

# Zeitschrift

für den

## Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXI. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1908.

### Die Messung von Verbrennungswärmen im Schulunterricht.

Von

Dr. Wilhelm Bahrdt in Groß-Lichterfelde.

1. Die Messung von Verbrennungswärmen ist eine sowohl für die Technik wie für die Wissenschaft wichtige Aufgabe; in der Technik hat sie besondere Bedeutung für die Prüfung von Brennmaterialien, z. B. des Leuchtgases. Der Wert dieses Gases bei seiner Verwendung zum Heizen und Kochen oder beim Betrieb von Gasmotoren wird einzig durch seine Heizkraft bestimmt; diese ist aber in verschiedenen Städten und zu verschiedenen Zeiten von sehr ungleicher Größe, beispielsweise beträgt sie nach Untersuchungen von BUEB in Dessau 4650, in Frankfurt a. M. dagegen 6700 Kalorien; auch ist sie bei dem Gase derselben Anstalten beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Für die Wissenschaft hat die Messung von Verbrennungswärmen ein dreifaches Interesse, einmal für die Physik, insofern die Verbrennungsprozesse die hauptsächlichsten irdischen Wärmequellen darstellen, dann für die Chemie, welche die Frage zu behandeln hat, wie diese Vorgänge verlaufen, und wie ihr Verlauf durch die Änderungen des Wärmeinhalts bedingt wird, und endlich für die Physiologie zur Beurteilung der Verbrennungsvorgänge im Lebensprozeß des menschlichen und tierischen Körpers.

Bei dieser zweifellosen Wichtigkeit muß man sich wundern, daß im Schulunterricht kaum Messungen von Verbrennungswärmen vorgenommen werden. Der Grund scheint mir darin zu liegen, daß es im Handel keine geeigneten Apparate für den Schulunterricht gibt, um quantitative Bestimmungen auszuführen.

Die Kalorimeter, die sich in den Katalogen der größeren Firmen für physikalische Apparate finden, sind keine geeigneten Schulapparate, weil sie zu kompliziert in ihrer Konstruktion, infolgedessen auch für den Lehrer in der Handhabung nicht einfach genug und dem Verständnis der Schüler nicht angepaßt sind, und endlich, weil sie zu teuer sind. Es sind Apparate, die entweder für die Technik oder für den Hochschulunterricht bestimmt sind; ihr Zweck ist, durch möglichste Ausschaltung aller Fehlerquellen größte Genauigkeit der Messungsergebnisse zu erzielen. Für Schulapparate kommen jedoch in erster Linie andere Gesichtspunkte in Betracht. Natürlich ist der Wert eines Schulapparates auch abhängig von der Genauigkeit, welche er bei den Versuchsergebnissen zu liefern vermag; aber noch wichtiger ist die Einfachheit seiner Konstruktion und Handhabung. Die Aufstellung des Apparates, die ja gewöhnlich in den kurzen Zwischenpausen geschieht, und die experimentelle Vorbereitung des Versuchs durch den Lehrer dürfen bei einem guten Schulapparat nicht zu lange Zeit erfordern; der Versuch selbst muß längstens in einer Lehrstunde beendet sein. Diesen Anforderungen würden von den Verbrennungskalorimetern noch am meisten die älteren Apparate entsprechen. Es dürfte daher nicht unangebracht sein, einen kurzen Blick auf diese zu werfen.

Schon bald nachdem man in den Stand gesetzt war, Wärmemengen quantitativ zu bestimmen, versuchte man es, die beim Verbrennungsprozeß entwickelte Wärme

zu messen. Bereits LAVOISIER bestimmte mittels des Eiskalorimeters die Verbrennungswärme von Kohlenstoff und Wasserstoff sowie von anderen Stoffen; er ließ zu dem Zwecke bestimmte Mengen dieser Substanzen in dem Eiskalorimeter verbrennen und beobachtete die Menge des geschmolzenen Eises; hieraus berechnete er die bei der Verbrennung entwickelte Wärmemenge. Diese Methode hat jedoch, da sie zu ungenaue Resultate liefert, nur noch historisches Interesse.

CRAWFORD, DAVY, RUMFORD und DALTON benutzten bei ihren Verbrennungsversuchen das Wasserkalorimeter. Sie verwendeten ein mit Wasser gefülltes Gefäß aus Metallblech, in dessen Boden ein mit der Öffnung nach unten gerichteter Trichter angebracht war. An das Ausflußrohr des Trichters war eine mehrfach in Schlangenumwindungen durch das Wasser des Kalorimeters geleitete Röhre angesetzt. Der zu verbrennende Körper, bzw. bei Flüssigkeiten eine kleine mit Öl oder Alkohol gefüllte Lampe wurde unter den Trichter gestellt und entzündet. Die Verbrennungsgase entwichen durch das Schlangenrohr und erwärmten das Wasser des Kalorimeters. Aus der Temperaturerhöhung und dem Wasserwert des Apparates wurde dann die bei der Verbrennung erzeugte Wärmemenge berechnet.

Der von DULONG benutzte Apparat bestand aus einer Verbrennungskammer, die sich in einem größeren mit Wasser gefüllten, zylindrischen, allseitig geschlossenen Gefäß befand. Der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff wurde durch eine Röhre in die Verbrennungskammer geleitet; ein zweites in vielen Windungen durch das Kalorimeter führendes Schlangenrohr diente zur Ableitung der Endprodukte der Verbrennung. Ähnliche Apparate benutzten THOMSON, bei dem die Verbrennungskammer aus Platinblech hergestellt war, und BERTHELOT, welcher zur Beobachtung des Vorganges eine gläserne Verbrennungskammer gebrauchte. Der DULONGSche Apparat wurde von FAVRE und SILBERMANN vervollkommenet. Sie führten die Verbrennung in einem Gefäße von dünnem vergoldeten Kupferblech aus, in das drei Röhren gingen, eine zur Einführung des Sauerstoffs, eine zur Ableitung der Verbrennungsgase und ein weiteres senkrecht nach oben führendes Rohr, das an seinem Ende mit einer Glasplatte verschlossen war; darauf war ein schräg nach unten geneigter Spiegel gesetzt, durch den man von der Seite her den Gang der Verbrennung beobachten und dann nach Bedarf regeln konnte. Diese ganze Verbrennungskammer tauchte in ein mit Wasser angefülltes Kalorimeter aus Kupferblech, das zur Verminderung des Emissionsvermögens auswärts versilbert und poliert war. Das Kalorimeter wieder stand in einem mit Schwanenpelz gefüllten Gefäße und dieses endlich in einem Wassergefäß von der Temperatur der Umgebung.

Neuerdings mißt man Verbrennungswärmen vielfach mit der kalorimetrischen Bombe, die von ANDREWS zuerst angewandt und von BERTHELOT und MAHLER vervollkommenet ist. Die BERTHELOTSche Stahlbombe ist eine feste, widerstandsfähige, innen mit Platin ausgekleidete Kapsel von etwa  $\frac{1}{4}$  l Inhalt. In ihrem Inneren vollzieht sich die Verbrennung, nachdem sie mit Überschuß von Sauerstoff, der auf 25 Atmosphären komprimiert wird, beschickt ist. Bei Gasen tritt an Stelle der langsamen Verbrennung eine plötzliche Verpuffung ein. Das Gasmisch wird entzündet durch einen elektrischen Funken, den man zwischen zwei nahe beieinander liegenden Drähten überspringen läßt. Feste Körper bringt man in Pastillenform, Flüssigkeiten eingeschlossen in kleine Kollodiumkapseln in die Bombe; die Entzündung erfolgt durch einen dünnen Metalldraht, der durch einen elektrischen Strom glühend gemacht wird. Die Bombe taucht in ein mit Wasser gefülltes Kalorimeter, an das die bei der Verbrennung entstehende Wärme abgegeben wird. —

2. Ich hatte mich schon längere Zeit mit dem Gedanken getragen, für die Schule ein geeignetes Verbrennungskalorimeter zu bauen. Meine ersten Versuche stellte ich mit dem folgenden einfachen Apparat an, der nach Vergleichung mit den aus Tabellen gefundenen Verbrennungswärmen gute Resultate liefert.

Man schneidet von einer 3 cm weiten Glasröhre ein dezimeterlanges Stück *A* ab und feilt die scharfen Ränder mit einer Feile oder mit Schmirgelpapier ab. Hierauf durchbohrt man zwei in die Röhre passende Korke und steckt durch die Bohrung des einen ein starkes rechtwinklig umgebogenes Glasrohr *B* (Fig. 1), durch die des andern Korks eine mehreremal umgebogene Glasröhre *C*, die am Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen wird. Nun biegt man sich aus einem rechteckigen Stück Asbestpappe einen etwa 7 cm langen halben Zylindermantel, der in das Rohrstück hineingeschoben wird. Die Innenseiten der Korke werden durch festgesteckte Asbestscheiben mit je einer kleinen zentralen Bohrung vor dem Verkohlen geschützt. Mit diesem Apparat werden nur Verbrennungswärmen fester Körper bestimmt. Hierbei wird Kohle unmittelbar auf die Asbestunterlage, Schwefel in ein längliches Porzellanschälchen gelegt, wie man es bei Verbrennungsanalysen organischer Körper verwendet.

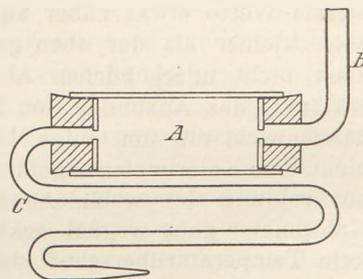


Fig. 1.

Ein Versuch verläuft in folgender Weise. Man füllt ein Gasometer von 10 bis 15 Liter Inhalt mit Sauerstoff. Darauf schneidet man ein längliches Stück Kohle, das in die oben beschriebene Verbrennungskammer hineinpaßt, von etwa 2 g Gewicht, zurecht und bestimmt auf einer chemischen Wage sein Gewicht (*p* Gramm). Nun füllt man in ein größeres Gefäß, etwa in einen Eimer oder eine Glaswanne, mehrere Liter Wasser, dessen Temperatur um 1 bis 2° unter Zimmertemperatur liegt, und bestimmt nach kräftigem Umrühren mit einem Thermometer, das kleine Temperaturunterschiede zu messen gestattet, die Temperatur des Wassers gleich *t*°. Dann verbindet man das Rohr *B* durch einen Schlauch mit dem Gasometer und läßt einen schwachen Sauerstoffstrom hindurchgehen, erwärmt das Stückchen Kohle am äußersten Ende in einem Bunsenbrenner, steckt es mittels einer Zange schnell in die Verbrennungsröhre hinein und setzt den Kork wieder auf. Darauf taucht man das Ganze, indem man am Rohr *B* anfaßt, in das Wasser des Kalorimetergefäßes. Der Sauerstoffstrom wird nun so reguliert, daß die Kohle weiß glüht. Nach einigen Minuten ist die Verbrennung beendet. Die Verbrennungsgase sind durch die Röhre *C* gegangen, deren Ende unter Wasser liegt. Hierbei haben sie ihre Wärme an das Wasser abgegeben. Beim Durchgang durch die feine Spitze der Röhre *C* ist der Gasstrom in viele kleine Bläschen zerteilt worden, die beim Aufsteigen dem Wasser eine große Oberfläche dargeboten haben und daher auf die Temperatur des Wassers abgekühlt sind. Nach vollständiger Verbrennung der Köhle rührt man das Wasser kräftig um und bestimmt seine Endtemperatur *T*°.

Berechnung der Verbrennungswärme. Bezeichnet man mit *v* die Verbrennungswärme, mit *p* die Menge der verbrannten Substanz, mit *q* die Wassermenge, mit *r* das Gewicht des Kalorimetergefäßes und mit *s* seine spezifische Wärme, so ist die abgegebene Wärme gleich *p · v*, die vom Wasser aufgenommene Wärme gleich  $(q + r s)(T - t)$ . Durch Gleichsetzung erhält man

$$v = \frac{(q + r s)(T - t)}{p}$$

Günstige Werte bei Verwendung eines 12 Liter fassenden Gasometers sind 2 g Holzkohle bzw. 5 g Schwefel, 4 l Wasser, Anfangstemperatur des Wassers 2° niedriger als die Zimmertemperatur.

Beispiel: 1,89 g Holzkohle wurden verbrannt. Es wurde gefunden *q* = 3875 g; *r* = 1280; *s* = 0,2; *t* = 15,40°; *T* = 18,91°. Hieraus ergibt sich *v* = 7680 Kalorien. Der in Tabellen gewöhnlich vorkommende Wert ist 8080 Kalorien; er rührt von Versuchen

der beiden Forscher FAVRE und SILBERMANN her, die sehr genaue und zahlreiche Messungen von Verbrennungswärmen ausgeführt haben. Ich versuchte, durch häufige Wiederholung meines Versuchs und durch möglichste Ausschaltung aller Fehlerquellen diesem Werte etwas näher zu kommen, aber vergeblich. Die meisten Werte waren noch kleiner als der oben gefundene. Die Fehlerquellen bei der Messung konnten diese nicht unerheblichen Abweichungen von dem Tabellenwert nicht vollständig erklären; das Anzünden der Holzkohle außerhalb der Verbrennungskammer konnte das Gewicht nur um einige Milligramm verkleinern, deren Verbrennungswärme daher nicht dem Kalorimeter zugeführt wurde; der unerhebliche Wärmeverlust durch Wärmeausstrahlung der weißglühenden Kohle, der bei dem im folgenden beschriebenen Kalorimeter ganz wegfiel, erklärte die Abweichung auch nicht; endlich ließ sich auch kein Temperaturüberschuß der entweichenden Verbrennungsgase und des unverbrannten Sauerstoffs über die Temperatur der Umgebung feststellen. Ich mußte daher annehmen, daß die von mir verwendete Holzkohle nicht rein oder daß die Verbrennung nicht vollständig zu Kohlendioxyd, sondern zum Teil nur zu Kohlenoxydgas erfolgt sei. In der Tat fand ich in der einschlägigen Literatur Angaben, die diese Vermutung bestätigten. ANDREWS benutzte bei seinen Verbrennungsversuchen Holzkohle, die vor dem Verbrennen zunächst mit Königswasser gekocht, dann mehrere Stunden im trockenen Chlorgase rotglühend erhalten und endlich unter einer Bedeckung von Kohlen in starke Weißglut versetzt wurde; auf diese Weise wurde aller Sauerstoff und Wasserstoff, den die gewöhnliche Holzkohle noch enthält, ausgetrieben. Die zurückbleibende Asche wurde in Abzug gebracht. Dies alles hatte ich bei meinen Versuchen unterlassen. Der von ANDREWS gefundene Wert für Holzkohle betrug 7900 Kalorien, ist also noch erheblich kleiner als der von FAVRE und SILBERMANN gefundene; ANDREWS hatte übersehen, daß bei der Verbrennung sich stets etwas Kohlenoxyd bildet. FAVRE und SILBERMANN bestimmten diese Menge und addierten zu der direkt bei der Verbrennung der Kohle gefundenen Wärmemenge die durch Verbrennung der aufgefundenen Menge CO berechnete Wärme.

3. Da die beschriebene Verbrennungskammer in bezug auf die Verschiedenartigkeit der Substanzen nur eine geringe Verwendung finden konnte, so habe ich ein Verbrennungskalorimeter gebaut, das sich zur Untersuchung fester, flüssiger und gasförmiger Körper eignet. Da es einfach in seiner Konstruktion und daher billig herzustellen, auch bequem in seiner Handhabung ist und eine für Schulzwecke hinreichende Genauigkeit der Versuchsergebnisse liefert, so glaube ich, daß es ein allen billigen Anforderungen genügender Schulapparat geworden ist.

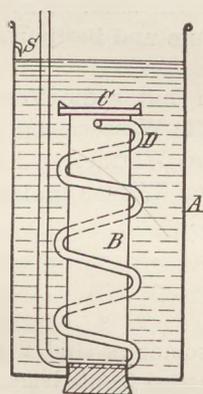


Fig. 2.

Beschreibung des Apparates. Das Kalorimeter (Fig. 2) besteht aus einem zylindrischen Gefäß *A* aus Eisenblech von 35 cm Höhe und 15 cm Durchmesser, das oben offen ist. Aus der Grundfläche ist in der Mitte eine kreisrunde Öffnung von 5 cm Durchmesser ausgeschnitten, auf deren Rand ein Zylinderrohr *B* aus Eisenblech von 26 cm Höhe gelötet ist. Der obere Rand ist umgelegt. Die Öffnung wird durch eine Glasplatte *C* verschlossen, die mit Siegellack an dem umgelegten Rande wasserdicht festgekittet wird. Etwa 2,5 cm unterhalb der Glasplatte ist an dem Zylinder *B* eine Gasabzugsröhre *D* aus Kupfer von 3 m Länge und 3 mm innerer Weite angebracht, die in mehreren Windungen um die Kammer *B* nach unten geführt ist und dann senkrecht aus dem Gefäß bis einige Zentimeter über den oberen Rand steigt. Ein breiter Metallring, der über das Schlangenrohr geschoben werden kann, mit angelötetem Metallstabe dient als Rührer. Drei

Zentimeter unterhalb des oberen Gefäßrandes ist im Innern ein Metallstift *S* mit senkrecht nach unten gebogener Spitze angelötet. Die Marke dient dazu, bei ver-

schiedenen Versuchen stets dieselbe Menge Wasser in das Gefäß zu füllen; der Wasserwert des gefüllten Kalorimeters ist dann eine konstante, nur einmal zu bestimmende Größe.

Als Hilfsapparate sind bei den meisten Versuchen erforderlich: ein mit Sauerstoff gefülltes Gasometer bzw. eine Sauerstoffbombe und eine Wasserstrahlsaugluftpumpe. Da in vielen Fällen nur ein kleiner Teil des Sauerstoffs zur Verbrennung dient, der größere Teil aber unverändert verloren geht, so ist es günstig, ein möglichst großes Gasometer zu haben. Beim Gebrauch einer Sauerstoffbombe ist die Verwendung eines Reduzierventils zu empfehlen. Es ist nämlich nicht immer möglich, mit einem vor Beginn der Verbrennung ausprobierten konstanten Sauerstoffstrom den Versuch zu beenden; sondern bei solchen Körpern, die mit einer Flamme verbrennen, muß die Menge des zugeführten Sauerstoffs nach der Größe und dem Aussehen der Flamme reguliert werden; sobald man durch die Glasplatte hindurch beobachtet, daß die Flamme rußt, so ist zu wenig Sauerstoff vorhanden und daher die Sauerstoffzufuhr zu vermehren. Andererseits kann auch die Sauerstoffzufuhr zu stark sein, so daß im Innern der Verbrennungskammer ein Überdruck entsteht, der den Abschlußstopfen der Kammer nebst der zu verbrennenden Substanz hinausgeschleudert.

Eine Wasserstrahlsaugluftpumpe wird wohl in jedem gut ausgestatteten physikalischen Kabinette vorhanden sein; sonst läßt sich zum Absaugen der Verbrennungsgase sehr gut eine kleine gläserne, sehr billige Wasserstrahlluftpumpe verwenden, die mittels eines Gummischlauchs an dem Hahn der Wasserleitung befestigt wird.

Nebenapparate. Alle Nebenapparate, die zur Aufnahme bzw. Zuführung der zu verbrennenden Substanz und zur Zuführung des Sauerstoffs dienen, werden an einem großen Korkspund befestigt, der in die untere Öffnung der Verbrennungskammer paßt. Die innere Fläche desselben ist zum Schutz gegen herabfallende brennende Substanzteilchen mit Asbestpappe belegt. Feste Körper werden in einem kleinen Porzellan- bzw. Nickeltiegel von 4 cm oberer Weite und 5 cm Höhe verbrannt. Die Zuführung des Sauerstoffs und die Befestigung des Tiegels sind in Fig. 3 ersichtlich. *A* ist eine dünne Messingröhre, die am oberen Ende nach abwärts gebogen und zu einer Spitze ausgezogen, am unteren Ende an das 0,8 cm weite Messingrohr *B* gelötet ist. Auf dieses wird der zum Sauerstoffbehälter führende Schlauch gesetzt. An die Röhre *A* wird ein oben ringförmig gebogener Draht *C* zur Aufnahme des Verbrennungstiegels gelötet. Die Röhre *B* ist durch den 5 cm weiten Korkspund *D* hindurchgesteckt. *E* bedeutet eine auf den Korkspund gelegte Scheibe aus Asbest.

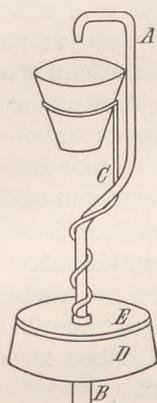


Fig. 3.

Flüssigkeiten werden in einem Gefäß *G*, das in Fig. 4 abgebildet ist, verbrannt. Zur Anfertigung desselben schneidet man von einer 2,5 cm weiten Messingröhre ein 4 cm langes Stück ab, lötet auf die Enden zwei kreisförmige Metalldeckel auf, deren einer eine kleine zentrale Bohrung besitzt, und lötet endlich als Hals des Gefäßes auf diese eine 2 cm lange und 0,6 cm dicke Röhre. Die zu verbrennende Flüssigkeit wird mittels eines feinen Trichters, der durch Ausziehen einer Glasröhre hergestellt wird, durch den Hals in das Gefäß gefüllt. Durch den Hals führt ein dünner Asbest- oder auch Baumwolldocht. Die Zuführung des Sauerstoffs geschieht mittels der Röhre *R*, an die am unteren Teil eine durch den Korkspund *K* gesteckte dünnere Röhre gesetzt ist. Das Gefäß *G* wird bei einem Versuch in die Röhre *R* gestellt; es trifft dann der Sauerstoff beim Ausströmen, ähnlich wie beim Daniellschen Hahn, die Flamme; es ist klar, daß bei dieser Anordnung der Sauerstoffverbrauch sparsam ist und doch die Flamme an ihrer ganzen Außenfläche reichlich Sauerstoff vorfindet.

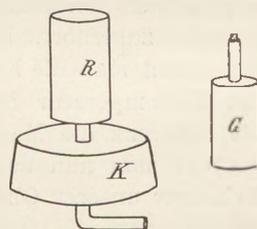


Fig. 4.

Die zu verbrennende Flüssigkeit wird mittels eines feinen Trichters, der durch Ausziehen einer Glasröhre hergestellt wird, durch den Hals in das Gefäß gefüllt. Durch den Hals führt ein dünner Asbest- oder auch Baumwolldocht. Die Zuführung des Sauerstoffs geschieht mittels der Röhre *R*, an die am unteren Teil eine durch den Korkspund *K* gesteckte dünnere Röhre gesetzt ist. Das Gefäß *G* wird bei einem Versuch in die Röhre *R* gestellt; es trifft dann der Sauerstoff beim Ausströmen, ähnlich wie beim Daniellschen Hahn, die Flamme; es ist klar, daß bei dieser Anordnung der Sauerstoffverbrauch sparsam ist und doch die Flamme an ihrer ganzen Außenfläche reichlich Sauerstoff vorfindet.

Die Verbrennung von Gasen geschieht mittels eines Daniellschen Hahns (Fig. 5), den man in folgender Weise herstellen kann. Eine 11 cm lange Messingröhre von 1,5 mm lichter Weite, deren eine Endöffnung so weit zusammengedrückt ist, daß eine nur stecknadelknopfgroße kreisrunde Öffnung bleibt, wird in ein anderes Messingrohr von derselben Länge und 4 mm lichter Weite gesteckt und am unteren Ende mit diesem zusammengelötet. Einige Zentimeter von diesem Ende entfernt wird eine kleine Öffnung in das äußere Rohr gebohrt und an dieser Stelle ein 3 cm langes Rohrstück von der Stärke des äußeren Rohrs rechtwinklig angelötet. Der Sauerstoff wird nun durch das Ansatzrohr in den äußeren Mantel des Hahnes, das Gas aus einem Gasometer in die innere Röhre geleitet, so daß sich beide Gase an den Rohrmündungen mischen. Der Hahn wird durch einen Korkspund gesteckt, der in die untere Öffnung der Verbrennungskammer paßt.

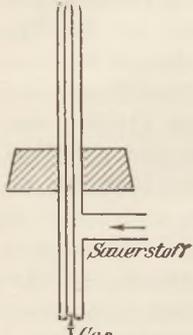


Fig. 5.

4. Messung der Verbrennungswärmen fester Körper. Ich habe für eine Reihe fester Körper, Kohle, Holz, Schwefel, Wachs, Stearin und Schweineschmalz, mit dem oben beschriebenen Kalorimeter die Verbrennungswärmen bestimmt. Besonders einfach und daher für einen kurzen Klassenversuch sehr geeignet gestaltet sich

die Messung für Wachs oder Stearin, weil man hierbei keiner Zufuhr von Sauerstoff aus einer Bombe oder einem Kalorimeter bedarf. Man bestimmt zunächst das Gewicht  $r$  des leeren Kalorimetergefäßes mit Rührer und füllt Wasser hinein, bis die Spitze der angelöteten Marke das Wasser berührt; dies erkennt man daran, daß der Zwischenraum zwischen der Spitze und ihrem Spiegelbild im Wasser gerade verschwindet. Dann bestimmt man das Gewicht des gefüllten Kalorimeters und als Differenz das Wassergewicht  $q$ . Nun setzt man das Kalorimeter auf einen Dreifuß, verbindet das Ende der Kühlschlange mit der Wasserstrahlsaugluftpumpe und bringt mittels eines Stativs die zu untersuchende Kerze, deren Gewicht vorher bestimmt worden ist, mitten unter der Öffnung der Verbrennungskammer an. Darauf mißt man nach kräftigem Umrühren die Temperatur  $t^0$  des Wassers, setzt die Saugpumpe in Gang, zündet die Kerze an und schiebt sie bis etwa in die Mitte der Verbrennungskammer. Man beobachtet nun die Verbrennung durch die Glasplatte und achtet besonders darauf, daß die Flamme nicht rußt, da sonst das Resultat wegen unvollständiger Verbrennung zu klein ausfallen würde. Die zur Verbrennung nötige Luft wird mittels der Saugpumpe durch die unverschlossene Öffnung der Verbrennungskammer zugeführt. Nachdem die Temperatur des Wassers um einige Grad gestiegen ist, nimmt man die Kerze fort, bläst sie aus und bestimmt nach kräftigem Umrühren die Endtemperatur  $T^0$ . Endlich bestimmt man das Gewicht der Kerze und findet als Differenz die Menge  $p$  der verbrannten Substanz. Die Verbrennungswärme berechnet man nun nach der Formel auf S. 147. Das folgende Beispiel haben zwei Primaner unserer Oberrealschule in den praktischen Übungen ausgeführt.

Messung der Verbrennungswärme einer Wachskerze:

Gewicht des leeren Kalorimeters . . . . .	1774 g
- - - gefüllten Kalorimeters . . . . .	6882 g
Gewicht des Wassers . . . . .	5108 g
Wasserwert des Kalorimetergefäßes . . . . .	200 cal.
Gesamtwasserwert . . . . .	5308 cal.
Gewicht der Kerze vor der Verbrennung . . . . .	14,571 g
- - - nach der - - - . . . . .	12,561 g
Gewicht der verbrannten Substanz . . . . .	2,010 g

Anfangstemperatur . . . . .	14,20°
Endtemperatur . . . . .	18,25°
Temperaturerhöhung . . . . .	4,05°

(Temperatur der Umgebung 16,2°; Dauer der Verbrennung 22 Min. 5 Sek.)

$$\text{Verbrennungswärme von Wachs} \dots v = \frac{5308 \cdot 4,05}{2,01} = 10\,695 \text{ cal.}$$

Kohle und Holz werden in einem Nickeltiegel, Schwefel in einem Porzellantiegel mittels zugeführten Sauerstoffs verbrannt. Der Apparat ist in Fig. 3 abgebildet. Schon vor der Entzündung der Substanz wird der Sauerstoffstrom geregelt; die Entzündung geschieht außerhalb der Verbrennungskammer, worauf schnell der Tiegel in die Kammer geschoben und der Korkspund fest auf die Öffnung gesetzt wird. Der Sauerstoffstrom wird nach Beobachtung der brennenden Körper durch die Glasplatte reguliert. Die Kohle muß hellweiß glühen. Es wird die Gesamtmenge der im Tiegel befindlichen Substanz verbrannt und zur Abkühlung des Tiegels nach Beendigung der Verbrennung noch eine Zeitlang der Sauerstoffstrom hindurchgeschickt.

Etwas schwieriger gestaltet sich die Messung der Verbrennungswärme von Fetten. Sie brennen nicht allein, sondern nur, wenn sie in Berührung mit einem porösen, festen Körper sind. Knetet man z. B. Schweineschmalz mit etwas Asbestwolle zusammen, so brennt das Schmalz nach dem Entzünden mit großer, rußender Flamme. Daher läßt sich die Messung in folgender Weise anstellen. Man füllt einen Porzellantiegel mit Schmalz, verflüssigt es durch Erwärmen und setzt einen dünnen Asbestdocht hinein, der durch einen um die Ränder des Tiegels gelegten, in der Mitte mit einer Öse für den Docht versehenen Platindraht gehalten wird. Der Docht darf nur ein wenig aus der Flüssigkeit hervorsehen, weil man andernfalls eine zu große, rußende Flamme erhalten würde. Das Gewicht des Tiegels wird nun bestimmt. Darauf setzt man ihn auf den in Fig. 3 abgebildeten ringförmigen Draht, öffnet den Sauerstoffstrom, entzündet nach Messung der Anfangstemperatur im Kalorimeter den Docht und führt das Ganze schnell in die Verbrennungskammer ein. Man reguliert nun den Sauerstoffstrom nach dem Aussehen der Flamme, die durch die Glasscheibe beobachtet wird. Da das Niveau der Flüssigkeit im Tiegel in dem Maße, wie sie verbrennt, sinkt, und das herausragende Ende des Dochts demnach immer größer wird, so wird auch die Flamme allmählich größer werden. Man läßt nun nicht alles Fett im Tiegel verbrennen, weil zuletzt der ganze Docht bloßgelegt und an seiner ganzen Länge brennen würde, so daß trotz erhöhter Sauerstoffzufuhr die Flamme rußen, d. h. das Fett unvollständig verbrennen würde; sondern man nimmt rechtzeitig den Tiegel aus der Verbrennungskammer und bläst die Flamme schnell aus, worauf man wieder das Gewicht des Tiegels bestimmt. Aus der Temperaturerhöhung des Kalorimeterwassers und der verbrannten Menge Fett berechnet man dann die gesuchte Verbrennungswärme.

5. Messung der Verbrennungswärmen flüssiger Körper. Man füllt das in Fig 4 abgebildete Fläschchen mittels einer fein ausgezogenen Glasröhre mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, etwa mit absolutem Alkohol, und setzt einen Asbest- oder auch Baumwolldocht in den Hals ein, so daß er nur ein kleines Stückchen herausragt. Darauf bringt man das Fläschchen in das zur Einführung des Sauerstoffs dienende weitere Rohr, öffnet die Sauerstoffbombe, entzündet den Docht außerhalb der Kammer und führt sie schnell hinein, wobei man die untere Öffnung mit dem Korkspund schließt. Im übrigen ist der Verlauf der Messung wie bei den festen Körpern. Auch dieser Versuch läßt sich ohne Sauerstoffzufuhr bei nicht geschlossener Verbrennungskammer, ähnlich wie es für die Kerze auf S. 150 beschrieben ist, ausführen; die Flamme darf dann freilich nicht sehr groß genommen werden.

Beispiel: Messung der Verbrennungswärme von 96prozentigem Alkohol.

Gewicht des Fläschchens vor der Verbrennung . . . . .	20,0 g
- - - nach - - - . . . . .	17,8 g
Gewicht des verbrannten Alkohols . . . . .	2,2 g
Anfangstemperatur des Kalorimeterwassers . . . . .	15,0°
Endtemperatur - - - . . . . .	17,9°
Temperaturerhöhung . . . . .	2,9°
Gesamtwasserwert des Kalorimeters . . . . .	5170 cal.
Verbrennungswärme . . . . .	$v = \frac{5170 \cdot 2,9}{2,2} = 6816 \text{ cal.}$

Die Verbrennungswärme von 100 proz. Alkohol würde etwa 4% mehr, d. h. 7089 cal. betragen. Der von FAVRE und SILBERMANN gefundene Wert für Alkohol beträgt 7183 cal.

