dort 1858 das Diplom. Im Jahr darauf fand er Anstellung als Chemiker an der Kgl. landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf und vertrat dort 1862–1864 die Professur für Physik, Technologie und Chemie. In diese Zeit fallen seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten, u. a. über phosphorhaltige Fette in Kulturgewächsen. Doch wandte er sich bald mehr der physikalischen Forschung zu und promovierte 1860 in Jena mit einer Dissertation „Über einen Vorschlag zu einer neuen Methode, durch einen einzigen Leitungsdraht gleichzeitig mehrere Depeschen zu befördern“.

Unter den Erfindungen TOEPLERS sind drei an erster Stelle zu nennen: seine Quecksilberluftpumpe, seine Schlierenmethode und seine Influenzmaschine. Die Untersuchungen

von Plücker und Geißler in Bonn über Elektrizitätsdurchgang durch verdünnte Gase hatten die Erzielung größtmöglicher Verdünnungen zu einer wichtigen Aufgabe gemacht. Bei der Geißlerschen Pumpe wurden Verschlüsse und Hähne durch Quecksilber dicht gehalten; Toepler fügte die wichtige Verbesserung hinzu, alle Verschlüsse, Hähne u. dgl. durch sinnreich als Ventile angefügte Barometer zu ersetzen. Das Verfahren war so neu und zugleich verblüffend einfach, daß Poggenorff die Arbeit nicht in die Annalen aufnehmen wollte; sie erschien 1862 in Dinglers polytechnischem Journal unter dem Titel „Einfache Barometerluftpumpe ohne Hähne, Ventile und schädlichen Raum“. Die Pumpe ermöglicht in der üblichen Ausführungsform, Räume von 1 Liter Inhalt in 2 Stunden auf 2 bis $3 \cdot 10^{-8}$ Atm. auszupumpen; sie ist seit fünf Jahrzehnten in allen physikalischen Instituten der Welt in Gebrauch gewesen; auch die elektrischen Glühlampen wurden früher allgemein mit solchen Pumpen luftleer gemacht. Erst seit noch nicht zehn Jahren sind an deren Stelle die rascher wirkenden rotierenden Quecksilberpumpen nach Gaede, verbunden mit der Anwendung der Gasabsorption durch stark gekühlte, vorher ausgeglühte Kohle, getreten, und erst die neuesten Gaede-Pumpen (diese Zeitschr. XXVI, Heft 2) gestatten endgültig, auf den mit technischen Mißständen verknüpften Gebrauch des teuren Quecksilbers zu verzichten. Auch diese modernen Hilfsmittel überschreiten aber nicht wesentlich das mit der Toepler-Pumpe erreichbare Vakuum.

Auch die Schrift über die Schlierenmethode fand keine Aufnahme in der periodischen Fachliteratur; der Verfasser mußte sie 1864 auf eigene Kosten als selbständige Schrift drucken lassen; sie ist dann in Ostwalds Klassikern neu abgedruckt worden (vgl. diese Zeitschr. XX, 407, 1907). Toepler ist der erste gewesen, der den Schall ge-

sehen hat. Die Methode gestattete, die allergeringsten optischen Dichtigkeitsunterschiede zu messen; so reicht die kleine, nur ein Milliontel betragende Differenz der Lichtgeschwindigkeiten in zwei um $0,6^\circ$ verschieden temperierten Gasschichten aus, um deren Grenze im Schlierenapparat sichtbar zu machen.

Die Influenzmaschine endlich verdankt dem Umstande ihre Entstehung, daß Toepler für die Ladung der Leidener Flaschen zur Erzeugung der Funkenschallwellen auf die unergiebigere Reibungselektrisiermaschine oder den damals noch sehr unbequem zu handhabenden Ruhmkorffschen Induktionsapparat angewiesen war. Er hatte zwar 1864 einen Ruf als Professor der Chemie und Chemischen Technologie an das Baltische Polytechnikum in Riga angenommen, widmete aber seine Mußezeit auch hier völlig der Physik. Im Sommer 1865 gelang ihm die Erfindung der neuen Influenzmaschine, von ihm damals noch Influenzelektromotor genannt; ihre Beschreibung erschien im August 1865 in Poggendorffs Annalen. Zwei Monate später erschien die erste Arbeit von W. Holtz über Influenzmaschinen. Die Unabhängigkeit beider voneinander geht schon daraus hervor, daß die äußere Form der Maschinen so verschieden war, daß sie kaum auf demselben Prinzip zu beruhen schienen. Bei beiden war die kontinuierliche Stromabnahme durch Trennung des auf Spannung abzielenden Multiplikationsprozesses von dem zur Stromerzeugung verwendeten ermöglicht: bei Toepler in zwei getrennten Maschinen auf gleicher Rotationsachse, bei Holtz eng vereint auf einer einzigen rotierenden Scheibe. Die Lösung von Holtz war jedenfalls „die räumlich weitest vollkommene“, dafür besaß die von Toepler den großen Vorzug der Selbsterregung. Auch weiterhin haben beide Erfinder recht verschiedene Entwicklungswege eingeschlagen; von Holtz hat vor allem seine „Maschine zweiter Art“ mit zwei entgegengesetzt laufenden Scheiben, namentlich in der Whimshurstschen Form (Kombination mit Toeplers Selbsterregung), allerweiteste Verbreitung gefunden. Toepler dagegen gelangte zu der größte Stromergiebigkeit gewährenden vielplattigen Maschine, die unter dem Namen der Maschine von Toepler-Voß ebenfalls weite Verbreitung gefunden hat. Die bedeutsamste Anerkennung ist beiden Erfindern durch Werner Siemens zuteil geworden, der im 1. Bande der Elektrotechn. Zeitschrift anlässlich des dynamoelektrischen Prinzips und der Dynamomaschinen den

folgenden Ausspruch tat: „Das Prinzip, auf welchem diese Maschinen beruhen, ist dasselbe, auf welches die Elektrisiermaschinen von Toepler und Holtz begründet sind, das der Verstärkung der Ursache der Erzeugung elektrischer Spannung durch die Wirkung derselben.“

In Riga beschäftigte sich Toepler ferner mit der Anwendung seiner Schlierenmethode auf das Studium zahlreicher periodischer Vorgänge, besonders auch der singenden Flammen. Gelegentlich der Verwendung der Funken als Licht- und Schallquelle für Schlierenbeobachtungen wurde von ihm das Phänomen der sog. Funkenverzögerung entdeckt.

Im Herbst 1868 folgte Toepler einem Ruf als Ordinarius für Physik an die Universität Graz. Hier wurde in den folgenden Jahren bis 1875 unter seiner Leitung das erste moderne physikalische Institut geschaffen, das für die später in Deutschland gegründeten lange Zeit das Vorbild lieferte. Auch hier entfaltete Toepler im Zusammenwirken mit Boltzmann eine fruchtbare und erstaunlich vielseitige wissenschaftliche Tätigkeit. Die Arbeiten mit dem Schlierenapparat führten ihn zu optischen Arbeiten über den Lichtstrahlengang durch zentrierte Kugelflächen; er fand u. a. den Satz, daß die Tiefenvergrößerung proportional dem Quadrat der Lateralvergrößerung ist. Die Beschäftigung mit den Schallwellen führte ihn zur Frage nach dem energetischen Minimum des hörbaren Schalles, deren Beantwortung ihm 1870 zusammen mit Boltzmann gelang. Es wurde die stroboskopisch verlangsamte rhythmische Verschiebung von Interferenzstreifen zweier kohärenter Lichtstrahlen gemessen, von denen der eine durch das Knotengebiet einer tönenden Pfeife, der andere daran vorbeigegangen war. Hieraus wurde erschlossen, daß die Schwingungswerte an der Grenze der Hörbarkeit etwa $\frac{1}{10}$ der Wellenlänge des grünen Lichtes beträgt, und daß schon $\frac{1}{100}$ Erg in der Stunde genügt, um einen anhaltend hörbaren Ton zu geben. Diese akustischen Untersuchungen führten Toepler ferner auf theoretischem Gebiet zur Erweiterung unserer Kenntnisse von den Fourierschen Reihen.

In Graz erfand er auch die Luftdämpfung, die seitdem als Bestandteil der verschiedenartigsten Instrumente die weiteste Verbreitung gefunden hat. Auch führte er dort mit Ettinghausen die Bestimmung der magnetischen Suszeptibilität des Wismuts mit einer auch heute noch wenig übertroffenen Genauigkeit durch.

Umstände verschiedener Art veranlaßten ihn 1876, einen Ruf an die Technische Hochschule in Dresden anzunehmen. Auch dort entstand noch eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten. Die Benutzbarkeit von Stimmgabeln als magnetelektrischer Induktionsapparate und telephonischer Anrufer wurde 1876–77 untersucht, das Bunsensche Photometer 1879 verbessert. Von theoretischen Arbeiten entstand 1875 eine über den Zusammenhang der elektrischen Strömung in gekrümmten leitenden Platten mit dem Problem der konformen Abbildung, 1883 eine über die Wirkung von zwei gleichen kreuzweis verbundenen Magnetstäben. Im Jahre 1883 erfand er seine magnetische Wage, bei der das Drehmoment der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus durch Gewichte kompensiert wird. Von Vorlesungsapparaten beschrieb er eine Apparatur zur Demonstration der Schallfortpflanzung in Röhren und der verschiedenartigen Reflexion des Schalles an offenen und geschlossenen Rohrenden, sowie seinen Universalapparat zur Statik und Dynamik starrer Körper (R. Hennig, diese Zeitschr. I, 137). Endlich erfand er 1895 seine Drucklibelle, bei der die Verschiebung einer Flüssigkeitssäule in einem geknickten Rohr zur exakten Messung kleinster Druckdifferenzen benutzt wird. Er wies nach, daß auf diese Art aus dem Druckunterschied zweier Luftsäulen von nur 74 cm Höhe die Temperaturdifferenz beider sich mit großer Genauigkeit bestimmen ließ: zwischen 0 und 100° auf $\frac{1}{40}$ °, bei 1700° auf 1,3°. Die Anwendung dieses Verfahrens zur Ausdehnung der Skala der Gastemperaturen hat durch die inzwischen ausgebildete Methode der Strahlungsmessung an Wert verloren, dagegen sehen wir die Drucklibelle als ein Mittel zur Messung von Luftgeschwindigkeiten, namentlich für Zwecke der Luftfahrt, sich mehr und mehr einbürgern.

Toepler war schon im Frühjahr 1888 an nervösen Herzstörungen mit Herzschwäche erkrankt und hatte seine Tätigkeit zwei Jahre lang aussetzen müssen. Er nahm dann zwar seine wissenschaftliche Arbeit wieder auf, blieb aber doch schwer krank und mußte im Herbst 1900 in den Ruhestand treten. Er hatte ein langes Leiden dann noch mehr als 11 Jahre hindurch zu tragen, erfreute sich aber während dieser Zeit noch mannigfacher Zeichen der Anerkennung und Verehrung von seiten seiner Fachgenossen. Hervorgehoben sei die Glückwunschsadresse der Berliner Akademie zur Feier seines goldenen Doktorjubiläums am 25. Mai 1910; darin war ausgesprochen,

daß es ihm vergönnt gewesen sei, kräftig und dauernd Weiterwirkendes zu schaffen. Diese weite Wirkung ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß sein wissenschaftliches Arbeiten auf die Ausbildung von Methoden abzielte, und daß sich in ihm die Begabung zu exakter physikalischer Arbeit mit einer reichen Erfindphantasie aufs glücklichste vereinigt fand. P.

Der relativistische Positivismus und die Naturwissenschaft. In einem längeren Artikel des Handwörterbuchs der Naturwissenschaften behandelt J. PETZOLD die „Naturwissenschaft“ vom Standpunkt des neueren Positivismus¹⁾. Der Artikel ist in die Abschnitte gegliedert: 1. Wert und Ursprung der Naturwissenschaft; 2. Aufgabe und Methoden der Naturwissenschaft; 3. Der Begriff der Naturwissenschaft. Wir finden hier die positivistische Auffassung in einer überaus klaren und konsequenten Darstellung auseinandergesetzt, auf deren Studium wir umsomehr verweisen müssen, als es unmöglich ist, dem reichen Inhalt durch einen Auszug auch nur annähernd gerecht zu werden. Wir begnügen uns, einzelne Punkte herauszuheben, die für die zugrunde liegende Auffassung besonders charakteristisch erscheinen.

Mit Recht führt der Verfasser im Beginn aus, daß man den Begriff Natur nicht von vornherein definieren könne, sondern ihn aus den Naturwissenschaften selbst ableiten müsse; er gibt daher erst am Schluß seiner Darlegungen die Begriffsbestimmung an, daß „Natur“ die Gesamtheit der der Menschheit überhaupt zugänglichen Erfahrungen bedeute (während der Begriff „Seele“ individuell ist und die Erlebnisse des einzelnen Individuums umfaßt). Was den Menschen zur Naturforschung treibe, sei ein letztes, ursprüngliches, psychologisch nicht weiter ableitbares Bedürfnis des Menschen, das Verlangen nach Erkenntnis. Neben diesem, nicht über ihm stehen die andern beiden Verhaltensweisen, das Handeln und das ästhetische Genießen. Es sei aber ein Vorurteil, das geistige Leben als etwas Selbständiges, von seiner physischen Grundlage Unabhängiges anzusehen. Innerhalb des seelischen Gebiets gelte erfahrungsgemäß das Gesetz der Kausalität nicht, die geistigen Vorgänge hängen untereinander nie-

¹⁾ Handwörterbuch der Naturwissenschaften, herausgegeben von E. Korschell u. a., Hauptredaktion von Dr. E. Teichmann, Verlag von Gustav Fischer in Jena. Bd. VII, S. 50–94.

mals eindeutig zusammen wie die Vorgänge in der Natur; die eindeutigen Bestimmungsmittel für das geistige Geschehen seien vielmehr ausnahmslos und vollständig in den biologischen Vorgängen der Gewebe der grauen Hirnrinde auffindbar zu denken (S. 59). Aus dem Vorhandensein von Teilsystemen in der Hirnrinde erkläre sich aufs einfachste die nicht auf kausaler Verknüpfung beruhende Folge psychologischer Vorgänge. Das geistige Leben und insbesondere der Erkenntnistrieb sei solcherart auf eine biologische Wurzel zurückführbar.