6. Messung der Verbrennungswärmen von Gasen. Vor der eigentlichen Messung eicht man ein Gasometer, das zur Aufnahme des zu untersuchenden Gases dienen soll, nach Litern, indem man kleine Papiermarken an die Außenfläche bzw. an das Wasserstandsrohr des Gasometers klebt. Dann füllt man den Behälter mit dem zu untersuchenden Gase; entwickelt man Wasserstoff in einem KIRPSCHEschen Apparat, so ist es nötig, eine Zeitlang das Gas in die Luft ausströmen zu lassen, damit sich kein Gasgemisch im Gasometer ansammelt. Man kann nun den Versuch wieder mit oder ohne Sauerstoffzufuhr anstellen. Im ersteren Fall benutzt man den auf S. 150 beschriebenen DANIELLSchen Hahn, im letzteren Fall entzündet man das Gas an der feinen Öffnung einer angezogenen Glasröhre. Der Teil der Wärme, welcher hierbei infolge Ausstrahlung durch die untere Öffnung verloren geht, ist außerordentlich gering. Die verbrannte Menge Gas liest man in Litern am Gasometer ab. Man reduziert sie auf 0° nach der Gleichung  $v_0 = \frac{v \cdot H}{760 (1 + \alpha t)}$ , wenn  $H$  den äußeren Luftdruck,  $t$  die Zimmertemperatur und  $\alpha$  den Ausdehnungskoeffizienten der Gase bedeutet. Die Verbrennungswärme für 1 l Gas ist dann  $v = \frac{w (T - t)}{v_0}$ , wenn  $w$  den Gesamtwasserwert bedeutet. Will man für 1 g Gas die Verbrennungswärme  $x$  haben, so rechnet man nach der Formel  $x = \frac{w (T - t)}{v_0 \cdot s}$ , in der  $s$  das Gewicht von 1 l Gas in g bedeutet;  $v_0$  ist in dieser Formel ebenfalls in Litern gemessen.

Einige Beispiele mögen noch zum Schlusse folgen:

1. Messung der Verbrennungswärme von Wasserstoff bei Zufuhr von Sauerstoff.

Temperatur der Umgebung 18,4°; äußerer Druck der Luft 760 mm.

Anfangstemperatur des Kalorimeterwassers . . . . .	15,54°
Endtemperatur - - - . . . . .	19,12°
Temperaturdifferenz . . . . .	3,58°
Verbrauchter Wasserstoff . . . . .	6,5 l
Gesamtwasserwert des Kalorimeters . . . . .	5280 cal.

Die auf Normalvolumen reduzierte Menge Wasserstoff ist  $v = \frac{6,5}{1 + 18,4 \cdot 0,004} = \frac{6,5}{1,074} \text{ l.}$

Demnach ist

$$x = \frac{5280 \cdot 3,58 \cdot 1,074}{6,5 \cdot 0,0897} = 34\,820 \text{ cal.}$$

2. Messung der Verbrennungswärme von Wasserstoff ohne Zufuhr von Sauerstoff.

Es wurde dieser Versuch unmittelbar nach dem obigen mit derselben Menge Wasserstoff ausgeführt. Es betrug die

Anfangstemperatur . . . . .	15,61°
Endtemperatur . . . . .	19,12°
Temperaturerhöhung . . . . .	3,51°

Daraus ergab sich

$$x = \frac{5280 \cdot 3,51 \cdot 1,074}{6,5 \cdot 0,0897} = 34130 \text{ cal.}$$

Der von FAVRE und SILBERMANN gefundene Wert ist 34154 cal.

3. Messung der Verbrennungswärme von 1 l Leuchtgas bei 0° und 760 mm Druck.  
Temperatur der Umgebung 18°; Luftdruck 760 mm.

Anfangstemperatur des Kalorimeterwassers . . . . .	12,80°
Endtemperatur . . . . .	18,41°
<hr/>	
Temperaturdifferenz . . . . .	5,61°
Gesamtwasserwert des Kalorimeters . . . . .	50,16 cal.
Verbrannte Menge Leuchtgas . . . . .	6 l.
Reduziertes Volumen . . . . .	$\frac{6}{1,072}$ l.

Daraus ergibt sich die Verbrennungswärme für 1 l Leuchtgas

$$x = \frac{5016 \cdot 5,61 \cdot 1,072}{6} = 5026 \text{ cal.}$$

Den Bau des Kalorimeters und seiner Nebenapparate habe ich der Firma Leppin & Masche, Berlin SO, Engelufer 17, übertragen. Der Preis des Kalorimeters mit Kühlschlange und Rührer einschl. eines Daniellschen Hahnes zur Bestimmung der Verbrennungswärmen von Gasen, eines Einsatzes mit Tiegelhalter und Sauerstoffzuführungsrohr zur Bestimmung der Verbrennungswärmen fester Körper, sowie eines Einsatzes mit Metallfläschchen zur Bestimmung des Heizwertes flüssiger Körper beträgt 75 M. Kalorimeterthermometer + 10 bis + 50° C in  $\frac{1}{10}$  geteilt für 25 M oder in  $\frac{1}{50}$  geteilt für 36 M.

## Schulapparate für Mechanik.

Von

Dr. E. Maey in Remscheid.

### 1. Bewegungsenergiemesser.

Die günstige Aufnahme, die der von mir vorgeschlagene Apparat<sup>1)</sup> zur Auswertung der Bewegungsenergie fallender Masse dadurch gefunden hat, daß er in einigen neueren Lehrbüchern<sup>2)</sup> unter dem Namen Arbeitsschiene Aufnahme gefunden hat, hat mich veranlaßt, weiter an seiner Vervollkommnung zu arbeiten. Inzwischen ist nun von GRIMSEHL<sup>3)</sup> eine Abänderung vorgeschlagen, die darin besteht, daß die Bewegungsenergie nicht durch die Arbeit von Federspannungen gemessen wird, sondern durch die Reibungsarbeit in verschiedenen Fällen verglichen wird. Diese Abänderung bietet den didaktischen Vorzug, daß die geleistete Arbeit direkt dem Wege der Reibung und nicht wie bei der Federspannung der zweiten Potenz dieser proportional ist. Dadurch wird der Apparat auch zur Verwendung auf der Unterstufe geeigneter.

Diese didaktische Einfachheit reizte mich nun dazu, auch die gegen die Reibung geleistete Arbeit auszuwerten, da GRIMSEHL darüber nichts angibt. Hierbei gelangte ich dazu, den Apparat auch noch in mechanischer Hinsicht wesentlich zu vereinfachen, worüber ich im folgenden berichten will.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift, 15. Jahrg., 1902, S. 268.

<sup>2)</sup> Kleiber-Scheffler, Elementarphysik, 1904, S. 17; Kleiber, Lehrbuch der Physik, 3. Aufl., 1904, Fig. 38; Poske, Oberstufe der Naturlehre, 1907, S. 48; Reesen, Lehrbuch der Physik, 1906, S. 18.

<sup>3)</sup> Diese Zeitschrift, 20. Jahrg., 1907, S. 161.

Die 2 m lange Latte mit dem zwischen zwei Klemmen ausgespannten Stahldraht ist wie bei dem früher beschriebenen Apparat unverändert geblieben. Auf den Stahldraht ist ein kleines rechteckiges Messingblech ( $30 \times 10 \times 0,8$  mm) mit zwei seiner Löcher *A* und *B* (s. Fig. 1) aufgeschoben. Das Blech ist so gebogen, daß es der ganzen Länge nach möglichst sich dem 6 mm dicken, gespannten Drahte anschmiegt. Dadurch entsteht zwischen Blech und Draht eine Reibung, die je nach der Spannung des Drahtes und Biegung des Bleches schwankt, bei der von mir benutzten Anordnung aber ca. 0,5 kg beträgt.



Fig. 1.

Die die Strecke *s* (bis zu 1,5 m) frei fallenden Gewichte *p* (50, 100 und 150 g) verschieben nun das Blech gegen die Reibung *r* um den Weg *l* (einige Zentimeter), und es ergibt sich

$$p(s+l) = r \cdot l$$

oder

$$p \cdot s = (r - p) \cdot l.$$

Hierbei mag nochmals hervorgehoben werden, daß die Formeln  $p = mg$ ,  $s = gt^2/2$ ,  $v = gt$  hier als bekannt vorausgesetzt werden und daher zur Auswertung der Bewegungsenergie ergeben

$$\frac{m}{2} \cdot v^2 = (r - p) \cdot l.$$

Will man nun die Bewegungsenergien nur miteinander vergleichen, so genügt es, wie dies GRIMSEHL für seine Versuche angibt, die verschiedenen Strecken *l* zu messen. Dazu habe ich auf der Latte am unteren Ende hinter dem Blech eine 20 cm lange Skala mit parallellaufendem Spiegel angebracht, der gestattet, *l* bis auf Bruchteile eines Millimeters abzulesen. Da zeigt es sich nun, daß mehrere gleich angelegte Versuche durchaus nicht so exakt übereinstimmende Ergebnisse liefern wie der von mir zuerst vorgeschlagene Apparat, dessen Federdehnungen bis auf 0,1 mm übereinstimmten. Jedoch lassen sich bei zweckmäßiger Behandlung des Drahtes und Bleches Ergebnisse erzielen, die häufig nicht mehr als um 1 % schwanken.

Für weit fruchtbarer halte ich aber die Versuche, wenn man auch *r* auswertet. Zu diesem Zwecke dienen in dem Blech die beiden Löcher *C* und *D*, in welche die beiden Endklauen eines Drahtes eingehakt werden, an dessen anderes Ende man Gewichte hängt, um die Reibung auszuwerten. Hier zeigt sich nun die Schwierigkeit, daß die Reibung auf der Strecke *l* nicht gleichmäßig ist, und daß daher das Gewicht, welches die Reibung an den meisten Stellen überwindet, an anderen versagt. Man kann sie zur Genüge überwinden, wenn man dafür sorgt, daß der Draht erstens fehlerfrei blank ist, ohne Rostflecke und Knicke, wenn das Blech seiner ganzen Länge nach möglichst gleichmäßig dem Draht anliegt und wenn man ferner die Reibungsflächen schwach einölt; dadurch erzielt man den weiteren Vorteil, daß der Draht auch rostfrei erhalten bleibt. Dann gelingt die Auswertung mit Gewichten zur Genüge. Besser aber läßt sie sich mit einem von mir konstruierten, weiter unten beschriebenen Kraftmesser ausführen.

Nun bleibt noch die Frage, ob das Ergebnis  $r \cdot l$  auch genügend genau die ursprüngliche Arbeit  $p(s+l)$  wiedergibt. Das war bei den von mir angestellten Versuchen nicht immer der Fall. Es ergaben sich anfangs bisweilen Differenzen bis zu 33 %, z. T. wohl infolge von Arbeitsverlusten beim Stoß, sodann aber auch wohl infolge der Verschiedenartigkeit der Reibung bei ihrer Auswertung und den Fallversuchen. Erst nach längerem Probieren mit verschiedenen Reibungskörpern ist es mir gelungen, mit jenem Blech bei schwacher Ölung zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten, bei denen der Energieverlust etwa gleich der Ungenauigkeit der Messungen von 2 % war, eine für Demonstrationen genügende Genauigkeit.

In dieser Ausführung scheint mir nun der Apparat die größte erreichbare didaktische und mechanische Einfachheit erreicht zu haben, so daß, wie ich hoffe, er noch weiteren Beifall finden wird als in den früheren Formen<sup>1)</sup>.

## 2. Kraftmesser mit heraustretender Skala (D.R.G.M. Nr. 327407).

Schon wiederholt ist von verschiedenen Seiten auf die vorteilhafte Verwendung von Kraftmessern (Dynamometern) in der Form von Federwagen beim Unterricht hingewiesen worden. Ihre Vorzüge gegenüber Gewichten bestehen darin, daß veränderliche Kräfte kontinuierlich gemessen werden können, und zwar in beliebiger Richtung ohne die lästigen Rollen. Auch kann mit ihnen ohne eine beim Unterricht lästige Genauigkeit wie bei der Hebelwage Gleichgewicht hergestellt werden. Wenn trotzdem solche Kraftmesser eine so geringe Verbreitung gefunden haben, so liegt dies meines Erachtens daran, daß sie bisher in einer für die verschiedenen Zwecke allgemein brauchbaren Form nicht angefertigt worden sind. Ich verwende solche nun schon seit Jahren mit Vorteil bei zahlreichen Versuchen. Ich will daher die Formen, welche ich danach als zweckmäßige befunden habe, hier mitteilen.

Eine Schraubenfeder ist mit dem einen Ende in einem locker umschließenden hellen Futteral aus Papier befestigt, das andere Ende in einem etwas weiteren, das helle umschließenden, dunklen Futteral (Fig. 2). Am Ende des ersten befindet sich als Angriffspunkt der zu messenden Kraft ein Haken, am Ende des dunklen ein Ring als Handhabe. Ist die Feder nicht gespannt, so verdeckt das dunkle Futteral gerade das helle. Wird die Feder durch eine Kraft gedehnt, so zeigt sich diese Dehnung durch Heraustreten des hellen Futterals, und sie ist bei geeigneten Federn der ausgeübten Kraft proportional. Da nun das helle Futteral mindestens die Breite eines Kreidestriches an der Wandtafel hat, so kann die Dehnung im ganzen Kreise der Zuschauer gut wahrgenommen werden, und diese können sich selbst eine Anschauung von den gemessenen Kräften bilden, besonders wenn die Kräfteinheiten oder deren dezimale Vielfache durch bekannte Längeneinheiten, Zentimeter, dargestellt werden, wie ich es an meinen Kraftmessern eingerichtet habe.



Fig. 2.

Bei der Messung sehr verschieden starker Kräfte kommt man allerdings nicht mit einer Federwage aus. Ich habe daher folgenden Satz im Gebrauch:

Nr. 1	für	1 bis	10 g
- 2	-	10	- 100 -
- 3	-	100	- 1000 -
- 4	-	1	- 10 kg.

Für jede geht der Meßbereich um einige Einheiten über die obere angegebene Grenze hinaus. Damit die Federn nicht über ihre Elastizitätsgrenze beansprucht und die Futterale nicht auseinander gezerrt werden, ist im Innern eine Haltvorrichtung angebracht, die sicher das Doppelte der angezeigten oberen Grenzkraft aushalten kann<sup>2)</sup>.

Von den Fällen, in denen man diese Kraftmesser besonders vorteilhaft verwenden kann, erwähne ich folgende:

1. zur Erläuterung der elastischen Dehnung der Stäbe,

<sup>1)</sup> Auf mehrfache Anfragen, von wo derselbe zu beziehen ist, teile ich hier mit, daß die Firma E. Leybolds Nachfolger, Köln a. Rhein. Brüderstr. 7, sich bereit erklärt hat, ihn in der neuen Form zu liefern, und daß nur diese Firma nach meinen besonderen Angaben ihn herstellt.

<sup>2)</sup> Die vier Kraftmesser sind als zusammengehöriger Satz, aber auch einzeln ebenfalls von E. Leybolds Nachfolger, Köln a. Rh., zu beziehen.

2. als Schnellwage, insbesondere
  - a) zum Nachweis des Archimedischen Prinzips und
  - b) zu angenäherter Bestimmung des spezifischen Gewichts,
3. zur Messung der Adhäsion,
4. zur Messung der Reibung,
5. zur Prüfung der Rolle,
6. zur Prüfung der schiefen Ebene,
7. zur Prüfung des Keils,
8. zur Messung der Zentrifugalkraft,
9. zum Nachweis des Kräfteparallelogramms; dazu sind freilich drei gleiche Kraftmesser erforderlich, denen ich für diesen Zweck, wie ich weiter unten ausführe, eine besondere Einrichtung gegeben habe.

### 3. Apparat zur Vorführung des Kräfteparallelogramms und des Seilpolygons (D.R.G.M. Nr. 334009).

Drei gleiche Federn zum Nachweis des Parallelogramms der Kräfte sind schon von Neu<sup>1)</sup> benutzt worden. Für diesen Zweck aber empfiehlt es sich, ihnen eine besondere Einrichtung zu geben, damit sie zugleich an der Wandtafel als Bestandteile einer Konstruktion Verwendung finden können.

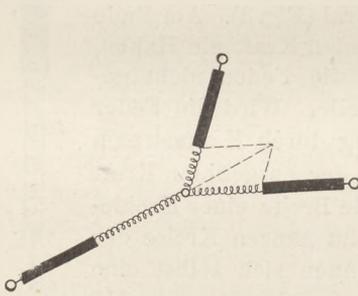


Fig. 3.

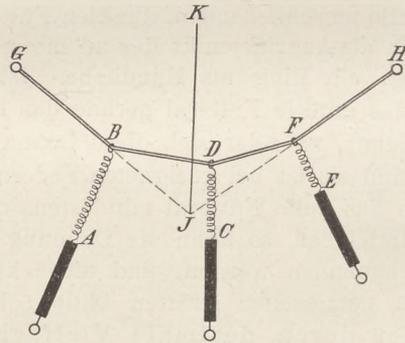


Fig. 4.

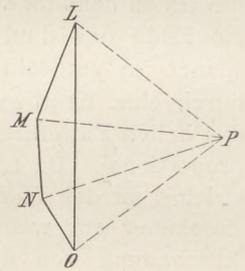


Fig. 5.

Da es sich beim Nachweis dieses Gesetzes nur um das Verhältnis der Kräfte handelt, verzichte ich auf die Skalenhüllen und lasse die Federn frei aus den Deckhüllen heraustreten; diese aber verdecken die Feder einschließlich der Haken, von denen nur eine seitlich gebogene Nase aus der Deckhülle herausragt. Damit erreichen wir den Vorteil, daß bei einer Dehnung der Feder die angewandte Kraft dem ganzen herausragenden Stücke proportional ist.

Werden nun drei solche gleich abgestimmte Federn mit ihren Enden an einen kleinen Ring gehakt und so gespannt, daß sie sich selbst im Gleichgewicht halten, so bestimmen je zwei durch ihre Dehnungen und den eingeschlossenen Winkel ein Parallelogramm, dessen eine Diagonale gleich der Spannung der dritten Feder ist, aber mit entgegengesetzter Richtung (Fig. 3).

Dieselben drei Federn können auch benutzt werden, um die Bedeutung des Seilpolygons zur Konstruktion resultierender Kräfte zu veranschaulichen.

Eine weiße Schnur wird mit den Ringen *G* und *H* auf der Wandtafel an zwei starken Heftzwecken in schlabem Bogen aufgehängt (Fig. 4). In den Punkten *B*, *D* und *F* sind an drei kleinen verschiebbaren Ringen die Kraftmesser eingehakt, welche mit den Spannungen *AB*, *CD* und *EF* auch die Schnur spannen. Die beiden in den Enden des Seiles wirkenden Spannungen halten den Federspannungen das Gleich-

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift, 2. Jahrg., 1889, S. 94.

gewicht. Ihre Verlängerungen müssen daher durch einen Punkt gehen, in dem wir auch den Angriffspunkt der Resultierenden  $KJ$  der Federkräfte annehmen können.

Das daneben gezeichnete Kräftepolygon  $LMNO$  (Fig. 5) muß dann folgende Beziehungen zum Seilpolygon aufweisen.

$$\begin{array}{l} LM // \text{ und } = AB, \\ MN // \text{ und } = CD, \\ NO // \text{ und } = EF, \end{array} \left| \begin{array}{l} LP // GB, \\ MP // BD, \\ NP // DF, \\ OP // FH, \end{array} \right. \quad LO // \text{ und } = KJ.$$

Ein Ersatz des sonst nur gezeichneten Seilpolygons durch diesen Apparat gibt der Vorführung mehr Leben und Anschaulichkeit<sup>1)</sup>.

## Die Verwendung des Zinksulfidschirmes im physikalischen Unterricht<sup>2)</sup>.

Von

Dr. R. Danneberg in Dresden.

Daß der physikalische Unterricht an einer höheren Schule nach dem Schema: 1. „Was beobachten wir,“ 2. „Was folgt daraus, oder wie ist dies zu erklären?“ verlaufen soll, darüber bedarf es an dieser Stelle wohl keiner weiteren Worte. Wie kommt es nun, daß er öfter, als man glaubt, noch so betrieben wird, daß man den Vorgang erzählt und sagt: „Sie werden das und das beobachten; Sie sehen, es stimmt.“ Mir scheint, daß diese letztere Methode, die jedes physikalische Denken unterdrückt und nur zu leicht die Physikstunde zu einer anstrengungslosen Unterhaltung herabdrückt, in der es besten Falles noch etwas zu sehen gibt, durch drei Umstände bedingt wird.

1. Es gibt wenig systematische Versuchszusammenstellungen, die mit Absicht physikalische Erscheinungen so auseinander experimentell ableiten, daß immer nur von Beobachtung zur Folgerung geschritten zu werden braucht.

2. Die Apparatur des Versuches ist zu verwickelt. Dem Schüler macht das Verständnis des Apparates so viel Schwierigkeiten, daß das Wesentliche des Versuches nicht scharf genug heraustritt.

3. Oft hängt der Eintritt der Erscheinung von so großen experimentellen Schwierigkeiten ab, daß dem Lehrer der Physik einer größeren Schulkaserne, wenn nicht die Zeit, so doch das durch die Physikstunden anderer Klassen reichlich in Anspruch genommene Physikzimmer zum Aufstellen und Ausprobieren eines feineren Versuches fehlt.

Man sollte daher für den Physikunterricht den Geist weniger auf das Ersinnen von Konstruktionen feiner Apparate für fernerliegende Dinge verwenden, sondern vielmehr trachten, das Nahliegende durch recht einfache, klare Apparate und durch Freihandversuche dem Schüler zur geistigen Verarbeitung zu bieten.

Im folgenden sollen nun solche Versuche mit dem Zinksulfidschirm angedeutet werden, die sich durch eine außerordentliche Feinheit, Schnelligkeit, Leichtigkeit und — Billigkeit auszeichnen, und die z. B. alles, was über Strahlung dem Schüler bekannt sein sollte, in der oben angedeuteten Weise als Beobachtung und Folgerung darzustellen gestatten.

<sup>1)</sup> Auch dieser Apparat ist allein durch die Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh. zu beziehen.

<sup>2)</sup> Vgl. Elektrotechn. Ztschr. 1906, Nr. 44. Danneberg, Über einen Röntgenschirm mit deutlichem Nachbild. — Physik. Ztschr. VIII, Nr. 21. Danneberg, Verwendung des Zinksulfidschirmes für Wärmestrahlen.

## I. Der Zinksulfidschirm als Strahlenindikator.

Ähnlich wie Röntgenstrahlen durch den Baryumplatincyanürschirm, so kann man Strahlen von der ungefähren Wellenlänge der sichtbaren Strahlung, also ebenso ultrarote wie ultraviolette, durch einen Zinksulfidschirm sichtbar machen. Man tut am besten, sich einen größeren (etwa  $20 \times 10$  cm) zu erwerben und ihn in 2 Hälften zu zerschneiden. Die durch Radiumpräparate bekannte Chininfabrik Buchler & Co. in Braunschweig liefert solche Schirme für 5 Pfg pro  $\text{cm}^2$ . Die Firma liefert auch das Salz, doch gehört einige Übung im Aufstreuen dazu, um eine möglichst homogen bestreute Fläche zu erhalten, die für alle Versuche erforderlich ist. Die Schirme sind in der Zeit haltbar. Ich habe einen solchen bereits fünf Jahre im Besitze, der sehr viel benutzt wurde und erst jetzt etwas unempfindlicher wird. Bei Bestrahlung mit Licht von kurzer Wellenlänge, also bei Bestrahlung mit violettem und ultraviolettem Lichte, zeigt der Schirm eine schöne hellgrüne, bei älteren Schirmen blaugrüne Phosphoreszenz, die in ungefähr 5 Minuten abklingt. Der Schirm leuchtet sofort bei der Bestrahlung auf. Das Leuchten klingt um so langsamer ab, je länger belichtet wird. Länger als  $\frac{1}{4}$  Minute einen Schirm mit Bogenlampe in 30 cm Entfernung zu belichten, hat für das Nachleuchten keinen Zweck. Meist genügt in diesem Falle ganz kurze Belichtung.

Das Leuchten des Schirmes läßt sich nun sofort durch Strahlung tilgen, die die ungefähre Wellenlänge des roten Lichtes hat. Die Empfindlichkeit des Zinksulfidschirmes gegen dunkle Wärmestrahlen ist im Vergleich zur Empfindlichkeit anderer Substanzen von ähnlicher Eigenschaft geradezu überraschend. Eine augenblickliche Bestrahlung durch die Wärmestrahlen einer Bogenlampe in der Entfernung von 30 cm genügt, um das Nachleuchten des Schirmes zu löschen. Zum Fernhalten der Lichtstrahlen benutze ich eine Hartgummiplatte, die freilich auch die im Rot liegenden Wärmestrahlen mit fortnimmt. Eine gute rote Glasscheibe, die im wesentlichen nur den roten Teil eines kontinuierlichen Spektrums durchläßt, leistet oft noch bessere Dienste. Die Hartgummiplatte nimmt man am besten dünn, etwa 0,5 mm dick. Die Versuche gelingen auch mit dickeren Platten, doch hängt man dabei sehr von der Art des Gummis ab. Manchmal läßt eine 1 mm dicke Platte weniger Wärme durch als eine von 3,5 mm Dicke. Weicher Gummi, wie er zu Gummiunterlagen verwendet wird, ist sehr gut brauchbar, aber wenig handlich. Wenn die Wärmewirkung stärker als die des Lichtes ist, ist natürlich der Gummischirm überflüssig.

Man hat also die Möglichkeit, mit dem Schirm kurzwelliges Licht — mit dem mit der Hartgummiplatte bedeckten Schirm langwelliges Licht zu registrieren. Der Schirm vertritt gewissermaßen für die Strahlenarten die photographische Platte. Nur wird eine Entwicklung durch die Eigenschaft des Nachleuchtens überflüssig gemacht. Diese ist übrigens schon Becquerel<sup>1)</sup> bekannt gewesen und wurde von ihm auch zu Untersuchungen über Wärmestrahlen verwendet.

Am besten benutzt man zur Strahlung das Licht einer Bogenlampe, da sie beide Strahlensorten, ultrarote und ultraviolette, gleichzeitig und reichlich besitzt, und die Strahlen ohne Zwischenschaltung von Glas (Zylinder beim Auerbrenner, Birne beim Glühlicht) in den Raum treten. Ein Auerbrenner eignet sich deshalb wenig zu den Versuchen, weil seine Wärmestrahlung verhältnismäßig gering ist. Der mit der Hartgummiplatte bedeckte Schirm bedarf daher dann einer längeren Belichtung, um ein weithin sichtbares Auslöschen des leuchtenden Schirmes zu zeigen. Die Versuche nehmen mehr Zeit in Anspruch, während sie sich sonst durch einen äußerst geringen Zeitaufwand auszeichnen. Obwohl das Glas des Zylinders beim Auerbrenner von der violetten Strahlung viel absorbiert, so reicht diese noch gut zu den Versuchen aus. Glühbirnen lassen sich ebenfalls gut verwenden.

<sup>1)</sup> Ann. chim. phys. (5), 30, 1883.

Von Vorteil ist es, das Bogenlicht in einen Kasten einzubauen. Als geeignete Dimensionen wären etwa  $30 \times 25 \times 23$  zu empfehlen. Die Vorder-, Hinter- und Deckflächen sind aus Eisenblech mit Hilfe von Winkeleisen zusammengeschräubt. Die Vorderfläche hat eine kreisrunde Öffnung ( $K$ ), durch die die Strahlen austreten. In diese Kreisöffnung paßt der zu optischen Versuchen verwendete Spalt; vor ihr ist ein Tischchen ( $T$ ) angebracht, das sich vorwärts und rückwärts schieben läßt. Käufliches, gut ineinander passendes Messingrohr kann man verwenden, um die Verschiebung zu bewerkstelligen. Die Hinterfläche des Kastens ist als verschließbare Tür eingerichtet. Von dieser Seite aus kann man die ganze Strahlenmenge des Bogenlichtes auf den Schirm wirken lassen und macht diesen daher so gebrauchsfertig, d. h. man bringt ihn dort zum Leuchten, wenn man zum Versuch den leuchtenden Schirm braucht, oder man löscht hier das Leuchten des Schirmes nach dem Versuche.

Die Seitenwände sind wegen der Isolation aus Marmor und tragen Durchbohrungen mit 2 genau horizontalen Messingröhren in der Höhe des Kreismittelpunktes von  $K$ . Die Röhren dienen zur Führung von zwei exakt in sie hineinpassenden Röhren, die nun zur Aufnahme der Kohlenstifte dienen. An diesen beweglichen Messingröhren sind die Klemmen zur Stromzuführung angebracht. Auf der Deckfläche ist eine gebogene Abzugsesse aufgesetzt, die kein Licht herausläßt. Zur Not läßt sich der Kasten auch aus Holz bauen und mit Asbestpappe auskleben. Doch bringt die große Hitze der Bogenlampe das Holz sehr bald zur Verkohlung.

Ein Nachteil der Versuche ist, daß die Beobachtungen bei völlig verdunkeltem Zimmer gemacht werden müssen. Am besten läßt man vor der Beobachtung die Augen schließen, damit die Augen möglichst ausgeruht sind.

1. Nachdem man das grüne Auf- und Nachleuchten des Schirmes gezeigt hat, bedeckt man den noch nachleuchtenden Schirm mit dem dünnen Blatt Hartgummi und dieses wieder zur Hälfte mit einem Brett, und hält das Ganze eine Sekunde lang in der Entfernung von 30 cm in die Strahlung des Bogenlichtes. Der Schirm ist dann nach der Bestrahlung da, wo das Holz die Hartgummiplatte nicht bedeckte, dunkel. Dort, wo über dem Schirme Hartgummi und Holz lag, leuchtet der Schirm nach. Mit Hilfe des Looserschen Thermoskops kann man nachweisen, daß der Hartgummschirm Wärme durchläßt. Damit hat man gezeigt, daß das Leuchten des Schirmes durch dunkle Wärmestrahlung gelöscht wird. Folgerung: Es gibt dunkle Wärmestrahlung, diese geht durch Hartgummi, aber nicht durch Holz hindurch.

2. Drückt man die Hartgummiplatte mit den Fingern gegen den vorher zum Leuchten gebrachten Schirm, so daß die Finger flach aufliegen, und setzt das Ganze der Lichtstrahlung aus, so erhält man leuchtende Fingerbilder auf dunklem Grunde. Durch die Finger geht die Wärmestrahlung also nicht hindurch, wohl aber durch die Hartgummiplatte. Da, wo also die Finger die Wärmestrahlung nicht abblenden, wird das Leuchten ausgelöscht.

3. Man blendet die Bogenlichtstrahlung aus der Öffnung  $K$  des Kastens durch eine mit undurchsichtiger Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gefüllte Kugel ab und bemerkt, daß keine Lichtstrahlung austritt. Hält man aber den vorher belichteten Schirm in einiger Entfernung davor, so zeigt sich sofort ein schwarzer Fleck. Die Schwefelkohlenstofflösung läßt also die dunkle Wärmestrahlung durch; diese läßt sich, wie Licht durch eine Linse, brechen und konzentrieren.

4. Läßt man das Bogenlicht durch parallel geschliffene Platten von Alaun, Glas und Steinsalz<sup>1)</sup> gehen, die auf dem leuchtenden, mit der Hartgummiplatte bedeckten

<sup>1)</sup> Man kann sich Platten und Prismen von Alaun und Steinsalz sehr gut herstellen, wenn man sie zunächst roh mit der Laubsäge aussägt und sie nach dem Weinholdschen Recepte — es genügt meist schon das Schleifen mit gutem Alkohol auf feiner Leinwand — poliert.

Schirme liegen, so zeigt sich, daß hinter dem Steinsalz das Leuchten völlig getilgt, hinter dem Glas geschwächt, aber hinter dem Alaun nur wenig vermindert ist. Die nötige Versuchsdauer hängt von der Entfernung des Schirmes vom Bogenlicht ab. Alaun absorbiert fast alle Wärme, Glas läßt die Wärme teilweise hindurch; durch Steinsalz geht die Wärme ungehindert.

5. Setzt man die drei Substanzen so lange der Strahlung aus, bis sie sich erwärmt haben, und legt man sie auf den leuchtenden Schirm, so zeigt sich, daß der Alaun eine Schwärzung, Glas eine Trübung des Leuchtens bewirkt, während die Steinsalzplatte gar keine Wirkung verursacht hat. Die Körper, die die meiste Wärmestrahlung hindurchlassen, erwärmen sich am wenigsten.

6. Läßt man Bogenlicht auf Platten derselben Glassorte von verschiedener Dicke fallen, so zeigt sich im Auslöschen des leuchtenden Schirmes kein Unterschied. Strahlen, die durch eine Substanz hindurchgegangen sind, werden ungehindert von ihr wieder hindurchgelassen.

7. Bedeckt man den leuchtenden Schirm zur einen Hälfte mit einer roten, zur anderen mit einer blauen Platte und setzt ihn so der Strahlung aus, so leuchtet der Schirm hinter der dunklen, blauen Platte hell auf, dagegen ist er hinter der hellen, roten Platte dunkel geworden. Die rote Strahlung ist demnach der Wärmestrahlung verwandt.

8. Daraus erklärt sich folgende Erscheinung: Legt man auf den dunklen Schirm eine blaue Glasplatte und auf diese die Hand, so ergibt sich nach der Belichtung ein dunkles Bild auf leuchtendem Grunde. Benutzt man aber den leuchtenden Schirm und eine rote Platte, so zeigt sich nach der Belichtung ein helles Bild der Hand auf dunklem Grunde. Die Hand läßt die Wärmestrahlen nicht hindurch. —

9. Hält man den leuchtenden Schirm in den Strahlenkegel einer Sammellinse, so daß der Schirm zwischen Brennpunkt und Linse steht, so ergibt sich ein heller Fleck mit schwarzem Rande. Hält man den Schirm hinter den Brennpunkt, so zeigt sich

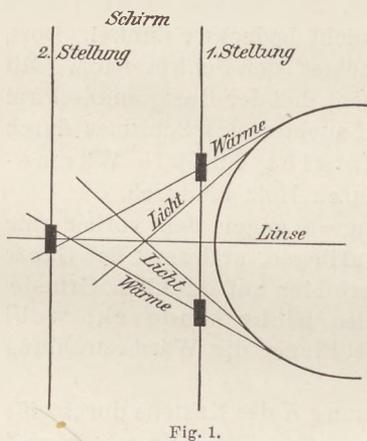


Fig. 1.

ein dunkler Fleck mit hellem Rande. — Hieraus folgt: Die Vereinigung der Lichtstrahlung erfolgt vor der Vereinigung der Wärmestrahlung. Die eigentliche Brennweite, d. h. die Vereinigungsweite der Wärmestrahlen, ist größer als die Brennweite der Lichtstrahlung. Die Wärmestrahlen werden also schwächer gebrochen als die Lichtstrahlen. Nebenstehende Fig. 1 erläutert überdies den Versuch. Das Dunkelwerden des Schirmes ist durch die dicken Striche angedeutet. —

Es gelingt nun mit diesem Schirme auch die spektrale Untersuchung der Wärmestrahlung. Als Zerlegungsprisma eignet sich dazu am besten ein Quarzprisma, das alle Strahlen nahezu gleichmäßig durchläßt und überdies seiner optischen Eigenschaften

wegen in jeder Sammlung vorhanden sein muß. Sonst kann man sich leicht ein Steinsalzprisma aus einem klaren Stücke Steinsalz herstellen und für diese Versuche verwenden.

Man setzt in die Kreisöffnung *K* des Kastens den Spalt ein, der oft in der Optik gebraucht wird, läßt das Licht der Bogenlampe auf die nicht zu kleine Spaltöffnung fallen und schickt den Strahlenstreifen durch ein Prisma, das auf *T* liegt; dann erhält man ein leidliches Spektrum, wenn man dafür sorgt, daß die Kohlenstifte eine gerade Linie bilden, und daß der Spalt zu dieser Geraden parallel läuft. Man kann so zunächst zeigen, daß weißes Licht aus einer Reihe von farbigen Strahlen zusammengesetzt ist.

10. Läßt man das Spektrum auf den dunklen Schirm fallen, so zeigt sich nur in der Nähe des violetten Teils ein helles Aufleuchten: Der Schirm leuchtet nur in dem violetten Teil des Lichtes.

11. Läßt man das Spektrum auf den leuchtenden Schirm fallen, so zeigt sich, daß das violette Licht den Schirm noch heller als zuvor zum Leuchten bringt, daß aber im Bereiche des roten Lichtes das Leuchten des Schirmes gelöscht wird. — Die Wärmestrahlen sind also weniger brechbar als die violetten Strahlen. Es gibt Wärme von verschiedener Brechbarkeit.

12. Bedeckt man den dunklen Schirm mit einem dünnen Metallblech, und bringt man das Ganze in das Spektrum, so ist dieses auf dem Blech zu sehen. Zieht man nun das Blech nach dem Rot hin so weit über den ruhenden Schirm, daß eben sichtbares violettes Licht auf den Schirm selbst fällt, so bemerkt man, daß der Schirm schon leuchtet, ehe sichtbares Licht auf ihn fällt.

13. Bedeckt man den leuchtenden Schirm mit dem Metallblech und zieht dieses nach dem Violett, so bemerkt man an dem Auslöschen, daß Strahlen auf den Schirm kommen, die ebenfalls nicht sichtbar waren. — Es gibt also dunkle Wärmestrahlen von geringerer Brechbarkeit als die rote Strahlung: ultrarote Strahlen. Es gibt aber auch unsichtbare Strahlen von größerer Brechbarkeit als violettes Licht: ultraviolette Strahlung. Strahlen geringerer Brechbarkeit tilgen die Wirkung der von größerer Brechbarkeit.

14. Man fülle schließlich ein planparalleles Gefäß mit ausgekochtem Wasser, verschließe es mit Paraffin und lege es so neben eine Glasplatte gleicher Dicke auf den zum Leuchten gebrachten Schirm, daß die Trennungslinie das Spektrum der Länge nach halbiert; dann zeigt sich, daß dort, wo die Strahlung durch Wasser gegangen ist, das Spektrum stark verkürzt ist. — Die dunklen Wärmestrahlen zeigen also bei der Absorption ein verschiedenes Verhalten je nach ihrer Brechbarkeit. Glas läßt die Wärme im sichtbaren Spektrum besser durch als Wasser.

Faßt man das alles zusammen mit den übrigen Versuchen über die Durchlässigkeit von Wärmestrahlung bei Gasen, die sich ebenfalls gut mit dem Schirm ausführen lassen, so dürfte das, was der Schüler über Wärmestrahlen wissen soll, aus den Versuchen abgeleitet worden sein.

Will man genauere Versuche über die Brechbarkeit der Wärmestrahlung, den Nachweis von Fraunhoferschen Linien usw. liefern, so muß man mit Hilfe von Stein-  
salzlinsen exaktere Spektren erzeugen.

## II. Der Zinksulfidschirm als Röntgenschirm.

Man besitzt in dem Schirm auch einen prächtigen Ersatz für den teuren Baryum-  
platincyanschirm.

Legt man mehrere solcher Schirme übereinander, darauf z. B. ein Reißzeug und setzt das Ganze etwa 1 Minute lang in bekannter Weise der Röntgenstrahlung aus, so gibt jeder Schirm ein deutliches, einige Minuten nach der Bestrahlung bleibendes Röntgenbild, das im Auditorium zur Besichtigung herumgegeben werden kann und das lästige Umherlaufen überflüssig macht. Das Bild klingt allmählich ab und kann durch Wärmestrahlung völlig und sofort getilgt werden. Bedeckt man also den Schirm mit einem dünnen Blatt Hartgummi und hält das Ganze unter eine Glühbirne, so verschwindet das Bild; der Schirm ist wieder gebrauchsfertig. Natürlich gibt der Schirm auch während der Bestrahlung Bilder. Nur muß dabei der Gegenstand ruhig liegen, da das Nachbild der ersten Lage das gegenwärtige Bild stört.

Dadurch, daß man das Bild nach der Aufnahme besichtigen kann, hat man den Vorteil, daß sowohl die Aufnahme selbst, wie die Beobachtung in größerer Ruhe vor sich geht, und schließlich ist man vor der gefährlichen Strahlung geschützt. Bleiglas und andere Schutzvorrichtungen, die den Schirm unhandlich machen, fallen weg.

Der Schirm läßt sich nun noch als guter Verstärkungsschirm bei der Röntgenphotographie verwenden und kürzt so die Belichtungszeit wesentlich ab. Legt man ihn nämlich mit der Schichtseite auf die Schicht der photographischen Platte und belichtet dann, so wirken nicht nur die Röntgenstrahlen selbst, sondern auch die Strahlen des Schirmes, ja diese wirken auch noch, wenn die unmittelbare Bestrahlung aufgehört hat.

Bedingung dabei ist, daß der Schirm glatt auf der Platte aufliegt, und das Korn des Schirmes sehr fein ist. Da diese Bedingungen sehr schwer zu erfüllen sind, so leiden die Bilder etwas an Unschärfe, die aber bei schnellem Aufsuchen von Fremdkörpern nicht in Frage kommt. Daß der Schirm eine photographische Aufnahme kontrolliert, indem man ihn unter die Kassette legt, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Die Bilder, die der Schirm liefert, sind besser als die des Platinbaryumcyanürschirmes. Da sich nämlich die durch die einzelnen Stöße des Röntgenlichts erzeugten Bilder übereinander lagern, so verschwindet das Flimmern des Bildes, und schließlich werden durch das Übereinanderlagern von geringen Helligkeiten auch dichtere Teile des bestrahlten Objektes durchleuchtet.

### III. Der Zinksulfidschirm als Photometerschirm.

Der Zinksulfidschirm läßt sich nun ferner sehr schön zu einem Photometer verwenden, und zwar ist es vorteilhaft, zu diesem Zwecke zwei Schirme *A* und *B* zu haben, die man durch Zerschneiden eines größeren erhält, denn es ist nötig, daß beide Schirme die gleiche Erregbarkeit haben. Man stelle (Fig. 2) in der Achse des Experimentiertisches einen schwarzen Schirm aus Eisenblech oder Pappe auf. Zu beiden Seiten des Schirmes stellt man zwei Glühlampen  $G_1$  und  $G_2$  von gleicher Kerzenstärke auf, so daß die Fadenebene normal zum Schirm ist. Ich benutze gewöhnliche Birnen, die als Beleuchtungskörper (110 Volt Wechselstrom, 16 Kerzen) Verwendung finden. Bringt man nun in gleiche Entfernung (ca. 30 cm) von  $G_1$  bzw.  $G_2$  die beiden Schirme *A* bzw. *B* an und belichtet eine halbe Minute, so kann man an dem mehr oder weniger

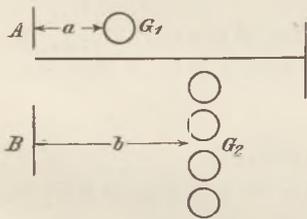


Fig. 2.

hellen Leuchten und an dem Abklingen beobachten, ob beide Glühlampen die gleiche Lichtstärke haben. Es wird sich oft zeigen, daß die Lichtstärke sehr verschieden ist. Dann muß man andere Lampen auswählen, bis man 5 gleichhelle hat. Durch Steigerung der Belichtungszeit kann man diese Eichung sehr genau vornehmen. Wenn 2 Lampen annähernd gleich sind, so kann man durch Drehen der stärkeren Lampe im Edisongewinde eine Schwächung der Lichtstärke erreichen, da dann die Kohlenfadenebene nicht mehr parallel mit dem Zinksulfidschirm ist. Dies führt sofort zum ersten Versuch.

Man stelle zwei gleiche Glühlampen so auf, daß die Fadenfläche parallel zu den Zinksulfidschirmen steht. Belichtet man ihn, so bekommt man gleiche Helligkeit der Schirme *A* und *B*. Nun dreht man die Lampe  $G_2$  um  $90^\circ$ , so daß die Fadenebene normal zum Schirm *B* steht. Belichtet man jetzt, so ist *B* dunkler als *A*. Die Glühlampe sendet also nicht nach allen Seiten gleiche Lichtstärke aus, sondern in der erweiterten Fadenebene liegt ein Minimum, wie man durch weitere Drehung von  $G_2$  um  $90^\circ$  zeigen kann.

Die Lichtmenge  $i_1$ , die eine Fläche von einer Lichtquelle von der Stärke  $i$  und der Entfernung  $r$  empfängt, ist bekanntlich

$$i_1 = \frac{i}{r^2} \cos \varphi,$$

wenn  $\varphi$  der Winkel ist, den die Flächennormale mit dem Lichtstrahl bildet. Man kann nun zunächst zeigen, daß  $i_1$  nicht dasselbe ist, wenn die Lichtquelle  $2i$  in doppelter Entfernung steht. Stellt man z. B. 1 Lampe in der Entfernung 30 cm dem Schirme  $A$  und 2 Lampen in der Entfernung 60 cm dem Schirme  $B$  gegenüber, so ist  $B$  nach der Belichtung wesentlich dunkler, d. h. die Lichtstärke nimmt schneller als proportional mit der Entfernung ab. Daß sie proportional mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, kann man dadurch zeigen, daß die Schirme gleichhell leuchten, wenn man

Schirm $A$ durch	1 Lampe in der Entfernung $a = 30$ cm,
Schirm $B$ durch	Lampen 2    3    4
in der Entfernung $b =$	42,4 51,9 60 cm

belichtet. Bildet man  $b^2/a^2$ , so erhält man die Anzahl der Lampen, die den Schirm  $B$  belichten. Man kann natürlich auch  $A$  in einer Entfernung von z. B. 60 cm aufstellen und muß dann  $b$  dementsprechend einrichten und geeignet länger belichten. Wer nur einen Schirm zur Verfügung hat, kann ihn so an die Kante des Schutzschirmes halten, daß diese den Beleuchtungsschirm halbiert. Jede Hälfte vertritt dann den Schirm  $A$  bzw.  $B$ , nur muß dabei Obacht gegeben werden, daß die Lampen vom Schirm den rechten Abstand haben. Bei mehreren dicht nebeneinander aufgestellten Lampen treten hierbei Trübungen der Resultate ein, während bei Verwendung von 2 Schirmen schon ganz geringe Abweichungen in der Entfernung Störungen der gleichen Helligkeit ergeben.

Ferner kann man zeigen, daß beide Schirme verschiedene Helligkeiten geben, wenn zwar  $A$  und  $B$  von je einer Lampe in einer Entfernung von 30 cm bestrahlt werden, die Normale des Schirmes  $B$  aber mit den einfallenden Strahlen einen Winkel  $> 0$  bildet.

Steht die Lampe  $G_1$  in der Entfernung 42,4 cm dem Schirme  $A$ , dessen Normale in der Strahlenrichtung liegt, und die Lampe  $G_2$  dem Schirme  $B$  in der Entfernung von 30 cm gegenüber, so erhält nach dem Obigen  $B$  die doppelte Lichtmenge. Dreht man nun  $B$  so, daß der Einfallswinkel der Strahlen  $45^\circ$  beträgt, so zeigt sich  $B$  noch wesentlich heller als  $A$ . Die Lichtstärke nimmt also nicht proportional mit dem Winkel ab, den die bestrahlte Fläche mit den Strahlen bildet. Erst wenn der Einfallswinkel  $60^\circ$  geworden ist, leuchten beide Schirme gleichhell. Für diesen Fall gelingt der Nachweis der Proportionalität von  $i_1$  mit  $\cos \varphi$  gut. Nicht deutlich kommt der Versuch heraus, wenn man  $G_1$  in der Entfernung 51,9 cm aufstellt und  $B$  einen Einfallswinkel von ca.  $70^\circ$  gibt. Auch dann sollte sich gleiche Helligkeit zeigen, aber die Schirme lassen sich schlecht unter dem geforderten Winkel genau einstellen.

Die nämlichen Versuche lassen sich, wenn man den leuchtenden Schirm mit der Hartgummiplatte bedeckt verwendet, nun auch für Wärmestrahlen anstellen. Freilich stellt sich zunächst heraus, daß nicht alle Lampen, die gleiche Lichtmengen abgeben, auch gleiche Wärmemengen liefern. Man muß also zunächst wieder 5 Lampen auswählen, für die man mit Hilfe des Schirmes gleiche Wärmestrahlung feststellt. Eine verschiedene Beschaffenheit des Birnenfadens und ein verschiedenes Vakuum mag die Ungleichheit der Wärmestrahlung bei gleichem Lichteffect bedingen. Nachdem aber 5 gleiche Lampen herausgesucht sind, lassen sich alle oben beschriebenen Versuche ohne Mühe anstellen, wenn man als Vergleichslampe etwa eine 16 kerzige Glühlampe in der Entfernung 15 cm vom Schirme verwendet.

Man kann nun auch eine Eichung einer unbekanntenen Lichtstärke vornehmen. So gelingt es, mit einer 16 kerzigen Glühlampe die Lichtstärke eines Auerbrenners zu bestimmen. Wenn nun Glühlampe und Auerbrenner so aufgestellt sind, daß die Schirme nach der Belichtung gleiche Helligkeit zeigen, so ist man erstaunt, daß unter Benutzung des mit der Hartgummiplatte bedeckten Schirmes der Auerbrenner eine bedeutend geringere Auslöschung hervorbringt als die Glühlampe. Obwohl also der

Auerbrenner von ca. 60 Kerzen Stärke eine größere Gesamtwärme ausstrahlt als die Glühlampe von 16 Kerzen, so gibt doch der Auerstrumpf eine kleinere Wärmemenge bei derselben Lichtstärke als die Glühlampe. Der Auerbrenner formt also die Energie besser in sichtbare Wellen um als die Glühbirne. Bei steigender Temperatur wächst der Prozentsatz der sichtbaren Strahlung schneller als derjenige der Strahlung geringerer Wellenlänge. —

Auch für alle optischen Versuche, bei denen ein reelles Bild betrachtet wird, läßt sich der Zinksulfidschirm mit Vorteil verwenden, indem man das Bild auf den Schirm fallen läßt und es nach der Bestrahlung dem Auditorium zeigen oder ausmessen kann. Es ist wohl überflüssig, alle die kleinen Verwendungen hier anzuführen; überall, wo ein Strahl läuft, kann der Schirm verwendet werden.

## Das Elektrometer für statische Ladungen nach Wulf.

Von

Dr. K. Bergwitz in Braunschweig.

Dem Elektrometer von WULF liegt ein sehr einfaches Prinzip zugrunde, nämlich das, daß zwei nebeneinander hängende Drähte, wenn sie gleichnamig aufgeladen werden, sich abstoßen. — Figur 1 zeigt ein Schema des Apparates und Figur 2 seine photographische Gesamtansicht. — Zwei feine Quarzfäden, die nach der Bestelmeyer-

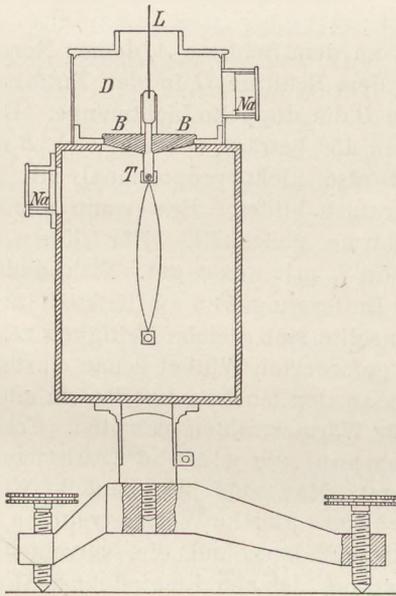


Fig. 1.

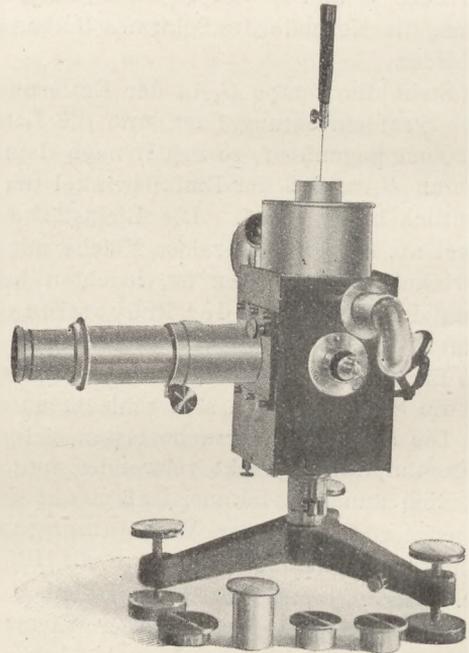


Fig. 2.

schen Methode durch Kathodenzerstäubung mit einem feinen, fest haftenden Platinüberzuge überkleidet sind, hängen an einem metallenen Träger (*T*) dicht nebeneinander. Oben und unten sind sie fest miteinander verbunden und durch das Gewicht eines kleinen durchlöchernten Stannioblättchens gespannt. Der Fadenträger (*T*), auf dem sich die abnehmbare Ladesonde (*L*) befindet, ist in eine Bernsteinplatte (*B*) eingebettet, so daß das ganze Fadensystem isoliert ist. Umschlossen wird es von einem Messinggehäuse, das auf einem mit drei Fußschrauben versehenen Stativ ruht und ein Fensterchen

zum Einlassen des Lichtes hat. Diesem gegenüber ist an der vorderen Wand ein in einem Schlitten um einige Millimeter verschiebbares Mikroskop von 70—100facher Vergrößerung befestigt, um die Fadenspreizung an seiner Okular-Mikrometerteilung ablesen zu können. Damit das Objektiv nicht zu nahe an die Fäden kommt und so deren Ladung nachteilig beeinflusst, ist es möglichst schwach gewählt, sein Okular dagegen sehr stark. Außerdem befindet sich auf dem Elektroskop eine Schutzkappe (*D*) für die Bernsteinplatte, die bei abgenommener Ladesonde durch einen Verschlußdeckel abgeschlossen werden kann. In ihr wie im Gehäuse befinden sich Öffnungen (*Na*) zur Aufnahme von kleinen Glastuben, in die man bei feuchtem Wetter Natrium bringt. Damit man das Elektroskop ohne Gefahr für die zarten Fäden transportieren kann, ist eine Vorrichtung angebracht, die selbsttätig bei geneigtem Apparate die Fäden festhält und sie wieder freigibt, sobald er senkrecht steht. — So einfach das Prinzip dieses Apparates ist, so einfach ist seine Aufstellung und Behandlung. —

Zunächst stellt man ihn nach Augenmaß senkrecht, schaut durch das Mikroskop, bringt mit Hilfe der seitlichen Fußschrauben die Fäden in die Mitte des Gesichtsfeldes, und

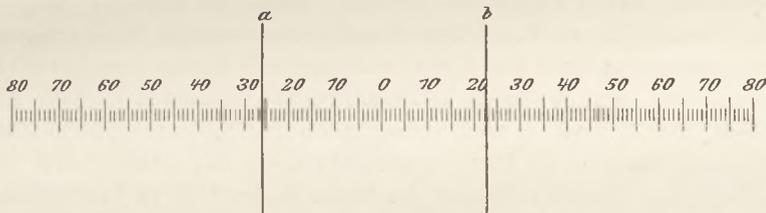


Fig. 3.

durch die Schrauben unter dem Mikroskop und durch Einstellen des letzteren erzielt man die Bildschärfe. Es zeigt sich dann dem Auge das in der Figur 3 wiedergegebene Bild, in dem *a* und *b* die mittleren Teile der Fäden auf der 160teiligen Skala bezeichnen. — Man kann aber auch — und für ein Auditorium ist es notwendig — mit Hilfe einer kleinen Bogenlampe<sup>1)</sup> und Linse, die man vor das Fensterchen stellt, das Bild auf einen Schirm projizieren. — Mit Hilfe einer am Gehäuse angebrachten Klemmschraube wird das Elektrometer geerdet. — Zahlreich sind die Vorzüge dieses

Fadenelektrometers vor den bisher gebrauchten. — Den Blättchenelektrometern gegenüber ist es frei von allen den Mängeln, die diesen anhaften (Verbiegen, Anschlagen und Klebenbleiben der Blättchen), und seine guten Eigenschaften (schnelle Einstellung, kleine Kapazität, sichere Transportfähigkeit) hat es mit ihnen gemein, ja es übertrifft diese noch darin. Seine Ablesung ist eine noch genauere, seine Kapazität eine viel geringere (1,7 : 4,7 ohne und 4,1 : 6,3 mit Ladesonde). Diese ist bei allen Spannungen konstant, da infolge der nur geringen

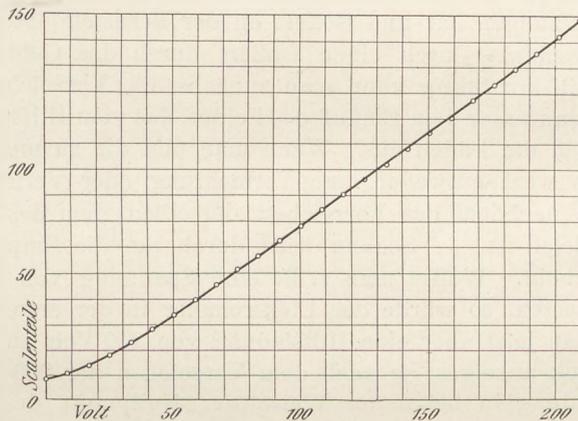


Fig. 4.

geringen Verschiebung der mittleren Teile der Fäden seine Kapazität von der Ladung fast unabhängig ist. Die Empfindlichkeit bei Potentialmessungen ist eine sechsmal größere und für Messungen von Elektrizitätsmengen eine zehnfache. Die Einstellung seiner Fäden erfolgt momentan, da ihre Schwingungen durch die Luft stark gedämpft werden. Figur 4 zeigt die Eichkurve für ein Instrument mittlerer Empfindlichkeit

<sup>1)</sup> z. B. der von Grimsehl beschriebenen Liliput-Bogenlampe, ds. Zeitschr. **19**, 139.

von 0—210 Volt, wo einem Strich der Skala 1,4 Volt entspricht. Wie man sieht, ist der Fadenausschlag fast proportional der Spannung; wenigstens liegen die Werte von 15 Volt ab nahezu auf einer geraden Linie; unterhalb allerdings nehmen die Ausschläge schneller ab, sind aber noch bis 8 Volt brauchbar. — Auch dem Quadrantelektrometer gegenüber, für welches es in vielen Fällen, wenn nicht hohe Empfindlichkeit verlangt wird, verwendbar ist, hat das Fadenelektrometer seine Vorzüge, nämlich: leichtere, einfachere Behandlung, schnellere Einstellung, sehr viel kleinere Kapazität, sicherere Transportfähigkeit, Unabhängigkeit von äußeren Störungen usw. —

Ein Elektrometer mit so guten Eigenschaften wird in vielen Gebieten der Elektrizitätslehre Verwendung finden. Ganz abgesehen von der Elektrostatik, für die es ja ausgezeichnet verwendbar ist, und von anderen verwandten Gebieten (z. B. Potentialmessungen, Bestimmung von Elektrizitätsmengen, Auswertung der Dielektrizitätskonstante durch Kapazitätserhöhung, schwache Reibung, Messungen der Piezo- und Pyroelektrizität an Kristallen; Kondensatorversuche, Spannungsabfall in einem Leiter, Fundamentalversuch von Volta, entladende Wirkung ionisierter Luft durch radioaktive Substanzen, Röntgenstrahlen, Flammengase, glühende Körper, Hallwachs- und Böblen-Effekt usw.), wird es sich vornehmlich für meteorologische Zwecke sehr brauchbar erweisen, nämlich zu Potentialmessungen in der Atmosphäre, für Bestimmungen der Anzahl und Geschwindigkeit der Ionen in der Luft in Verbindung mit dem Ebertschen Zähler. Zur Feststellung der Abklingungskurven schnell abklingender radioaktiver Substanzen ist es daher ebenfalls von hohem Werte; vielleicht wird es auch als elektrostatischer Oszillograph Verwendung finden. —

Zwei Nachteile sind es jedoch, die diesem neuen Elektrometer in dieser Form noch anhaften. Erstens reagiert es auf positive wie negative Ladungen in gleicher Weise, zweitens ist seine Empfindlichkeit für kleine Potentiale bedeutend geringer als für größere. Aber auch diese Schwierigkeiten hat der Erfinder zu überwinden gewußt, und zwar hat er beide Mängel durch Hinzufügen eines Hilfsleiters in vollkommener Weise beseitigt. — Dieser Hilfsleiter ist ein rechteckiges Metallgefäß das in der Mitte etwa zwei zum Durchlassen des Lichtes metallisch vergitterte kleine Öffnungen hat und isoliert an der Bernsteinplatte (*B*) befestigt ist. Seine Aufladung geschieht durch einen isoliert durch das Gehäuse geführten Draht. — Durch den Hilfsleiter kann man zunächst das Vorzeichen der Ladung der Fäden bestimmen; denn unter dem Einfluß des Feldes, das vom Hilfspotential hervorgerufen wird, bauchen sich die Fäden aus. Wenn man nun die zu messende Ladung auf die Fäden bringt, so wird entweder eine Vermehrung oder Verminderung des Ausschlages eintreten, je nachdem das Vorzeichen derselben dem des Hilfspotentials entgegengesetzt oder gleich ist. — Sodann wird durch ihn die Empfindlichkeit für kleine Potentialwerte erhöht. Wollte man z. B. eine Spannung von 1 Volt oder noch kleineren Werten messen, so würde das Elektrometer in der ersten Form nur schwach reagieren; legt man jetzt aber eine Hilfsladung von 200 Volt an, so wird der Ausschlag 201 bzw. 199 Volt anzeigen, je nach dem Vorzeichen der 200 Volt. Es wird also durch die Hilfsladung in bekannter Weise der Nullpunkt des Fadenpotentials an Stellen höherer Empfindlichkeit gerückt! — Drittens dient der Hilfsleiter dazu, den Meßbereich des Apparates je nach Wunsch zu erweitern. Hat man z. B. ein Elektrometer bis max. 250 Volt und will gern eine Spannung von  $\pm 300$  Volt messen, so braucht man ja nur die Hilfsladung von  $\pm 250$  Volt anzulegen; es zeigt dann der Ausschlag 50 Volt an. Man ist also imstande, mit ein und demselben Apparate, und zwar, das ist das wesentliche, immer mit Hilfe ein und derselben Eichentabelle, die vom Fabrikanten für die Hilfsladung 0 mitgegeben wird, beliebig hohe Potentiale zu messen, falls man nur eine entsprechende Hilfsladung konstanter Spannung zur Verfügung hat! — Durch den Hilfsleiter wird natürlich die Kapazität des Elektrometers etwas

vergrößert (1,7:4); ferner liegt auch eine Schwierigkeit darin, konstante Potentiale zum Laden des Hilfsleiters zu beschaffen; allerdings wird dieser Übelstand dadurch gemildert, daß man, ohne die Hilfsladung abschalten zu brauchen, ihr Potential augenblicklich am Apparate selbst ablesen kann. Das Fadenelektrometer wird von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hergestellt und ist ihr durch D. R.-P. 181284 geschützt.

Über lichtelektrische Versuche, zu denen das beschriebene Elektrometer benutzt werden kann, wird demnächst berichtet werden.

## Lichtelektrische Versuche.

Von

Dr. K. Bergwitz (Braunschweig).