Als Aufgabe der Naturwissenschaft wird zutreffend bezeichnet: die Aufstellung von Begriffen und Gesetzen der Naturtatsachen und deren systematische Ordnung und logische Verknüpfung zu Theorien. Das Vorbild für alle Naturwissenschaften sei die Physik; die relative Einfachheit ihres Tatsachengebiete erlaube ihr in weitestem Umfange die Anwendung mathematischer Darstellung und damit den Ausdruck ihrer Ergebnisse in der klarsten und schärfsten Form. In der mathematischen Darstellung sei alles „Überflüssige“ ausgeschieden; was die Massen, Kräfte, Arbeiten, Temperaturen, Wärmemengen, Energien, Atomgewichte usw., die in den Gleichungen mit bestimmten Werten auftreten, für die Forscher ursprünglich noch bedeutet haben mögen, brauche uns, wenn wir den Erkenntniswert und die Aufgaben der Naturwissenschaft feststellen wollen, nicht zu kümmern. [Hier schon wird der Physiker Widerspruch erheben, denn das Ziel der Forschung ist für ihn wie auch für den Positivismus, daß er „Tatsachen überschauen, sinnlich Begebenes, Erlebtes und immer Wiederkehrendes auffassen und mit ihm fertig werden, sich mit ihm ins Gleichgewicht, in ein endgültiges Verhältnis setzen will“. Es scheint, daß der Positivismus sich seiner eigenen Grundlagen entäußert, wenn er auf diese Zusammenhänge keinen Wert mehr legt.] Der Sinn dieser Ablehnung ist das Bestreben, alle „metaphysischen“ Zusätze zu reinen Erfahrung zu verwerfen; als solche erscheinen dem Positivismus alle Verdinglichungen, wie sie in den Begriffen Masse, Wärmemenge usw., und vor allem in dem allgemeinsten dieser Begriffe, dem Substanzbegriffe, vorliegen. Der Kampf gegen den Substanzbegriff nimmt denn auch in dem vorliegenden Aufsatz einen breiten Raum ein; auch hierin wird die heutige Naturforschung nicht mitgehen, sie wird nicht darauf verzichten wollen, mit dem Begriff der Substanz zu arbeiten, ohne den auch der

Begriff des Atoms seinen Sinn verliert; sie wird sich andererseits der kritischen Besinnung nicht verschließen, daß es sich hier um einen Hilfsbegriff handelt, der zu den Tatsachen der Wahrnehmung hinzugefügt wird, aber einen Hilfsbegriff, durch den allein es möglich ist, ein zusammenhängendes Bild des Wirklichen zu gewinnen.

Aus der Ablehnung des Begriffs einer Wirklichkeit, die von den Tatsachen der Wahrnehmung unterschieden ist, erklärt sich auch, daß der Positivismus den Gegensatz von Sein und sinnlichem Schein, dessen Aufdeckung uns als eins der wertvollsten Resultate der wissenschaftlichen Forschung von Jahrhunderten gilt, als sinnlos hinstellt. Der Versuch, das kopernikanische und das ptolomäische System für gleichwertig zu erklären, scheidet an dem Vorhandensein der Zentrifugalkraft, deren Zusammenhang mit der absoluten Rotation der Positivismus mit allen verzweifelten Versuchen nicht wegzudisputieren vermag. Über die Frage, ob es nichts „Absolutes“ gibt, mögen sich die Philosophen unter sich auseinandersetzen. Die Relativitätstheorie des Positivismus scheint ja in dem Relativitätsprinzip der heutigen Physik ihr Gegenstück zu finden; doch weist der Verfasser selbst darauf hin, daß das letztere zurzeit noch mit dem Begriff der absoluten Geschwindigkeit des Lichtes zu rechnen genötigt ist. Wie konsequent der Verfasser im übrigen an dem Korrelationsprinzip festhält, mag folgendes Beispiel zeigen: „Man sagt, ein schräg zur Oberfläche ins Wasser getauchter Stab ‚scheint‘ an der Übergangsstelle von Luft und Wasser geknickt zu sein, und der senkrecht hineingetauchte Stab ‚erscheint‘ verkürzt . . . Diese Ansicht ist nicht aufrecht zu erhalten, wenn nicht sofort der Metaphysik des den Erscheinungen zugrunde Liegenden die Türen von neuem geöffnet werden sollen. Vielmehr muß es heißen: Der Stab ‚ist‘ geknickt, der Stab ‚ist‘ verkürzt . . . — natürlich nicht absolut, sondern nur in bezug auf das Auge, optisch. Für die am Stabe entlangfassende Hand ist der Stab nicht geknickt und verkürzt . . . Das ist kein Widerspruch, weil wir in beiden Fällen verschiedene Beziehungspunkte, verschiedene Bezugssysteme, also aber auch verschiedene Relationen haben. Für gewöhnlich stimmt die optische Elementargruppe eines Dinges mit der taktilen überein, oft genug aber treten sie auseinander. Dann erhält die Gruppe für das gewöhnliche Urteil das Übergewicht,

die nicht nur vorübergehend auftritt. Da der Stab nach dem Herausziehen wieder Übereinstimmung zwischen den optischen und den taktilen Komponenten zeigt, so gilt die optische Abänderung nicht für „wirklich“. Allein, das ist nur eine Beurteilung auf Grund und zugunsten der Majorität der uns vorkommenden Fälle, eine Beurteilung unter praktischem Gesichtspunkt. Die Erkenntnistheorie muß anders verfahren; für sie kann nicht die Häufigkeit eines Vorganges darüber entscheiden, ob er für Wirklichkeit oder Sinnestäuschung erklärt wird. Der Begriff der optischen Täuschung darf für sie nicht mehr vorhanden sein. Für sie kann es nur heißen: unter diesen Bedingungen ist ein Gegenstand so, unter jenen so, und alle Bedingungskomplexe, alle Bezugssysteme sind untereinander gleichberechtigt.“

Wir haben diese Ausführungen vollständig wiedergegeben, um den Lesern selbst ein Urteil über die hier dargelegte Ansicht zu ermöglichen. Die Physik wird sich nicht dazu bestimmen lassen, beide Erscheinungen als gleichberechtigt anzusehen; kann sie doch exakt die Bedingungen darlegen, unter denen die eine Erscheinung in die andere übergeht und somit die eine Erscheinung auf die andere (den geknickten Stab auf den ungeknickten) „zurückführen“. Es hieße den natürlichen Zusammenhang auf den Kopf stellen. wollte man den ungeknickten Stab auf den geknickten zurückführen, da doch zu ersterem der Durchgang des Lichts durch die ebene Grenzfläche verschieden brechender Medien hinzukommen muß, damit die Wahrnehmung des zweiten zustande kommt. Noch frappanter ist ein Beispiel, das der Verfasser bei einer anderen Gelegenheit vorgebracht hat²⁾. Er erklärt die verschiedenen perspektivischen Ansichten, die ein Würfel von verschiedenen Seiten darbietet, allein für wirklich, die mathematischen Würfelgestalt dagegen, wie sie in der Stereometrie behandelt wird, für unwirklich. Dahin gelangt man, wenn man die Hypothese der Wirklichkeit als metaphysisch verwirft. Mit solchen Konsequenzen führt sich der relativistische Positivismus selbst ad absurdum. —

Entsprechend wie gegen den Substanzbegriff verhält sich der Positivismus auch gegen den Begriff der Kraft und die ihm verwandten Begriffe. „Keine noch so genaue

Analyse des Tatsächlichen weiß das Geringste über solche wirkenden Faktoren zu berichten; sie sind Gespenster, und für das Verständnis der Dinge auch genau so unnütz und schädlich wie Gespenster.“ Solange aber der Positivismus selber davon spricht, daß „zwei Massen aufeinander wirken, indem sie sich gegenseitig Beschleunigungen erteilen“ — so lange wird es auch zulässig sein, von einer Kraft zwischen den beiden Massen zu sprechen, die keine Erklärung jener Wirkung darstellen soll, sondern nur der Ausdruck dafür ist, daß zwischen den beiden Massen eine, uns ihrem Wesen nach verborgene, funktionale Beziehung besteht, der wir den Charakter der Notwendigkeit zuerkennen. Über den Ursachbegriff, von dem der Kraftbegriff nur ein Sonderfall ist, mögen sich die Positivisten mit den anderen Vertretern der Philosophie auseinandersetzen. Auch auf die entsprechenden, das Seelenleben betreffenden Darlegungen des Verfassers haben wir an dieser Stelle nicht einzugehen.

Von den Methoden der Naturwissenschaft wird gesagt, daß es deren in der Hauptsache nur zwei gebe: Vergleichen und Variieren. Die Methode sei aber nicht an die herkömmlichen Gegenstände der naturwissenschaftlichen Forschung gebunden. „Andere Wissenschaften haben vielmehr ihre Methoden des Vergleichens und Variierens übernommen: die Naturwissenschaften waren nur die ersten, die sie in hohem Maße und mit großem Erfolge ausbildeten.“

In betreff des Verhältnisses der Naturwissenschaft zu den übrigen Wissenschaften setzt der Verfasser auseinander, daß kein Grund bestehe, die Psychologie von den Naturwissenschaften zu trennen, daß sie vielmehr schließlich unter die biologischen Wissenschaften einzureihen sei. Insbesondere wird auch der „Ichbegriff“ als ein Begriff angesehen, der zwar eine zentrale Stellung unter allen Begriffen einnehme, aber ihnen, logisch genommen, doch gleichartig sei. Natur und Seele seien nicht verschiedene Teile der Wirklichkeit, ebensowenig dürften wir beide (etwa im Sinn des psychologischen Parallelismus) als zwei verschiedene Seiten des Wirklichen ansehen. Auch das „Ich“ sei ein Stück Natur. Wollte man gleichwohl Natur und Seele voneinander unterscheiden, so könne dies nicht inhaltlich, sondern nur der Form nach geschehen, indem wir die erlebten „Elementarkomplexe“ als der „Natur“ zugehörig betrachten, soweit wir sie als eindeutig bestimmt ansehen und als der

²⁾ Vortrag in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 8. November 1912. Bericht d. D. Phys. Ges. 1912, Heft 23, S. 1063.

„Seele“, im besonderen „unserer Seele“ angehörig, soweit wir sie nehmen, wie sie gehen und kommen, unabhängig davon, ob sie einander bestimmen oder nicht. [Ob diese Unterscheidung vor dem Forum der wissenschaftlichen Philosophie bestehen kann, scheint uns zweifelhaft.] Die Annahme einer Realität jenseits der Elementarkomplexe unserer Sinnesempfindungen wird von dem Verfasser wie von dem gesamten Positivismus, abgelehnt; er kennt nur „unaufhebbare Relationen“, in denen wir mitten inne stehen. Daß andererseits die Frage nach dem Wesen der Welt unlogisch sei, diese Auffassung hat der Positivismus mit anderen philosophischen Standpunkten gemeinsam.

Von den gesamten Geisteswissenschaften einschließlich Mathematik und Philosophie setzt der Verfasser schließlich auseinander, daß sie als Naturwissenschaften aufgefaßt werden müßten. „Alle Wissenschaft ist Naturwissenschaft.“ Wissenschaft in diesem

Sinne bedeute schlechthin „das auf das Allgemeine, auf Begriffe und Gesetze gerichtete Denken“. Natur aber ist (in Übereinstimmung mit dem zu Anfang Angeführten) „die Gesamtheit der Erfahrungen unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten, im besonderen unter dem der eindeutigen Bestimmtheit aller Dinge und Vorgänge“. —

Bei voller Anerkennung vieler scharfsinniger Ausführungen glauben wir doch nicht, daß die Physik und der Physikunterricht Anlaß haben, sich mit der positivistischen Grundauffassung zu befreunden, mindestens so lange nicht, bis innerhalb der philosophischen Wissenschaft selbst der Kampf zugunsten des Positivismus entschieden sein sollte. Auch von dem Positivismus wird gelten, was von früheren philosophischen Systemen gilt, daß er nur einen Teil der Wahrheit darbietet und durch allzu einseitige Hervorkehrung eines Prinzips seinen Erfolg gefährdet.

P.

4. Unterricht und Methode.

Die Entwicklung der chemischen Schülerübungen (Originalbericht; Schluß). Die im ersten Bericht (diese Zeitschr. XXVI, S. 54) befürwortete Abkehr von dem vorwiegend analytischen Betrieb der Übungen und der Übergang zu dem „Übungsverfahren“ in früher dargelegtem Sinne erfordert noch die Klärung etlicher Fragen. Es gilt zunächst, in experimenteller Hinsicht alle einzelnen Versuche und — was noch wichtiger ist — alle zusammenhängenden Versuchsreihen daraufhin anzusehen, inwieweit sie sich für die Schülerübungen eignen oder auch sie, soweit es tunlich ist, eigens für diese Übungen umzuformen.

Die Frage, ob bei einem bestimmten Pensenabschnitt die Übungen dem Klassenunterricht vorangehen oder nachfolgen sollen, wird zumeist nach der ersten Richtung hin zu beantworten sein — sie generell dahin zu beantworten, wäre verfrüht. Es gibt mehrere Pensenabschnitte, bei denen es zweckmäßiger ist, erst im Klassenunterricht in den neuen Stoff einzuführen, so daß dann die Übungen mehr eine praktische Anwendung des bereits Erkannten darstellen. Zumeist aber wird man den voranschreitenden Übungen, bei denen vorwiegend induktiv vorzugehen ist, den Vorzug geben. Immerhin haben abschnittsweise beide Verfahren ihre Berechtigung, und es ist jedem Übungsleiter, der von dem älteren mehr oder weniger rein analytischen

Verfahren zu dem neuen Übungsverfahren übergehen will, zu empfehlen, zeitweilig es mit beiden Wegen, mit vorangehenden und nachfolgenden Schülerübungen, zu versuchen, um so aus eigener Erfahrung ein Urteil zu gewinnen. Beide Verfahren sind aber, wenn sie auch einander ausschließen, doch nicht die ausschließlichen. Das sachlich am meisten zu erstrebende Verfahren besteht darin, eine Übungsreihe, zuweilen nur eine einzelne größere Übung dann eintreten zu lassen, wenn die auszuführenden Versuche durch den übrigen Unterrichtsgang unmittelbar erheischt werden. Es ist dies dieselbe Forderung, die für die Stellung des Experiments im chemischen Klassenunterricht seit langem erhoben worden ist. Dieses Verfahren hat jedoch in seiner Übertragung auf das Übungsverfahren verschiedene nicht leicht erfüllbare Voraussetzungen, nämlich erstens, daß sämtliche Schüler an den Übungen teilnehmen, zweitens, daß zur Zeit des angesetzten Klassenunterrichts der Übungsraum frei, und daß drittens umgekehrt der Klassenraum zur Zeit der angesetzten Übungen unterrichtsfrei ist, so daß nach Absolvieren einer Übungsversuchsreihe sogleich der Klassenunterricht mit seinen Vorteilen der größeren Konzentration und mit eigentlichen Demonstrationsversuchen — d. h. solchen, die sich für die Übungen überhaupt nicht eignen — wieder einsetzen kann. Bei diesem Vorschlage ist allerdings eine Doppelstunde vor-

ausgesetzt; innerhalb einer einzelnen Stunde ist ein Wechseln nicht rätlich. Zeitweise, sofern die aufgezählten Bedingungen sich gerade erfüllen ließen, hat Ref. in seinem chemischen Unterricht in der Prima (R.-G.) diese Grundsätze durchzuführen gesucht. Es traten dabei hinsichtlich des Eifers und des besseren Eindringens der Schüler entschiedene Vorteile hervor, doch kann dieses Verfahren wegen der beträchtlichen äußerlichen Schwierigkeiten einstweilen nicht allgemein empfohlen werden. Daß dabei fast durchgängig nach dem Verfahren der gleichzeitig gleichen Beschäftigung oder der gleichen Front gearbeitet wurde, sei beiläufig erwähnt; es ist dies ja dasjenige Verfahren, das in den chemischen Schülerübungen für alle einfacheren Versuche seit langem ausgebildet war.

Ein besonders im ersten Laboratoriumsunterricht in der Prima der Realgymnasien sich geltend machendes, stark erschwerendes Moment besteht zurzeit darin, daß in der O II wie auch im vorbereitenden Unterricht der U II chemische Schülerübungen zumeist nicht angesetzt sind; es bedarf keiner weiteren Ausführungen, daß Übungen gerade bei der Einführung in das neue, keineswegs leicht zu erfassende Unterrichtsgebiet nicht nur wünschenswert, sondern durchaus notwendig sind. Mit Recht wurde in den Leitsätzen von E. LÖWENHARDT und L. DOERMER gerade die dahingehende Forderung erhoben (vgl. diese Zeitschr. XXVI, S. 55). Zu diesen Leitsätzen sei noch bemerkt, daß Referent bereits im Jahre 1908 in einem die chemischen Schülerübungen behandelnden Vortrage vor der Ortsgruppe, Groß-Berlin des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts die nachstehenden, zu Protokoll genommenen Forderungen aufstellte:

1. Die chemischen Schülerübungen „müssen in den Unterricht hineingearbeitet werden, um dadurch den Unterricht zu entlasten“
2. „Gerade bei der ersten Einführung muß mit praktischen Übungen angefangen werden.“
3. Diese sind „so in den Unterricht einzugliedern, daß im allgemeinen mit den Übungen begonnen wird; noch besser ist es, sich dabei ganz nach dem Stoff zu richten.“
4. Vor allem dürfen die Übungen „nicht mehr bloß fakultativ sein, sondern müssen in den obligatorischen Unterricht direkt hineinfallen.“

— Man wird die erfreuliche Übereinstimmung in all diesen Forderungen nicht verkennen.

Die vorliegenden Ausführungen gingen von der stillschweigenden Voraussetzung aus, daß an dem fakultativen Praktikum alle Schüler

der Klasse teilnehmen, wie dies auch an verschiedenen Anstalten verwirklicht ist. Dennoch ist lehrplanmäßig das Praktikum unverbindlich, während die ganze methodische Entwicklung der letzten Zeit dahin drängt, die chemischen Schülerübungen obligatorisch in den übrigen Lehrgang einzuflechten. Einen Weg, wie dies an der Oberrealschule zu ermöglichen ist, gibt O. PRÖLSS in einer Programmarbeit¹⁾ an. In dieser Arbeit bietet der Verfasser noch einmal eine treffliche Übersicht über die Gründe, die dafür sprechen, vom fakultativen zum obligatorischen Praktikum überzugehen. Auch sonst enthält die Arbeit viele wertvolle Bemerkungen — wenn wir auch dem Verfasser in der geringen Bewertung der mit dem chemischen Praktikum verknüpften Handfertigungsübungen nicht beistimmen können —, auch solche nüchterner Art; so werden mit Recht den neuerdings mehrfach anzutreffenden, die Ziele der praktischen Übungen übertreibenden Schlagworten, z. B. daß die Schüler „selbständig erfinden“, die Versuche „selbst ausdenken“, „die allgemeinen Begriffe und Regeln selbst ableiten“ sollen, die treffenden Worte R. WINDERLICH'S (Logik in der Chemie, Monatshefte 1909, S. 541) entgegen gehalten: „Schüler, die das können, brauchen keinen Unterricht, sie sind größer als die Forscher“ usw. — es sei nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß diese und ähnliche Schlagworte weniger auf deutschem Boden erwachsen sind, sondern zumeist aus England und Amerika stammen. Trotzdem können wir uns mit dem Hauptgedanken der Schrift nicht einverstanden erklären. Bei dem genannten Versuch handelte es sich zunächst um die Einführung der obligatorischen Übungen in den Unterricht der O II. Hier stehen der Chemie wöchentlich 3 Stunden Klassenunterricht und zwei Stunden fakultatives Praktikum zur Verfügung. Der Verfasser hat nun vom 3 stündigen Klassenunterricht 1 Stunde für obligatorische Übungen weggenommen, wobei jedoch — was sicherlich zweckentsprechend ist — diese Übungen nicht wöchentlich einstündig, sondern vierzehntägig zweistündig stattfinden. Gegen einen solchen methodischen Versuch läßt sich gewiß nichts einwenden. Was macht aber der Verfasser mit dem lehrplanmäßigen 2stündigen Praktikum? Er läßt es einfach fallen. Mag hiervon

¹⁾ Über obligatorische Schülerübungen als Grundlage des Chemieunterrichts auf der Oberstufe der Realanstalten. Oberrealschule in St. Georg in Hamburg. 1912. Progr.-Nr. 1062.

der übrige Stundenplan noch so günstig beeinflußt werden, wie der Verfasser des näheren ausführt, der Verlust kann dadurch nicht wieder eingebracht werden. Wir müssen von einem solchen Vorgehen dringend abraten, nicht nur vom engeren Standpunkt des Faches sondern von dem allgemeineren Gesichtspunkt aus, daß auf diese Weise den interessierten Schülern einfach die Möglichkeit entzogen wird, ihre naturwissenschaftliche Gesamtbildung einmal nach bestimmter Richtung hin zu erweitern. Diese Möglichkeit, die den der Ausbreitung des naturwissenschaftlichen Unterrichts widerstrebenden Kräften mühsam abgerungen wurde, wieder aufzugeben, halten wir geradezu für einen Raub am naturwissenschaftlichen Besitzstand überhaupt.

Der Verfasser sucht nachzuweisen, daß von dem Ausfall der zwei Wochenstunden hauptsächlich die sprachlichen Fächer Vorteil ziehen und erhofft eine Gegenleistung in der Prima, wo dem chemischen Unterricht nur 2 Wochenstunden zur Verfügung stehen, in Gestalt einer Wochenstunde, um diese in ähnlicher Weise wie in der O II zu verwenden, während jetzt zu dem analogen Versuch in der Prima eine abgezweigte einzelne Stunde dient, so daß dem chemischen Klassenunterricht nur 1 Wochenstunde verbleibt. Bis jetzt liegt indessen eine Erfüllung dieser Hoffnung nicht vor.

Mehr versprechen wir uns von einem Versuche, der seit einiger Zeit in Berlin an der Friedrichs-Werderschen Oberrealschule gemacht wird. Dort wird — wie ich den dankenswerten privaten Mitteilungen des Herrn B. LEISERING entnehme — von den 3 Stunden, die in der U I für den chemischen Klassenunterricht angesetzt sind, ebenfalls eine Wochenstunde zu obligatorischen Schülerübungen verwendet, die mit dem fortlaufenden Unterricht in engen Zusammenhang gebracht werden. Daneben besteht aber noch das fakultative Praktikum, so daß hier für die am obligatorischen Praktikum teilnehmenden Schüler Gelegenheit zu weitergehender Ausbildung gegeben ist. Diese geübteren Schüler übernehmen dann in den obligatorischen Übungen der Klasse eine Art Assistentenrolle, indem sie je einen oder zwei ihrer Mitschüler zur Ausführung der Experimente anleiten helfen. —

Auch an den Volksschulen beginnt sich seit kurzem hinsichtlich des chemischen Unterrichts ein Leben zu regen, das durchaus die Aufmerksamkeit weiterer Kreise verdient. Es liegt eine größere Reihe von

Veröffentlichungen vor, in denen nicht nur mit Recht ein intensiverer Betrieb der Chemie an der Volksschule, sondern auch eine Umgestaltung dieses Unterrichts in der Richtung der praktischen Betätigung der Schüler verlangt wird. Und es ist erfreulich, zu sehen, wie die Verfechter dieser Bestrebungen sich, mit verschwindenden Ausnahmen, völlig von den Fesseln der üblichen Systematik befreien und den Unterrichtsstoff rein nach Gesichtspunkten des praktischen Lebens gestalten, teilweise, vielleicht unbewußt, nach älteren englischen Mustern. In erster Linie ist hier zu erwähnen der Abschnitt „Chemie und Mineralogie“ in dem Buche „Aus der Praxis der Arbeitsschule“, das Seminardirektor Dr. A. PABST in Leipzig zusammen mit acht Mitarbeitern soeben herausgegeben hat (vgl. diese Zeitschr. XXV, S. 329). Der erwähnte Abschnitt ist verfaßt von Seminarlehrer M. MITTAG und Seminarhilfslehrer H. SCHÄFER in Cöthen. Die Grundfrage, ob einfache „chemische Schülerübungen auch als Klassenunterricht betrieben werden können“, wird hier auf Grund vierjähriger Erfahrung bejahend beantwortet, nur müssen die Schüler einer Klasse dazu in zwei Abteilungen gegliedert werden. Die Hilfsmittel sind folgende: Ein Kasten von etwas größeren Abmessungen als eine gewöhnliche Zigarrenkiste enthält die wichtigsten Gerätschaften; ein aufgelegtes Stück Linoleum (30 × 40 cm) schützt den Tisch und mindert gleichzeitig die Nachteile der Abschrägung; eine unter Verwendung einer Flasche selbsthergestellte Wage — über deren (aus Frankreich stammendes) Urbild Ref. schon vor 16 Jahren in dieser Zeitschrift (IX, 142) berichtete — vervollständigt die kleine Ausrüstung. Ob es zweckmäßig und erzieherisch richtig ist, eine Spirituslampe aus einer beliebigen niedrigen Flasche (Tintenfläschchen) zu improvisieren, so daß nach dem Gebrauch immerfort langsame Wasseranziehung aus der Luft bzw. langsame, unter dem Wohlgeruch des vergällten Alkohols sich vollziehende Verdunstung stattfindet, muß doch sehr bezweifelt werden; jede kleinste (schon für wenige Pfennige käufliche) Spirituslampe hat jetzt ihren Verschuß, und zu der gewissenhaften Benutzung desselben sollen die Schüler gerade angehalten werden; will man den Kindern die Freude an der Herstellung des obigen Brenners aus einfachen Mitteln nicht versagen, so müßte durchaus für einen Verschuß gesorgt werden, der sich vielleicht in Gestalt einer Kappe unter Verwendung von Plastilina gewinnen läßt. Doch

das ist immerhin ein untergeordneter Punkt. Die weitere methodische Durcharbeitung des Unterrichtsstoffes und zumal der Schülerübungen zeugt von Geschick und liebevoller Hingabe an die Sache.

Auf einem ganz ähnlichen Standpunkt stehen drei schon im Jahre 1911 herausgegebene kleine Schriften: 1. P. KÖHLER, Der Chemieunterricht mit Schülerversuchen (36 S.), 2. W. PAUL, Praktische Schülerübungen in der Chemie (32 S.), 3. M. KREISEL, Das Arbeitsprinzip im Chemieunterricht der Volksschule (26 S.), die sämtlich für einen auf Übungen gegründeten chemischen Unterricht in der Volksschule eintreten. Ob diese Schriften, die im selben Jahre und im selben Verlage (E. Wunderlich, Leipzig) erschienen sind, ganz unabhängig voneinander bearbeitet sind, entzieht sich der Beurteilung des Referenten. Ob sie sich ferner, wie es den Anschein hat, vorwiegend auf sächsische Verhältnisse beziehen, ist auch nicht festzustellen, da bei der einen Schrift (Nr. 3) der Wohnort des Verfassers überhaupt nicht, auch nicht unter dem Vorwort, angegeben ist (wie dies allgemeiner, durchaus notwendiger Brauch ist). Abgesehen hiervon ist in allen drei Schriften die Art der Durchführung der Versuche mit möglichst einfachen Mitteln zu loben. Bei der erstgenannten Schrift ist die Ausführung der einzelnen Versuchsreihen in Frage und Antwort gegliedert; bei den anderen handelt es sich mehr um programatische Erörterungen und organisatorische Fragen über Übungsraum, Übungshefte u. a. Besonders die zweite Schrift enthält hinsichtlich der „Ausgestaltung des Lehrganges“ nach rein praktischen Gesichtspunkten viele gesunde Gedanken. Erwähnt sei z. B. der besonders betonte Satz: „Die systematische Behandlung der gasförmigen Elemente am Anfang des Chemieunterrichts widerspricht den einfachsten Elementarsätzen der Pädagogik“ (S. 16). Ferner wird die Konzentration von Chemie und Mineralogie als etwas Selbstverständliches angesehen. Hervorzuheben ist noch, daß mehrfach in diesen Schriften auch organische Verbindungen behandelt sind und auf biologische Verhältnisse Rücksicht genommen ist. (In dem Buche von A. PABST findet sich überdies die Biologie in einem besonderen, ziemlich umfangreichen Abschnitt bearbeitet). Manche Angaben lassen freilich noch etwas zu wünschen übrig; daß z. B. Spiritus, Papier, Holz ... „Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffe“ sind (1., S. 36), oder daß „Natronlauge in der Soda enthalten sei“ und sich

demgemäß Soda „aus Kristallwasser, Kohlensäure und Natronlauge zusammensetze“ (2., S. 8), oder daß Stickstoff schädlich für unsere Lungen sei (3., S. 11) — doch werden sich derartige einzelne Fehler leicht ausmerzen lassen. Das Wesentliche ist anerkennenswert, und das sind die Bestrebungen als Ganzes genommen. So werden diejenigen, die im chemischen Elementarunterricht Schülerübungen bisher noch nicht anstellt haben, aus allen drei Schriften, vielleicht am meisten aus der zweiten, mannigfache Anregungen schöpfen. —