Im vorangehenden Aufsatz habe ich das Fadenelektrometer von WULF für statische Ladungen beschrieben. Im folgenden stelle ich einige lichtelektrische Versuche zusammen, die gut mit seiner Hilfe vor einem großen Zuschauerkreise gezeigt werden können. Obwohl dieselben ja in den Originalarbeiten von HALLWACHS, ELSTER und GEITEL, LENARD, STOLETOW u. a. zu finden sind, sind sie doch nicht so in Aufnahme gekommen, wie sie es eigentlich verdient hätten; zumal im Schulunterricht fehlen sie trotz ihrer leichten Ausführbarkeit und trotz ihrer Bedeutung als eine Einführung in die moderne Elektronentheorie noch immer. In dieser Zeitschrift finden sie sich nur teilweise und dann auch nur kurz in den Berichten über Forschungen und Ergebnisse erwähnt. E. v. SCHWEIDLER setzt die Kenntnis der Originalversuche in seinem Referate über die lichtelektrischen Erscheinungen<sup>1)</sup> voraus, nur M. TRAUTSCHOLDT stellt am Schlusse seiner Abhandlung „Zur Entdeckungsgeschichte der lichtelektrischen Erscheinungen“<sup>2)</sup> eine Reihe einfacher lichtelektrischer Versuche zusammen. Für englische Leser ist von O. Lodge schon im Jahre 1894 eine Zusammenfassung lichtelektrischer Versuche im Anschlusse an eine Gedächtnisrede auf H. HERTZ gegeben<sup>3)</sup>.

Die Versuche teile ich in zwei Gruppen. Zur ersten gebraucht man eine Bogenlampe, eine gut isolierte kreisförmige Zinkscheibe, die man in bekannter Weise amalgamiert, so daß sie gut spiegelt, und ein empfindliches Elektrometer. Hier ist das Elektrometer von WULF gewählt.

1. Man benutzt die Bogenlampe gleichzeitig zur Projektion und als Lichtquelle zur photoelektrischen Erregung. Man stellt das Elektrometer dicht vor den Kondensator, so daß man vor sich auf einem Schirme ein scharfes Bild der Fäden und der Skala hat; dann ladet man die mit Hilfe eines dünnen Drahtes mit dem Elektrometer verbundene Zinkscheibe auf ein höheres negatives Potential und läßt durch eine Seiten- oder Hintertür des Lampengehäuses das volle Licht auf die 1 m entfernte Platte fallen. In demselben Augenblicke gehen die Fäden zusammen. Die Anordnung des Versuchs zeigt umstehende Figur 1.

2. Ladet man unter denselben Versuchsbedingungen die Scheibe positiv auf, so nimmt die Fadenspreizung nicht ab.

3. Legt man gar keine Ladung an die Zinkplatte, so beginnen die Fäden bei Belichtung bis zu einer bestimmten Spreizung in einer Richtung zu wandern. Durch

<sup>1)</sup> Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik I, 1, 1—43.

<sup>2)</sup> Beilage zum Jahresbericht des Nikolaigymnasiums zu Leipzig. 1906.

<sup>3)</sup> *The work of Hertz and some of his successors.* London 1894.

eine geriebene Siegellackstange beweist man, daß die Ladung positiv ist. Jetzt wird ein kräftiger Luftstrom mit Hilfe eines Blasebalges schräg gegen die Zinkplatte geblasen, und die Wanderung der Fäden geht in der früheren Richtung weiter.

4. Man wählt dieselbe Versuchsanordnung, wie unter 1 angegeben ist, nur läßt man die Lichtstrahlen zunächst durch eine klare Gipsplatte, dann durch eine farblose Glasplatte auf die Zinkscheibe fallen. Man beobachtet im ersten Falle keine wesentliche Abschwächung des photoelektrischen Effektes, im zweiten bleibt er fast völlig aus. Verwendet man farbige Glasplatten, so findet man bei roten, gelben und grünen Farbtönen keine Wirkung, während bei bestimmten blauen Glassorten noch eine gewisse Einwirkung sich zeigen kann.

5. Man nimmt den Verbindungsdraht des Elektrometers und der Scheibe an dieser ab [in der Fig. 1 mit  $a$  bezeichnet], befestigt am freien Ende eine kleine Metallkugel, die man isoliert aufhängt, und ladet einmal positiv und einmal negativ. Stellt man die geerdete Zinkscheibe der Kugel gegenüber auf in nicht zu großer Entfernung und läßt Licht darauf fallen, so gehen im ersten Falle die Fäden schnell zusammen, im zweiten ein wenig auseinander.

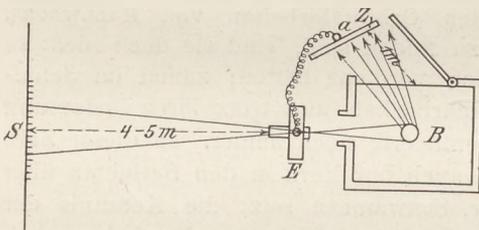


Fig. 1.

$B$  Bogenlampe,  $E$  Elektrometer,  $Z$  Zinkscheibe,  
 $S$  Schirm.

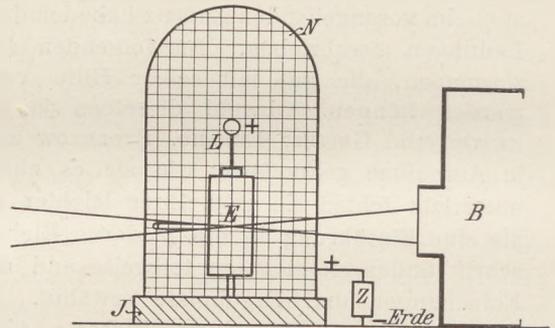


Fig. 2.

$B$  Bogenlampe,  $E$  Elektrometer,  $N$  Drahtnetz,  
 $J$  Hartgunnmischeibe,  $L$  Ladestift,  $Z$  Zamboni-Säule.

Diese Versuche beweisen uns, daß unter dem Einfluß der Belichtung mit kurzwelligem Licht die negativ- oder ungeladene Zinkscheibe negative Elektrizität an die sie umgebende Luft abgibt. Da schon gewöhnliches Glas die Wirkung fast aufhebt, so wird sie wesentlich an ultraviolettes Licht gebunden sein.

6. Den Versuch 5 kann man noch etwas anders anstellen: Das Elektrometer ( $\epsilon$ , siehe die Fig. 2), mit dessen Ladestift ( $L$ ) ein Metallscheibchen verbunden ist, um seine Oberfläche zu vergrößern, wird positiv aufgeladen und auf eine gut isolierte Unterlage ( $J$ ) vor den Kondensator gestellt. Dann überdeckt man es mit einem Korbe ( $k$ ) aus nicht zu engmaschigem Drahtgeflechte (1–2 cm Maschenweite), den man mit dem positiven Pole einer Zamboni-Säule verbindet, während ihr negativer an der Erde liegt. Nähert man jetzt die belichtete und geerdete Zinkscheibe, so wird das Elektrometer entladen. Die Erklärung ist die: Das positive Drahtnetz zieht die negativen Elektrizitätsteilchen, die von der Zinkscheibe abgeschleudert werden — Elektronen — an, sie erhalten dadurch eine gewisse Geschwindigkeit, die so groß wird, daß sie zum Teil durch die Maschen des Netzes gehen und die positive Ladung des Elektrometers vernichten. — Zu Versuch 3 müßte man zur Erklärung dann noch folgendes sagen: Der Grenzwert der positiven Aufladung der Zinkplatte bei ruhender Luft wird erreicht sein, wenn sie auf die entweichenden negativen Elektronen eine Kraft ausübt, die gerade ausreicht, sie festzuhalten. Hierdurch bildet sich in der Nähe der Zinkfläche eine negative Luftschicht, die durch Anblasen entfernt werden kann, wodurch zugleich das Potential der Scheibe steigt.

Verbindet man nun die Zinkscheibe mit einem konstanten negativen Potentiale, so gibt sie, wie gezeigt, unter Belichtung fortwährend negative Elektrizität ab; stellt man ihr also eine zur Erde abgeleitete Platte gegenüber, so entsteht zwischen beiden ein lichtelektrischer Strom. Die Abhängigkeit des Stromes von gegebenen Bedingungen kann man in folgender Weise zeigen: Man legt an die isolierte Zinkscheibe eine konstante negative Spannung von 200—400 V. (den negativen Pol einer Batterie oder der Zentrale); ihr gegenüber steht in einigen Millimetern Entfernung eine isolierte Drahtnetzscheibe von gleichem Durchmesser. Diese wird über einen großen Widerstand zur Erde abgeleitet. Ich habe mich dabei immer mit Vorteil eines trockenen Streichholzes bedient. Bevor der Strom den Widerstand erreicht, wird er zum Elektrometer abgezweigt, das uns in bekannter Weise die Stärke des Photostromes in relativem Maße anzeigt. Nebenstehendes Schaltungsschema (Fig. 3) möge noch näheren Aufschluß geben.

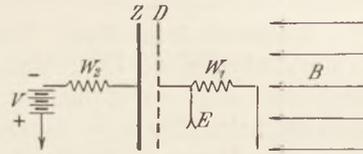


Fig. 3.  
B Bogenlampe, D Drahtnetzscheibe,  
E Elektrometer, Z Zinkscheibe,  
W<sub>1</sub> Widerstand, W<sub>2</sub> Widerstand, um  
Kurzschluß zu verhüten.

Mit Hilfe dieser Versuchsanordnung kann man zunächst die Existenz des lichtelektrischen Stromes nachweisen: Sobald die Strahlen der Bogenlampe durch die Maschen des Drahtnetzes auf die Zinkplatte fallen, divergieren die Fäden im Elektrometer. Auch die Abhängigkeit des Stromes von der Größe (a), Natur (b) und Oberfläche (c) der Kathode, der Beleuchtungsstärke (d), der Wellenlänge (e) des Lichts läßt sich so bequem zeigen. — a) Vermindert man, indem man durch einen vorgehaltenen Schirm einen Teil der Lichtstrahlen abblendet, die Größe der bestrahlten Fläche, so vermindert sich auch die Divergenz der Elektrometerfäden. b) und c) Ersetzt man die Zinkscheibe durch eine abgeschmirgelte Aluminiumplatte, so bekommt man e. p. dieselbe Divergenz der Fäden; nimmt man eine Kupferplatte, so zeigt sich kein merklicher Ausschlag, der aber sofort wieder erfolgt, wenn man sie mit Kaliumamalgam bestrichen hat. Überzieht man die Zinkscheibe mit Seifenwasser, so zeigt sich am Elektrometer auch keine Spannung. — Aus diesen Versuchen folgt in der Tat eine Abhängigkeit des lichtelektrischen Stromes von der Natur der beleuchteten Fläche, und zwar sind am wirksamsten die Metalle Zn, Al und Kaliumamalgam, also solche, die in der Spannungsreihe von Volta der elektropositiven Gruppe angehören. — Die Stromstärke variiert entsprechend, falls man die Stärke des Lichtbogens d) verändert; e) durch vorgehaltene Lichtfilter kann man dann wieder nachweisen, daß der Strom hauptsächlich durch das ultraviolette Licht bedingt ist. —

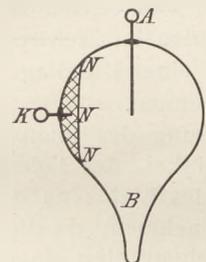


Fig. 4.

A Anode, K Kathode (festes Kalium oder Natrium), N feste Natriumfläche, B Abschmelzstelle von d. Luftpumpe.

In bequemerer Weise lassen sich alle beschriebenen Versuche mit Ausnahme der unter b) und c) genannten machen, falls man eine photoelektrische Zelle von ELSTER und GEITEL (ds. Zeitschr. V, 38) hat. Diese Zellen reagieren nicht ausschließlich auf ultraviolettes Licht, sondern vorwiegend schon auf sichtbares, das etwa der Grenze des spektralen Grün bis Blau

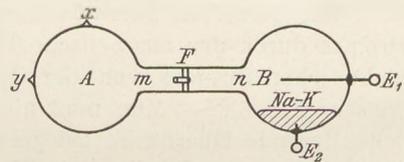


Fig. 5.

Na-K Natrium-Kaliumlegierung (K und Na im Verhältnis ihrer Äquivalengewichte zusammengeschmolzen); im übrigen vgl. ds. Zeitschr. V, 38.

entspricht. Bekanntlich unterscheidet man Zellen mit fester, aus Kalium oder Natrium bestehender, und solche mit flüssiger, aus der Legierung der beiden Metalle gebildeter Kathode. Die Fig. 4 gibt uns die schematische Zeichnung einer Zelle mit fester und Fig. 5 eine solche mit flüssiger Kathode.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie oben, nur an Stelle der Zinkscheibe und ihrer Gegenplatte schalten wir die Zelle von Elster und Geitel ein, so daß sie mit der Alkalimetallelektrode an dem negativen Pol der Batterie liegt. Als Lichtquelle kann eine kleine Glühlampe, Nernstlicht, Auerbrenner oder einfach eine Stearinkerze dienen. —

Zunächst zeigt man, daß die Alkalimetallfläche bedeutend empfindlicher ist als die Zinkscheibe. Es genügt bei 200 V. Kathodenspannung bereits ein brennendes Streichholz oder ein glühender Draht, um eine starke Divergenz der Elektrometerfäden herbeizuführen. — Es ist jedoch immer gut, wenn man dem eigentlichen Versuche eine Vorprobe im Dunkeln vorausgehen läßt, um die Isolation der Zelle zu kontrollieren. — Legt man dann eine höhere Spannung (250 V.) an, so wird der Strom c. p. stärker. Zu hoch darf man mit der Spannung nicht gehen, sonst tritt unter Zerstäubung der Kathode leuchtende Entladung ein. — Mit derselben Versuchsanordnung kann man die Beeinflussung des lichtelektrischen Stromes durch das magnetische Feld nachweisen. Man braucht nur einen starken Hufeisenmagneten so zu nähern, daß die magnetischen Kraftlinien senkrecht zu den Stromlinien verlaufen, so bemerkt man schon eine Abnahme der Fadenspreizung im Elektrometer. Besser und vorteilhafter ist es, einen Elektromagneten anzuwenden, in dessen Feld man die Zelle lagert. Man beginnt erst mit schwachem Felde und steigert allmählich; es wird einem bei genügend starkem Strom im Magneten gelingen, die Strombahnen fast abzubiegen, so daß das Elektrometer in Nullstellung geht. — Die Erklärung des Versuches ist die: Die von der Alkalimetallfläche ausgeschleuderten negativen Elektronen werden durch das Magnetfeld aus ihrer Bahn abgelenkt, ähnlich wie die Kathodenstrahlen in den bekannten Wehneltischen Versuchen. Je stärker das Feld gemacht wird, um so mehr werden die Elektronen von der Anode weggetrieben. —

Um dann zu zeigen, daß der photoelektrische Strom nach Unterbrechung der Einwirkung des Lichts schnell erlischt (in Wirklichkeit erlischt er momentan), kann man folgendermaßen verfahren. Zunächst baut man die Zelle in einen lichtdichten Kasten so, daß die Zuführungen zu den Elektroden isoliert durch die Wände führen. Der Kathode gegenüber befindet sich eine kreisförmige Öffnung von der Größe der Kathodenfläche. Um das Licht auf die Zelle schnell im Wechsel auffallen lassen und abblenden zu können, befindet sich vor dem Kasten eine Pappscheibe mit kreisförmigen Ausschnitten von gleicher Größe. Sie sitzt auf der Achse einer Zentrifugalmaschine auf, so daß man sie mit beliebiger Geschwindigkeit drehen kann. Zündet man nun die Bogenlampe an, dreht die Scheibe, so sieht man die Fäden im Elektrometer schwingen. Bei zu schneller Drehung nehmen die Fäden eine Mittellage ein; das Auge vermag die Schwingungen nicht mehr einzeln zu erkennen.

Mit derselben Versuchsanordnung, mit der man die Beeinflussung des Photostromes durch das magnetische Feld zeigte, kann man die Abhängigkeit des lichtelektrischen Stromes von der Orientierung der Polarisationssebene des Lichts nachweisen (Fig. 6). — Man muß hier eine Zelle mit flüssiger Kathode nehmen, da die reflektierende Oberfläche spiegelnd sein muß. Man blendet die Lichtstrahlen einer Nernstlampe durch eine mit einer runden Öffnung versehene Scheibe so ab, daß die Oberfläche der Kathode in der Zelle von den das Loch passierenden, vorher durch eine Linse parallel gemachten Strahlen etwa unter  $60^\circ$  getroffen wird, und bringt in ihren Weg ein Nicolsches Prisma, das sich in einer Führung drehen läßt. Man kann dann während einer Drehung des Prismas um  $360^\circ$  am Elektrometer zwei Maxima und zwei Minima der Stromstärke erkennen. Nach J. J. THOMSON pflegt man diese Erscheinung so zu erklären: Wir sahen, daß die vom Lichte bestrahlte Kathode, ob Zinkscheibe oder Alkalimetall, negative Elektronen aussandte. Unter der Voraussetzung, daß ein Teil der Energie des vom Metall absorbierten Lichtes

in kinetische Energie der Elektronen verwandelt wird, vermögen diese um so leichter das Metall zu verlassen, je weniger Zusammenstößen mit Metallmolekülen vor Erreichung der Oberfläche sie ausgesetzt sind; infolgedessen ist ihr vorteilhaftester Weg, sich aus dem Metall zu entfernen, der, der rechtwinklig zu seiner Oberfläche verläuft. Da nun bei rechtwinklig zur Einfallsebene polarisiertem Lichte der elektrische Vektor senkrecht zur Oberfläche schwingt, bei in der Einfallsebene polarisiertem dagegen parallel zu ihr, so ist es plausibel, daß im ersten Falle mehr Elektronen durch die elektrische Schwingung aus dem Metall geschleudert werden als im zweiten. — Bemerkenswert ist allerdings, daß im Falle des größten photoelektrischen Effekts auch die Lichtenergie im Metall ihren größten Betrag erreicht. Den Versuch kann man dann

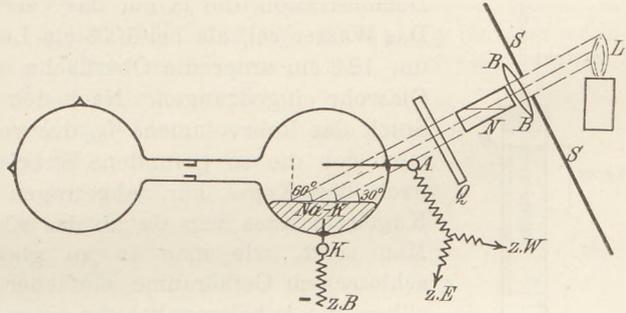


Fig. 6.

A Anode, K Kathode, Na-K Legierung aus Natrium und Kalium, N Nicol, S Schirm, L Lampe, B Linse, Q Quarzplatte.

noch dadurch ergänzen, indem man zwischen Nicol und Zelle eine Quarz- oder Gipsplatte bringt. Die Divergenz der Elektrometerfäden wird dann entweder ab- oder zunehmen je nach der Stellung der Platte, indem durch das Einschalten derselben eine Veränderung in der Lage der Polarisationssebene des einfallenden Lichtes bewirkt wird. — Beide Zellenformen kann man bei der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig erhalten.

## Gasvolumetrische Freihandversuche.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Nur die Einfachheit der experimentellen Hilfsmittel ist ein Erfordernis des „Freihandversuches“; der gedankliche Inhalt kann offenbar über das Allereinfachste hinausgehen. Damit werden die mitzuteilenden Versuche als Übungen gleichzeitig im physikalischen Denken und Beobachten auch für Schüler der Oberstufe geeignet. Der Beschreibung sei weiter vorausgeschickt, daß die bei diesen Versuchen zu gewinnenden Zahlen eine erfreuliche Genauigkeit erhalten können, falls man mit einiger Umsicht — wie eigentlich bei Gasmessungen selbstverständlich — Temperaturstörungen, auch durch unnützes Anfassen, fernhält.

1. Angewendet wird die Form des Mariotteschen Gesetzes, die nach dem (*ds. Zeitschr.* 20, 273) Mitgeteilten die folgende ist:  $\Delta v/v = \Delta p/p'$  oder  $\Delta v/v' = \Delta p/p$ . Diese Form sei als „Änderungsgesetz“ vorschlagsweise bezeichnet. Am wenigsten kann sie wohl in einem Unterrichte übergangen werden, an den sich Schülerübungen anschließen. Man kann den Satz, dessen Entstehung aus der Formel  $v/v' = p'/p$  sofort ersichtlich ist, sehr einfach mittels der ein für allemal hergestellten Anordnung der Fig. 1 demonstrieren. Nach Anfüllen des Standzylinders bis zur Marke M senkt man das Kugelrohr so weit hinein, daß der Druck in der abgeschlossenen Luft um  $1/100$  des in cm Wassersäule (normal 1033 cm) an die Tafel geschriebenen Atmosphärendruckes ansteigt. An einer aufgeklebten cm-Skala läßt man einen Schüler mit ablesen, ebenso, etwa an einer mit zwei feinen Gummiringen befestigten, 2—3 mm breiten mm-Skala, die Länge des in das Glasrohr vorgedrungenen Flüssigkeitsfadens. Solche

schmalen Skalen erhält man als Abschnitte der prächtigen Kartonskalen von C. Bube in Hannover; man macht sie durch Zaponlack gegen Wasser unempfindlich. Die ganzen Zentimeter bezeichnet ein feiner Tupfen Schwarzlack, ein Nadelstich oder eine am Karton durch Ausschneiden stehengelassene Dreiecksspitze. Auf Projektion, überhaupt auf genaue Abmessung kommt es für diese Demonstration, die ja nur das Verständnis erleichtern soll, nicht an. Das Wasser sei, als bei 1033 cm Luftdruck der Wasserstand im Rohr um 10,3 cm unter die Oberfläche verlegt wurde, 47 mm tief in das Glasrohr eingedrungen. Nach dem Änderungsgesetz ist dann dieses Stück des Rohrvolumens  $\frac{1}{100}$  des verkleinerten Luftvolumens. Denkt man sich die so gefundene Strecke von 47 mm noch z. B. 10 mal, nach der Kugel hin, abgetragen, so beträgt der Hohlraum des Kugelrohrrestes von da ab das 90 fache der einzelnen Rohrstrecke. Man sieht, wie man so an gleichkalibrigen Röhren mit abgeschlossenem Gefäßraume, einfacher als durch Auswägen mit Quecksilber, die Anhaltspunkte für einen dilatometrischen Gebrauch erhält. Genauer würde diese für ihren Zweck genügende, relative Kalibrierung mittels einer angeschlossenen Schlauch-Glasrohrverbindung

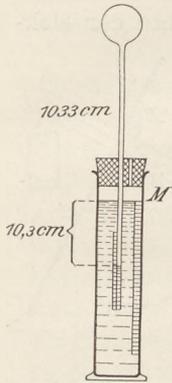


Fig. 1.

voll Wasser auszuführen sein, mit der durch Anheben des Rohres der Druck gleich schon um  $\frac{1}{10}$  des Luftdruckes, also um 103 cm, erhöht werden kann.

2. Eine weitere Übung in der Anwendung des Änderungsgesetzes, zugleich einen besonders interessanten Versuch liefert die Messung des Druckes der Wasserleitung mit dem in Zentimeter geteilten „Meßrohr“ von 100 ccm. (Nr. 1 des Sonderprospektes von Gustav Müller in Ilmenau.) Nach Volllaufenlassen eines Schlauches der Tischleitung drückt man das konische Rohrende hinein und befestigt es mit Draht. Das Rohr wird senkrecht in einer Stativklemme angebracht. Nach Öffnen des Wasserhahnes schießt das Wasser hinein. Aus dem Volumen der verdichteten Luft ergibt sich auch mittels der gewöhnlichen Formel für das Mariottesche Gesetz sehr einfach der hohe Gesamtdruck; nach Abziehen der Atmosphäreinheit der Überdruck der Wasserleitung. Letzteren erhält man aber bereits direkt als Druckänderung  $\Delta p$  des ursprünglichen Druckes  $p$  (1 Atmosph.), da  $\Delta p/p = \Delta v/v'$  ist. Man braucht eben nur die Volumänderung  $\Delta v$  (die ccm Wasser im Rohr) durch das verkleinerte Luftvolumen  $v'$  zu dividieren. Besonders deutlich wird bei diesem Versuchsbeispiel die Verschiedenheit der Nenner in der Gleichung für den Änderungssatz betont; die beiden Größen sind aus den beiden Gruppen der funktionell verbundenen Werte  $p v$  und  $p' v'$  eben getrennt zu entnehmen. Auch die Bestimmung des Atmosphärenwertes der Druckschwankungen, die das hastige Öffnen und Schließen eines zweiten Wasserleitungshahnes hervorrufen, wird mit Nutzen, auch für die Praxis, den Beobachtungen am Druckrohr entnommen. An unserer Wasserleitung (K. S. Kadettenkorps) wird oft eine Verdichtung der 100 ccm Luft bis auf etwa 13 ccm erzielt. Die Trägheit des plötzlich abgestellten Wassers kann den  $87:13 = 6,7$  Atmosph. betragenden Überdruck um mehrere Atmosphären verstärken. Das Druckrohr ist so fest wie Wasserstandsgläser der Hochdruckkessel.

3. Eine Medizinflasche mit einem mehrere dm langen Glasrohr von etwa 4 mm Weite im luftdicht sitzenden Stopfen und mit einer Bodenschicht Flüssigkeit, in die das Rohr hineinragt, stellt ein Minimum-Thermometer dar (Fig. 2). Durch Einblasen während des Schräghaltens treibt man Flüssigkeit aus dem Rohr in die Flasche; man saugt gleich darauf etwas an und stellt die Flasche hin. In kalter Umgebung perlen weitere Luftmengen durch die Flüssigkeit in die Flasche hinein. Man läßt genügend lange darin stehen. Nach langsamem Durchrühren von Eiswasser mit der stets senkrecht gehaltenen Flasche braucht man nicht zu lange auf den Temperaturengleich zu warten, den das Aufhören des Durchperlens bestens bemerkbar macht. Wird später



nach dessen Einsetzen Gl. II bei einem bestimmten Atmosphärendrucke  $p$  nur noch die beiden Variablen  $h$  und  $d$  enthält, so daß die Abmessung von  $h$  zur Berechnung von  $d$  genügt<sup>1)</sup>.  $d$  liefert nach I) die Tieftemperatur  $t_{\min}$ .

4. Als Maximum-Thermometer kann man ein enges Glasrohr mit Kugel oder Zylindergefäß am einen Ende verwenden, das man, mit dem offenen Rohrende in Flüssigkeit tauchend, der Wärme aussetzt. Nach dem Wiedererkalten auf Zimmerwärme ist die Flüssigkeit, der Höchstwärme entsprechend, verschieden hoch in das Rohr hinaufgedrückt. Ist das Gefäß berußt, so kann nach dem Verweilen im Sonnenschein, bei bewegter Luft besonders unter einem Becherglase oder einer Weinhold-Dewarschen Röhre, die physikalisch ganz interessante „Temperatur im Sonnenschein“ als ziemlich bedeutend an klaren Tagen ermittelt werden. Wie im vorigen Abschnitt bestimmt man den Druck, unter dem das Luftvolumen im Thermoskop bei Zimmerwärme wieder bis zur beginnenden Blasenbildung am Ende des Rohres verändert wird. Ist hierzu nur eine geringere Druckabnahme erforderlich, so hebt man das

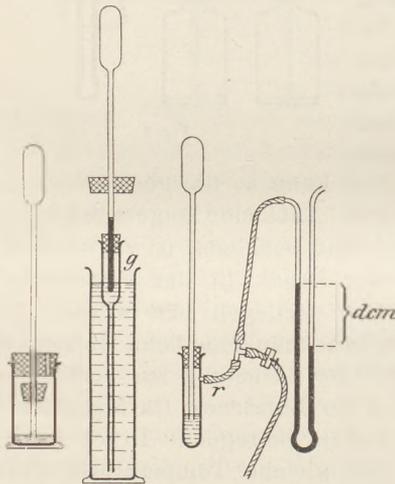


Fig. 3.

Rohr behutsam aus der Flüssigkeit und bringt es mittels des schon früher befestigten Stopfens auf dem Glasrohre  $g$  (Fig. 3) an, das samt seinem langen, schmälere Teile in einem hohen Zylinder mit Wasser steht (umgekehrte „Taucherglocke“ der „Versuche mit Tauchern“ (ds. Zeitschr. XIII 249). Durch Herausheben aus dem Wasser kann dann der Druck vielleicht schon bis zur Verdrängung der Flüssigkeit aus dem Thermoskoprohr verkleinert werden. Sonst befestigt man dieses ebenso auf einem Reagenzglase  $r$  mit Seitenrohr, so daß es etwa so tief wie vorhin in das Wasser darin hineinragt, und verkleinert den Druck mit den in der Figur ersichtlichen Mitteln. Zeigt das Quecksilbermanometer eine Druckabnahme von  $d$  cm beim Heraustreten von Luft aus dem Thermoskoprohr an, so ist der Druck darin jetzt  $(p-d)$  cm. Würde nunmehr bei konstantem Volumen erwärmt, bis der

Druck auf den bei der Höchstwärme vorhanden gewesenem ( $p$  cm) ansteigt, so hätte er um den Bruchteil  $d/(p-d)$  zugenommen. Da nun das Erwärmen um  $1^\circ$  von  $t^0$  ab bei konstantem Volumen den Druck um  $1/(273+t)$  zunehmen läßt, so ergibt sich für das Erwärmen bis  $t_{\max}^0$  die Gleichung:

$$\frac{d}{p-d} = \frac{t_{\max} - t}{273+t} \quad \text{oder} \quad t_{\max} = t + \frac{d(273+t)}{p-d} \dots \dots \dots \text{III}$$

Ist  $h$  die Steighöhe der Flüssigkeit im Thermoskoprohr nach dem Erkalten, so liefert der Änderungssatz die nach 3. verständliche Gleichung:

$$\frac{hm}{v} = \frac{d-h}{p-h} \dots \dots \dots \text{IV}$$

II) und IV) zusammenfassend, kann man auch schreiben:  $d = h + (p \pm h) \cdot hm/v$ . Ist  $h$  nur klein gegenüber von  $p$ , so kann es in der Klammer fortbleiben.

5. Zum schnellen Durchsuchen eines Vorrates langer Glasröhren nach derjenigen, die am besten gleichkalibrig ist, kann folgendes Verfahren dienen. Das

<sup>1)</sup> Aus der anderen Form dieser Gleichung:  $d = h + (p+h) \cdot hm/v$  ergibt sich die Berechnung von  $d$  aus  $h$  durch Beifügung einer Korrektion von ganz ähnlicher Bedeutung, wie es (a. a. O. S. 277) für die Verwendung der Flasche mit Steigrohr als Luftthermometer abgeleitet wurde.

Der Einfachheit wegen wurde von der Berücksichtigung einer Änderung des Atmosphärendruckes in der Zeit zwischen der Abkühlung und dem Wiedererwärmen abgesehen.

eine Rohrende wird mit einem Stöpselchen (oder Schlauchabschnitt mit Glasstäbchen) luftdicht verschlossen und unter Anfassen mit einem Tuche das Rohr in einen recht hohen Zylinder mit Wasser gesenkt. Man sieht nach, um wieviel ( $d$  mm) das Wasser in das Rohr hineindringt, sowie, wie hoch ( $h$  cm) dabei die drückende Wassersäule ist. Am einfachsten wird die erstere Länge genau erkannt, wenn man vor dem Einsenken die Innenwand des Rohrendes fein behaucht. Es gelingt dies mittels einer engeren hineinschiebbaren Röhre, die man so winkelig umbiegt, daß man die Wirkung des Hineinblasens übersehen kann. Zieht man diese Röhre einige Male hoch über einer Flamme hin, so daß sie etwas mehr als handwarm wird, und bläst gleich nach dem Hineinschieben um etwa 8 cm leicht durch die Röhre, so behaucht man nur das Endstück der inneren Wand der langen Röhre. Mit großer Schärfe kann man darauf an dem senkrecht aus dem Wasser herausgezogenen Rohr die Eindringtiefe erkennen. Ein Meniskus bildet sich bei solchem erstmaligen Benetzen meistens nicht aus. Nach dem Abtrocknen der Röhre und etwaigem Ruhenlassen für den thermischen Ausgleich macht man mit dem anderen Rohrende den gleichen Versuch. Für ein genau gleichkalibriges Rohr müssen die beiden Messungen von  $d$  übereinstimmen, und an einem  $l$  mm langen Rohr muß nach dem Änderungssatz die Gleichung erfüllt sein:  $d/l = h/(b + h)$ , wenn  $b$  den Atmosphärendruck in cm Wassersäule bezeichnet.