Ganz ähnlichen Bestrebungen begegnen wir in zwei Arbeiten, die in dem in dieser Zeitschr. (XXV, 382) bereits erwähnten Buche „2. Jahrbuch der pädagogischen Zentrale des deutschen Lehrervereins“ enthalten sind: 1. H. GEWOLF: Chemische Schülerübungen, 2. J. F. HERDING: Schülerübungen im Chemieunterricht. Auch in dem Aufsatz desselben Buches „Aus dem chemischen Arbeitsunterricht am Lehrerseminar“ von M. MITTAG finden sich viele treffliche Bemerkungen. Ferner ist daraus noch ein längerer Aufsatz von F. DANNEMANN zu erwähnen: „Die Entwicklung der chemischen und biologischen Schülerübungen“, der im wesentlichen Gedanken wiedergibt, die in desselben Verfassers Schrift „Der naturwissenschaftliche Unterricht“ bereits enthalten sind, und über die früher in dieser Zeitschr. (XXI, 404) berichtet wurde. — Der Aufsatz von GEWOLF bezieht sich auf Münchener Verhältnisse. In den Volksschulen Münchens sind chemische Schülerübungen in der 8. Klasse mit wöchentlich je 1 Stunde eingeführt. Die Klassen werden geteilt, 24 Schüler bilden die Höchstzahl einer Abteilung. Zwei wöchentliche Einzelstunden werden zu einer vierzehntägigen Doppelstunde zusammengelegt. Überzeugend sind die Ausführungen des Verfassers, daß kein anderer als der Klassenlehrer die Übungen leiten müsse. In sachlicher Hinsicht teilt GEWOLF, der durch das eingeführte Lehrbuch an Arendts Lehrgang gebunden war, das Bedenken von Capesius, daß dieser Lehrgang „lediglich nach fachwissenschaftlichen Gesichtspunkten angeordnet“ sei. Wenn der Verfasser ferner meint, daß ein historisch-genetischer Lehrgang die beste Gewähr für einen geistbildenden Unterricht biete, und wenn er noch das Wort Ostwalds, „der logische Entwicklungsgang einer Wissenschaft fällt mit dem geschichtlichen sehr nahe zusammen“, hinzufügt, so ist er unseres Erachtens auf der richtigen Fährte; er ist aber im Irrtum, wenn er meint, daß

ein solcher Lehrgang noch zu wenig ausgebaut sei. Nicht einverstanden ist Ref. damit, daß schon so frühzeitig (3. Aufgabe) eine abgekürzte, mit den allgemeinen Verbrennungserscheinungen verquickte Untersuchung der Luft vorgenommen wird.

In der Arbeit von GEWOLF wie auch in einigen der vorgenannten ist vielfach auf die Möglichkeit von Unfällen hingewiesen. Es ist dies in der Tat ein wichtiger Punkt, wenn es sich darum handelt, chemische Schülerübungen in größerem Umfange in die Volksschule einzuführen. Der Forderung, daß die Versuche „vollkommen gefahrlos seien“ (bei GEWOLF S. 138), kann durchaus nicht immer entsprochen werden, da schon beim bloßen noch ungeschickten Hantieren, sowohl bei chemischen wie auch physikalischen Schülerübungen, Unfälle, unter Umständen mit Komplikationen, eintreten können. Es wäre jedoch widersinnig, dies als ein Argument gegen die Übungen vorbringen zu wollen. Denn durch die Übungen soll gerade auch erreicht werden, daß die manuelle Ungeschicklichkeit beseitigt wird, wodurch am besten späteren Unfällen im Leben vorgebeugt wird. Bei chemischen Versuchen hängt nun hinsichtlich der Gefahrmöglichkeit viel davon ab, in welcher Weise, mit welchen Gefäßen, mit welchen Stoffmengen und mit welcher Wärmezuführung sie angestellt werden. Hier ist größte Genauigkeit bei den Angaben für den einzelnen Schülerversuch, große Umsicht und gewissenhafteste Sorgfalt nötig. Ref. möchte in dieser Beziehung auf seine Schrift „Die Verhütung von Unfällen im chemischen und physikalischen Unterricht“ sowie auf die zugehörige „Merktafel“ hinweisen (diese Zeitschr. XXV, 197).

Die Arbeit von HERDING betrifft Hamburger Verhältnisse. Hier fingen die methodischen Versuche 1909 mit zwei ersten Knabenklassen einer Volksschule an, die in dem Raume des Laboratoriums für Lehrer arbeiten konnten. Jede Klasse wurde in zwei Abteilungen von 16 bis 18 Schülern geteilt; diese wurden sowohl in der Physik wie in der Chemie in je einer wöchentlichen Doppelstunde unterrichtet, derart, daß die eine Klassenhälfte in der Physik, die andere gleichzeitig in der Chemie beschäftigt wurde. Der Verfasser befürwortet das Arbeiten in Gruppen zu je zwei Schülern. 1911 wurden diese Versuche von der Behörde auf zwei weitere Schulen ausgedehnt. Hier mußten die Räume des Schulhauses benutzt werden; es wurde nur für den nötigen Gasanschluß gesorgt und

die schrägen Schultische mit wagerechten Auflegebrettern versehen. In den neueren Schulen ist der Klassenraum der Selektas für chemische Schülerübungen eingerichtet. Im Entwurf des neuen Lehrplanes für die Hamburger Volksschulen ist der Schülerversuch als Grundlage des chemischen Unterrichts vorgesehen, und die Schulen werden dementsprechend neu ausgestattet werden. Die Ausrüstung selbst ist näher angegeben (S. 177); sie ist als eine sehr stattliche zu bezeichnen. Das sind außerordentlich erfreuliche Zeichen für die Entwicklung der chemischen Schülerübungen. Das Beispiel Hamburgs wird nicht verfehlen, auf andere Städte günstig einzuwirken.

Andrerseits muß in bezug auf die ganzen Bestrebungen der Volksschule doch gesagt werden, daß hinsichtlich der Art des Vorgehens, besonders hinsichtlich der Stoffanordnung und der Gewinnung der Grundbegriffe, sich die Anschauungen erst noch weiter klären müssen. Man begegnet einstweilen noch mehrfach einem Zuviel und einem zu regellosen Durcheinander an Stoffen und Vorgängen. Was ferner die erste Einführung anlangt, so wird auf der einen Seite deutlich erkannt, daß diese nicht zu den gasförmigen Körpern greifen dürfe, während auf der anderen Seite gerade die Luft, also insbesondere der Sauerstoff mit seinen Versuchen, womöglich noch unter Hinzunahme des Wasserstoffs, an den Anfang gestellt wird. Auch hier wird es allmählich sich erweisen, daß der Schwefel und die Schwefelverbindungen, insbesondere die natürlich vorkommenden, viel geeignetere Stoffe zur Einführung in die chemischen Grundbegriffe darstellen als die gasförmigen Elemente. Auch dazu möchten wir raten, daß bei der Einführung chemischer Schülerübungen in die Volksschule die Ziele nicht gleich zu hoch gesteckt werden.

Abgesehen hiervon ist aber zu wünschen, daß all diese Gedanken und Bestrebungen in immer weitere Kreise dringen, und daß ihnen bald überall die Tat nachfolge. Man darf jedenfalls der Entwicklung der chemischen Schülerübungen auch auf dem Gebiete der Volksschulen und Semitarien mit Spannung entgegensehen. Allerdings können wir dann bald etwas Eigenartiges erleben, nämlich, daß der von der einfachen Volksschule Abgehende den Abiturienten eines Gymnasiums in wichtigen chemischen und biologischen Kenntnissen direkt zu beschämen vermag.

O. Ohmann.

5. Technik und mechanische Praxis.

Chemie und Technik extrem hoher Temperaturen. Hierüber macht H. GÖRGENS in den *Naturwissenschaften* 1913, Heft 12, einige Mitteilungen. Zur Erzeugung extrem hoher Temperaturen im Laboratorium bedient man sich heute fast ausschließlich der elektrischen Öfen. Solche hat zuerst Despretz 1849 konstruiert, und zwar sowohl einen Widerstands- wie einen Lichtbogenofen, doch fehlte es an genügend starken Strömen zu deren Betrieb. Moissau nahm die Idee des Lichtbogenofens 1891 wieder auf, doch lassen sich damit nicht Räume von einigermaßen konstanter Temperatur herstellen. Solche können nur in Widerstandsöfen realisiert werden. Elektrische Öfen mit Heizwiderständen aus Platin hat Heraeus konstruiert, sie liefern indessen nur Temperaturen bis etwa 1300° ; etwas höher kommt man mit den Kryptolöfen. Einen bis 2000° C für exakte Messungen brauchbaren Apparat hat Nernst 1903 konstruiert. Er setzte ein in Magnesia usta eingebettetes Iridiumrohr durch starken, niedrig gespannten Wechselstrom in heftigste Glut. Innerhalb des glühenden Iridiumrohres befand sich ein Raum von merklich konstanter Temperatur, in dem sich exakte Dampfdichtebestimmungen ausführen ließen. Der erreichbaren Temperatur war durch den Schmelzpunkt des Iridiums (2600°) eine Grenze gesetzt. Man ging deshalb zu Heizkörpern aus Kohle über, die in Vakuumöfen durch den Strom erhitzt wurden. Die ersten dieser Öfen sind in Amerika gebaut worden, ein sehr vollkommener wurde von Arsem im Laboratorium der General Electric Co. konstruiert und bereits 1906 veröffentlicht. Die Heizspirale aus Graphit ist, um Wärmeverluste durch Strahlung zu vermeiden, mit einem Zylinder aus Graphit umgeben und in ein wassergekühltes, luftleeres Metallgefäß eingeschlossen; der Raum innerhalb der Heizspiralen kann gleichmäßig bis auf 3000° und darüber erhitzt werden. Öfen dieser Art haben der Technik hervorragende Dienste geleistet, z. B. zur Herstellung ziehbaren Wolframs, wodurch die bekannte Umwälzung in der Glühlampenindustrie herbeigeführt wurde. Für wissenschaftliche Untersuchungen dient der Vakuumwiderstandsöfen von Ruff (1910). Auch hier ist das Heizrohr aus Kohle in einem zweiten größeren Rohr, dem Strahlungsmantel, umgeben (Fig. 1). Die Hülle ist aus einem doppelwandigen Bronzemantel mit Wasserkühlung gebildet und hat mehrere Schaulöcher, die durch Quarzglas verschlossen

sind. In das Heizrohr bringt man einen Tiegel, der die zu erhitzenden Substanzen enthält, oder schiebt letztere in Stabform hinein. Vor dem Anheizen wird der Ofen luftleer gemacht oder mit einem indifferenten Gas (H, N) gefüllt.

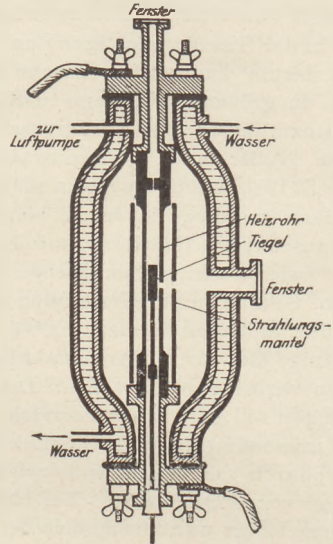


Fig. 1.

Nachteilig ist bei diesen Öfen, daß das Vakuum kein besonders gutes ist, die Ofenatmosphäre wirkt daher kohlend. Reine Metalle kann man kaum darin schmelzen, weil sie Kohlenstoff aufnehmen. Man hat deshalb die Versuche mit Metallen wieder aufgenommen, und dazu namentlich gepreßtes

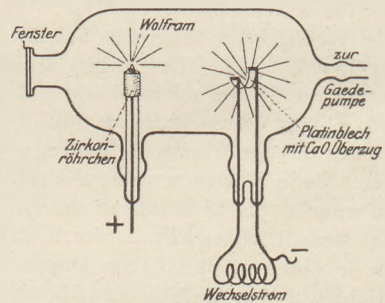


Fig. 2.

Wolfram benutzt (v. Wartenberg, Fischer und Tiede); wegen der Schwierigkeit der Bearbeitung ist es aber noch nicht gelungen, größere Widerstandsrohre aus Wolfram herzustellen.

Ganz verschieden hiervon ist die Benutzung des Vakuumlichtbogens zur Er-

hitzung. Von Wartenberg (Ber. d. physik. Ges. 1910) benutzte ein Kathodenstrahlenrohr von der in Fig. 2 dargestellten Form, wobei die Eigenschaft der Oxyde der alkalischen Erden benutzt wird, im weißglühenden Zustand Elektronen auszusenden. Ein Platinblech mit dünnem Überzug von CaO wird durch Wechselstrom zur Weißglut erhitzt, ihm gegenüber ragt aus einem Röhrchen aus Zinkoxyd die Spitze eines Wolframstäbchens hervor. Verbindet man das Platinblech mit dem — Pol einer 220 Voltleitung, das Wolframstäbchen mit dem + Pol, so fließt ein starker Elektronenstrom weicher Kathodenstrahlen vom ersten zum zweiten und bringt die Spitze des Wolframstäbchens zum Schmelzen. Die Temperatur wird optisch gemessen. Man kann auf diese Weise beliebig hohe Temperaturen erreichen. Zu Schmelzpunktbestimmungen kann man überdies auch die direkte Widerstandserhitzung benutzen. So bestimmten Pirani und Meyer den Schmelzpunkt des Tantals, indem sie durch ein Tantalband im Vakuum elektrischen Strom schickten, bis das Band durchschmolz. —

Die elektrischen Öfen der Großindustrie (z. B. bei der Darstellung von Aluminium und von Calciumkarbid) sind meist nach der Art des von Werner Siemens 1879 gebauten Ofens konstruiert, wobei den positiven Pol ein Kohletiegel, den negativen ein Kohlestab bildet. Durch Berührung des letzteren mit dem Tiegel-

boden wird ein Lichtbogen erzeugt und dieser darauf durch das Reaktionsgemisch zugedeckt. Heut macht man den Tiegel aus Eisenblech und benutzt die Beschickung zugleich als Ofenwand und Heizwiderstand, indem man die Zone extrem hoher Temperatur in die Beschickung einbettet, so daß sich der Tiegel selbst nur wenig erwärmt. Nur die bewegliche, in das Reaktionsgemisch eintauchende Elektrode muß aus hochfeuerfestem Material, aus Kohle, bestehen.

Man verwendet endlich heut in ausgedehntem Maße elektrische Öfen auch zur Stahlerzeugung, was schon Siemens ohne Erfolg versucht hatte.

Man schützt dabei das Eisen durch eine darauf schwimmende Schlacke, die die Hitze gleichmäßig verteilt. Bei den sog. Induktionsöfen sind sogar die Elektroden überflüssig. Eine geschlossene, ringförmige, mit Eisen

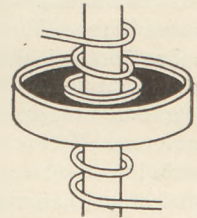


Fig. 3.

gefüllte Schmelzrinne bildet den sekundären Stromkreis, in dem Ströme von vielen tausend Ampère induziert werden (Fig. 3). Es ist vor auszusehen, daß die Elektrothermie die Kohle mehr und mehr zurückdrängen wird, was ja im Hinblick auf den heutigen Raubbau mit den Kohlenschätzen der Erde willkommen zu heißen ist.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik für Mediziner und Biologen.

Von Dr. Ernst Lecher, Professor a. d. Universität Wien. Leipzig, B. G. Teubner, 1912. 451 S. mit 499 Abbildungen im Text. M 8,—, geb. M 9,—.

Das Buch bringt die Grundlehren der Physik unter steter Berücksichtigung ihrer zahlreichen Anwendungen auf medizinischem und biologischem Gebiet. Die Darstellung ist von Beziehungen zu diesen Gebieten völlig durchtränkt, so, wenn gleich auf den ersten Seiten die Anwendung des Fühlhebels zur Schädelmessung dargelegt, später in der Optik die Immersion ausführlich erörtert, die physikalischen Erscheinungen des Blutkreislaufs besprochen, die physiologische Anwendung des Saitengalvanometers auseinandergesetzt wird u.s.f. Auch der Physiker wird hier manches über die Anwendungen seiner Wissen-

schaft erfahren, was ihm neu ist. Die Behandlung des Stoffes geht bis an die Grenze dessen, was bei elementarer Vorbildung dem Leser zugemutet werden kann. Auffallend ist, daß von Robert Mayer gesagt wird, er habe den Arbeitswert der Wärme auf spekulativem Wege der Größenordnung nach richtig bestimmt, während das von ihm benutzte exakte physikalische Verfahren gleich darnach nur benutzt wird, um c_v aus c_p zu berechnen. Hier wäre wohl eine bessere Würdigung des Verdienstes Mayers gerade in einem Buch für Mediziner am Platze gewesen. Anerkennung verdient andererseits, daß der Verfasser seine Leser auch in die neuesten Phasen der Elektronik einführt, ohne den zum Teil noch hypothetischen Charakter dieser Errungenschaften zu verschleiern. P.

Moderne Technik. Die wichtigsten Gebiete der Maschinenteknik und Verkehrstechnik allgemeinverständlich dargestellt und erläutert durch zerlegbare Modelle. Unter Mitarbeit von B. Albrecht, H. Hagmann, C. Klug, M. Prüssing, P. Reiniger, E. Schewe, W. Strecker, G. Wislicenus, A. Will herausgegeben von Ingenieur H. Blücher. Mit 1391 Abbildungen im Text und 15 zerlegbaren Modellen. Leipzig und Wien, Bibliographisches Institut, 1912. Zwei Bände, in Leinen geb. M 40,—.

Von den zwei glänzend ausgestatteten Quartbänden enthält der erste auf 632 Seiten den zusammenhängenden Text, der zweite eine Sammlung von 15 zerlegbaren Modellen nebst den zugehörigen Erläuterungen. Band I behandelt in einer Reihe von gut beschriebenen und leicht verständlichen Sonderdarstellungen folgende Einzelgebiete: Wind- und Wassermotoren, Verbrennungsmaschinen, Elektrotechnik, Arbeitsmaschinen, landwirtschaftliche Maschinen, Fahrräder und Motorwagen, Eisenbahnwagen, Schifffahrt, Luftfahrt, Telegraphie, Telephonie und Radiotelegraphie. Für Schüler der oberen Klassen, die ein starkes technisches Interesse haben, sind einzelne dieser Abschnitte zur Lektüre und zum Studium um so mehr zu empfehlen, als der Text durchweg durch ausgezeichnet klare und schöne Abbildungen erläutert ist. Noch größeren Wert dürfte das Buch für den Physiklehrer haben, der sich mit den Leistungen der neueren Technik genauer bekannt zu machen mannigfachen Anlaß hat und nicht leicht einen bequemeren Weg dazu als den hier dargebotenen finden wird. Auch braucht man nicht zu fürchten, daß etwa vorwiegend ältere, schon überholte Maschinentypen dargeboten werden, wie es in physikalischen Lehrbüchern häufig der Fall ist; es ist vielmehr darauf gesehen, daß nur moderne Typen zur Darstellung gelangt sind. Dies tritt besonders auch in den zerlegbaren Modellen des II. Bandes hervor, die allerdings dem Studium erheblich größere Schwierigkeiten darbieten als der Text des I. Bandes. Eine überaus große Sorgfalt ist auf diese aus vielen Schichten bestehenden Modelle verwandt, in denen die Zahl der einzelnen bezifferten Teile oft weit über 100 geht. Hervorgehoben sei die Zweifach-Expansionsdampfmaschine von Borsig, die Viertakt-Gasmaschine von Körting, der Dieselmotor, eine Heißdampflokomotive, ein Tauchboot von Krupp, das Parseval-Luftschiff, die Rumlertaube, der Hughes-Typendruckapparat von Siemens & Halske. Auch dieser Band kann dem, der genauer auf die kon-

struktiven Einzelheiten eingehen will, gelegentlich empfohlen werden, obwohl sich nicht verkennen läßt, daß solche papierernen Surrogate doch immer ein recht unvollkommener Ersatz der Wirklichkeit bleiben. Die außerordentliche Mühe, die auf die Herstellung dieser Modelle verwandt ist, soll darum nicht gering geschätzt werden und ist vielmehr jedes Lobes wert. P.

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus.

In 5 Bänden. Bearbeitet von einer größeren Zahl von Gelehrten, herausgegeben von L. Graetz. Erschienen bis jetzt Bd. I, Lief. 1 (156 S.) und Bd. II, Lief. 1 (336 S.). Leipzig, J. A. Barth, 1912.

Die Schwierigkeit, ein ausführliches und deshalb umfangreiches Handbuch der Physik auf dem laufenden zu halten, ist außerordentlich groß. Da dies ganz besonders für das Gebiet der Elektrizität gilt, ist das Erscheinen des obigen Werkes sehr erfreulich. Es kann nach Ausstattung und äußerer Anlage als eine erweiterte Neubearbeitung des elektrischen Teils des bekannten Winkelmannschen Handbuchs gelten; dieser Teil war in den Jahren 1903—1908 erschienen, während nunmehr die Literatur bis 1911 berücksichtigt ist. Die Mitarbeiter des neuen Werkes sind allerdings durchweg andere Gelehrte, bis auf Auerbach-Jena und den Herausgeber selbst. Von den beiden vorliegenden Teilen bringt der erstere: „Die Reibungselektrizität“ von L. Graetz, „Elektrifiziermaschinen und Apparate“ (nämlich Elektrifizierapparate wie Elektrophore, Multiplikatoren) von H. W. Schmidt und „Elektrostatische Meßapparate und Messung elektrostatischer Größen“ von P. Cermak. Naturgemäß haben die beiden letzteren Autoren ihre Aufgabe dahin aufgefaßt, daß sie eine tunlichst vollständige Instrumentenkunde der betreffenden Gebiete gaben. Es fehlen also nicht die Wommelsdorfschen Influenzmaschinen, veränderliche Kondensatoren von Gerdien und Koepsel, Preßluftkondensatoren von Wien, Fadenelektrometer von Wiechert und Wulf, die Binantenelektrometer und die technischen Hochspannungselektrometer nach dem Prinzip der Wage. Geeignete Tabellen gestatten einen Vergleich der Leistungen der verschiedenen Instrumente, z. B. der Stromstärke oder des Wirkungsgrades der Influenzmaschinen.

Nur kurz, aber von besonderem Interesse ist das einleitende Kapitel von Graetz. Es beschäftigt sich, abgesehen von einer knappen

historischen Übersicht und einer am Schluß etwas unvermittelt beigefügten Beschreibung der Methoden zur Darstellung elektrischer Kraftlinien, mit den quantitativen Gesetzen der Entwicklung von Elektrizität durch Reibung. Hier werden die Versuche von Rieß und Riecke eingehend gewürdigt, wobei sich freilich zeigt, daß wir von einer befriedigenden Theorie dieses elementaren Vorgangs weit entfernt sind. Im Anschluß hieran wird die Frage des Zusammenhangs zwischen Reibungs- und Kontaktelektrizität erörtert.

Auch die Einleitung des zweiten Bandes wird durch eine theoretische Darstellung gegeben, nämlich durch einen Artikel von Auerbach, „Stationäre elektrische Ströme“. Da derselbe Verf. diesen Gegenstand auch im Winkelmannschen Handbuch bearbeitet hat, ist ein Vergleich gestattet; er zeigt schon äußerlich, daß die vorliegende Bearbeitung erheblich umfangreicher ist (etwa 120 Seiten, früher 40). Dies erklärt sich vorwiegend durch ein tieferes Eingehen auf die theoretischen Anschauungen über das Wesen des Stromes. Hier werden nebeneinandergestellt die Fluidumstheorie, die freilich bei den Begründern der Gesetze des Stroms, Ohm und Kirchhoff, nur mit ihren allernotwendigsten Bestandteilen und in rein formaler Weise herangezogen wird; ferner die Maxwell-Hertzsche Feldtheorie und drittens die Lorentzsche Elektronentheorie. Im Anschluß an Richarz wird darauf hingewiesen, daß diese beiden modernen Theorien einander nicht ausschließen.

Über das Gebiet des stationären Stromes hinausgehend, behandelt der Verf. auch die Theorie der Einschaltvorgänge. Hier werden besonders die schönen neuen Arbeiten von K. Wagner berücksichtigt. Ausführlich behandelt sind Stromverzweigung (auch die relativ unwichtige Schaltung von Elementen), Ströme in flächenhaften und körperlichen Leitern.

Ein Beitrag über „Meßapparate und Meßmethoden“ von W. Jaeger bildet den Hauptteil dieser ersten Hälfte des zweiten Bandes. Ähnlich wie bei Schmidt und Cermak findet sich auch hier eine eingehende Beschreibung aller wichtigen Instrumente. Die Darstellung und der Vergleich der verschiedenen Meßmethoden läßt sowohl bei der wissenschaftlichen Begründung wie in bezug auf praktische Ratschläge die besondere Erfahrung erkennen, die der Verfasser auf diesem Gebiete besitzt.

Spies.

Die Physik der Röntgenstrahlen. Von Robert Pohl. (Die Wissenschaft, Heft 45, VI und 163 S.) Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1912. 5,— M., in Leinw. 5,80 M.

Der auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Elektrizität wohlbekannte Verfasser hat sich hier der dankenswerten Aufgabe unterzogen, die Physik der Röntgenstrahlen im Zusammenhang darzustellen. Nach zwei allgemeinen Kapiteln wird die gerichtete Röntgenstrahlung, die Sekundärstrahlung, die Absorption, die Ionisation behandelt. Hieran schließt sich eine Darstellung des neuesten Zweiges der Röntgenphysik: die kürzlich von Friedrich und Knipping entdeckten Beugungsphänomene an von Röntgenstrahlen durchsetzten Kristallplatten, zu denen eine Idee Laues geführt hat, und die im Sinne einer elektromagnetischen, kurzwelligen Strahlung analog der Beugung und Interferenz des Lichts an Raumgittern gedeutet werden. Der Gebrauch des Buches wird durch beigefügte Register sehr erleichtert.

E. Gehrcke.

A. Potier, Mémoires sur l'électricité et l'optique. Publiés et annotés par A. Blondel. Avec un préface de Henri Poincaré. XX u. 330 S. Paris, Gauthier-Villars, 1912.

Die in diesem Bande zusammengefaßten Abhandlungen Potiers betreffen theoretische Elektrizitätslehre, Elektrotechnik und Optik. Am Schluß ist eine Zusammenstellung sämtlicher Publikationen Potiers gegeben, auch derjenigen über Thermodynamik und Geologie.

E. Gehrcke.

Theorie der Planetenbewegung. Von Dr. Paul Meth. Math. Bibl. VIII, Leipzig, B. G. Teubner. 60 S. Geh. M. 0,80.

Die Grundbegriffe der Mechanik, besonders die Zusammensetzung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, werden nach dem Verfahren von Möbius behandelt, der in der Mechanik des Himmels den Vektorbegriff zugrunde legte und ihn sogar bis zu dem Keim des später von Hamilton benannten Hodographen ausbildete. Die Parallelogramme der bekannten Girlanden für die Wurflinie erscheinen dann auf Dreiecke reduziert. Wie man aus einer gegebenen Bewegung eines Punktes auf den Beschleunigungs-Vektor schließen kann, wird mit Möbiusschen Figuren für die gleichförmige Kreisbewegung gezeigt; für Bewegungen unter Einfluß einer Zentralkraft wird der Flächensatz bewiesen. Da man die Bewegung in eine radiale und eine dazu

senkrechte zerlegen könne, so sei die Zentralkraft $= d^2r/dt^2 - r(dq/dt)^2$. Man kann nun wohl die Geschwindigkeit in einem ersten Punkt P_1 und in einem späteren Punkt P_2 in der Richtung des Radius und senkrecht dazu zerlegen. Will man aber hieraus auf die Beschleunigungen schließen, so muß man beachten, daß die radialen Geschwindigkeiten in P_1 und in P_2 nicht algebraisch, sondern geometrisch zu subtrahieren sind, da sie verschiedene Richtungen haben. Auch die zum Radius senkrechten Komponenten in P_1 und in P_2 verhalten sich nicht so einfach wie bei der gleichförmigen Kreisbewegung, denn der Radius und die Winkelgeschwindigkeit haben sich geändert¹⁾. Dagegen leitet Möbius die Formel mittels seiner Epizykloidenbewegung in eigentümlicher Weise einwandfrei ab.

Sehr ausführlich wird auf 8 Seiten die Zeitrechnung erörtert und die Zeitgleichung mit ihren Komponenten graphisch auf Koordinatenpapier dargestellt. Diese Figur ist technisch nicht sehr gelungen. Die Zeitgleichungskurve, die erst rot dargestellt werden sollte, ist durch Signaturen angedeutet, die wenig hervortreten. Man findet nur die Hauptdaten, keinen fortlaufenden Kalender längs der Abszissenachse. Der Verfasser hätte eine solche Figur schon in Rud. Wolfs *Astronomie*, Nr. 494, ferner alljährlich in der Sternkarte dieser Zeitschrift finden können. Daß die äußersten Werte der Zeitgleichung dem absoluten Werte nach etwas voneinander abweichen, wird daraus erklärt, daß wegen der ungleichen Länge von Sommer und Winter die Wellenlinie der einen Komponente etwas unsymmetrisch wird.