6. Das Verfahren, das Verhältnis von Rohr- und Gefäßinhalt eines Dilatometers (im weiteren Sinne) durch eine abgemessene Druckänderung zu bestimmen, versagt bei sehr großem Rauminhalte des Gefäßes und besonderer Engheit des anschließenden Rohres. Um den Druck dann in meßbarer Weise so wenig abzuändern, wie die starke Verschiebung eines Flüssigkeitsfadens im Meßrohre erfordert, kann man dieses wie bei den Variometerversuchen wagerecht legen und das Ganze um eine gemessene Strecke höher oder tiefer aufstellen.  $\frac{3}{4}$  m senkrechter Abstand ändert den Atmosphärendruck um sehr nahe  $\frac{1}{10000}$  seines Betrages. Der Flüssigkeitsfaden verschiebt sich dadurch aber erheblich weniger als um den gleichen Bruchteil des Luftvolumens. Es liegt dies an der Langsamkeit des thermischen Ausgleichs unter den geschilderten Umständen. An die Stelle des isothermen Vorganges tritt der adiabatische. Auch Abwarten führt nicht zum Ziele, da der Luftdruck fast stets zu sehr variiert. Gegen rohe Messungen von Höhen mittels ähnlicher Vorrichtungen soll hiermit nichts eingewendet werden, nur gegen die etwa versuchte Umkehrung, die Volumverhältnisse aus den Höhen zu bestimmen.

7. Läßt man in eine Flasche mit trockener Luft Wasser eintreten, so erhöht sich der Druck um den Sättigungsdruck des Wasserdampfes; Zimmerluft hingegen läßt erkennen, um wieviel der Druck der Feuchtigkeit darin noch kleiner als der Sättigungsdruck ist. Einfache Versuche zur Messung dieser Druckgrößen können mittels zweier gleicher Medizinflaschen von etwa 200 ccm angestellt werden. Man gießt 2 cm hoch Paraffinöl hinein; für Demonstrationen mit Alkannah gefärbtes. Zu den Flaschen gehören zwei luftdicht aufsetzbare Stopfen mit bis in das Öl hineinragenden Röhren von etwa 4 mm Weite, die unten noch etwas mehr verengt sind. Die eine Flasche bleibt lange offen stehen. Zuletzt kann man mit einer Röhre noch frische Zimmerluft hineinsaugen. Die andere wird durch Hineinragenlassen einer „Trocknungszigarette“ völlig trocken gehalten. Diese kleine Vorrichtung ist aus wenigen Lagen feinen Filtrierpapiers über einem Bleistift zurechtgewickelt, mit einigen Sieglackstopfen zusammengehalten und am vordringenden Ende mit einem Korkstöpselchen und Sieglack abgeschlossen worden. Dann wurde das Pulver von geglühtem Chlorcalcium hineingeschüttet und oben das verjüngt zurechtgeschnittene untere Ende eines ebenfalls auf die Flaschen passenden Korkes eingesiegelt. Verschließt der Kork eine leere Flasche ( $c$ , Fig. 4), so zeigt die Vorrichtung große Dauerhaftigkeit. Wird sie auf die zweite der obigen Flaschen aufgesetzt, so ist nach geraumer Zeit die Luft darin so gut wie ganz wasserfrei.

Die beiden mit den Korken versehenen Röhren werden nun nacheinander voll (gefärbten) Wassers gesaugt, oben mit dem Finger verschlossen, außen völlig abgetrocknet und in der zugehörigen Flasche unter der Oberfläche des Öles ausfließen gelassen. Der Kork darf dabei noch nicht luftdicht abschließen. Nach diesem, die Flaschenluft nicht befeuchtenden Einbringen einer Portion Wasser setzt man, am Flaschenhalse zugreifend, den Kork völlig fest auf die Flasche. In dieser Weise könnten die Flaschen lange stehen bleiben, ohne daß sich Feuchtigkeitsdruck bemerkbar macht. Der Flüssigkeitsstand in den Röhren wird mit Kreide außen markiert.

Während man dann mit dem Zeigefinger das äußere Rohrende der Flasche zuhält, schüttelt man jede einzelne, mit einem Tuche oder nur am Halse zugreifend, tüchtig auf- und abwärts und stellt sie wieder hin. Auch jetzt ist der Flüssigkeitsstand zunächst fast ungeändert. Erst nach einigen Sekunden scheint der Öl-Wasserbelag auf den Flaschenwänden so dünnhäutig zu werden, daß Verdampfung eintritt, indem dann, bald schneller, der Druck in den Flaschen ansteigt. Zuletzt ist die Druckzunahme wieder sehr langsam. Nach genügender Wartezeit wird der Anstieg des Wassers (mit Öltropfen) abgemessen. Um aber die Druckzunahme bei konstantem Volumen zu erhalten, wird mittels des unter 3. angegebenen Verfahrens für geringere Druckänderungen das Volumen der Luft in der Flasche durch das mit Schlauch angeschlossene, in Wasser gesenkte Rohr gleich dem früheren gemacht. Der Kreidestrich *K* für den Flüssigkeitsstand im Steigrohr läßt

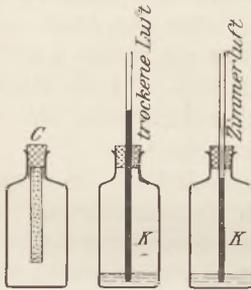


Fig. 4.

dies erkennen. Aus dem annähernd richtig gefundenen Sättigungsdruck und seinem Überschuß über den Druck in der Flasche voll Zimmerluft ergibt sich die relative Feuchtigkeit. Über die Anwendbarkeit der Gl. II bei Wiederholungen der Versuche braucht wohl nichts hinzugefügt zu werden.

## Kleine Mitteilungen.

### Das Kalenderrad.

Ein Hilfsmittel für astronomische Belehrung.

Von **Karl Fuchs** (Preßburg).

Das Kalenderrad ist ein größeres, leichtes, metallenes Rad mit vier Speichen und einer durch die Nabe gesteckten Achse. Das Ganze wird auf ein Postament mit zwei Schuhen so hingelegt, daß die Radebene in den Himmelsäquator, die Radachse in die Weltachse, ein Speichenpaar in die Meridianebene, das andere Speichenpaar in die Ost-West-Richtung fällt. So liegt der Apparat das ganze Jahr im Schulhof oder in einem öffentlichen Parke in der Sonne; er enthält keinen beweglichen Teil.

Das Instruktive ist die Lage des Radkranzschattens auf der Achse; den ganzen Tag ändert sich diese Lage nur in dem Maße, als die Sonne im Laufe des Tages ihre Deklination ändert. Bei einem größeren Rade macht der Schatten auf der Achse in der Gleichzeit (Ende März und Ende September) von Mittag zu Mittag einen Sprung von fast 1 cm.

An den Gleichentagen (21. März und 22. September) fällt der Kranzschatten gerade auf die Nabe, deren Lochlänge gleich der Kranzbreite ist. Im Sommerhalbjahr wird das Rad von der Sonne von oben her beschienen, und am Wendetag (21. Juni) erreicht der untere Rand des Kranzschattens seine tiefste Lage am unteren Teil der Achse; während des Winterhalbjahres aber wird das Rad von unten beschienen,

und am Wendetage (21. Dezember) erreicht der obere Rand des Kranzschattens seinen höchsten Stand am oberen Teil der Achse. So pendelt der Schatten jahraus, jahrein zwischen zwei Grenzlagen, und wir können am wandernden Schatten das Nahen der Gleichentage oder der Wendetage täglich beobachten. Die Gleichentage erkennen wir ganz genau, sogar den Moment der Gleiche, d. h. den Moment des Durchgangs der Sonne durch den Äquator, fast auf die Stunde genau; denn um die Gleichzeit ändert die Sonne ihre Deklination sehr rasch. Die Wendetage erkennen wir sehr ungenau, und den Knaben wird es begreiflich, warum man früher den einen Gleichentag (Ostern) zum Neujahrstag machte, und warum der Frühlingstag (Gleichentag) in der Astronomie eine so große Rolle spielt: er ist eben am leichtesten zu erkennen.

So macht der Apparat geradezu handgreiflich den Begriff der Sonnendeklination, den Begriff von Hochstand und Tiefstand der Sonne, klar.

Die angelegenste Verwendung findet die Vorrichtung in der Theorie des Schaltages. An der Achse sind die Punkte bezeichnet, wo der Kranzschatten an den Tagen etwa vom 1. März bis 10. April im Jahre 1900 mittags stand. Jährlich soll bei gleichem Sonnenstand (Schattenstand) auch das gleiche Datum sein. Auf dieselben notierten Punkte wird auch der Schatten an denselben Tageszahlen in den Schaltjahren 1904, 1908 . . . . fallen. Im nächsten Jahre 1909 werden wir aber etwas Auffallendes bemerken. Alle Schatten fallen an den betreffenden Tagen um einen Viertelsprung zu hoch, d. h. an keinem Tage ist die Sonne noch hoch genug gestiegen. Im nächsten Jahre 1910 fällt der Schatten schon an allen notierten Tagen um einen halben Sprung zu hoch, d. h. die Sonne ist in ihrem Steigen am Himmel bereits um einen halben Tag im Rückstand. Im dritten Jahre 1911 ist die Sonne mit dem Steigen bereits um dreiviertel Tage im Rückstand, d. h. die Schatten fallen alle um drei Viertel eines Sprunges zu hoch. Endlich im vierten Jahre 1912 ist die steigende Sonne bereits um einen ganzen Tag im Rückstand, d. h. 365 Tage nach irgendeinem Datum steht der Schatten noch so hoch, daß man einen ganzen Tag, einen 366sten Tag, zugeben muß, um den Schatten auf den betreffenden Datumstrich zu bekommen. Dieser zugegebene Tag ist der Schalttag. Man muß also auf vier Jahre  $4 \times 365$  Tage + 1 Tag rechnen oder auf ein Jahr 365,25 Tage, wenn Sonnenstand und Datum immer wieder zusammenfallen sollen.

Im Jahre 1924 würde man deutlich bemerken, daß diese Korrektur durch Schalttage allzugroß ist. Man würde deutlich erkennen, daß die Schatten alle um einen Vierteltag zu tief liegen. In 100 Jahren würde das eine Voreilung des Schattens um einen ganzen Tag ergeben. Wir dürfen also im Jahre 2000 keinen Schalttag einsetzen, wenn wir wollen, daß Sonnenstand und Datum zusammenfallen. Die Schüler sehen hieraus, daß Sosigenes nicht notwendig ein großer Mathematiker gewesen sein muß, um J. Caesar den Schalttag empfehlen zu können.

Auch die atmosphärische Refraktion sehen die Knaben am Kalenderrad mit Augen: morgens und abends erscheinen die Schatten an der Achse zu tief, tiefer als mittags.

Die Innenseite des Radkranzes kann als Sonnenuhr benutzt werden; die Radachse ist dann der Zeiger.

Gut wäre es, wenn solche Kalenderräder von etwa 1,5 m Durchmesser den Wetterhäuschen gleich in öffentlichen Parks aufgestellt würden. Ein einfacheres Mittel, astronomische Begriffe populär zu machen, gibt es wohl nicht.

### Mechanisches Modell eines Saccharimeters.

Von Dr. D. van Gulik in Wageningen (Holland).

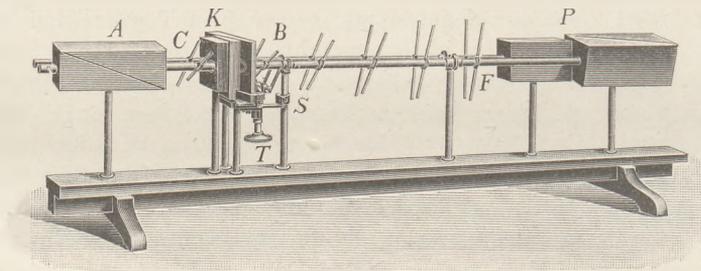
Um den Studenten des hiesigen Zuckerlaboratoriums die ziemlich verwickelte Einrichtung und Wirkung eines Saccharimeters zu erklären, habe ich ein mechanisches

Modell eines modernen Apparates (Schmidt und Haensch, 1902) mit zweiteiligem Gesichtsfelde konstruiert. Die beiden Nicols (hier Prismen nach Glan-Thompson) des Lippichschen Polarisators  $P$  und derjenige des Analysators  $A$  sowie die rechtsdrehende Quarzplatte und die beiden linksdrehenden Quarzkeile der Kompensation  $K$ , sind alle durch Modelle aus Holz dargestellt. Die polarisierten Lichtstrahlen der beiden Hälften des Gesichtsfeldes sind durch zwei vernickelte Messingröhren repräsentiert. Dieselben tragen kleine Querstäbchen, welche die Schwingungsebene des Lichtes angeben.

Der Mechanismus ermöglicht die folgenden Demonstrationen:

1. Die Anordnung des Apparates, bevor die Röhre mit der Zuckerlösung eingelegt ist. Die Querstäbchen jedes der Strahlen sind alsdann parallel und bilden also die Schwingungsebene des Lichtes. Die Ebenen der beiden Strahlen sind aber gegeneinander um einen kleinen Winkel geneigt.

2. Die Anordnung des Apparates, wenn eine rechtsdrehende Lösung von beliebigem Rohrzuckergehalt eingebracht ist (vgl. die Fig.). Die Stäbchen zwischen Polarisator und Kompensator verlassen ihre flachen Ebenen und werden nunmehr in



Schraubenflächen gedreht; während die hinter den Quarzkeilen befindlichen Querstäbchen  $C$  (solange die Keilkompensation auf den Nullpunkt eingestellt bleibt) die nämliche Drehung wie die unmittelbar vorhergehenden Stäbchen  $B$  erleiden.

3. Die Wirkung der Quarzkeilkompensation, welche in einer passenden Stellung die entgegengesetzte Drehung der Zuckerlösung kompensiert. Wenn man nämlich den linksdrehenden Quarzkeil mittels eines Triebes  $T$  hineinschiebt, richten sich die beiden hinter der Kompensation befindlichen Querstäbchen allmählich auf und erreichen zuletzt ihren ursprünglichen Stand wieder.

Um die Drehung der Querstäbchen in der angegebenen Weise ausführen zu können, ist jedes vernickelte Messingrohr (Lichtstrahl) vor dem Kompensator aus fünf genau passend ineinandergeschobenen Teilen zusammengesetzt, welche durch eine flache, im Rohr verborgene Stahlfeder verbunden sind, und von welchen jedes Teilstück mit einem Querstab versehen ist. Wenn man also dem letzten Teilstück mittels der Vorrichtung  $S$  eine beliebige Drehung mitgeteilt hat, so drehen sich auch die anderen Stücke, aber um einen um so kleineren Winkel, als sie sich näher am Punkte  $F$  befinden, wo die Stahlfeder befestigt ist.

Der Stand der beiden Querstäbe  $C$  zwischen Kompensation und Analysator ist sowohl vom Stand der Stäbe  $B$  (dem Zuckergehalt) als von der Stellung der Kompensation abhängig; und zwar müssen sich diese beiden Ursachen unabhängig voneinander geltend machen. Im Mechanismus ist dies in folgender Weise realisiert.

Die beiden Teilstücke  $B$  setzen sich durch ein Loch in der Kompensation auf der anderen Seite etwa bis zur Mitte zwischen Kompensation und Analysator fort. Sie sind passend in die beiden Röhren  $C$  geschoben, welche hier die letzten Querstäbchen tragen, und sind jedes mit einem kleinen Bolzen versehen, der in einer Rinne des Röhrens steckt, so daß letzteres der Drehung des eingeschobenen Teilstückes vollkommen folgen muß.

Die Drehung der Röhrechen *C* endlich zufolge einer Verschiebung des Keiles wird durch das Prinzip der Archimedischen Schraube ermöglicht. Es ist deshalb die genannte Rinne in den Röhrechen schraubenförmig angebracht, während diese (durch unsichtbare Spiralfedern) an die schräge Seite des beweglichen Keiles gedrückt sind. Wird also der Keil mittels des Triebes hineingeschoben, so drückt er die Röhrechen ein wenig zurück, welche Bewegung aber wegen der Schraubenform der Rinne eine Drehung der Röhrechen *C* zur Folge hat.

Der Apparat hat eine Länge von 115 cm; er wird vom Mechaniker J. Luynenburg zu Wageningen für 120 Mark geliefert.

### Die Dosenlibelle auf der Brückenwage.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

An einer Zeichnung der Dezimalwage ergibt sich leicht, daß der hintere, dem darunter befindlichen Hebel aufliegende Teil der Brücke beim Schwanken der Wage die genau gleiche senkrechte Bewegung macht wie der Vorderteil. Ob die Übereinstimmung der Hebelarmverhältnisse, von der dies Wagerechtbleiben der Brücke herrührt, beim Modell der Sammlung keinen erkennbaren Fehler aufweist, wird schon durch das Ungestörtbleiben der Gleichgewichtseinstellung ersichtlich, wenn man die Belastung auf der Brücke hin- und herschiebt. Die Schüler überzeugen sich aber auch gern mit einer Dosenlibelle von dem nur in der Normalen stattfindenden Schwanken. Es erscheint indessen zeitraubend, die Libelle zunächst genau wagerecht aufzustellen. Auch für andere Verwendungen derselben kommt man aber schnell wie folgt zum Ziele. Nachdem gröbere Abweichungen durch Unterschieben eines sehr schmalen Keiles oder von Papier unter die Wage selbst so weit beglichen sind, daß die Libellenblase schon etwa halb der Mitte genähert erscheint, legt man einen spannenlangen Zwirnsfaden neben die Libelle, und zwar auf der der Blase entgegengesetzten Seite senkrecht zu dem sie durchschneidenden Libellendurchmesser. Weicht sie z. B. nach Osten von der Mitte ab, so liege der gerade Faden nordsüdlich.

Schiebt man nun nach geringem Anheben die Libelle um ein geringes bis auf den Faden vor, so kommt die Blase vielleicht schon der Mitte sehr nahe; sie rückt dann genau in die Mitte hinein, wenn man die Dose auf dem Faden als Walze etwas weiterrollt. Natürlich ist auch ein feiner gerader Draht ähnlich verwendbar. Mit einem Faden kann man indessen auch die bei fast vollendeter Einstellung bemerkbaren kleinen Seitenabweichungen der Blase von der Mitte (nach Norden oder Süden) schnell berichtigen. Man zieht den Faden unter der Libelle straff und die Enden etwas mehr aus der Anfangsrichtung heraus (nach Osten bzw. Westen hin).

Es ist nun überraschend, wie selbst die größten Schwankungen der Brückenwage die Blase völlig unbewegt lassen. Läßt man, nachdem zunächst einzelne Schüler an die Seite des Lehrers herangerufen waren, ein Dutzend von ihnen an die andere Seite des Tisches treten, so geht die Blase (bei uns um  $\frac{1}{2}$  cm) nach der weniger belasteten Seite des Fußbodens, so daß mittels des Fadens die Einstellung zu berichtigen oder neu herzustellen ist. Hinterher erscheint die Blase beim Schwanken der Wage aber wieder wie in der Mitte befestigt.

Rollt man die Dosenlibelle so weit über einen Faden hinweg, daß sie in labile Lage kommt, so könnte man aus den beiden Einstellungen der Blase, die ein leiser Druck an entgegengesetzten Punkten hervorruft, die Dicke des zusammengedrückten Fadens (besser hierfür feiner Draht oder Glasfaden) entnehmen, wenn die Winkelwerte der betreffenden Abweichungen von der Horizontalen vorher aufgesucht waren (auf einem Brett mit Stellschrauben oder dem wagerechten Spiegel eines Meyersteinischen Heliostaten [ds. Zeitschr. XIX 169]).

## Zur Demonstration der Dampfspannung des Wassers.

Von S. Henrichsen in Kristiania.

Um die Dampfspannung bei verschiedenen Temperaturen zu demonstrieren, benutze ich das bekannte Dampfbarometer des Herrn WEINHOLD, an dem ich die folgenden kleinen Änderungen vorgenommen habe. Die äußere Glashülle, die zum Einleiten des Dampfes diente, hat oben eine kleine Verlängerung erhalten, um ein Thermometer aufnehmen zu können. Das untere Ende muß, um sicher dicht zu halten, unten mit einem durchbohrten Kautschukpfropfen, den man von oben leicht über das Glasrohr schieben kann, abgeschlossen werden. Die beiden Glasröhren *a* und *b* sind durch Kautschukschläuche mit einem kleinen aus Messing gefertigten Kessel von ungefähr 600 ccm Inhalt verbunden. Zwischen *a* und dem Schlauch ist ein T-Rohr eingeschaltet, das oben eine Erweiterung hat. Das Ganze wird mit Wasser gefüllt und eine Zirkulationsheizung in Gang gesetzt. Das Wasser muß luftfrei sein. Um dies zu erreichen, wird zuerst der Kessel allein gefüllt, ausgekocht und auf etwa 35° abgekühlt. Nachdem der Apparat zusammengesetzt ist, füllt man ausgekochtes und auf 10–15° abgekühltes Wasser durch *c*, bis die ganze Leitung voll ist. Die Zirkulation setzt dann von selbst ein. Der Korkpfropfen, der das Thermometer trägt, muß eine kleine Öffnung haben, um etwaige Luftbläschen hinauszulassen. Während der Erwärmung dehnt sich das Wasser aus; das überschüssige Wasser kann dann durch das Röhrchen *d* abtropfeln. — Um die Drucke ablesen zu können, habe ich auf dem langen Rohr eine auf eine dünne Messingschiene aufgeklebte Papierskala befestigt. Diese Skala ist nach dem Aufkleben so geteilt worden, daß man die untere Quecksilberkuppe im Behälter nicht abzulesen braucht. Das ist wesentlich, da die Ablesungen schnell geschehen müssen. Die Einteilung der Skala findet man am besten folgendermaßen. Nachdem der Apparat mit Quecksilber gefüllt, während der untere weitere Teil noch offen ist, zeigt das Quecksilber die gewöhnliche Barometerhöhe. An einem neben dem Apparate aufgestellten Maßstab liest man die Höhen  $N_1$  und  $n_1$  der beiden Quecksilberkuppen über einem festen Punkte, z. B. dem Tische, ab. Nachdem die Luft aus



Fig. 1.



Fig. 2.

dem Behälter entfernt und der Behälter zugeschmolzen ist, liest man von neuem die Punkte  $N_2$  und  $n_2$  ab. Der Nullpunkt der Teilung, wo die beiden Quecksilberkuppen in gleicher Höhe stehen würden, sei *a*, und der Querschnitt des Behälters sei *m*mal größer als der des Rohres. Dann hat man

$$N_1 - a = m(a - n_1)$$

$$N_2 - a = m(a - n_2)$$

Hieraus findet man

$$a = \frac{N_1 n_2 - N_2 n_1}{N_1 - N_2 - n_1 + n_2}$$

Damit ist der Nullpunkt festgestellt und wird etwa mit einem aufgeklebten Papierstückchen bezeichnet. Von *a* bis  $N_1$  sollen nun  $N_1 - n_1$  Teilstriche gezogen werden.

Jedes Zentimeter muß also im Verhältnisse  $\frac{N_1 - a}{N_1 - n_1}$  verkleinert werden. Hat man ein schon fertig gefülltes Instrument, macht man eine Ablesung bei gewöhnlicher Temperatur und eine bei 100°. Auch auf die innere Seite der Messingschiene ist Papier geklebt, damit die Schüler die Stellungen des Quecksilbers besser sehen.

Die Beobachtungen werden folgendermaßen ausgeführt. Unter den Kessel stellt man einen mit Regulierhahn versehenen Gasbrenner, der anfangs mit beinahe voller Flamme brennt. Sobald sich das Thermometer der gewünschten Temperatur nähert, wird die Flamme klein reguliert, und der Schlauch, der von *a* zum Kessel führt, wird mittels eines Quetschhahns zusammengedrückt, so daß die Zirkulation aufhört. Dann wartet man, bis das Quecksilber im Rohr seinen höchsten Stand erreicht hat, und liest dann schnell Druck und Temperatur ab. Der Quetschhahn wird wieder geöffnet, die Flamme vergrößert usw. Mit steigender Temperatur macht man die Flamme kleiner, und bei den höchsten Temperaturen, über 90°, muß man die Flamme entfernen, ehe man den Quetschhahn anbringt, sonst tritt Sieden ein.

Die Messungen können auf keine große Genauigkeit Anspruch machen. Man gibt deshalb nur Zentimeter, nicht Millimeter an. Die folgende Beobachtungsreihe kann als Beispiel dienen.

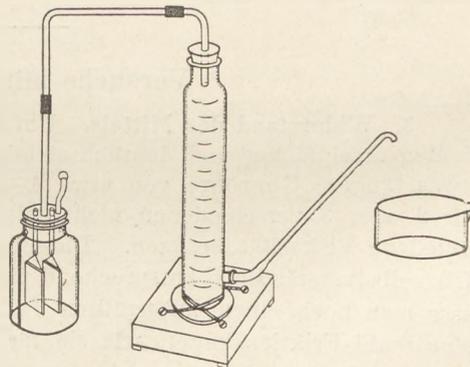
Temperatur	Druck	
	beobachtet	richtig
30,1	3 cm	3 cm
40,3	5 -	6 -
50,0	9 -	9 -
60,6	15 -	15 -
70,2	23 -	24 -
80,4	44 -	44 -
90,2	52 -	53 -
95,0	63 -	63 -
97,1	70 -	69 -

### Voltametrische Messung.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Von Vorteil ist die Verwendung eines Knallgasvoltameters — auch in der Hand des Schülers — dessen Elektrodendrähte in bekannter Weise zweien, den Schliffstopfen durchsetzenden Glasröhren mit Quecksilber eingeschmolzen sind (s. Fig.). Der Stromschluß durch Einsenken der Drähte in das Quecksilber erfolgt sehr bequem gleichzeitig mit dem Auslösen der Stechuhr. Nach z. B. 100 oder 50 Sekunden werden Strom und Uhr ebenso gleichzeitig abgestellt, da der Kontakt so leicht und sicher beherrscht wird. Auch nach langem Aufbewahren ist alles ohne Putzen sofort versuchsbereit.

Das Voltametergefäß wird von der verdünnten Schwefelsäure ziemlich voll gegossen. Der mit bequemem Griff versehene Schliffstopfen hat ein seitliches Ventilloch, dessen Offenstehen ein schwarzer Lackstreifen auf dem Gefäße kenntlich macht. Nach Anschluß an den Gasmeßzylinder, den man bis zur Nullmarke mit Wasser füllte, wird das Voltametergefäß etwas gedreht. Hierauf kann das im Bodentubus drehbare Abflußrohr des Meßzylinders über eine Schale etwas herabgewendet werden. Man kann zwar die kräftigen



Platindrähte der Elektroden leicht so biegen, daß diese einander sehr nahe kommen; immerhin ist lehrreich, wenn etwas von der Joule-Wärme mit beobachtet werden

kann. Setzt man nämlich das Voltameter in ein Wasserbad, so kann an dem nachträglichen Zurückgehen des Wasserstandes im Abflußrohre thermoskopisch ein Temperatureausgleich verfolgt werden. Stellt man darauf das Abflußrohr auf gleichen Wasserstand innen und außen ein, so läßt man einige Schüler das Volumen des entwickelten Knallgases mit ablesen.

Das Verdrängen des Wassers von oben her hat den Vorteil, daß nicht wie beim Durchperlen von Blasen etwas mehr Sauerstoff sich der Messung entzieht. Ferner werden genauere Bestimmungen durch das Fortfallen der Verkleinerung des Dampfdruckes über der Säure (in anderen Voltametern) vereinfacht.

Auch bei dieser Gasmessung als Klassen- oder Schülerversuch sei angenommen, daß die Zimmerwärme von  $19^{\circ}$  nur wenig abweiche, und daß Wasser von dieser Temperatur in den Meßzylinder gegossen war. Dann vereinfacht der Umstand die Rechnung, daß 1 Ampere pro Sekunde sehr nahezu 0,19 ccm Knallgas liefert, das, wie erwähnt, feucht gesättigt und von  $19^{\circ}$  ist, wenn der Druck der normale ist (genau 0,1902 ccm). Sind die Abweichungen von diesen Meßbedingungen geringwertig, und gelang es, den Quecksilberkontakt so zu lösen, daß die Stechuhr 100 Sekunden anzeigt, so erhält man also die Amperezahl, indem man die Kubikzentimeter durch 19 teilt. Wie früher beschrieben, reduziert man bei kleineren Abweichungen das feucht gesättigte Gas auf  $19^{\circ}$ , indem man auf je  $2^{\circ}$  Temperaturdifferenz  $1\%$  des Gasvolumens addiert oder subtrahiert, und weiter auf Normaldruck, indem man auf je  $\frac{3}{4}$  mm Abweichung des Barometerstandes je  $1\%$  hinzuzählt oder abzieht. Je  $0,8^{\circ}$  geringerer Wärme (als  $19^{\circ}$ ) werden in ihrem Einflusse auf das Volumen eines feucht gesättigten Gases durch 3 mm geringeren Druckes (als 760 mm) ausgeglichen. Bei  $15^{\circ}$  und 745 mm ist das feuchte Gasvolumen sehr nahe gleich dem Volumen bei  $19^{\circ}$  und 760 mm.

Eine Denkfrage einfachster Art ist es, um wieviel Sekunden mehr oder weniger als 100 (oder 50) man den Strom schließen muß, damit die Anzahl der Promille einer Reduktion auf  $19^{\circ}$  und 760 mm gleich durch die um ebensoviel Promille geänderte Stromschlußdauer korrigiert wird. Man kann natürlich auch zunächst die angegebene Kubikzentimeterzahl durch 19 teilen und hinterher auf diese selbst die Promille der eventuellen Verbesserung verrechnen.

Die für den Unterrichtsgebrauch wegen der Übersichtlichkeit der Erscheinungen und der Bequemheit genauer Messungen wohl besonders geeigneten Apparate liefert Max Kohl in Chemnitz. Die Gasmeßzylinder erhalten auf einem „Grundbrettchen“ (*Chemiker-Zeitung* 1908, S. 177) eine sehr standfeste und etwas erhöhte Aufstellung. Die Verbreiterung des Zylinderfußes ist einfach von zwei gekreuzten Drahtschlingen umfassen, die durch 2 Paar Bohrungen des Brettchens gezogen und unter ihm zusammengedreht sind.

## Versuche mit einfachen Mitteln.

5. **Widerstand des Mittels.** Um den Widerstand des Mittels in verschiedenen Medien in einfacher und deutlich sichtbarer Weise zu zeigen, verschließe man eine etwas längere Glasröhre von etwa  $1-1\frac{1}{2}$  cm lichter Weite einseitig und fülle sie mit 2 oder 3 verschiedenen nicht mischbaren Flüssigkeiten an, welche auch verschiedene Viskosität besitzen. Dieselben (z. B. Wasser, Äther, Öl, Glycerin) werden sich selbstverständlich entsprechend ihren spezifischen Gewichten anordnen. Oben lasse man noch einen luftefüllten Teil übrig. Läßt man nun eine schwere Kugel, (eine Stahl-Frikionskugel, wie sie für Fahrräder gebraucht werden) in die vertikal gehaltene Röhre fallen, so sieht man deutlich, wie dieselbe bei Eintritt in eine neue Flüssigkeit immer wieder ihre beschleunigte Bewegung ändert, durch Luft rascher, durch Öl oder Glycerin langsam, rascher wieder durch das unten lagernde Wasser fällt.

6. **Druck und Gewicht.** Um den Unterschied dieser beiden Begriffe dem Schüler recht anschaulich vorzuführen, fertige man sich drei genau gleichschwere und gleichhohe (etwa 5 cm) Zylinder aus Eisen oder Blei, Holz und Kork. Die Grundflächen derselben werden sich dann natürlich umgekehrt wie die spezifischen Gewichte der drei Materialien verhalten. Der Schüler wird erstaunt sein, wenn er diese 3 Objekte auf die Hand legt und sie dem Gefühle nach trotzdem verschieden schwer findet. Er vergleicht jetzt eben nicht mehr die Gewichte der drei Körper, sondern die Drucke, und diese werden sich so verhalten wie die spezifischen Gewichte.