Die Kraft, die einen Planeten in seiner Bahn erhält, wird mittels des oben erwähnten Ausdrucks $R = r'' - r\varphi'^2$ durch regelrechtes Differenzieren aus der Ellipsen-Gleichung mit Hinzuziehung des Flächensatzes gefunden.

Uns würde eine geometrische Ableitung, die alles an Figuren zeigt (z. B. in Maxwell, *Matter and motion*), viel wertvoller erscheinen.

Die Aufgabe der Bahnbestimmung aus wenigen Beobachtungen wird unter Hinweis auf Gauß *Theoria motus* erklärt. Die Korrektur des dritten Keplerschen Gesetzes durch das Newtonsche ist durch Anwendungen erläutert; von der Anziehung einer Kugel wird nur berichtet, wie groß sie Newton gefunden hat, während bei Möbius und Maxwell schöne geometrische Ableitungen stehen. Es folgen

¹⁾ Näheres hierüber s. diese Zeitschr. 10, 16, Coriolische Kraft.

Andeutungen über Erhaltung des Schwerpunkts, Doppelsterne, Perturbationen von Planeten und Monden.

Nach diesem Überblick über den Inhalt muß aber noch eine Bemerkung zu den Grundlagen gemacht werden. Möbius nimmt wie Bohnenberger und Schellbach statt der stetig wirkenden Kraft einzelne Stöße an, die plötzlich in Punkten erfolgen, dazu passen die Figuren, wo geradlinige Strecken eine gebrochene Linie zusammensetzen. Was aber hier zu denselben Figuren bemerkt wird, ist unbestimmt und unverständlich. Es ist nicht gestattet, bei solchen geradlinigen Figuren von beständiger Beschleunigung zu sprechen. Mit einer solchen entstehen etwa Parabelbogen, die eine andere Annäherung an die Bahnkurve darstellen, an sich ebenso berechtigt wie jene erste.

Für eine Neuauflage würden wir wünschen, daß für den ersten Teil größerer Anschluß an Möbius gesucht würde. Eine Äußerlichkeit betrifft die abweichende Schreibart der Namen Tycho Brahe, Huygens, die jetzt in dieser Form für richtig gehalten wird.

Koppe.

Zu der vorstehenden Besprechung möchte ich hinzufügen, daß in dem besprochenen Buche die krummlinige Bewegung in der bekannten Art als Grenzfall einer Bewegungsform behandelt wird, die aus kleinen geradlinigen Abschnitten zusammengesetzt ist, deren jeder mit gleichförmiger Geschwindigkeit zurückgelegt wird. Man hat bei diesem Verfahren die Beschleunigung als gleichförmige Geschwindigkeit aufzufassen, die in jedem Abschnitt zu der schon vorhandenen hinzutritt. Wenn man das beachtet, so kann man auch keine Parabelbogen erhalten, wie der Referent will, ändern sich ja doch Beschleunigung und Geschwindigkeit sprunghaft, wie im Text zu der betreffenden Figur hervorgehoben wird, um „Unklarheiten“ nicht erst aufkommen zu lassen.

Die im Anfang der Besprechung beanstandete Ableitung der Zentralkraft findet sich bei Möbius a. a. O. § 37 hinter der Epizykeltheorie als ein selbständiger Beweis, der keine Stütze in der Epizykeltheorie braucht.

P. Meth.

Einführung in die Mathematik für Biologen und Chemiker von Prof. Dr. Leonor Michaelis, Privatdozent an der Universität Berlin. Mit 96 Textfiguren. Berlin 1912. Verlag von Julius Springer. VIII und 254 S. Geb. M 7,80.

An guten Büchern, die die Chemie-studierenden in die Mathematik einführe

sollen, mangelt es zurzeit nicht mehr; auch ist ein deutlicher Fortschritt gegen früher zu verspüren. Hingegen sind mathematische Kenntnisse bei den meist von der Medizin ausgehenden Biologen in der Regel noch recht selten. Diesem Übelstand soll das vorliegende Buch abhelfen.

Der Verf. stellt auf den ersten 50 Seiten die wichtigsten Formeln der elementaren Mathematik zusammen, mit ganz kurzen Beweisen und wenigen Anwendungen; er schließt etwas analytische Geometrie und, was entschieden wichtiger ist, Funktionentheorie an. Die Zweckmäßigkeit dieser gedrängten Übersicht der Pensen von Quarta bis Prima will dem Referenten nicht recht einleuchten. Dazu ist zu viel Ballast mit aufgeführt und sind zu wenig praktische Anwendungen eingeflochten; die Nützlichkeit der analytischen Geometrie für Chemiker und Biologen bezweifelt der Referent nach seiner eigenen Lehr- und Laboratoriumserfahrung. Etwas zu wenig Beispiele sind auch in die weiteren Kapitel (Differential- und Integralrechnung, Mac Laurinsche und Taylorsche Reihen, Differentialgleichungen) eingewebt. Handliche Zahlenbeispiele aus dem Praktikum sind gerade bei der als zu hoch und trocken verschrienen Mathematik unumgänglich nötig und leicht zu beschaffen. In fast allen Fällen begnügt sich der Verf. mit einer kurzen Erwähnung, wo eine wenige Zeilen umfassende Zahlentabelle dem Praktiker mehr hilft als der schönste Beweis der Formel; Kalorimetrie, Reaktionskinetik, Radiochemie liefern so leicht zu beschaffende und so einleuchtende Zahlenbeispiele!

Das Buch ist in seinen rein mathematischen Teilen gut, Druck und Figuren sind vorzüglich, die Entwicklung der Begriffe und die Ableitungen lassen nicht das Geringste zu wünschen übrig.

So wäre nach der Meinung des Referenten durch eine Umarbeitung nach der praktischen Seite hin, vielleicht auf Kosten der Formelsammlung zu Anfang, ein sehr nützliches Kompendium daraus zu machen, besonders da alles Aktuelle behandelt wird, so die Ableitung des Nernstschen Wärmetheorems! Aber mehr Zahlen, weniger Formeln!

W. Roth, Greifswald.

Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Einführung in die Differential- und Integralrechnung und in die analytische Geometrie von Dr. Georg Scheffers, Professor der darstellenden Geo-

metrie an der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg. Zweite verbesserte Auflage. Mit 413 Figuren. Leipzig, Veit & Co. 1911. VIII und 732 S. M. 18,—.

Die erste Auflage des trefflichen Buches ist (diese Zeitschr. XX, 268: 1907) eingehend besprochen worden, so daß der Hinweis genügt, daß die neue Auflage zahlreiche Ergänzungen und Verbesserungen im Text und Register sowie an Figuren enthält. Doch kann der Referent es sich nicht versagen, den damals ausgesprochenen Wunsch nach Vermehrung der Beispiele aus der Chemie zu wiederholen. Es gibt dort genug interessante und instruktive Fälle, die mit nur wenig begleitendem Text zu handlichen und einleuchtenden Anwendungen der Formeln ausgearbeitet werden können.

Das würde den Chemikern das Buch näher bringen und den anderen Naturwissenschaftlern zeigen, daß die Chemie nicht nur eine deskriptive, präparative und analytische Wissenschaft ist, wie man nach manchen „großen“ Vorlesungen, aus denen die Nichtchemiker ja fast ausschließlich ihre Kenntnisse beziehen, annehmen könnte.

W. Roth, Greifswald.

Die Existenz der Moleküle. Experimentelle Studien von The Svedberg, Professor an der Universität Upsala. Mit 4 Tafeln und 76 Abbildungen im Text. Leipzig 1912. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. VI und 244 S. M 12,—.

Eine Zeit schien es, als wollte die abstrakte Thermodynamik, die Ostwald und Wald bei ihren Überlegungen führte, die selbst in den schwierigsten stereochemischen Fragen nicht versagende Atomtheorie als zu materialistisch aus dem Unterricht verdrängen. Aber heute, nach wenigen Jahren, ist sie noch allgemeiner anerkannt als früher und gilt als „bewiesen“. Eine Theorie kann zwar nicht bewiesen werden aber Svedberg, der sich von allen modernen Forschern am meisten und erfolgreichsten mit der Atomtheorie beschäftigt hat, schildert die tatsächliche Lage des Problems treffend folgendermaßen: Sobald eine Erscheinung vorliegt, die in keiner anderen Weise als durch die Annahme, daß die Materie aus kleinen diskreten Teilchen aufgebaut ist, in Zusammenhang mit unserem naturwissenschaftlichen Weltbilde zu bringen wäre, so ist damit auch ein Experimentalbeweis für die Existenz der Molekeln erbracht worden

Solche Tatsachen — altbekannte wie die Brownsche Molekularbewegung und neue

aus dem Gebiet der Kolloidchemie und der Radiochemie — gibt es nun zahlreiche. Svedberg beschreibt sie in diesem Buch, meist nach eigenen Versuchen. Feinste Experimentalkunst, größte Sorgfalt beim Aufspüren und Vermeiden von Fehlerquellen, geht mit vollkommener Beherrschung des mathematischen Handwerkszeuges Hand in Hand. Das Buch ist, trotzdem es auf minutiöse Kleinigkeiten eingeht, anregend geschrieben; nur mitunter merkt man, daß die Muttersprache des Forschers Schwedisch ist. Die Spuren hiervon lassen sich bei einer neuen Auflage leicht entfernen. Mit besonderem Lob seien die genauen Literaturangaben und bei schwer zugänglichen Arbeiten die ausführlichen Auszüge hervorgehoben.

Das Buch geht natürlich tief in die Kolloidchemie ein. Für weniger orientierte Interessenten sei darum bei dieser Gelegenheit noch nachträglich das im selben Verlag erschienene Buch von Herbert Freundlich: *Kapillarchemie* (Eine Darstellung der Chemie der Kolloide und verwandter Gebiete) warm empfohlen. *W. Roth, Greifswald.*

Grundriß der Experimentalphysik für höhere Lehranstalten nach dem ministeriellen Lehrplan bearbeitet. Von Dr. Wilhelm Donle, o. Prof. d. Physik an der Königl. Bayr. Artillerie- und Ingenieur-Schule und Privatdozent an der Universität München. 4. verbesserte Auflage. Mit 294 in den Text gedruckten Figuren, 312 Aufgaben und zahlreichen Übungen für das Schülerpraktikum. Stuttgart, Fr. Grub, 1912. 286 S. Geb. M 3,—.

Die Lehrstoffanordnung dieses Grundrisses entspricht dem Lehrprogramm, das für den Physikunterricht in der 7. und 8. Klasse der humanistischen Gymnasien Bayerns vorgeschrieben ist. Gegenüber der 3. Auflage zeigt es einige Änderungen; die historischen Notizen wurden vermehrt und einige neue Aufgaben über Zerlegung und Zusammensetzung der Kräfte, über den Schwerpunkt und das spezifische Gewicht eingefügt. Die bedeutungsvollste Änderung ist jedoch die Aufnahme einer größeren Anzahl von Aufgaben für das Schülerpraktikum. Die Formulierung dieser Aufgaben in ihrer präzisen Kürze und doch erschöpfenden Angabe der Versuchsbedingungen ist mustergültig; überall ist auf eine Erledigung der Versuche mit einfachen Hilfsmitteln Bedacht genommen. Lehrer, die nach „Schülerübungen in gleicher Front“ suchen, werden hier eine reiche Auswahl finden. *W. Bahrdt.*

Naturlehre für die Schule in Versuchen und Ergebnissen. Ein Lehr- und Lernbuch für Volks-, Mittel- und höhere Mädchenschulen. Von J. F. Herding, Leiter des chem. Laboratoriums für Lehrer in Hamburg. Stuttgart, Francksche Verlagshandlung. 304 S. Preis geb. M 1,85.

Das vorliegende Buch unterscheidet sich von den meisten Physik- und Chemiebüchern dadurch, daß es nicht wie diese in erster Linie ein zusammengetragenes Material an Tatsachen, Gesetzen und deren Anwendungen gibt, sondern daß es den Versuch überall in den Vordergrund stellt und erst in zweiter Linie das Ergebnis des Versuches bringt. Von Anfang bis zu Ende dieses Buches ist das der Beschreibung zugrundegelegte Schema: 1. Versuch; 2. Ergebnis. Durch diese scharfe Trennung erreicht Herding in der Tat große Klarheit und Lebendigkeit des Arbeitsganges bei der Erwerbung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Bei den einzelnen Versuchen ist das Hauptgewicht auf die Einfachheit der Versuchsmittel gelegt, so daß die Schüler eine große Anzahl derselben zu Hause wiederholen können. Zahlreiche Abbildungen erläutern die Versuchsanordnungen. Der beste Teil des Buches ist der Abschnitt über Chemie. Aus den hier niedergelegten Erfahrungen des Verfassers, der seit Jahren die staatlichen Lehrerübungskurse für Chemie zu Hamburg leitet, werden wohl alle Leser Anregungen schöpfen. Der physikalische Teil enthält neben vielem Guten auch manche Schwächen. Wenn man auch die oben skizzierte, eigenartige Anlage des Buches im Prinzip für empfehlenswert hält, so läßt sich doch nicht leugnen, daß an einigen Stellen, besonders am Anfang des physikalischen Lehrganges, die Darstellung nicht immer gutgeheißen werden kann. Gleich der erste Versuch des Buches, der den Begriff des Aggregatzustandes erläutern soll, ist hierfür ein Beispiel. Es heißt in dem Buche:

„Versuch. Lege in eine Glasschale einen Holzklötz! Gieße in eine andere Glasschale Wasser!

Ergebnis. Der Holzklötz besitzt eine selbständige Gestalt, die sich beim Hineinlegen in die Glasschale nicht ändert; das Wasser verteilt sich und bedeckt den ganzen Boden. — Nach ihrer äußeren Erscheinung teilt man die Körper in feste, flüssige und luftförmige ein. Diese Zustände nennt man Aggregatzustände. — Die festen Körper haben eine selbständige Gestalt, die flüssigen nicht; sie nehmen die Gestalt des Gefäßes an, worin sie sich befinden.“

Der Verfasser macht hier, wie auch noch an anderen Stellen, den Fehler, mittels eines scheinbar induktiven Schlusses ein Ergebnis aus einem Vorgang herzuleiten, welches ein Beobachter, der ohne Voreingenommenheit den Versuch betrachtet, unmöglich erschließen würde. Das Buch würde zweifellos gewinnen, wenn der Verfasser bei einer ev. Neuauflage sich entschließen würde, eine Anzahl derartiger Versuche nebst ihren sogenannten „Ergebnissen“ zu streichen. Im übrigen verdient das Buch wegen der reichen Anzahl guter Versuche und des äußerst niedrigen Preises von 1,85 M weite Verbreitung.

W. Bahrdt.

Physikalisches Experimentierbuch. II. (Schluß-) Teil. Anleitung zum selbständigen Experimentieren für mittlere und reife Schüler. Von H. Rebenstorff, Prof. in Dresden. Mit 87 Abbildungen im Text. B. G. Teubner 1912. 178 S. M. 3,—.

Während der im Jahre 1911 herausgegebene I. Band eine Anzahl leicht anzustellender Versuche für Knaben, die noch gar keinen oder nur wenig Physikunterricht in der Schule genossen haben, darbietet, macht dieser II. Band hinsichtlich der Reife der experimentierenden Schüler bereits etwas größere Ansprüche; hier wird schon mancherlei aus dem Anfangsunterricht der Physik als bekannt vorausgesetzt. Da in einem „Experimentierbuche“ die Beschreibung der Versuche in den Vordergrund gerückt ist, so wird der experimentierende Knabe, um die theoretischen Dinge sich klarzumachen, häufig in die Lage versetzt werden, die betreffenden Abschnitte in einem Lehrbuche der Physik nachzulesen.

Die beschriebenen Versuche behandeln auch in diesem II. Bande alle Hauptgebiete der Physik. Meist erfordern sie nur eine geringe Handfertigkeit. Einige der Versuche sind noch wenig bekannt. Unter diesen hat dem Referenten eine einfache Methode besonders gefallen, mit der der Verfasser kleine Gesichtswinkel mißt. Da diese Methode bei praktischen, trigonometrischen Messungen, bei Geländeaufnahmen und ähnlichen Arbeiten sehr wohl verwendet werden kann, und zwar von allen Schülern in „gleicher Front“, so sei sie hier kurz mitgeteilt: Ein Zentimetermaßstab wird mit ausgestrecktem Arme in die Richtung des zu messenden Gegenstandes, aber quer zu dieser Richtung, gehalten, so daß der Abstand zwischen Auge und Lineal 57,3 cm beträgt. Diesen Abstand findet man

mittels eines Bindfadens von 57,3 cm Länge, der einerseits am Lineal befestigt ist, andererseits zwischen den Figuren gehalten und bis an das Auge des Beobachters geführt wird. Die betreffende Armhaltung ist dann für die Verwendung des Zentimetermaßes einzuprägen, wenn man es nicht vorzieht, bei jeder einzelnen Messung wieder den Abstand 57,3 cm durch den Bindfaden zu kontrollieren. Für einen Erwachsenen ist der Abstand zwischen dem in der Hand gehaltenen Maßstab und dem Auge bei ausgestrecktem Arme nahezu gleich dieser Strecke. Es kommt dann auf je einen Zentimeter der Teilung ein Grad des Gesichtswinkels.

Daß derartige einfache Versuche, die leicht anzustellen sind und auch nicht allzuviel Zeit in Anspruch nehmen, dem nachdenklichen Knaben nicht nur viel Freude machen, sondern ihm auch wertvolle Erfahrungen übermitteln, die, aus eigener Kraft gemacht, lange lebendig zu bleiben pflegen und seine Urteilskraft über physikalische und andere Naturerscheinungen erzieherisch beeinflussen, weiß jeder Kenner der Jugend. Das Rebenstorffsche Buch ist, weil es den Knaben eine Fülle derartiger Anregungen bietet, aufs wärmste zu empfehlen.

W. Bahrdt.

Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Staßfurter Salzlagers. Von J. H. van 't Hoff (und 29 Mitarbeitern). Herausgegeben von Prof. Dr. H. Precht in Neustadt und Prof. Dr. E. Cohen in Utrecht. Mit einer Gedächtnisrede auf van 't Hoff von Emil Fischer, Exz. Mit 8 Tafeln und 39 Textabbildungen. Leipzig, 1912. Akad. Verlagsges. m. b. H. XX u. 374 S.

Die vorliegenden Untersuchungen stellen die größte experimentelle Arbeit van 't Hoff's dar. Unternommen wurde sie mit finanzieller Unterstützung der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften und unter Mitwirkung einer größeren Reihe von bei den Einzelarbeiten genannten Mitarbeitern, von denen in erster Linie W. MEYERHOFFER zu nennen ist. Die Resultate sind niedergelegt in 52 Abhandlungen der Akademie, und diese sind uns hier zugänglich gemacht. Es handelt sich bei den Untersuchungen um das Problem, die Entstehungsgeschichte, die Bildungsbedingungen der landwirtschaftlich so hochwichtigen Staßfurter Salzablagerungen, insbesondere der Kalisalze, klarzulegen, also zunächst die Gleichgewichtsverhältnisse der neben Kochsalz im Meerwasser vorkommenden Hauptbestandteile erst für sich allein und

dann im Verein mit Kochsalz und weiterhin mit den Calciumverbindungen, und womöglich noch mit den nur in geringen Mengen auftretenden Körpern wie Borazit, Eisen- und Bromverbindungen usw. festzustellen, und zwar bei ganz bestimmt gewählten Temperaturen (die meisten Untersuchungen beziehen sich auf die Temperaturen von 25° und 83°); es handelt sich also um die Lösung einer Riesenaufgabe, von der sogar die vorliegende umfangreiche Arbeit, die van 't Hoff drei Jahre vor seinem Tode zu einem gewissen Abschluß brachte, auch nur ein Teil ist, gewissermaßen „das Fundament, das Erdgeschöß und der Dachstuhl“ (nach den Worten der Herausgeber), und für deren Weiterführung, d. i. die „Untersuchung der Bildungsbedingungen für weitere Temperaturen, van 't Hoff selbst noch gesorgt hat. Das Ziel dieser Aufgabe ist nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch in praktischer Hinsicht von größter Bedeutung. Die eigenartigen graphischen Darstellungen solcher komplexen Lösungsverhältnisse erregten schon beim Erscheinen einiger Vorresultate ein gewisses Aufsehen; hier sind die Verhältnisse auf 8 doppelfarbigen Tafeln graphisch dargelegt. Die Inangriffnahme wie die experimentelle, rechnerische und graphische Durchführung dieser so enorm umfangreichen und komplizierten Untersuchungen waren wohl überhaupt nur einem van 't Hoff möglich, in dem sich weitestgehendes chemisches und mathematisches Können so glücklich vereinten. Die Gedächtnisrede von EMIL FISCHER ist eine sehr willkommene Beigabe des Werkes, das in keiner fachwissenschaftlichen Bibliothek fehlen darf.

O.

Die chemischen Grundlehren nach Menge, Maß und Zeit. Von J. H. van 't Hoff. Mit 12 in den Text gedruckten Abbildungen und einem Vorwort von Ernst Cohen. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1912. X u. 91 S. Geh. M 4,—.

Das Buch nimmt schon deshalb eine besondere Stellung unter den Schriften des verewigten Forschers ein, als es seine letzte Arbeit ist, über deren Fertigstellung ihn der Tod ereilte. Der Inhalt ist der Niederschlag von gehaltenen Vorlesungen und schließt sich eng an des Verfassers Werk „Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie“ an. Schon während seines Amsterdamer Aufenthaltes zeigte sich für den Verfasser, daß sich die Grundzüge der allgemeinen Chemie leicht faßlich anordnen lassen, falls diese in die vier Kapitel: „Qualität, Quantität,

Volumen, Wärmeentwicklung und Affinität“ gegliedert wird; in seiner freieren Berliner Tätigkeit zeigte sich ihm, daß diese Einteilung sich den Grundbegriffen „Qualität, Menge, Maß und Zeit“ auffällig anschließt, so daß sie im Grunde genommen auf dem Gramm-Zentimeter-Sekunden-System fußt. Für das vorliegende Werk entstand schließlich diese Einteilung: „Die Qualität; die Quantität; die Dimension; Quantität und Dimension: die Arbeit; die Zeit; Quantität und Zeit: die Reaktionsgeschwindigkeit; Dimension und Zeit: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit; Quantität, Dimension und Zeit: die Arbeitsmaschinen.“ Auf die Unterabteilungen näher einzugehen, verbietet hier der Raum. Von diesen Hauptabschnitten fehlen nur die beiden letzten oder eigentlich nur der allerletzte, da da man in betreff des vorletzten Abschnitts die genaueren Ansichten des Verfassers in dem oben genannten Werk findet. So ist das vorliegende Werk zwar nicht ganz vollendet; aber was geboten wird, zeigt uns die klassische Arbeitsweise dieses genialen Forschers in besonderer Reife und Abgeklärtheit, so daß das Buch nicht nur eine wertvolle Ergänzung der übrigen Schriften des Verfassers darstellt, sondern durch die Klarheit der Definitionen, die sich gerade auch auf die Grundbegriffe erstrecken, auch für den Mittelschulunterricht von Bedeutung ist. O. Ohmann.

Die Valenzlehre. Ein Lehr- und Handbuch für Chemiker und Physiker. Von Prof. Dr. Hugo Kauffmann a. d. Techn. Hochschule in Stuttgart. Mit 29 Fig. Stuttgart, F. Enke, 1911. X u. 557 S. M 15,—.

In dem ersten Teile dieses großzügigen, die modernen Ansichten über die Valenz zusammenfassenden und erweiternden Werkes, der „Die formale Valenzlehre“ betitelt ist, handelt es sich in erster Linie um die Ableitung der Strukturtheorie. Es werden hier die beiden Grundannahmen, die für die Aufstellung einer formalen Valenzlehre ausreichend sind, näher erörtert. Als „erste Hypothese“ wird angesprochen: „Der Wasserstoff ist stets einwertig.“ Die „zweite Hypothese“ betrifft hauptsächlich die Tatsachen der Isomerie, die für die Valenzlehre eine Art Rückgrat bildet, und ist dahin formuliert, daß „innerhalb der Moleküle die Atome in bestimmter Weise angeordnet sind, und daß die chemischen Eigenschaften eines Stoffes sich nach der im Molekül bestehenden Anordnung richten. Andere Anordnung heißt soviel wie anderer Stoff“. Weiterhin werden die Be-

ziehungen zwischen Isomerie und Struktur, der Valenzwechsel (beim Stickstoff, Phosphor usw.) und die Valenz der Elemente behandelt. In diesem letzten Abschnitt finden sich die Valenzen aller einzelnen chemischen Elemente in acht Abteilungen, gemäß den acht Familien des periodischen Systems eingehend, in kritischer Sichtung besprochen, unter genauerer Berücksichtigung der Farbe der Ionen; hier sind auch die zahlreichen Literaturbelege, die jedoch in den anderen Teilen nicht etwa fehlen, rühmend hervorzuheben. Beiläufig sei erwähnt, daß beim Element Eisen die Auffassung des Oxydes Fe_2O_4 als Oxydulderivat des in der Natur als Göthit vorkommenden Hydroxydes $\text{O} \text{---} \text{Fe} \text{---} \text{OH}$ nicht erwähnt oder — vielleicht abgelehnt ist; das erwähnte Oxyd wird nur in der üblichen Weise als „eine Vereinigung des Oxyduls mit dem Oxyd“ aufgefaßt (S. 259) mit der Motivierung, daß es sich in Säuren zu einem Gemenge von Ferro- und Ferrisalz löst.

Den interessantesten Teil des wertvollen Buches bildet die zweite Abteilung: „Die allgemeine Valenzlehre.“ Hier wird eine Erweiterung der formalen Valenzlehre vorgenommen, deren Unzulänglichkeiten näher dargelegt werden; es wird weiterhin die wichtige Theorie von der „Teilbarkeit der Valenz“ unter Einführung der Begriffe der Valenzlinien und des Valenzfeldes entwickelt; hieran schließen sich die „Molekülverbindungen“, die „Optischen Eigenschaften und die Teilbarkeit der Valenz“, und als letzter Abschnitt „Die Valenzlehre auf Grundlage der Elektronentheorie“. Diese vorzüglich bearbeitete zweite Abteilung ist auch diejenige, in der der Verfasser am meisten von seinen eigenen Forschungen und Spekulationen bietet. Auf die Vereinfachungen, die als letztes Kapitel manche Anschauungen der Valenzlehre durch die Einführung der Elektronen erfahren, sei noch besonders hingewiesen; beispielsweise wird der Valenzwechsel zurückgeführt auf die verschiedenen Gleichgewichtslagen, in denen die Elektronen um ein Atom herum sich zusammenfinden können; eigenartige graphische Darstellungen unterstützen in diesem Abschnitt die Darstellung außerordentlich.

Diese Andeutungen über den Inhalt des Buches geben aber nur einen sehr unzulänglichen Begriff von seiner großen Reichhaltigkeit. Das Werk greift in die tiefsten Fragen der theoretischen Chemie ein und darf daher auf ein weitgehendes Interesse rechnen. Selbst für den Mittelschulunterricht, der sich im

allgemeinen von Spekulationen fernzuhalten hat, ist es hinsichtlich mancher theoretischen Fragen von Bedeutung. Ein Punkt ist hier hervorhebenswert. Es hat etwas Verführerisches, für manche kompliziertere Verbindung eine Strukturformel, etwa auf Grund gegenseitiger Bindung der Atome eines multipel auftretenden Elementes, aufzustellen, und man begegnet öfters in Schullehrbüchern solchen mehr oder weniger willkürlichen Versuchen. Es ist anzuraten, hier mit mehr Vorsicht vorzugehen, und solche Aufstellungen erst einer Prüfung durch die Tatsachen und die wissenschaftlich haltbaren Theorien, etwa an der Hand des vorliegenden, die Schwierigkeiten und die Probleme allseitig beleuchtenden Werkes zu unterwerfen.

Das sich ebenso durch Vielseitigkeit wie durch Gründlichkeit auszeichnende Buch sei allgemeiner Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Kurze Anleitung zur Maßanalyse. Von Dr. Ludwig Medicus. Prof. a. d. Universität Würzburg. 9. u. 10. verb. u. vermehrte Aufl. Tübingen, 1911, H. Laupp. XV u. 209 S. Geb. M 3,20.

Das Buch gibt unter Berücksichtigung der Vorschriften des Arzneibuches und mit stetem Hinblick auf die praktischen Anwendungen vorzügliche Anweisungen über alle wichtigen maßanalytischen Methoden. In den chemischen Schülerübungen dürfen einfache Aufgaben aus der Maßanalyse nicht mehr fehlen. Das Buch ist hier ein zuverlässiger Führer. Auch auf den Anhang, der u. a. eine Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft (nach Pettenkofer) sowie eine Untersuchung von Trink- und Gebrauchswasser enthält, sei lobend hingewiesen.

O.