7. **Zu Tyndalls Ätherversuch:** Es kommt oft vor, daß man den Aufsatz für die Zentrifugalmaschine nicht besitzt, mit dem der bekannte Tyndallsche Versuch, Äther zum Sieden zu bringen und damit einen Korkpfropfen fortzuschleudern, ausgeführt wird. Man kann sich jedoch in folgender Weise helfen: Ein Satz Korkbohrer ist wohl überall vorhanden. (Fig. 1.) Man verschließe nun einen solchen Bohrer von etwa 1 cm Weite auf beiden Seiten durch 2 mit demselben gebohrte Pfropfen, steckt aber vor den auf der nicht geschärften Seite des Bohrers befindlichen Pfropfen noch den Eisenstift, welcher gewöhnlich als Handhabe dient. Man hat sich ferner noch mit dem gleichen Bohrer einen recht langen Kork (5–6 cm) durchbohrt. Füllt man nun das so hergestellte kleine Gefäß mit Schwefeläther, verschließt es mit dem zweiten Pfropfen, den man nicht zu stramm aufsetzt, und dreht den Bohrer mit Hilfe des Eisenstiftes (oder einer Stricknadel) im Korke einigemal möglichst rasch herum, so wird bald der Pfropfen in weitem Bogen hinausgeschleudert.

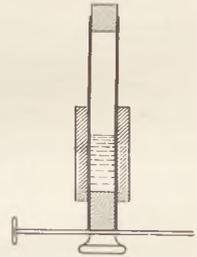


Fig. 1.

8. **Ein magnetischer Versuch.** Man magnetisiere eine größere Anzahl von gleichlangen und gleichdicken Stricknadeln möglichst gleichstark (durch die nämliche Zahl von Strichen) und ordne sie so an, daß die gleichnamigen Pole beisammenliegen. Man lege sie nun eng aneinandergeschlossen nebeneinander auf eine ebene, nicht gar zu glatte Fläche und halte sie in dieser Lage zunächst mit einem Finger fest. Hebt man dann den Finger ab, indem man erst einmal eine der beiden äußeren Nadeln festhält, so werden die andern abgestoßen und rollen weiter, bis sie schließlich in verschiedenen, nach der Seite der Bewegung zunehmenden Abständen liegen bleiben, wie etwa die Zeichnung wiedergibt. (Fig. 2a.) Die einzelnen aufeinanderfolgenden Nadeln bekommen eben Bewegungsantriebe, welche mit der Zahl der Nadeln wachsen, die vor der betreffenden gegen das feste Ende zu liegen.



Fig. 2a.

Läßt man sämtliche Nadeln frei, so ist es ganz hübsch anzusehen, wie plötzlich Bewegung in dieselben kommt. Eine ungrade Zahl von Nadeln vorausgesetzt, bleibt natürlich die mittelste liegen, weil sich die Wirkung auf dieselbe von beiden Seiten aufhebt, während sich die übrigen jetzt nach beiden Seiten so anordnen wie früher, etwa wiedergegeben durch die zweite Figur. (Fig. 2b.) Der Versuch bietet auch zu rechnerischer Behandlung Anlaß.



Fig. 2b.

9. **Dichte der Elektrizität.** Für elektrische Oberflächendichte gibt es zwar schon mehr oder minder komplizierte Apparate. Es soll hier eine Vorrichtung angegeben werden, welche in recht anschaulicher Weise den Zusammenhang zwischen Oberflächendichte und Spannung bei gleicher Elektrizitätsmenge zeigt. Man schneide sich einige rechteckige Pappendeckelstücke von gleicher Größe zurecht (etwa  $15 \times 10$  cm). Dieselben überklebe man ganz mit Stanniol und verbinde sie durch abwechselnd angeordnete Scharniere (z. B. aus Futterstreifen) nach Art eines Fächers. Stanniolstreifen vermitteln auch die Leitung von einer Fläche zur andern. Noch weniger Mühe macht es, den zunächst fertiggestellten Fächer mit irgend einer Metallbronze zu über-

ziehen. Die beiden Endblätter versehe man ferner mit Seidenfäden, an denen man die Vorrichtung isoliert in beliebige Lagen bringen kann. Eine Öse gestattet noch die leitende Verbindung mit einem Elektroskop. Liegen die einzelnen Blätter infolge der Schwerkraft auf einem Isolator (z. B. einem Elektrophorkuchen oder einer gut isolierenden Glasplatte) unmittelbar aufeinander, so repräsentieren sie eine Oberfläche, die ungefähr der eines einzelnen Blattes gleichkommt. Mit Elektrizität geladen, wird die Vorrichtung am Elektroskop einen gewissen Ausschlag geben. Beim Aufheben der einzelnen Blätter mittels des Seidenfadens kann man nun die Oberfläche 1, 2, 3 . . . mal so groß machen, und damit wird selbstverständlich auch die Dichte sich derartig ändern, daß die Spannung in demselben Maße abnimmt, und die Blättchen des Elektroskops weniger stark divergieren. Beim Zusammenlegen der Blätter tritt natürlich das Umgekehrte ein. Der Vorteil des Apparates liegt in dem raschen Überblick des Verhältnisses der Oberflächen.



Fig. 3.

Indem man die Vorrichtung auf ein isolierendes Glasröhrchen aufmontiert und noch mit einem Fuße versieht, kann man auch das anzeigende Elektroskop gleich am Apparate selbst anbringen, indem man etwa ein Doppelpendel aus Holundermarkkugeln oder Goldblättchen auf der Unterseite des Apparates anbringt, wie die Zeichnung wiedergibt (Fig. 3).

**10. Schiefes Pendel.** Um die Abhängigkeit der Schwingungsdauer des Pendels von der Größe der Schwerkraft zu zeigen, sind Apparate von E. MACH und OOSTING konstruiert worden. Noch einfacher läßt sich derselbe Zweck auf folgende höchst einfache Weise erreichen: Man nimmt als Pendelkörper eine möglichst genau gedrehte Metallkugel von etwa 1 bis 1,5 cm Durchmesser, entweder mit axialer Durchbohrung oder einem Häkchen zur Befestigung des Pendelfadens versehen. Zweitens bedarf man einer größeren möglichst ebenen Glasplatte, deren Größe sich nach der Länge des gewählten Pendels richtet. Zwingt man nun den Pendelkörper, sich auf der Glasplatte so zu bewegen, daß die Tafelebene der Schwingungsebene parallel ist, so kann man durch die Neigung der Glasplatte die Einwirkung der Schwerkraft in entsprechender Weise beeinflussen und damit selbstverständlich die Schwingungsdauer bei gleicher Pendellänge abändern. Bei der Neigung  $\alpha$  der Glasplatte gegen die Horizontalebene (Fig. 4) ist

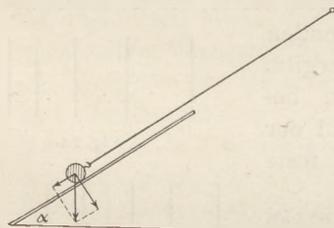


Fig. 4.

die Schwingungsdauer durch  $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g \sin \alpha}}$  bestimmt.

Die einfache Vorrichtung zeigt sehr deutlich, wie die Schwingungsdauer mehr und mehr zunimmt, je schräger man die Platte hält, bis schließlich bei nahezu horizontaler Lage der Glasscheibe das Pendel zur Ruhe

kommt, entsprechend der theoretischen Schwingungsdauer  $\infty$ . Es darf wohl übergangen werden, wie der hier angegebene Freihandversuch umzugestalten wäre, um ihn auch quantitativ verwerten zu können; übrigens gibt er auch als Freihandversuch ziemlich genaue Werte.

**11. Totale Reflexion.** H. HARTL hat in neuerer Zeit einen Apparat für Totalreflexion konstruiert<sup>1)</sup>, bei dem drei volle gebogene Glasstäbe in Verwendung kommen. Den immerhin kostspieligen Apparat kann man leicht durch eine einfache Vorrichtung ersetzen. Man biege sich eine etwa 50 cm lange Glasröhre von zirka  $1-1\frac{1}{2}$  cm lichter Weite in eine parabelähnliche Form oder sonst eine Kurvengestalt, schleife sie an einer Seite eben und kitte mit Siegelack ein buntes Glasplättchen an. Hat man einen Heliostaten zur Verfügung, so setze man die Röhre zunächst in eine Holz-

<sup>1)</sup> Ann. d. Redaktion. Man vergleiche d. Ztschr. 19, 134.

fassung ein, welche in die Öffnung des Heliostatenrohres paßt, verschließe erst nachher die Röhre, wie angegeben (Fig. 5), und fülle sie nun mit Wasser an. In Ermangelung des Heliostaten kann man auch eine andere Lichtquelle benutzen, welche vor der Röhre entsprechend abzublenden ist, am bequemsten jedoch eine der bekannten, jetzt üblichen Taschenlaternen. Ist die Röhre vollkommen rein, so ist sie wenig sichtbar. Macht man jedoch ihre Oberfläche in der Weise rau, daß man sie außen mit einer Schellacklösung (am besten weißer Siegelack, in Spiritus aufgelöst) bestreicht, so sieht man die Röhre weithin in dem betreffenden farbigen Lichte erglänzen. Recht schön kann man auch die Absorption zeigen. Läßt man nämlich einen Tropfen irgendeiner trübenden Flüssigkeit (Milch oder Seifenlösung) in das mit Wasser gefüllte Rohr hineinfallen, so bildet derselbe förmlich eine leuchtende Wolke, welche einen Schattenraum nach sich zieht, weil sie sämtliches Licht absorbiert. Durch gleichmäßige Mischung und entsprechend gewählte Menge des trübenden Mittels kann man den Lichtraum verschieden weit vordringen lassen. Daß sich die Versuche mit einer solchen Röhre noch in mannigfacher Weise abändern, z. B. mit fluoreszierenden Flüssigkeiten ausführen lassen, sei nur noch kurz angedeutet.

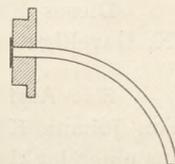


Fig. 5.

F. QUEISSER, Krumau (Südböhmen).

### Für die Praxis.

**Aushilfen beim Gebrauch von Spektralröhren.** Von H. Rebenstorff. Ist eine Stromzuleitungskappe einer zum sofortigen Gebrauche dem Schranke entnommenen Geißler- röhre gewöhnlicher Art verschwunden, so hilft ein mit Eisenfeile versehenes Pulver- glas aus der Verlegenheit. Man drängt das defekte Rohrende bis zum ziemlich festen Halt in die Metallspäne. Die Befestigung des Rohres in der Klemme ist bei Ver- wendung recht nachgiebigen Zuleitungsdrahtes oft nicht nötig. Der eine Draht wird einfach mit in die Späne gesteckt. Befindet sich unten die Kathode, so kühlt das Metallfeilicht zugleich hier in ganz erwünschter Weise ab. Zur Schonung z. B. einer Heliumröhre bei der Einzelbeobachtung in einer ganzen Klasse braucht man weniger vorsichtig am Kommutator öffnen und selten einmal umkehren zu lassen.

Bei der Einstellung des als Spektroskop verwendeten Weinhold'schen Demon- strationsgoniometers auf größte Helligkeit der Linien einer engen Geißler- röhre ist es wohl auch anderen bequemer, anstatt das Rohrsystem mit Teilkreis zu drehen, zwei der Füße mit den vorderen Fingern der beiden sonst der Tischplatte aufgedrückten Hände nach rechts oder links zu bewegen. Man schiebt so weniger leicht über die günstigste Einstellung hinaus. Stellt man hinter einer Heliumröhre eine helle Natrium- flamme auf (durchlochte Asbestpappe mit Na Br-Rand auf Stativring über dem Teclu- brenner), so fällt immer noch genug Licht durch das Geißlerrohr, um neben der gelben Heliumlinie das rotwärts gelegene bekannte Linienpaar gleichzeitig erkennen zu lassen. Sowohl das Prisma des Apparates als auch eine photographische Nach- bildung eines Rowlands-Gitters ermöglichen den lehrreichen Vergleich.

**Zur Phosphorwasserstofferzeugung.** Von Dr. Berthold König (Göding). Bei der Zersetzung von Calciumphosphür erhält man ein Gemenge von gasförmigem und flüssigem Phosphorwasserstoff, welches wegen der Selbstentzündlichkeit des letzteren an der Luft unter Feuererscheinung explodiert und prächtige Rauchringe von  $P_2 O_5$  in die Höhe wirbelt. Man findet aber nur schwierig ein ge- eignetes Fläschchen zur Aufnahme von Phosphorcalcium; denn ein solches Fläschchen soll im Wasser untersinken und auch mit Gas gefüllt stabil unter Wasser bleiben, ferner als Abschluß nach oben ein Glas- rohr zur Führung der entstandenen Gasblasen bis unter das Wasser- Niveau besitzen. Diesen Anforderungen habe ich nun dadurch Rechnung getragen,



daß ich ein Fläschchen aus schwerem Glase von der Form der vorstehenden Figur herstellen ließ, das, auf die Oberfläche des Wassers aufgesetzt, stabil (aufrecht) unter-sinkt und auch stets stabil auf dem Boden der Glaswanne verharret. Der Inhalt des dickwandigen Fläschchens beträgt bloß einige cem (ca. 15 cem), da 3—4 g Calcium-phosphür genügen, um während mehrerer Stunden Rauchringe zu produzieren. Von außen gemessen sind die Dimensionen des Fläschchens 25 : 35 mm; die innere Lichte des Röhrchens ist 8 mm.

Dieses Fläschchen wird von der Glasapparatenfabrik Paul Haack in Wien, IX, Garelligasse 4, hergestellt.

**Eine Ausführungsform des Righischen Radiators zur Demonstration des Kondensators.**  
Von Johann Köhler in Oggersheim (Pfalz). Die ganze Einrichtung (Fig. 1) besteht aus einer lackierten Glasscheibe *a*, auf welcher die beiden kreisrunden Metallscheiben *b* durch Wachs oder Lack in der aus Fig. 1 ersichtlichen Stellung befestigt sind. (Die mit *x* bezeichneten Vorsprünge der Scheiben haben den Zweck, das Wandern der Funken zu verhüten.) Gegenüber den Metallscheiben *b* sind die beiden Zuleitungsdrähte *c* mit ihren Funkenkugeln *d* angebracht. Die Metallscheiben müssen aus starkem Blech hergestellt sein; bei Verwendung von Stanniol wird die Lackschicht längs der Funkenstrecke verdampft, und es entsteht ein blaßgelber Lichtbogen über derselben, gebildet durch die Gase des verdampfenden Lacks. Die Vorrichtung ist leicht herzustellen, aber allerdings muß man dabei auf eine bequem regulierbare Funkenstrecke verzichten.

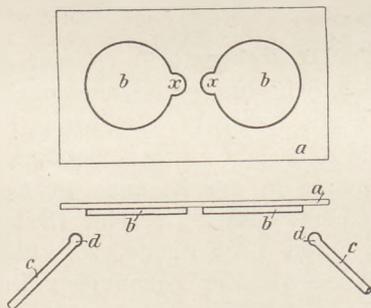


Fig. 1.



Fig. 2.

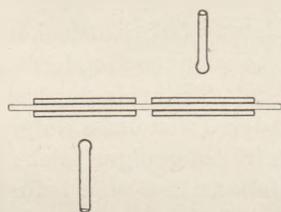


Fig. 3.

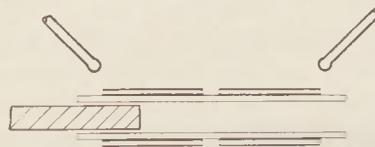


Fig. 4.

Zur Demonstration des Kondensators eignet sich die durch Fig. 2 veranschaulichte Einrichtung. Auf beiden Seiten der Glasscheibe *a* sind je zwei gleichgroße runde Metallscheiben *b b'* einander gegenübergestellt. Die Zuführungsdrähte *c* mit den beiden Funkenkugeln *s* sind ebenfalls aus der Figur zu erkennen. Läßt man den Radiator, welcher offenbar aus den beiden Zuleitungsdrähten *c* und den Metallscheiben *b* besteht, arbeiten, dann entstehen nicht nur an den Funkenstrecken *a, beta, gamma* elektrische Funken, sondern auch bei *delta* ist ein solcher bemerkbar. Dieser Funken ist viel schwächer als der an der anderen Seite der Glasplatte entstehende. Fig. 3 zeigt eine andere Ausführungsform dieser Versuchsanordnung.

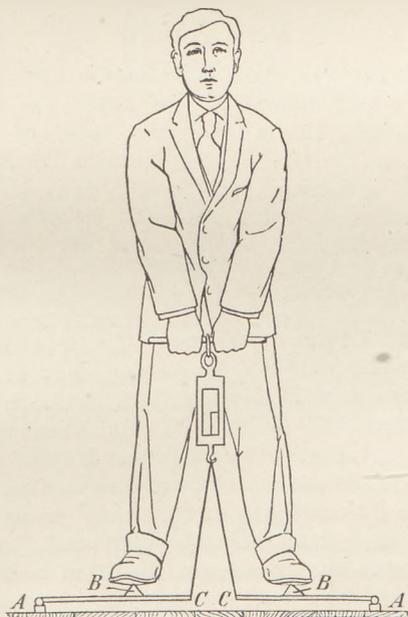
Verwendet man an Stelle einer Glasplatte deren zwei (Fig. 4), so kann man durch Veränderung des Abstandes beider Platten und Dazwischenschieben verschiedener Isolatoren die Dielektrizitätskonstante der einzelnen Materialien an der Intensität des Funkens erkennen. Zur Durchführung des letztgenannten Versuchs sind größere Energiemengen erforderlich.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

#### Ein Versuch über Aktion und Reaktion.

In *School Science*, Jan. 1908 beschreibt F. C. VAN DYCK in New Brunswick N. J. den folgenden Apparat, der zunächst dazu bestimmt ist, die Wirkung des Fußes als eines Hebels zu demonstrieren. Die Holzplatten  $ABC$  sind um ihre äußeren Enden  $A$  in Scharnieren drehbar. Auf die Platten können dreikantige Holzstücke  $B$  symmetrisch an beliebigen Stellen zwischen  $A$  und  $C$  aufgesetzt werden. Eine Person tritt auf diese Holzstücke und hebt sich in die Höhe, indem sie mittels einer



Federwaage die inneren Enden  $C$  der Holzplatten nach oben zieht. Für alle symmetrischen Stellungen von  $B, B$  besteht dann, wenn  $P$  das Gewicht der Person,  $Q$  die Spannung der Feder bezeichnet, die Gleichung, worin der Einfachheit halber der Faktor  $1/2$  weggelassen ist:

$$P \cdot AB = Q \cdot BC \quad \dots \quad 1)$$

Da nämlich die auf die Federwaage ausgeübte Kraft eine Reaktion gegen  $B, B$  hervorruft, so ist in  $B, B$  eine Kraft  $P + Q$  angreifend zu denken, und man hat:  $(P + Q) \cdot AB = Q \cdot AC$ . Aus dieser Gleichung folgt unmittelbar die vorhergehende, aus den Versuchen sich ergebende.

Das Gesagte genügt eigentlich zum vollen Verständnis des Vorgangs. Die erste Gleichung läßt sich aber auch so deuten, als ob

an dem Hebel  $AC$ , der um den Drehpunkt  $B$  drehbar ist, zwei Kräfte, nämlich  $P$  in  $A$  und  $Q$  in  $C$ , sich das Gleichgewicht hielten. Überträgt man dies auf den Vorgang, der beim Heben des Körpers auf die Zehen sich abspielt, so entspricht  $A$  den Ballen der Zehen,  $C$  der Stelle an der Hacke, wo der Wadenmuskel angreift, und es ist dann so, als ob das Gewicht des Körpers an den Zehen in  $A$ , die Hubkraft in  $C$  angriffe, und beide sich um einen Drehpunkt  $B$  zwischen beiden das Gleichgewicht hielten. Dies letztere aber trifft nur dann zu, wenn man sich den Widerstand des Erdbodens gegen den Fuß durch eine Kraft, die gleich dem Körpergewicht ist, ersetzt denkt.

An den Vorgang hat sich eine eingehende Diskussion angeschlossen über die Lage des Drehpunkts und über die Energie, die bei virtuellen Verschiebungen aufgewendet wird. Man muß bei einer Drehung des Hebels um  $A$  einesteils in  $C$  eine Kraft gleich dem Zuge  $Q$ , andernteils in  $B$  das Gewicht des Körpers ( $P$ ), vermehrt um ein fiktives Gewicht  $Q$ , angebracht denken, um Gleichheit der Energien zu erhalten. Ähnliche Verhältnisse sind auch beim Ruder vorhanden, wo der Fall dadurch noch komplizierter ist, daß kein Punkt relativ gegen die Erde in Ruhe bleibt.  $P$ .

**Versuche aus der Aeromechanik.** Von G. GRIGORJEW. *Natur in der Schule* (russ.) 1907, Heft 1. 1. Die freie Diffusion der Gase kann sehr einfach durch Diffusion des Ammoniakgases in Luft nachgewiesen werden. Eine nicht zu kleine Gasentwicklungsflasche von zylindrischer oder Kolbenform wird durch einen doppelt durchbohrten Gummipfropfen geschlossen. In die eine Öffnung steckt man eine bis fast auf den Boden reichende Glasröhre, die mit einem Glashahn oder einem Quetschhahn verschließbar ist. In die andere Öffnung führt ein kurzes Röhrchen mit einem Hahn in der Mitte, das nur wenig aus dem Pfropfen hervorragt. Dieses Gefäß wird in bekannter Weise mit getrocknetem Ammoniakgas gefüllt. — Ein zylindrisches Glasgefäß, mit Luft gefüllt, ist ebenfalls mit einem Gummipfropfen versehen, in dessen Öffnung das freie Ende der kurzen Röhre des Ammoniakgas enthaltenden Gefäßes gesteckt wird, worauf man den Verbindungshahn öffnet. Um

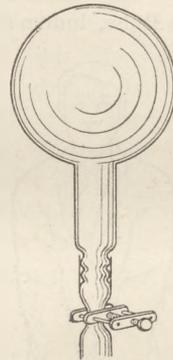
die Diffusion des Ammoniaks in Luft besser beobachten zu können, wird vorher an die Innenwand des Luftgefäßes ein Streifen feuchtes rotes Lackmuspapier geklebt. Bei einer Höhe des Zylinders von 30–40 cm und einer Hahnöffnung von 8–10 qmm erreicht das Bläuen des Papierstreifens den Boden in etwa 15 Minuten.

2. Das Daltonsche Gesetz in bezug auf den Druck von Gasgemischen kann durch folgenden leichten Versuch veranschaulicht werden. In eine dickwandige Flasche von anderthalb bis zwei Liter Inhalt wird ein mit Äther gefülltes, gut verkorktes Probiergläschen herabgelassen und die Flasche durch einen Gummipfropfen geschlossen, der durch einen Gummischlauch mit einem U-förmigen Quecksilbermanometer verbunden ist. Indem man den Gummipfropfen mit der Hand fest andrückt, schüttelt man die Flasche kräftig: das Probiergläschen zerbricht, und das Manometer zeigt den erwarteten Druck. In einem feuchten Raum kann der Fehler bis 10 Proz. betragen. In diesem Falle kann man vorher die Luft in der Flasche mit  $\text{CaCl}_2$  trocknen.

3. Die Abkühlung eines Arbeit leistenden Gases. Bei dem vorigen Versuche (2) betrug der Gasdruck nach Zertrümmerung des Äthergefäßes über  $1\frac{1}{2}$  Atm. Wenn wir aber den Pfropfen etwas lockern, so fliegt er heraus, und die Ätherdämpfe kondensieren sich zu einem dichten weißen Nebel.  
B. K.

**Zwei Versuche zur Wärmelehre.** 1. Das Sieden bei vermindertem Druck. Von J. DEISINGER in Wien. (*Zeitschr. f. Lehrmittelw. usw.* IV, Nr. 2, 1908.) Der bekannte Versuch über das Sieden des Wassers im luftleer gemachten Kochkolben erfährt folgende zweckmäßige Abänderung. Man läßt den Hals eines  $\frac{1}{2}$  Liter-Kolbens mit rundem Boden durch Ausziehen in einer Gebläseflamme sich auf etwa 6–8 mm Weite verengen und zu einer „Schlaucholive“ mit drei bis vier Wülsten und von ungefähr 3 cm Länge formen. Diesen Kolben füllt man über die Hälfte mit Wasser, streift über die Olive ein 6 cm langes, dickwandiges, streng passendes Stück Gummischlauch (keinen Vakuumschlauch) und läßt das Wasser einige Minuten sieden. Nach dem Entfernen der Flamme wird der Schlauch durch einen Schraubenquetschhahn stark zusammengepreßt und der Kolben umgekehrt. An dem etwaigen Aufsteigen kleiner Bläschen erkennt man, ob man den Hahn noch weiter zuschrauben soll. Dann wird der Hals in

Wasser getaucht und der Kolben noch einige Minuten mit kaltem Wasser übergossen. Will man hernach den Beweis erbringen, daß der Raum über dem Wasser luftleer ist, so braucht man nur den Quetschhahn allmählich zu öffnen. Gibt man in die untergestellte Wanne frisch ausgekochtes Wasser, so wird der Kolben fast vollständig gefüllt. Verschließt man den Kolben mit einem Kork, so tritt in der Regel der Mißstand ein, daß das Herausziehen des Korkes unter Wasser sehr große Schwierigkeit macht oder überhaupt nicht gelingt; dem entgeht man durch die beschriebene Vorrichtung.



2. Wärmeverbrauch bei der Ausdehnung von Wasserdampf. Von FRANK M. GREENLAW in Newport, R. I. (*School Science and Math.* VII, Nr. 2, 1907). Ein Kochkolben wird mit doppelt durchbohrtem Stopfen versehen, durch die eine Öffnung wird ein Thermometer, durch die andere ein kurzes gebogenes Glasrohr gesteckt, an das ein Stück Schlauch mit Quetschhahn angesetzt ist. Man verfährt nun wie beim vorigen Versuch, gießt aber kein kaltes Wasser über den Kolben, sondern verbindet ihn mit einem zweiten Gefäß, das so luftleer als möglich gemacht ist, und verbindet beide Gefäße durch Öffnen des Quetschhahnes. Die plötzliche Druckverminderung bewirkt nicht nur ein starkes Sieden im ersten Gefäß, sondern auch eine so starke Abkühlung des sich ausdehnenden Wasserdampfes, daß das vorher luftleere Gefäß mit dichtem Nebel erfüllt wird.

**Die Thompsonsche optische Täuschung.** Von H. J. REIFF in Wetzlar. (*Archiv f. d. ges. Physiol.* Bd. 119, S. 580.) Wird das System von Kreisen, Fig. 1, in der Weise vor dem Auge bewegt, daß das Papier eine geschlossene Kurve beschreibt, so scheint die Figur wie ein Ball um ihren Mittelpunkt zu rotieren, und zwar in demselben Sinne, wie das Papier

die Kurve beschreibt. Bei einer Bewegung des Auges kann die Täuschung in umgekehrter Weise hervorgerufen werden. Der Verfasser gibt für die Erscheinung folgende Erklärung: In Fig. 2 sei durch den Kreis die Thompsonsche Figur angedeutet. Wenn wir die Figur in der Richtung des Pfeils passieren, so durchschneiden wir dabei abwechselnd



Fig. 1.

helle und dunkle Partien. Geht nun der Pfeil  $AB$  durch den Mittelpunkt der Figur oder in seiner Nähe vorbei, und gleitet der Blick auf diesem Pfeil hin und her, so verwischen sich infolge der Dauer des Lichteindrucks im Auge die hellen und dunklen Partien, die in der Nähe von  $AB$  liegen. Ebenso auch wird, wenn wir die Figur längs der Geraden  $AB$  vor dem ruhenden Auge hin und her bewegen, in dem Kreissystem ein gewisser Bezirk, in der Figur schraffiert, verwischt erscheinen, während der übrige Teil des Kreissystems, z. B. an der Stelle  $CD$ , un-

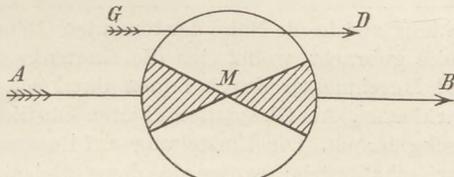


Fig. 2.

verwischt erscheint, denn dort geht die Bewegung im Sinne der Kreistangenten vor sich. Wenn wir also die Figur nacheinander in verschiedenen Richtungen bewegen, so wird jedesmal ein Doppelsektor, der in der Richtung der Bewegung liegt, verwischt erscheinen, und wenn wir die Richtung der Bewegung stets in sich zurückkehrend ändern, so muß der genannte Doppelsektor wie die Speiche eines Rades in den Kreisen umlaufen. Dieser umlaufende Doppelsektor erzeugt dann die Täuschung, als ob die Kreise mit dem Sektor fest verbunden rotierten, weil uns aus der täglichen Anschauung von bewegten Rädern diese Vorstellung geläufiger ist als

die eines feststehenden Rades mit umlaufenden Speichen.

Wenn man die Thompsonsche Figur auf einer Kreisbahn bewegt, so scheint die Drehung eine ziemlich gleichförmige zu sein und ihre Geschwindigkeit gleich derjenigen

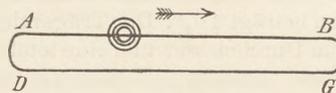


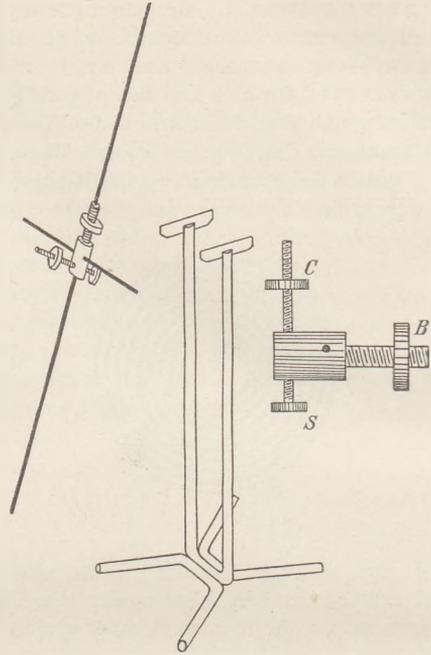
Fig. 3.

der Bewegung. Wird aber das Kreissystem auf einer Kurve wie Fig. 3 bewegt, so steht es von  $A$  bis  $B$  vollkommen still, macht von  $B$  bis  $C$  eine halbe Umdrehung, steht von  $C$  bis  $D$  wieder still und vollendet die Rotation von  $C$  bis  $A$ .

**Ein Spektralversuch.** Von C. M. WESTCOTT. *School Science and Math.* VII, Nr. 2, 1907. Durch einen einzigen Versuch kann man sowohl das kontinuierliche Spektrum wie die hellen Emissionslinien eines glühenden Metallampfes und auch die Absorptionslinien desselben Metallampfes zeigen. Die Objektivlinse einer Projektionslampe wird durch einen regulierbaren Spalt ersetzt und dieser in die Vereinigungsweite der aus dem Kondensator austretenden Strahlen gestellt, nachdem der Kohlenlichtbogen demselben so nahe als möglich gerückt worden ist. Vor den Spalt wird eine Konvexlinse gestellt, die von ihm ein scharfes Bild auf einen Schirm wirft, und vor der Linse ein Beugungsgitter angebracht, so daß ein Spektrum auf dem Schirm entsteht. Die Demonstration gelingt am besten mit einem halbtransparenten Schirm bei durchfallendem Licht. Die Kohlen hat man vorher in eine konzentrierte Lösung von Chlornatrium getaucht. Entfernt man die Kohlen zunächst nur um ein sehr kurzes Stück, so wird der Lichtbogen von einer Atmosphäre von relativ kaltem Natriumdampf umgeben, die hinreicht, um die dunkle Absorptionslinie des Natriums hervorzurufen. Zieht man die Kohlen etwas weiter auseinander, so wird das ganze Spektrum lichtstärker und kontinuierlich, die dunkle Linie verschwindet. Werden endlich die Kohlen so weit voneinander entfernt, daß wenig oder kein Licht mehr von ihnen auf den Spalt fällt, so tritt an Stelle des kontinuierlichen Spektrums die charakteristische helle Linie des Natriums auf.