Anorganische Chemie. Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie auf elementarer Grundlage. Von Prof. Dr. Alexander Smith a. d. Columbia-Universität in New York. 2. Aufl. Deutsche Bearbeitung von Dr. E. Stern, Karlsruhe i. B. G. Braus, 1913.

Das treffliche Buch wurde bereits in dieser Zeitschr. (XXII, 269) eingehend gewürdigt. Die neue Auflage ist nennenswert erweitert worden. Beispielsweise wurde das wichtige Kapitel Molekular- und Atomgewichte umgearbeitet; manche Abschnitte, z. B. der über Thor, Radium, Mesothorium, wurden teilweise neu geschrieben. Es ist interessant, zu beobachten, wie in den neueren Lehrbüchern der Raum, den die Behandlung der radio-

aktiven Stoffe einnimmt, immer größer wird. Auch der Mittelschulunterricht wird nicht umhin können, dieser Entwicklung, wenn auch mit Vorsicht, zu folgen. Das Buch sei von neuem angelegentlich empfohlen. O.

Städeler-Kolbes Leitfaden für die qualitative chemische Analyse. Neu bearbeitet von Prof. Dr. H. Abeljans a. d. Universität zu Zürich. 14. vermehrte Aufl. Zürich, Orell Füssli, 1912. 152 S.

Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation hat besonders befruchtend auf die Auffassung der analytischen Reaktionen eingewirkt. Es gibt kaum noch ein Buch über qualitative Analyse, in dem ihr nicht der gebührende Einfluß eingeräumt ist. Der Hauptvorzug der neuen Bearbeitung des vorliegenden Leitfadens besteht darin, daß auch in ihm jetzt die Reaktionen im Sinne der Ionen-theorie formuliert sind. Im übrigen wurde der

Leitfaden bereits früher in dieser Zeitschr. (XV, 188) empfehlend besprochen. O.

Kurzes chemisches Praktikum. Von F. Arndt, Privatdoz. d. Chemie a. d. Universität Breslau. Leipzig, Veit & Co., 1912. 88 S. Geb. M 3,—.

Das für Mediziner und Landwirte bestimmte Praktikum berücksichtigt in erfreulichem Maße Grundsachen der allgemeinen Chemie, z. B. auch kolloidale Lösungen. Wenn es auch damit über den üblichen Rahmen der dem Mediziner zugemuteten praktischen Übungen hinausgeht, so ist doch diese Neuerung hinsichtlich der besseren Auffassung physiologischer Fragen durchaus gerechtfertigt. Weiterhin berücksichtigt das Buch die wichtigsten Säuren, Basen und Metallgruppen. Ein ganzes Drittel ist Versuchen aus der organischen Chemie gewidmet. Das Buch ist auch im Interesse des Schülerpraktikums zu empfehlen. O.

1913.
Internationale Atomgewichte.*)

Ag	Silber	107,88	He	Helium	3,99	Ra	Radium	226,4
Al	Aluminium	27,1	Hg	Quecksilber	200,6	Rb	Rubidium	85,45
Ar	Argon	39,88	Ho	Holmium*	163,5	Rh	Rhodium	102,9
As	Arsen	74,96	In	Indium	114,8	Ru	Ruthenium	101,7
Au	Gold	197,2	Ir	Iridium	193,1	S	Schwefel	32,07
B	Bor	11,0	J	Jod	126,92	Sb	Antimon	120,2
Ba	Barium	137,37	K	Kalium	39,10	Sc	Scandium	44,1
Be	Beryllium	9,1	Kr	Krypton	82,92	Se	Selen	79,2
Bi	Wismut	208,0	La	Lanthan	139,0	Si	Silicium	28,3
Br	Brom	79,92	Li	Lithium	6,94	Sm	Samarium	150,4
C	Kohlenstoff	12,00	Lu	Lutetium	174,0	Sn	Zinn	119,0
Ca	Calcium	40,07	Mg	Magnesium	24,32	Sr	Strontium	87,63
Cd	Cadmium	112,40	Mn	Mangan	54,93	Ta	Tantal	181,5
Ce	Cerium	140,25	Mo	Molybdän	96,0	Tb	Terbium	159,2
Cl	Chlor	35,46	N	Stickstoff	14,01	Te	Tellur	127,5
Co	Kobalt	58,97	Na	Natrium	23,00	Th	Thor	232,4
Cr	Chrom	52,0	Nb	Niobium	93,5	Ti	Titan	48,1
Cs	Caesium	132,81	Nd	Neodym	144,3	Tl	Thallium	204,0
Cu	Kupfer	63,57	Ne	Neon	20,2	Tu	Thulium	168,5
Dy	Dysprosium	162,5	Ni	Nickel	58,68	U	Uran	238,5
Er	Erbium	167,7	Nt	Niton	222,4	V	Vanadium	51,0
Eu	Europium	152,0	O	Sauerstoff	16,00	W	Wolfram	184,0
F	Fluor	19,0	Os	Osmium	190,9	X	Xenon	130,2
Fe	Eisen	55,84	P	Phosphor	31,04	Y	Yttrium	89,0
Ga	Gallium	69,9	Pb	Blei	207,10	Yb	Ytterbium	172,0
Gd	Gadolinium	157,3	Pd	Palladium	106,7	Zn	Zink	65,37
Ge	Germanium	72,5	Pr	Praseodym	140,6	Zr	Zirkonium	90,6
H	Wasserstoff	1,008	Pt	Platin	195,2			

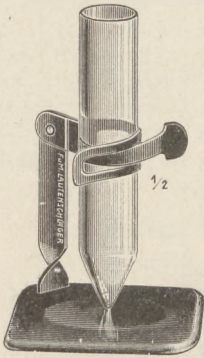
*) Die Tabelle kann von der Buchhandlung R. Friedländer & Sohn, Berlin NW. 6, Karlstr. 11, zum Preise von 20 Pf. pro Stück — bei Abnahme von 10 und mehr Exemplaren 10 Pf. pro Stück — bezogen werden.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Halter für Probiergläser, Präparatensröhren usw.¹⁾.

Von F. & M. LAUTENSCHLÄGER, Berlin N. 39, Chausseestraße 92.

Die einfache Haltevorrichtung hat den Vorteil, daß in die federnde Klemme Röhren verschiedener Weite eingespannt werden können. Die Klemme dreht sich in einem Gelenk (s. Figur), so daß die Präparate von allen Seiten betrachtet werden können. Ganz besonders eignet sich der Halter zur Demonstration einzelner Präparate bei Vorlesungen und in Sammlungen. Für den Chemiker ist der kleine Halter besonders beim Abwägen von Flüssigkeiten und festen Substanzen zweckdienlich.



Preis des Halters: Stück M —,35, 100 Stück M 30,—.

Man gebe bei der Bestellung an, ob die Halter für Gläser von 15–23 oder von 23–33 mm äußerem Durchmesser bestimmt sind. Der Preis ist der gleiche.

Preisverzeichnisse:

A. Krüß, Hamburg, Apparate für den physikalischen Unterricht und für Schülerübungen. Preisliste Nr. 8. Der Inhalt umfaßt hauptsächlich die von E. Grimsehl konstruierten Apparate.

Leppin & Masche, Berlin SO. Liste D 31, umfassend Meßinstrumente für Längen-, Raum-, Zeit- und Winkelmessung, Barometer, meteorologische Apparate.

Carl Warmbach, Loschwitz bei Dresden. Preisverzeichnis Nr. 4. Apparate für elektrische Schwingungen, drahtlose Telegraphie, Teslatversuche.

Korrespondenz.

Aufforderung betreffend Meldung von Unfällen.

Je mehr der physikalische und chemische Unterricht auf Unterrichtsversuche und Schülerübungen gegründet wird, um so mehr wird es zur Pflicht, die mit dem praktischen Arbeiten verknüpfte Möglichkeit von Unfällen soweit zu berücksichtigen, daß Schädigungen tunlichst vermieden werden. Der in dieser Zeitschrift (dieses Heft, S. 169) beschriebene Unfall mit flüssiger Luft zeigt, daß zu den bereits bekannten Unfallmöglichkeiten gelegentlich noch neue hinzutreten können. Bisher wurden fast alle Unfälle bei Unterrichtsversuchen, falls sie nicht in die Tagespresse gelangten, nur in ganz engen Kreisen bekannt. Es ist jedoch ersichtlich von Wert, wenn nicht nur derartige neue Fälle, sondern auch Wiederholungsfälle bekannter Unfallstypen unter Angabe der begleitenden Umstände zu allgemeiner Kenntnis gebracht werden. Zweifellos kann dadurch manchem neuen Unfall vorgebeugt werden. Es soll daher von seiten dieser Zeitschrift eine solche Meldestelle errichtet werden, und es ergeht hiermit an alle Herren Fach-

kollegen im In- und Auslande die Aufforderung, alle bemerkenswerten Unfälle bei Schulversuchen und auch bei Schülerversuchen hier zur Meldung zu bringen und die Meldungen nach folgendem Schema einzurichten:

1. Ort und Name der Anstalt; Datum des Unfalles; Klassenstufe.
2. Angabe, ob der Unfall im Physik- oder im Chemie-Unterricht stattfand.
3. Kurze Angaben über die Art des Unfalles und über die Versuchsanordnung.
4. Vermutliche Ursache des Unfalles, evtl. nebst Ratschlägen zur Vorbeugung.
5. Angabe des Schadens, insbesondere etwaiger Verletzungen.

Alle Meldungen werden seitens der Zeitschrift registriert und als Material zu gelegentlichen statistischen Aufstellungen oder sonstigen Mitteilungen im Korrespondenzteile dieser Zeitschrift verwendet; andrerseits gelangt keine Meldung gegen den Wunsch des Einsenders hier einzeln zur Mitteilung; ferner kann auch je nach dem Wunsche des Einsenders nur die Sache hier mitgeteilt werden, Name des Einsenders und Ort der Anstalt aber ungenannt bleiben.

Die Zuschriften werden an die Redaktion dieser Zeitschrift, und zwar an die Adresse von Prof. O. Ohmann, Berlin-Pankow, Cavalierstr. 15, erbeten.

¹⁾ Anmerkung d. Red. Vgl. hierzu auch die „Ständerchen für Reagenzgläser“ nach H. Rebenstorff (Firma Gustav Müller in Ilmenau i. Th.).

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1913.

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

	Juni						Juli						
	1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	31
♿ { AR	4 ^h 32 ^m	5.19	6. 5	6.48	7.27	8. 0	8.27	8.50	9. 6	9.16	9.19	9.14	9. 2
	+ 22 ^o	+ 24 ^o	+ 25 ^o	+ 25 ^o	+ 24 ^o	+ 22 ^o	+ 20 ^o	+ 18 ^o	+ 16 ^o	+ 14 ^o	+ 12 ^o	+ 12 ^o	+ 12 ^o
♀ { AR	1 ^h 56 ^m	2. 8	2.21	2.36	2.52	3. 9	3.27	3.47	4. 7	4.28	4.49	5 11	5.34
	+ 10 ^o	+ 11	+ 11	+ 12	+ 13	+ 14	+ 15	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20	+ 20	+ 21
☉ { AR	4 ^h 35 ^m	4.56	5.16	5.37	5.58	6.19	6.39	7. 0	7.20	7.41	8. 1	8.21	8.40
	+ 22,0 ^o	+ 22,6 ^o	+ 23,1 ^o	+ 23,3 ^o	+ 23,5 ^o	+ 23,4 ^o	+ 23,1 ^o	+ 22,7 ^o	+ 22,2 ^o	+ 21,1 ^o	+ 20,5 ^o	+ 19,5 ^o	+ 18,4 ^o
♂ { AR	1 ^h 10 ^m	1.24	1.38	1.52	2. 6	2.20	2.34	2.48	3. 2	3.16	3.30	3.44	3.58
	+ 6 ^o	+ 7	+ 9	+ 10	+ 11	+ 13	+ 14	+ 15	+ 16	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20
♃ { AR		19.11		19. 6		19. 1		18.56		18.50		18.45	
	D	- 22		- 23		- 23		- 23		- 23		- 23	
♄ { AR	4 ^h 26 ^m						4.42						
	+ 20 ^o						21						
☾ Aufg.	3 ^h 46 ^m	3.42	3.40	3.39	3.39	3.40	3.43	3.47	3.52	3.58	4. 4	4.11	4.19
	Unterg.	20 ^h 10 ^m	20.15	20.19	20.22	20.24	20.24	20 21	20.18	20.13	20. 7	20. 0	19.53
☾ Aufg.	1 ^h 54 ^m	4.15	11.24	18.39	22.57	23.52	0.46	6. 4	13.31	19.56	21.42	22.30	0.43
	Unterg.	16 ^h 35 ^m	22.46	0.20	1.24	5.38	11.49	18.16	22.12	23.14	1. 7	7.11	13.12
Sternzeit im mittl. Mittg.	4 ^h 37 ^m 18 ^s	4 57. 1	5.16.44	5.38.27	5 56. 9	6.15.52	6.35.35	6.55.18	7.15. 1	7.34.43	7.54.26	8.14. 9	8.33.52
	Zeitgl.	- 2 ^m 28 ^s	- 1.39	- 0.42	+ 0.20	+ 1.24	+ 2.29	+ 3.30	+ 4.26	+ 5.12	+ 5.48	+ 6.10	+ 6.19

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Sommersanfang am 22. Juni 2^h 10^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Juni 4, 20 ^h 57 ^m Juli 4, 6 ^h 7 ^m	Juni 11, 17 ^h 38 ^m Juli 10, 22 ^h 38 ^m	Juni 18, 18 ^h 54 ^m Juli 18, 7 ^h 7 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	morgens $\frac{3}{4}$ bis 1 $\frac{1}{2}$ Stunden lang sichtbar	wird morgens im O sichtbar, zuletzt $\frac{3}{4}$ Stun- den lang	die ganze Nacht hindurch sichtbar	unsichtbar
im Juli	unsichtbar	die Sichtbar- keitsdauer wächst bis auf 2 $\frac{3}{4}$ Stunden	die Sichtbar- keitsdauer wächst bis auf 3 $\frac{1}{4}$ Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar, Opposition am 5.	wird morgens im NO sichtbar, zuletzt bereits 2 $\frac{1}{2}$ Stunden lang

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Am 8. Juni, 0 ^h 27,2 ^m M.E.Z.	Eintritt des	I. Trabanten
- 11. - 0 28,0	- - -	II. -
- 23. - 22 44,0	- - -	I. -
- 26. - 23 46,7	- - -	IV. -
- 1. Juli, 0 38,2	- - -	I. -
- 9. - 23 14,5	- Austritt -	I. -
- 24. - 21 35,7	- - -	III. -
- 25. - 21 32,2	- - -	I. -

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.