**Apparat für die magnetische Inklination.**  
Von WILLARD R. PYLE. (*School Science and*

*Math. VII, Nr. 6, 1907.*) Das Gestell ist, wie die Figur zeigt, aus  $\frac{1}{4}$ " Messingstäben gebildet und  $6\frac{1}{2}$ " (16,5 cm) hoch; oben angesetzt sind als Schneiden zwei dünne Messingblechstücke ( $\frac{1}{32}$ " dick), deren obere Ränder zuvor auf einem Schleifstein möglichst vollkommen geglättet sind. Der Abstand zwischen diesen Schneiden beträgt  $1\frac{2}{3}$ ". Der Träger der Nadel hat  $\frac{5}{16}$ " im Durchmesser und eine totale Länge von  $\frac{7}{8}$ ". Die Achse ist aus einem kurzen Stück einer Stricknadel (Nr. 16) gebildet und in ein Loch eingesetzt, das dicht oberhalb der für die unmagnetisierte Nadel bestimmten Bohrung liegt. Die Achse soll, wenn der Apparat unbenutzt steht, mit Vaseline eingerieben sein. *S* ist die Befestigungsschraube, *B* dient zum Ausbalancieren der Nadel, *C* zur Verschiebung des Schwerpunkts bis zu dem erforderlichen Grad von Empfindlichkeit. Gewöhnlich ist nach dem Verstellen von *C* noch eine kleine Justierung von *B* erforderlich. Das Einschleifen, Justieren und Magnetisieren der Nadel kann in weniger als zwei Minuten ausgeführt werden.



## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Aus der Akustik.** 1. Messung sehr hoher Schwingungszahlen und Bestimmung der oberen Hörgrenze. Von F. A. SCHULZE<sup>1)</sup>. Die erste der vom Verf. angewandten Methoden besteht darin, daß man den zu untersuchenden Ton an einer horizontalen Ebene (Tischplatte) reflektieren läßt und so stehende Wellen erzeugt. Man führt nun eine mit Sand bestreute Glimmerplatte auf der Lotlinie von der Tonquelle nach der reflektierenden Ebene auf und ab. In den Bäuchen wird der Sand aufgewirbelt, in den Knoten bleibt er völlig in Ruhe; aus dem Abstand zweier Knoten und Bäuche erhält man die halbe Wellenlänge. Die in dieser Weise erhaltenen Schwingungszahlen waren in guter Übereinstimmung mit den nach anderen Methoden gemessenen.

Weiterhin wurde die Schwingungszahl bestimmt mittels Chladnischer Klangfiguren von Platten unter Berechnung der zugehörigen Tonhöhe. Unter den Platten wurden zunächst solche genommen, die am Rande festgeklemmt waren. Es wurde der Oberton festgestellt, in dem die Platte gerade mit dem zu untersuchenden Tone in Resonanz war, und die zugehörige Tonhöhe theoretisch berechnet. Die Figuren bestehen aus Knoten-

kreisen mit und ohne Durchmesser. Aus den Dimensionen und Konstanten einer kreisförmigen isotropen Platte lassen sich die Radien der Knotenkreise und die Schwingungszahlen berechnen. Platten von Glas und Kupfer wurden auf Messingringe von etwa 5 mm Dicke und etwa 10 mm Breite aufgeklebt und in die Nähe der tönenden Galtonpfeife gebracht, wobei sich die Knotenkreise und Durchmesser durch feinen Sand scharf markierten. Als Glasplatten dienten käufliche Deckgläserchen. Die Einstellung auf Resonanz war sehr präzise; es wurde dazu diejenige Pfeifenlänge ermittelt, bei der die Bewegung des Sandes noch auf die weiteste Entfernung (oft fast 1 m) sichtbar war. Die so bestimmten Tonhöhen stimmten mit den auf anderem Wege gefundenen gut überein. Dagegen wurde die Theorie nicht bestätigt bei Platten aus Papier. Hier waren bei jeder Tonhöhe mehr oder minder ausgeprägte Klangfiguren vorhanden, die bei Änderung der Tonhöhe allmählich ineinander übergingen. Die Papierplatte erinnert in ihrem Verhalten an das Trommelfell, das auch auf alle ankommenden Töne in Mitschwingen gerät. Sehr scharfe Klangfiguren dagegen erhält man mit dünnen Glimmerblättchen (bis auf 3 m Entfernung); doch läßt sich hier die für isotrope Substanzen geltende Theorie nicht anwenden.

<sup>1)</sup> *Ann. d. Physik* 24, S. 785; 1907.

Auch die Schwingungen von kleinen dünnen Platten mit freiem Rande lassen sich zur Messung hoher Schwingungszahlen verwenden. Der Verf. legte kreisrunde Deckgläschen auf ein sehr weitmaschiges Drahtnetz und hielt dieses über die tönende Pfeife; dann entstehen in überraschender Leichtigkeit und Schärfe die Klangfiguren, wenn der Pfeifenton mit einem der Eigentöne der Platte in Resonanz steht. Die Berechnung wurde hier nach der Theorie von Kirchhoff durchgeführt; die Messungen ergaben eine Bestätigung der Theorie.

Zuletzt wurde die Schwingungszahl hoher Töne durch Beugung bestimmt. Beugungsgitter wurden aus Kartonpapier durch Ausschneiden von Streifen hergestellt. Die Länge der Streifen betrug 25 cm, die Breite der 5 ausgeschnittenen und stehengebliebenen Streifen bei einem Gitter 15, bei einem anderen 10 mm. Dann wurde die Pfeife in 20—25 cm Abstand unter dem horizontal liegenden Gitter aufgestellt und der Raum über der Platte mit einer Glimmerplatte abgesucht. Wenn die Platte mit dem zu untersuchenden Ton in Resonanz war, war die Beugung gut nachweisbar. Die aus dem Beugungswinkel berechnete Schwingungszahl stand in befriedigender Übereinstimmung mit der nach anderen Methoden gemessenen.

Die obere Hörgrenze der Töne hatte man lange Zeit nach Appuns Messungen zu etwa 40 000 Schwingungen angenommen; Edelmann gelangte sogar zu 50 000 Schwingungen. Im Gegensatz dazu fand Ch. S. Myers, daß die Tonhöhe einer Pfeife von dem Winddruck abhängt, und daß die obere Hörgrenze schon zwischen 20 000 und 25 000 Schwingungen liegt. Beim Anblasen mit dem Gummiball hört man eben nicht den hohen, durch die Kundtschen Staubfiguren gemessenen Ton, sondern den bedeutend tieferen zu Anfang und Ende bei geringerem Druck auftretenden Ton. Der Verf. konnte diese Beobachtungen bestätigen. Er benutzte für seine Messungen drei Edelmannsche Galtonpfeifen, wobei Pfeifenlänge, Winddruck und Maulweite variiert wurden. Die Pfeife wurde an ein Wasserstrahlgebläse angeschlossen, der Winddruck durch ein Wassermanometer gemessen. Die Tonhöhe wurde mit der Quinckeschen Interferenzröhre oder durch Staubfiguren bestimmt. Es ergab sich, daß bei derselben Maulweite die Tonhöhe mit dem Winddruck zunahm, bei demselben Winddruck mit der Maulweite abnahm. Die unteren Grenzen derjenigen Pfeifenlängen, bei denen

bei konstantem schwachen Winddruck noch hörbare Töne gefunden wurden, waren genau dieselben, bei denen man auch beim Anblasen mit dem Gummiball noch einen Ton hörte. Bei sehr kleinen Pfeifenlängen treten die hohen, durch Kundtsche Staubfiguren meßbaren Töne erst bei einem Winddruck auf, der etwas höher ist als derjenige, bei dem die tiefen hörbaren Töne verschwinden. Für den Verf. waren alle Töne über 20 000 Schwingungen durchaus unhörbar, auch wenn sie so stark waren, daß ihre Existenz und Tonhöhe mittels der schwingenden kleinen Glimmerplättchen noch in vielen Zentimetern Entfernung von der Pfeife bis zu einer Pfeifenlänge von 0,2 mm herunter ohne Mühe gemessen werden konnte. Hiernach dürfte die obere Hörgrenze auch für die starken Töne der Galtonpfeife bei etwa 20 000 Schwingungen liegen. Ein ähnlicher Wert für die obere Hörgrenze ergab sich aus Longitudinalschwingungen von dünnen Drähten aus Stahl und Messing. Die Drähte wurden in einen Monochord eingeklemmt und durch einen Lederlappen in Schwingungen versetzt; dann wurde bei sukzessiver Verkürzung diejenige Drahtlänge ermittelt, die eben noch einen hörbaren Ton ergab. Die Tonhöhe wurde bei großer Drahtlänge mit einem Sonometer bestimmt, bei kleiner Drahtlänge daraus berechnet. Als obere Hörgrenze ergaben sich bei einem Stahldraht 17 800, bei einem Messingdraht 18 360 Schwingungen. Da diese Longitudinaltöne viel schwächer waren als die Töne der Galtonpfeife, so scheint die obere Hörgrenze von der Tonintensität nicht sehr abhängig zu sein.

2. Die Schwingungen der Stimmgabel behandelt E. A. KIELHÄUSER in einer interessanten Monographie<sup>1)</sup>. Erwähnt sei daraus die wohl wenig bekannt gewordene Feststellung von Edelmann<sup>2)</sup> über die longitudinalen Schwingungen des Stiels einer tönenden Stimmgabel. Ist die Stimmgabel symmetrisch gebaut und aus homogenem Material gefertigt, so treten, wenn sie frei im Raume schwingt (was annähernd dadurch erreicht wird, daß man sie mit den Zinken abwärts an einem ausgespannten Kautschukschlauch befestigt), am Stiel nur longitudinale Schwingungen auf. Edelmann hat auf experimentellem Wege und durch kinema-

<sup>1)</sup> Die Stimmgabel, ihre Schwingungsgesetze und Anwendungen in der Physik. Von Dr. Ernst A. Kielhäuser. Mit 94 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. 188 S.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. Ohrenheilk. 51, S. 64, 1906.

tische Überlegungen gefunden, daß diese Schwingungen nur eine halb so große Schwingungsdauer haben wie die Transversalschwingungen der Gabel. Der ihnen entsprechende Ton ist also die höhere Oktave des Gabeltones. Diese tritt auch dann noch auf, wenn die Gabel am Stiel so festgehalten wird, daß ihre Lagerung eine möglichst elastische ist. Wird jedoch die Symmetrie der Gabel gestört, so treten zu den Longitudinalschwingungen des Stiels noch Transversalschwingungen hinzu, und zwar sowohl in der Zinkenebene als auch senkrecht dazu, letztere jedoch meist von geringerer Intensität. Beide sind dadurch nachweisbar, daß man den Stiel der Stimmgabel der Länge nach auf einen Resonanzkasten auflegt; die hierdurch hervorgerufene Tonverstärkung läßt ihr Vorhandensein erkennen. Alle diese Verhältnisse aber ändern sich sofort, wenn die Stimmgabel nicht vollkommen frei schwingt oder nicht genügend elastisch gelagert ist; es wird dann außerordentlich schwer, die auftretenden Komplikationen zu verfolgen.

3. Messung der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten. Von K. DÖRSING<sup>1)</sup>. Es ist dem Verf. gelungen, die Methode der Kundtschen Staubfiguren auch auf Flüssigkeiten anzuwenden. Die Möglichkeit dieser Anwendung beruht auf der Beobachtung, daß, wenn eine in einer Röhre befindliche Wassersäule in stehende Longitudinalschwingungen versetzt wird, diese auch in der umgebenden Rohrwand schwache Longitudinalschwingungen hervorrufen. Zur Erzielung Kundtscher Staubfiguren in der Flüssigkeit muß die Schallquelle auf möglichst gute Resonanz mit dem Rohr abgestimmt sein. Der Verf. benutzte als Schallquelle einen von einer rotierenden Reibvorrichtung kontinuierlich erregten Glasstab, der in der Mitte zwischen zwei Holzkeilen fest eingeklemmt war; die Schwingungszahl wurde durch Staubfiguren in Luft bestimmt. Das mit Flüssigkeit gefüllte Rohr war doppelt so lang wie der tönende Stab und bei  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{3}{4}$  seiner Länge in filzgepolsterten Klammern eingeklemmt. Das Rohr war auf der einen Seite mit einer Membran, auf der anderen mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen. Die Membran wurde von dem einen Ende des tönenden Stabes gerade berührt; durch den Kork gingen ein Thermometer und ein zum Einfüllen der Flüssigkeit dienendes Glasrohr. Als Pulver

zur Erzeugung der Staubfiguren diente fein gemahlener Bimssteinsand, der durch Schräghalten des Rohres zu einer feinen, ca. 1 mm breiten, etwas seitlich liegenden Linie verteilt wurde. Während der Versuche fiel der Sand an den Bäuichen herunter, an den Knoten blieb er liegen, und es entstanden girlandenartige Figuren. Außer dem Grundton prägen sich häufig auch harmonische Obertöne in den Staubfiguren aus. Am schnellsten erschienen die Figuren in Alkohol und Äther, am schärfsten in Ammoniak, am schwersten in Wasser und Kochsalzlösung.

Der Verf. bestimmte aus den gemessenen Wellenlängen die Schallgeschwindigkeit in den genannten Flüssigkeiten, außerdem in Salzsäure, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzin. Mit Hilfe einer von Korteweg gegebenen Formel wurde aus der Geschwindigkeit im Rohr die Geschwindigkeit in der unbegrenzten Masse berechnet. Als allgemeine Resultate ergaben sich: 1. Die Schallgeschwindigkeit des Wassers nimmt mit steigender Temperatur zu. 2. Die Schallgeschwindigkeit anderer Flüssigkeiten nimmt mit steigender Temperatur ab. 3. In Flüssigkeiten, welche Gase absorbiert enthalten, wächst die Schallgeschwindigkeit mit der Menge des absorbierten Gases. 4. In Flüssigkeiten, welche feste Substanzen (Salze) gelöst enthalten, wächst die Schallgeschwindigkeit mit der Menge des gelösten Salzes. 5. In Röhren wächst die Schallgeschwindigkeit von Flüssigkeiten entgegen der von Gasen bei gleicher Wandstärke mit abnehmendem Radius, bei gleichem Radius mit zunehmender Wandstärke. 6. An der Verzögerung der Schallgeschwindigkeit von Flüssigkeiten in Röhren sind fast ausschließlich die Elastizitätskräfte des Rohres und der Flüssigkeit beteiligt, Wärmeleitung und Reibung sind nur von ganz untergeordnetem Einfluß. — Aus den Messungen ergab sich noch das Verhältnis der spezifischen Wärmen des Äthers  $c_p/c_v = 1,376$ .

4. Die Wahrnehmung der Schallrichtung. Schon 1876 hatte Lord RAYLEIGH Untersuchungen über die Wahrnehmung der Schallrichtung angestellt und dabei gefunden, daß man bei reinen Tönen leicht die Herkunft von rechts oder links, nicht dagegen die von vorn oder hinten zu unterscheiden vermag. Es lag nahe anzunehmen, daß das erstere auf der größeren Intensität der Empfindung des der Schallquelle näheren Ohres beruht. Diese Erklärung trifft wohl bei hohen Tönen und Geräuschen zu; man merkt das

<sup>1)</sup> Annalen der Physik 25, 227; 1908.

besonders, wenn man mit beiden Ohren auf ein gleichmäßiges seitliches Geräusch (rauschendes Wasser) horcht und dann ein Ohr verschließt: der Unterschied ist gering, wenn das weitere, groß, wenn das nähere Ohr verschlossen wird. Lord RAYLEIGH berechnete für einige tiefe von der Seite kommende Töne den Intensitätsunterschied an beiden Ohren und fand ihn für 256 Schwingungen pro Sek. = 10 Proz., für 128 Schwingungen weniger als 1 Proz., für 96 Schwingungen nur etwa 2 Promille<sup>1)</sup>. Trotzdem ist auch bei diesen Tönen die Rechts-Links-Unterscheidung ebenso leicht wie bei hohen Tönen. Lord RAYLEIGH führt diese daher auf ein anderes Moment, nämlich auf die Phasendifferenz an beiden Ohren zurück. Zum Nachweis diente u. a. folgender Versuch. Zwei (elektrisch angetriebene) Stimmgabeln ( $n = 128$ ) mit Resonatoren befanden sich in zwei verschiedenen Räumen; Rohre leiteten den Ton jeder Gabel durch Löcher in einer dicken Wand zu dem in einem dritten Raum befindlichen Beobachter. Beide Töne waren völlig isoliert voneinander. Hielt der Beobachter den Kopf zwischen die beiden Röhren, die Ohren 1—2 Zoll von den Enden entfernt, so schien der Ton abwechselnd auf der rechten oder auf der linken Seite zu liegen. Ein zweiter Beobachter hörte mit einem Ohre, das symmetrisch zwischen beiden Tonquellen sich befand, auf die von diesen veranlaßten Schwebungen und markierte die Maxima und Minima. Die Übergänge zwischen der Rechts- und Links-Empfindung entsprachen dann der übereinstimmenden und entgegengesetzten Phase. War die Schwingung auf der rechten Seite rascher, so folgte die „Rechtsempfindung“ der gleichen, die „Linksempfindung“ der entgegengesetzten Phase und umgekehrt. Der Verf. stellte ähnliche Versuche an mit Stimmgabeltönen von 256, 512, 640 Schwingungen und machte die gleichen Beobachtungen wie bei  $n = 128$ ; bei 768 Schwingungen aber trat die Rechts-Links-Empfindung nicht mehr deutlich ein, hier war wohl die Grenze erreicht. Bei einer anderen Versuchsanordnung wurden in zwei gegeneinander auf einem Kreise verschiebbaren Induktionsrollen durch einen zwischen ihnen rotierenden Magneten Wechselströme gleicher Frequenz, aber verschiedener Phase erzeugt, die in an die Rollen geschlossenen Telephonen Töne hervorriefen. Hielt man nun das eine Telephon an das rechte, das

andere an das linke Ohr, so schien der Ton von der Seite zu kommen, wo der Strom im Telephon und mit ihm die Schwingung in der Phase vorauseilte.

Hat man nur eine einzige Tonquelle vor oder hinter dem Beobachter, so ist an beiden Ohren Phasengleichheit. Rückt die Tonquelle mehr und mehr nach der Seite, so nimmt die Phasendifferenz zu und erreicht bei der Rechts-Links-Stellung ihr Maximum. Wir vermögen dann ebenfalls zu unterscheiden, bei welchem Ohr die Phase voraus ist. Lord RAYLEIGH schließt hieraus, daß der vibratorische Charakter des Schalles nicht an den äußeren Nervenenden aufhört, sondern daß der Prozeß der Weiterleitung durch den Nerven zum Gehirn auch vibratorischer Natur ist, nicht in grob mechanischem Sinne, sondern nur mit Bewahrung der Schwingungsperiode und Erhaltung der charakteristischen Eigenschaften der Phase, eine Ansicht, die schon 1886 RUTHERFORD im Gegensatz zu HELMHOLTZ aufgestellt hat.

Eine Ergänzung der RAYLEIGHschen Versuche, die hauptsächlich im geschlossenen Raume angestellt wurden, bilden Untersuchungen von T. J. BOWLKER auf freiem Felde<sup>1)</sup>. Die Schallquelle befand sich an der Peripherie, der Beobachter im Mittelpunkt eines Kreises von  $28\frac{1}{2}$  Fuß, der von 4 zu 4 Grad mit Pföcken markiert war. Der Beobachter wandte das Gesicht der Schallquelle zu und setzte an beide Ohren zwei ungleich lange Aluminiumröhren. Das „Schallbild“ schien dann etwas seitlich, und zwar nach der kürzeren Röhre zu, zu liegen; der Beobachter drehte sich dem „Bilde“ zu und notierte die scheinbare Stelle desselben auf dem Kreise. Das „Bild“ verschob sich von links nach rechts oder von rechts nach links, wenn an beiden Ohren eine Differenz von einer halben Wellenlänge war; es war dabei an der Seite, an der die Schallwelle zuerst ankam. Die Größe der seitlichen Verschiebung war abhängig von der Längendifferenz der Röhren und der Tonhöhe. Bei zunehmender Wellenlänge  $\lambda$  des Tones wuchs der Verschiebungswinkel bis zu  $90^\circ$ . Der Ton schien dann also ganz rechts oder links zu liegen. Andere Versuche wurden angestellt mit zwei gleichlangen Röhren, die je ein nach oben gebogenes Ansatzstück besaßen. Sah man die Schallquelle an und drehte dann den Kopf nach links, so rückte das „Bild“ nach rechts; bei einer gewissen Drehung um  $\alpha^\circ$

<sup>1)</sup> Phil. Mag. 13, 214, 316 (1907).

<sup>1)</sup> Phil. Mag. 15, 318 (1908).

erschien dann plötzlich links ein zweites Bild. Über diesen „Zweibilderpunkt“ hat der Verf. zahlreiche Messungen für verschiedene Tonhöhen angestellt. Im allgemeinen war, wenn  $d$  die Entfernung der beiden Röhrenden voneinander bedeutet,  $d \cdot \sin \alpha$  nahezu  $= \lambda/2$ . Aus einzelnen Versuchen schien auch hervorzugehen, daß neben der Phasendifferenz doch auch die verschiedene Schallstärke an beiden Ohren die scheinbare Stellung des „Bildes“ erheblich beeinflußt. Von Interesse sind noch folgende Beobachtungen. Der Verf. setzte Röhren von etwa 2 Zoll Durchmesser, die eine etwa 12, die andere 4 Zoll lang, an beide Ohren und horchte auf eine im Freien spielende Kapelle von 3 bis 4 Instrumenten: die Töne erschienen dann über ein weites Gebiet zerstreut, die meisten auf der Seite der kurzen, einige vorn, einige auf der Seite der langen Röhre. Horchte man mit zwei solchen Röhren auf zwei bellende Hunde, so glaubte man sich in der Mitte eines ganzen Rudels.

Sehr groß ist der Einfluß einer reflektierenden Wand auf die Bestimmung der Schallrichtung. Das ist von Bedeutung für die Bestimmung der Lage eines Nebelhorns auf hoher See, das fern von allen reflektierenden Flächen sein muß. Man muß sich zunächst in die Rechts-Links-Stellung zu dem gehörten Ton bringen und dann so drehen, daß man keine seitliche Verschiedenheit merkt. Ist das Nebelsignal sehr kurzdauernd, so wird die Bestimmung schwieriger; mehrere gleichzeitige Beobachter werden dann am besten zusammenwirken.

5. Akustische Notizen. Von Lord RAYLEIGH<sup>1)</sup>.

a) Mehrfacher harmonischer Resonator. Anstatt des nur mit einer Öffnung versehenen Helmholtzschen Resonators benutzte der Verf. einen Resonator mit vielen Öffnungen, die mit den Fingern nach Bedarf geschlossen werden konnten, wodurch eine Abstimmung auf verschiedene Töne ermöglicht wurde.

b) Um Stimmgabeln von nahezu gleichen Eigenschwingungen zu völligem Einklang (ohne Schwebungen) zu bringen, brauchen sie nur eine geringe mechanische Einwirkung aufeinander auszuüben, sei es, daß sie auf einer Tischplatte stehen, oder daß die Zinken durch dünne gegabelte Fäden miteinander verbunden sind. Das Vorhandensein des absoluten Einklangs läßt sich am

besten durch Beobachtung Lissajousscher Figuren (Permanenz der Ellipse) feststellen.

c) Ein „longitudinales Gleichgewicht“ stellte der Verf. bei Stimmgabeln dadurch her, daß er an der Innenseite der Zinkenenden kleine Schrauben mit Laufgewichten anbrachte. Diese bewirkten, daß die longitudinale Schwingung des Stiels in bezug auf den Grundton fast ganz aufgehoben wurde, dagegen die Oktave und Duodezime stark hörbar blieb.

d) Eine Stimmgabelsirene. Eine Windlade war durch eine Metallplatte verschlossen, in der sich eine rechteckige spaltförmige Öffnung befand. Diese Öffnung konnte teilweise verschlossen werden durch eine vibrierende 3 mm breite Platte, die auf einer Zinke einer Stimmgabel von 128 Schwingungen befestigt war. Wurde die Stimmgabel elektrisch in Schwingung versetzt und durch die Öffnung ein Luftstrom gegen die schwingende Platte geblasen, so hatte man eine Sirene von 256 Schwingungen. Durch eine passende Resonanzröhre wurde der Ton verstärkt. Die Gabel brauchte, einmal in Schwingung versetzt, nicht weiter angetrieben zu werden; der Luftstrom allein erhielt sie in Schwingung. *Schk.*

**Über die direkten Verfahren der Farbenphotographie nach Lippmann und Lumière** machte H. LEHMANN auf der Naturforscherversammlung in Dresden einige Mitteilungen<sup>1)</sup>. Er beschrieb zunächst einige vom Zeißwerk in Jena hergestellte Apparate für das Lippmannsche Verfahren.

Das Lippmannsche Verfahren besteht bekanntlich darin, daß die eine lichtempfindliche Platte senkrecht durchsetzenden Lichtwellen von einer unmittelbar hinter der Platte befindlichen Quecksilberschicht reflektiert werden. Die hierbei gebildeten stehenden Wellen bewirken eine Zersetzung der Silbersalze nur an den Bäuchen, während an den Knoten keine Zersetzung eintritt. Der lichtempfindliche Überzug der Platte zerfällt daher in Schichten derart, daß immer eine Schicht metallischen Silbers mit einer Schicht unzersetzten Chlorsilbers abwechselt. Die Entfernung zweier solcher Schichten voneinander beträgt eine halbe Wellenlänge der betreffenden Lichtart. Fällt nun Licht derselben Farbe auf die entwickelte und fixierte Platte, so wird es von allen einzelnen hintereinander liegenden Schichten reflektiert, und zwar be-

<sup>1)</sup> Phil. Mag. 13, 319; 1907.

<sup>1)</sup> Verhandl. d. Deutsch. phys. Ges. 1907, S. 624.

finden sich alle reflektierten Wellen in der gleichen Phase. Fällt dagegen Licht von einer andern Farbe auf die Platte, so werden die Wellen von den einzelnen Schichten in verschiedenen Phasen reflektiert und vernichten sich durch Interferenz, so daß die Platte im auffallenden weißen Lichte nur die Farbe reflektiert, die bei Bildung der Schichten wirksam war. Fand die ursprüngliche Aufnahme in verschiedenen Farben statt, so werden diese bei der fertigen Platte im reflektierten Lichte wieder sichtbar.

Zur Herstellung des bei der Aufnahme nötigen Quecksilberhintergrundes konstruierte

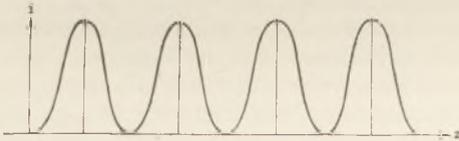


Fig. 1.

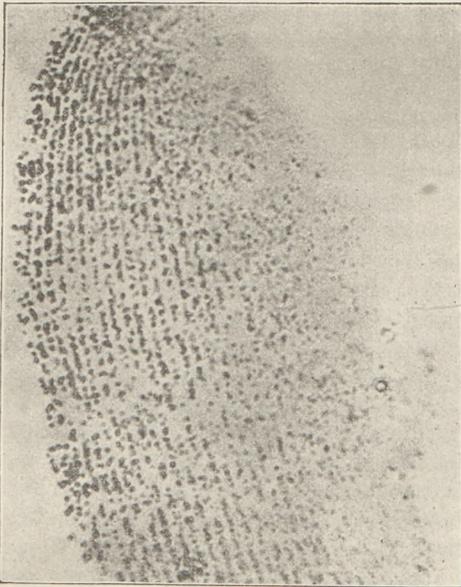


Fig. 2.

LEHMANN eine an jede Kamera passende Quecksilberkassette, die aus einem besonderen Quecksilberbehälter gefüllt wird. Da die Lippmannschen Photographien in regelmäßig reflektiertem Lichte betrachtet werden müssen, so ist ein besonderer Betrachtungsapparat konstruiert, der alles störende diffuse Licht ausschließt und die Farbenpracht des Bildes ganz rein hervortreten läßt. Auch für die Projektion wurde eine neue Vorrichtung hergestellt, die an dem gewöhnlichen Projek-

tionsapparat angebracht werden kann; durch sie können mit vollkommener Schärfe Bilder von größerer Ausdehnung projiziert werden, als es bisher möglich war.

Der Verf. ging dann genauer ein auf die Frage der Abstimmung der photographischen Platte. Die Intensität  $i$  der stehenden Welle  $\lambda$  in einer bestimmten Tiefe  $z$  der lichtempfindlichen Schicht ist

$$i = c \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda}.$$

Fig. 1 gibt die durch diese Gleichung dargestellte Kurve, Fig. 2 die ihr entsprechende

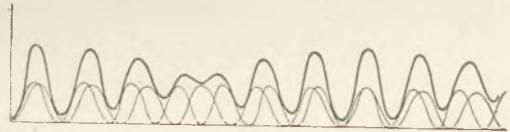


Fig. 3.

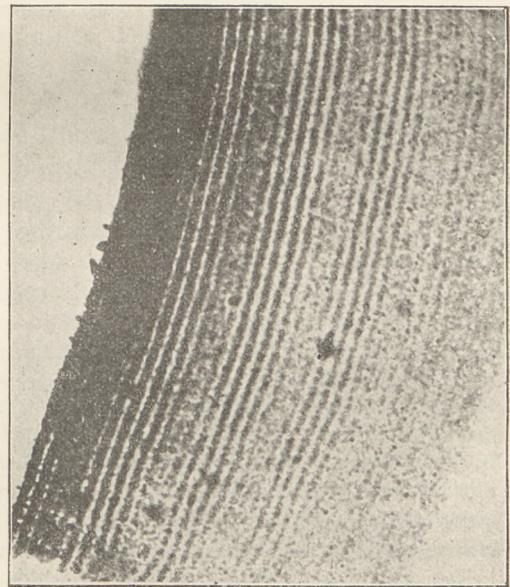


Fig. 4.

Mikrophotographie eines Schnittes durch den roten Teil der Spektralaufnahmen ( $\lambda = 625 \mu\mu$ ) bei 7100 facher Vergrößerung des Abstandes der Zenkerschen Blättchen. Wirken gleichzeitig an demselben Orte zwei homogene Lichte der Wellen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  auf die Platte, so ist

$$i' = i_1 + i_2 = c \cdot \left( \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda_1} + \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda_2} \right).$$

Fig. 3 gibt die Kurve  $i'$  für das Verhältnis  $\lambda_1/\lambda_2 = 563/482$ , Fig. 4 die Mikrophotographie

durch einen Schnitt der mit den Wellenlängen  $\lambda_1 = 563 \mu\mu$  und  $\lambda_2 = 482 \mu\mu$  gemachten Aufnahme (10 300 fache Vergr.). Man erkennt in beiden Figuren eine siebenteilige Schwebungsperiode, die sich am Schnitt fünfmal wiederholt. Nimmt man heterogenes Licht, so wird die Intensität an einer Stelle der lichtempfindlichen Schicht

$$J = \int c \cdot \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} d\lambda.$$

$c$  ist hier im allgemeinen keine Konstante, sondern ein Produkt dreier Funktionen von  $\lambda$ , nämlich: 1. der Intensität der Lichtquelle als Funktion von  $\lambda$ , 2. dem Bruchteil, den das Objekt von der darauffallenden Intensität 1 reflektiert, 3. der Empfindlichkeit der photographischen Platte in bezug auf die Intensität 1 als Funktion der Wellenlänge. Für ein weißes Objekt ist die zweite, für eine isochromatische Platte sind auch die erste und dritte Funktion konstant; in diesen Fällen wird

$$J = c \int_{\lambda \text{ viol.}}^{\lambda \text{ rot}} \sin^2 \frac{2\pi z}{\lambda} d\lambda,$$

was in Fig. 5 gezeichnet ist.

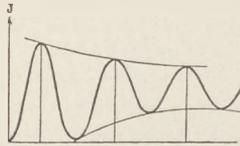


Fig. 5.

Die Intensität der periodischen Maxima klingt hier nach Art einer gedämpften Schwingung rasch ab. Eine in dem Originalbericht wiedergegebene Mikrophotographie eines Schnittes durch gelbliches Weiß zeigt dieses Abklingen. Da die Maxima in Fig. 5 einen Abstand haben, der gleich einer halben mittleren Wellenlänge ist, die Silberabscheidung bei kurzer Belichtung aber nur an den Stellen dieser Maxima auftreten wird, so erhält man ein nahezu homogenes Reflexionsbild von — wegen der großen Dämpfung — geringer Intensität und Sättigung. Der Verf. zeigt nun, daß dieser Mangel vermieden wird, wenn man die Platten nicht isochromatisch nimmt, also den die Empfindlichkeit der Platte für Sonnenlicht darstellenden Teil  $f(\lambda)$  der oben erwähnten Funktionen nicht mehr konstant läßt, sondern so wählt, daß die Maxima der Kurve  $J$  in Fig. 5 stumpf und abgeflacht werden.  $f(\lambda)$  wird dann nach oben konkav, was man praktisch dadurch

realisieren kann, daß man  $f(\lambda)$  zwei Maxima gibt, die im Spektrum komplementär sind. Man kann auch drei oder vier paarweise komplementär liegende Maxima verwenden. „Der Zweck dieser neuen Art der Abstimmung liegt in der Erweiterung der Grenzen für die normale Belichtungszeit, in der Erzielung einer höheren Sättigung der Farben und infolge Verwendung von Sensibilatoren mit kräftigen Maximis in der Erzielung einer wesentlich höheren Empfindlichkeit der Platte gegenüber der Methode des Isochromatismus.“

Der Verf. projizierte in der Versammlung mehrere Streifen von mit diffusum Lichte (ohne Hg-Spiegel) abschnittsweise verschieden stark belichteten und entwickelten Platten, aus denen hervorging, daß die Farbe des Niederschlages eine Funktion ist der chemischen Intensität des wirksam gewesenen Lichtes. Ferner zeigte er u. a. dieselbe Porträtaufnahme mit verschiedener Belichtungszeit, aus der sich ergab, daß die Sättigung der Farben eine Funktion der Belichtungszeit bzw. der absoluten Intensität ist.

Bei dem Lumièreschen Verfahren wird die photographische Platte mit außerordentlich kleinen gefärbten Stärkekörnchen überzogen<sup>1)</sup>. In besonderen Separatoren werden aus Kartoffelstärke Körnchen von etwa  $\frac{1}{100}$  mm erzeugt; von diesen wird ein Teil rot, ein anderer Teil grün, ein dritter Teil blau gefärbt. Die Körnchen werden dann gut gemischt und mit einer klebrigen Substanz auf polierten Glasplatten so aufgetragen, daß sie nur neben-, nicht aufeinander zu liegen kommen. Die Platten werden gepreßt, so daß die Körnchen plattgedrückt werden und sich überall ohne Zwischenräume aneinander schließen. Dann wird die Filterschicht mit einem Firnis überzogen und hierauf die für alle Farben empfindliche Bromsilberemulsion aufgetragen. Die Körnchen sind so klein, daß etwa 8000 auf einem Quadratmillimeter zu liegen kommen. Das Bild wird von der Glasseite durch die roten, grünen und blauen Körnchenfilter und eine Gelscheibe hindurch aufgenommen, und man erhält nach der Entwicklung zuerst ein Negativ, das die Komplementärfarben des Objekts zeigt. Um ein positives Bild mit den richtigen Farbenwerten zu erhalten, wird das durch den Entwickler gebildete Silber in einer Lösung von Kaliumpermanganat aufgelöst und darauf in einem

<sup>1)</sup> Photographische Mitteilungen 1907, S. 289, 300, 411 etc.; Prometheus 1907, S. 737.

Amidolentwickler das am Licht nicht veränderte Bromsilber reduziert. Die letzten beiden Operationen erfolgen in vollem Tageslicht. Das nun fixierte Bild zeigt, durch die gleichen Körnchenfilter betrachtet, die natürlichen Farben des Objekts, indem die dicht nebeneinander liegenden dreifarbigigen Elemente jedes Bildteils in unserem Auge zu einem einfarbigen Eindruck verschmelzen.

H. LEHMANN demonstrierte durch Projektion u. a. die Farbenempfindlichkeit einer Lumièreschen Platte im Normalspektrum der Nernstlampe; man erkennt deutlich ein Maximum im Rot, ein Doppelmaximum im Grün und Gelbgrün sowie das stark überwiegende Eigenmaximum des Silbersalzes im Blau. Aus der Projektion einiger farbiger Landschaftsbilder ergab sich der Unterschied zwischen den nach dem Lippmannschen und dem Lumièreschen Verfahren hergestellten Bildern: das Lippmannsche Verfahren gibt eine größere Objektivität in der Farbenwiedergabe und eine absolute Schärfe des Bildes, während die Lumièresche Platte die Helligkeitswerte im Bilde besser wiedergibt.

Zum Schlusse zeigte der Vortragende, daß das Purkinjesche Phänomen nicht nur beim Auge, sondern, wie zuerst von J. Precht bemerkt wurde, auch an der photographischen Platte sich zeigt. Das Purkinjesche Phänomen besteht in einem Einfluß der Lichtintensität auf die Farbenempfindung, auf Grund dessen z. B. die modernen Maler die Schattenpartien bei Gemälden anders gefärbt darstellen als die Lichter. H. LEHMANN bestimmte die Undurchlässigkeiten an einigen auf einer orthochromatischen Platte aufgenommenen Spektren einer rötlichen Lichtquelle verschiedener Expositionszeit bzw. Helligkeit und zeigte, daß sich hier die Farbe mit Abnahme der Intensität nach Blau ändert, d. h. das Bild eines rötlichen Körpers würde in den Schattenpartien bläulich erscheinen. Hieraus sei zu schließen, daß „die relative chemische Helligkeit ein und derselben Lichtquelle in ihrer spektralen Zusammensetzung abhängig sei von ihrer absoluten Intensität“. Daß die Schattenpartien von weißen Körpern auf Bildern nach Lumières Verfahren intensiv bläulich erscheinen, beruht auf einer anderen Art des Purkinjeschen Phänomens, nämlich daß bei sehr geringen Intensitäten das Blau sich eher entwickelt als die weniger brechbaren Spektralfarben. Die zunächst rein physiologische Erscheinung des Purkinje-Effekts ist hiernach nichts weiter als ein der

photographischen Schicht identisches Verhalten der Netzhaut. Da die photographische Platte also auch die Fehler der Netzhaut besitzt, so wird es immer unmöglich sein, absolute Objektivität in der Farbenwiedergabe zu erzielen.

*Schk.*

**Aus der Magnetik.** Die Heuslerschen Legierungen (s. ds. Zeitschr. 19, 41; 1906) sind in den letzten Jahren Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. Alle Beobachter sind darüber einig, daß es sich bei diesen Legierungen aus Cu, Mn und Al um Substanzen von äußerst unstabilem Gefüge handelt. Die Abhängigkeit von der magnetischen, thermischen und mechanischen Vorgeschichte ist ganz ungewöhnlich groß. Bei aufeinander folgenden, ganz gleichartigen auf- und wieder absteigenden Änderungen der Temperatur springt die Umwandlungstemperatur (bei der sie unmagnetisch werden), nachdem sie schon konstant geworden schien, plötzlich um bis zu hundert Grad. Einige dieser Umwandlungen sind reversibel, andere, besonders bei hohem Al-Gehalt der Probe, irreversibel<sup>1)</sup>.

Besondere Aussicht auf genauere Erforschung der Nachwirkungen und des Einflusses der Vorgeschichte erwecken nach HEUSLER und ASTEROTH die kupferreichen schmiedbaren Mn-Al-Bronzen<sup>2)</sup>. Wenn man diese Legierungen über die Umwandlungstemperatur erhitzt und dann abschreckt, werden sie zunächst unmagnetisch, bekommen aber durch mehrtägiges Erhitzen auf mäßig hohe Temperatur kräftig magnetische Eigenschaften. Hat man sie vorher durchgeschmiedet, so verschwindet die Hysteresis bis auf einen fast unmerklichen Rest. Die Lage des Umwandlungspunktes wechselt auch bei diesen Legierungen mit der Vorgeschichte.

Zur Deutung des ferromagnetischen Verhaltens dieser Legierungen überhaupt erinnert CH. ED. GUILLAUME daran<sup>3)</sup>, daß schon Faraday das Mangan für ein seiner Natur nach ferromagnetisches Metall gehalten hat, das uns aber nur oberhalb seines Umwandlungspunktes bekannt sei, der bei einer für uns unerreichbar tiefen Temperatur liege.

<sup>1)</sup> Take, Verh. d. D. Phys. Ges. 1905. Ann. d. Phys., Bd. 20, 1906. B. V. Hill, Phys. Rev. 1905 u. 1906. Mc. Lennan, Phys. Rev. 1907; und andere.

<sup>2)</sup> Sitz.-Ber. Marburg 1905; Verh. d. D. Phys. Ges. 1908.

<sup>3)</sup> Arch. sc. phys. et nat. (4) 24, 381, 1907.

Zinn und Aluminium haben die Eigenschaft, Umwandlungspunkte nach einer höheren Temperatur zu verschieben; so wird der Schmelzpunkt von Natrium in der gleichatomigen Sn-Na-Legierung auf  $576^{\circ}$  verschoben. Ganz allgemeingültig scheint diese Verschiebung aber nicht zu sein. Wenigstens hat BRUCE V. HILL<sup>1)</sup> in eingehenden Versuchen festgestellt, daß der Punkt, bei dem Nickel unmagnetisch wird, durch Zusatz von je einem Prozent Zinn um  $7,3^{\circ}$  und durch den gleichgroßen Zusatz von Kupfer um je  $10,5^{\circ}$  erniedrigt wird. Es lassen sich so Nickelkupferlegierungen herstellen, die in heißem Wasser unmagnetisch oder erst bei Abkühlung durch flüssige Luft magnetisch werden. Diese Legierungen dürften für Demonstrationszwecke geeignet sein.

Die magnetische Struktur der Kristalle und des Eisenmoleküls ist durch die Arbeiten von P. WEISS und J. KUNZ<sup>2)</sup> ganz wesentlich geklärt worden. Pyrrhotin (Magnetkies) kristallisiert hexagonal und ist parallel zur Basisebene ferromagnetisch, senkrecht zu dieser Ebene aber paramagnetisch mit demselben geringen Atommagnetismus, wie ihn das Eisen in seinen Salzen aufweist. In der ferromagnetischen Ebene sind aber drei Richtungen, die unter sich gleiche Winkel einschließen, magnetisch bevorzugt. Trägt man die Magnetisierbarkeit auf der Winkeldrehung als Abszisse auf, so erhält man eine Kurve, die von  $0^{\circ}$  bis  $180^{\circ}$  etwa den Anblick von drei ungleich großen Sägezähnen gewährt. Nimmt man diese Kurve, die sich von  $180^{\circ}$ – $360^{\circ}$  in identischer Weise wiederholt, für mehrere Kristalle auf, so bekommt man verschieden hohe Zähne, deren Ort aber unverändert bleibt. Bei der Untersuchung sehr kleiner gut ausgebildeter Pyrrhotinkristalle überwog stets eine Zacke der Magnetisierungskurve die beiden anderen, die in einigen Fällen kaum angedeutet waren. WEISS folgert daraus, daß die größeren Kristalle aus einem Gemisch von Elementarkristallen bestehen, deren jeder nur eine ferromagnetische Richtung hat, und daß diese Richtung in der Basisebene drei Stellungen einnehmen kann. Diese Vorstellung paßt sich dem Beobachtungsmaterial gut an und gibt für Erscheinungen, die bei der Erhitzung einiger Kristalle auf etwa

$220^{\circ}$  im Magnetfelde beobachtet wurden, die Deutung, daß sich in einem gewissen Temperaturintervall ein Teil der Elementarkristalle durch das Magnetfeld beliebig in eine der drei möglichen Lagen bringen läßt, während ein anderer Teil dieser Einwirkung widersteht. Die Elementarkristalle haben also eine Richtung, in der sie von Natur gesättigt sind; bei Überschreitung der Koerzitivkraft ( $15,4$  Gauß) schlägt die Magnetisierung plötzlich in Sättigung in umgekehrter Richtung um. In den beiden anderen Hauptrichtungen hat der Elementarkristall eine sehr hohe entmagnetisierende Wirkung, die erst durch sehr große Feldstärken ( $7300$  bzw. ca  $150\,000$  Gauß) überwunden wird. Ganz Entsprechendes gilt auch für Hämatit (Eisenglanz), doch wird hier der Sachverhalt durch überwiegende Hysteresis so verdunkelt, daß ohne das Vorbild des Pyrrhotins die Deutung kaum möglich gewesen wäre.

WEISS kombiniert<sup>1)</sup> diese kristallmagnetischen Erfahrungen mit der Theorie von LANGEVIN<sup>2)</sup>, um eine Deutung für die Eigenschaften des Eisens zu gewinnen. P. LANGEVIN hatte für den Para- und Diamagnetismus der Gase die Vorstellung entwickelt, daß die Moleküle ein magnetisches Moment besitzen, das herrührt von elektrischen Korpuskeln, die mit großer Geschwindigkeit in Kreisbahnen umlaufen. Ein äußeres Feld sucht diese Kreisbahnen parallel zu richten, thermische Ursachen (kinetische Energie der Moleküle), Stöße usw. suchen den ungeordneten Zustand aufrecht zu erhalten. So kommt als Gleichgewichtszustand eine Magnetisierung zustande, die einerseits Funktion des äußeren Feldes, andererseits der absoluten Temperatur ist. WEISS versucht nun eine Ausdehnung dieses Ansatzes auf den Ferromagnetismus; er knüpft dabei an die Bemerkung von P. CURIE (1894) an, daß die Magnetisierung als Funktion der Feldstärke und der Temperatur einen ganz ähnlichen Gang zeigt wie die Dichte als Funktion des Druckes und der Temperatur, wenn man paramagnetische mit gasförmigen und ferromagnetische mit flüssigen Körpern vergleicht.

Die dem Molekül eigene Magnetisierung  $J$  gibt Anlaß zu einem Felde  $NJ$  (molekulares Feld), das dem inneren Druck bei van der Waals entspricht. Dasselbe ist innerhalb des Elementarmagneten  $J$  entgegen gerichtet (entmagnetisierend) und vermag  $J$

<sup>1)</sup> Phys. Rev. 24, 321, 1907.

<sup>2)</sup> C. R. 140 n. 141; Journ. de Phys., t. 4, 1905; Phys. Zeitschr. 1905, 779; C. R. 143, 1906; Journ. de phys., t. 6, 1907; vgl. auch d. Zeitschr. 19, 43.

<sup>1)</sup> Journ. de Phys. (4) 6, 1907.

<sup>2)</sup> Anu. chim. phys. (8) 5, 1905.

zu unterdrücken, so lange dies von der Sättigung weit entfernt ist (sehr vom Felde abhängt). Bei fehlendem äußeren Felde sind also für  $J$  stabil nur der Wert Null und der Sättigungswert. Dieser letztere kommt in Betracht für alle mit der Remanenz zusammenhängenden Erscheinungen. Messungen am Magnetit sind hiermit im Einklang. Die für Eisen angegebenen Sättigungswerte können nicht für richtig gelten, vielmehr zeigt die Zusammenstellung des vorliegenden Beobachtungsmaterials, daß von etwa 800 Gauß Feldstärke an die Magnetisierung für je 1000 Gauß noch um einige zwanzig Einheiten weiter steigt; wirkliche Sättigung hat man bisher wohl nur in der Nachbarschaft der Umwandlungstemperatur gemessen.

CURIE hat bereits gezeigt, daß die Magnetisierung des Eisens als Funktion der Feldstärke in ihrem merkwürdigen Verlauf gedeutet werden kann, wenn man das Eisen zwischen  $920^{\circ}$  und  $1280^{\circ}$  als zweiatomig, darüber als dreiatomig auffaßt. Für den ferromagnetischen Zustand, der den tieferen Temperaturen entspricht, nimmt WEISS eine ganz ähnliche Struktur wie beim Pyrrhotin an. Er berechnet für jeden dieser drei Zustände eine

seiner Theorie eigentümliche Konstante und erhält Werte, die bemerkenswert gut übereinstimmen. Das ferromagnetische Eisenmolekül hat danach eine Richtung, in der es stark magnetisch ist, und in den darauf senkrechten Richtungen ein sehr starkes molekulares (entmagnetisierendes) Feld, dessen Größenordnung nach dem vorliegenden Beobachtungsmaterial auf etwa 80 Millionen Gauß zu schätzen ist.

Dieser enorme Wert des molekularen Feldes hat zur Folge, daß die Umwandlungsarbeit bei der Temperatur, wo Eisen oder Magnetit oder Nickel unmagnetisch werden, von der Größenordnung der spezifischen Wärme ist. Es ist nämlich die magnetische Energie gleich dem halben Produkt der inneren (molekularen) Feldstärke und der Sättigung; letztere nimmt mit steigender Temperatur allmählich und in der Nähe der Umwandlungstemperatur sehr rasch ab, die zugeführte Wärme wird also außer zur Temperaturerhöhung auch zur Entmagnetisierung verwandt. WEISS vergleicht die so errechnete Umwandlungsarbeit mit dem kalorimetrischen Befund bei Nickel und Magnetit und kommt zu guter Übereinstimmung. W. Vn.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Zur Didaktik der Physik.** Einen Abriss einer Didaktik der Physik liefert H. KEFERSTEIN in dem Artikel, den er in W. REINS Enzyklopädischem Handbuch der Pädagogik, 2. Aufl. 1907 (S. 834—866), unter dem Titel „Physik an höheren Schulen“ veröffentlicht hat. Nach einer kurzen geschichtlichen Übersicht gibt er eine ausführlichere Darlegung über Inhalt und Aufgabe der Physik, worin er gegen Ostwalds energetische Bestrebungen Stellung nimmt und der mechanistisch-kinetischen Auffassung auch für den Unterricht den Vorzug gibt. Besonders lesenswert sind die dann folgenden Bemerkungen über die Methode der Physik. Hier schließt sich der Verf. besonders an E. Dührings ausgezeichnetes Werk über Logik und Wissenschaftstheorie an und legt dar, daß das Wesentliche an der induktiven Methode nicht in schematischen Denkopoperationen nach den Vorschriften Bacon oder Stuart Mills, sondern in vorwegnehmenden Begriffsbildungen besteht, an denen neben dem Erfahrungswissen die Einbildungskraft einen wesentlichen Anteil hat. Wie sich hier Synthese und Analyse beständig verknüpfen, hat Dühring a. a. O. überzeugend dargetan. Der Verfasser macht

überdies noch auf die wichtige Rolle aufmerksam, die dem Zweckbegriff selbst in der Physik zugestanden werden muß. Die Voraussetzung eines einheitlichen, einfachen und durchgängig gesetzmäßigen Wirkens der Naturkräfte entspricht durchaus der Vorstellung, daß die Welt wie eine Art großartiger Maschine zu betrachten ist, deren Teile nach einem Plan ineinander greifen, wie ihn ein bewußtes Wesen zu entwerfen imstande wäre. Eine solche Anschauung, lange Zeit als Anthropomorphismus abgelehnt, hat doch in der Wissenschaft eine so erhebliche und nutzbringende Rolle gespielt, daß man ihr, wenn auch zunächst nur als einem Forschungsmittel, ebenso wie in der Biologie volle Daseinsberechtigung zuerkennen sollte. Auch wird das Suchen nach den zureichenden Gründen einer Erscheinung und ihre Verknüpfung mit irgend einem zeitlich vorausgehenden Ausgangspunkt durch eine streng geschlossene Kette von Ursache und Wirkung dadurch nicht beseitigt, sondern nur geleitet. Eine ähnliche Rolle spielen ästhetische Gesichtspunkte, vor allem der schon bei Galilei hervortretende Gesichtspunkt der Einfachheit, der auch zu dem Siege des koperni-

kanischen Systems ganz wesentlich beige-  
tragen hat.

In den hieran anschließenden Ausführungen über Ziel und Umfang des physikalischen Unterrichts wird an erster Stelle der Einfluß auf die Bildung des Willens hervorgehoben. „Die Kenntnis des Gesetzes ist die Grundlage des zweckmäßigen, aus freier Selbstbestimmung hervorfließenden Wollens.“ „Wer aber die Natur als Kosmos erfaßt hat, wird auch im menschlichen Getriebe kein Chaos erblicken, sondern bei wachsendem Verständnis und bewährter Erfahrung auch hier die eindeutig bestimmte Ordnung zu finden wissen, um danach sein praktisches Verhalten zu regeln.“ Das Eingehen auf die Bedeutung der Geschichte für den physikalischen Unterricht führt dann weiter auf die Erziehung zum wissenschaftlichen Denken, die in dieser Zeitschrift öfter betont worden ist. Daneben findet die Ausbildung der Beobachtungsfähigkeit und die sprachliche Ausbildung ihre Würdigung; der Wert der Übermittlung positiver Kenntnisse wird auf das richtige Maß zurückgeführt und namentlich vor zu weitgehender Befassung mit dem technischen Gebiet gewarnt; der Einfluß des physikalischen Unterrichts auf die Erziehung zum praktischen Handeln wird darauf gestützt, daß als „praktischer Mensch“ ein solcher zu bezeichnen sei, „der seine Gedanken den Dingen anpaßt, wenn die Dinge sich seinem Denken nicht fügen wollen, und die dem jedesmaligen Zweck angemessensten und darum leicht und sicher zum Ziel führenden Mittel ergreift“. Das Verfahren der Physik sei aber vorzüglich geeignet, die Anpassungsfähigkeit (Plastizität) des Denkens (MACH) auf das richtige Maß zurückzuführen und bei diesem dauernd zu erhalten.

Aus den Bemerkungen zur Methodik des physikalischen Unterrichts sei hervorgehoben, daß der Verf. von Schulversuchen nicht die unbedingte Exaktheit wie von wissenschaftlichen Versuchen fordert. Selbst bei Verwendung von Meßapparaten sei ein dem gewünschten angenähertes Resultat vollkommen genügend. In betreff der Schülerübungen tritt der Verf. für deren obligatorische Einführung an allen Schulgattungen ein. Er bezeichnet auch ein Buch als wünschenswert, in dem eine ganz kurze Darstellung der mathematischen Lehren, die der Physiker braucht, in der diesem Zweck angemessenen Form zu finden wäre. Einen Abriß dieser Art hat bereits A. HÖFLER seiner Physik beigegeben.

Hinsichtlich der Didaktik des physikalischen Unterrichts im engeren Sinne verweist der Verf. auf KIESSLINGS Artikel in Baumeisters Handbuch und behandelt in Kürze die äußeren Bedingungen des Unterrichtserfolges (Lehrervorbildung, Seminare, Ferienkurse, literarische Hilfsmittel), dann das Unterrichtszimmer, die Apparatensammlung und die Frage der Schulumuseen. In bezug auf die Stoffabgrenzung spricht er sich für eine besonnen zu treffende Auswahl aus. Den Schluß bilden Bemerkungen zur Didaktik der einzelnen physikalischen Gebiete. Hier ist namentlich beachtenswert der Hinweis, daß in der Mechanik der Unterricht noch immer vielfach mit völlig unrealisierbaren Abstraktionen arbeitet; der Begriff des absolut starren Körpers sei zu meiden, der Schüler solle von vornherein anschauliche Vorstellungen über die Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse der Körper gewinnen. In der Grundlegung der Mechanik auf der Oberstufe sei ohne erkenntnistheoretische Überlegungen nicht auszukommen, und dies lege die Frage nahe, ob nicht doch die Oberprima der geeignetste Ort für die abschließenden Betrachtungen der Mechanik sei. [Dieser Gegensatz dürfte dadurch auszugleichen sein, daß der mehr anschaulichen Entwicklung der Grundbegriffe im Beginn der Oberstufe eine mehr kritische Erörterung derselben Begriffe am Schluß der Oberstufe nachfolgt — sofern dafür die Zeit vorhanden ist.] In der Optik wünscht der Verf. besonders die optischen Instrumente in modernerer Art behandelt und macht für die Bestimmung der Lichtwellenlänge auf den von GRIMSEHL (d. Z. 17, 135) beschriebenen Apparat aufmerksam. Für die Wärmelehre empfiehlt er, eine experimentelle Bestimmung des mechanischen Äquivalents der Wärme etwa nach GRIMSEHL auszuführen. In der Magnetik sei die Bestimmung von Polstärken und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus nicht zu versäumen, in der Elektrizitätslehre auf messende Behandlung des Ohmschen und Jouleschen Gesetzes besonderes Gewicht zu legen. Wegen weiterer Einzelheiten sei auf den Artikel selbst verwiesen, der trotz seiner Kürze ein zutreffendes Bild von dem heutigen Stande des physikalischen Unterrichts und von den durch ihn zu lösenden Aufgaben gibt. P.

**Chemische Schülerübungen.** In dieser Zeitschrift ist die Frage der besten Gestaltung der chemischen Schülerübungen wiederholt berührt worden. Eine starke Anregung bot

in dieser Hinsicht die von HABER und STÖCKER besorgte Umarbeitung des amerikanischen Buches von ALEXANDER SMITH, „Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie“ (vgl. ds. Zeitschr. 17, 312), in denen das Bestreben, den chemischen Unterricht und die chemischen Übungen ineinander greifen zu lassen, deutlich zutage trat. Es wurde in dieser Zeitschrift ferner darauf hingewiesen, daß identische Bestrebungen auch schon in Deutschland vorlagen, wie beispielsweise die Arbeiten von E. DENNERT, „Das chemische Praktikum“ (ds. Zeitschr. 11, 150; 17, 313), und von TOLLENS, „Einfache Versuche für den Unterricht in der Chemie“ (ds. Zeitschr. 18, 315), beweisen.

Das gemeinsame Kennzeichen der eben genannten Arbeiten ist erstens das Bestreben, die praktischen Übungen enger an den Klassenunterricht anzuschließen, und zweitens die bewußte Abkehr von dem bloßen Betrieb der chemischen Analyse. Welchen bestimmten Standpunkt hier die Unterrichtskommission der Naturforschergesellschaft eingenommen hat, ist wohl noch allseitig frisch im Gedächtnis (vgl. C. Duisberg, „Der chemische Unterricht usw.“, und den Bericht hierüber in ds. Zeitschr. 19, 312 ff.).

Einige Neuerscheinungen sind weitere Zeugnisse dafür, daß sich auf dem Gebiet der chemischen praktischen Schülerübungen allmählich eine erfreuliche Wandlung vollzieht. In erster Linie ist hier eine Programm-Abhandlung von E. LÖWENHARDT<sup>1)</sup> zu nennen. Die hier dargebotenen Anleitungen bezwecken ausdrücklich „eine Angliederung der Schülerarbeiten an den theoretischen Unterricht“, die Übungen sollen sowohl zur Repetition wie auch zur Ergänzung und Vertiefung des im theoretischen Unterricht Durchgenommenen dienen. Es sind dies Grundsätze, die allseitige Zustimmung verdienen. Die erste Reihe der Versuche betrifft den Schwefel, seine Vereinigung mit Metallen und einige natürliche Schwefelverbindungen — dies koinzidiert beiläufig mit einer in ds. Zeitschr. wiederholt aufgestellten Forderung. Weiterhin werden Schwefelsäure, verschiedene Sulfate, Wasserstoff, Kochsalz nebst Chlorwasserstoff, Chlor, Soda, Kieselsäure, Aluminium, Eisensalze, dann Erscheinungen der Elektrolyse, Äthylalkohol (Gärung), die festen Fettsäuren, Rohrzucker, Milchzucker, Trauben-

<sup>1)</sup> Proben aus einem Leitfaden für das chemische Praktikum. Von Prof. Dr. E. Löwenhardt. Städt. Ober-Realschule zu Halle a. S. Ostern 1907. Progr. Nr. 328.

zucker und die Milch behandelt. Ob die Darstellung von Chlor und die Anstellung der Chlorversuche — bei denen der Verfasser allerdings die Notwendigkeit des Abzuges betont — geeignete Aufgaben für Schülerversuche darstellen, möchte Ref. bezweifeln; sie sind wohl nur dann gutzuheißen, wenn über genügend viele, gut funktionierende Abzüge verfügt werden kann. Die Anweisungen zu den einzelnen Versuchen sind absichtlich ziemlich ausführlich gehalten, was in Anbetracht der großen Mühe, die mit den Laboratoriumsübungen verknüpft ist, nur zu billigen ist. Alles in allem liegt hier eine Arbeit vor, die gesunde Ziele verfolgt.

Auch mehrere Bücher sind in diesem Zusammenhange erwähnenswert. K. SCHEID<sup>1)</sup> gibt in 166 Aufgaben, unter gänzlicher Ausschließung der eigentlichen Analyse, Übungen, die den Klassenunterricht trefflich unterstützen. Den Anfang machen 11 Vorübungen mit einigen Gewichtsbestimmungen und praktischen Handgriffen, besonders zur Glasbearbeitung. Es folgen einige mehr allgemein orientierende Versuche über Kristallisation u. a., dann Versuche über Verbrennung, Säuren, Salze usw. Bestimmtere Übersichten über die Versuche wären aber sehr erwünscht. Für etwas zu weitgehend halten wir die Darstellung von Schwefelsäure mittels Platinasbest (Nr. 29), das Operieren mit Kohlenmonoxyd (132), die Chlorversuche (73); auch der scheinbar einfache Versuch, Eisenpulver im festverschlossenen Probierglas zu erhitzen und dann „lebhaft zu schütteln“ (20), ist nicht ungefährlich. Lobend hervorzuheben ist insbesondere, daß vielfach das Bestreben hervortritt, auch der quantitativen Seite der Versuche zu ihrem Rechte zu verhelfen. Ausgelassen sind technologische sowie alle chemisch-organischen Übungen. Den Schluß bilden einige zweckentsprechende elektrolytische Versuche.

Ein kurzgefaßtes Büchlein von M. MITTAG<sup>2)</sup> enthält nicht weniger als 370 Versuche, zu denen die „Anleitung“ (Vers. 15—55) allerdings meist nur sehr knapp gefaßt ist. Die ersten

<sup>1)</sup> Praktischer Unterricht in Chemie. Zum Gebrauch für das Laboratorium. Von Dr. K. Scheid, Prof. an der Ober-Realschule zu Freiburg i. B. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. 79 S. Geb. M 1,40.

<sup>2)</sup> Chemisches Schulpraktikum. Aufgabensammlung für den ersten praktischen Unterricht zur Einführung in die experimentelle Naturwissenschaft. Von M. Mittag. Hildesheim, A. Lax, 1906. 55 S.

Versuche (1–21) beziehen sich auf die Soda, den Kalk (22–30), die Kohlensäure (31–51), ferner u. a. auf Kohlenstoff, Leuchtgas, die Gruppen der Salze. Auch hier ist anzuerkennen, daß vielfach die quantitative Seite der Erscheinungen gebührend berücksichtigt ist. Im Gegensatz zum vorerwähnten Buche sind chemisch-organische Übungen weitgehend herangezogen. Sie beginnen mit Seife, Fett (256–263) und behandeln dann organische Säuren, Alkohol, Farbstoffe, Zucker, Stärke, Zellstoff, Eiweiß. Auf engen Raum sind hier viele nützliche Versuche zusammengetragen. Als Schluß folgen noch ein kurzer Gang der qualitativen Analyse und einige Versuche zur Maßanalyse.

Ein Buch von J. SCHMIDT<sup>1)</sup> verfolgt zwar andere Ziele als die vorgenannten — indem es bei den seitens des Berliner Lehrervereins veranstalteten praktischen Übungen zur Unterlage dienen will —, enthält jedoch eine so

treffliche Zusammenstellung von Versuchen, daß seine Aufführung an dieser Stelle gerechtfertigt erscheint. Behandelt werden in zweckentsprechenden praktischen Versuchen Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Äther, organische Säuren, Fette, Seifen usw. sowie die wichtigsten Nahrungs- und Genußmittel. Die Abfassung des Ganzen zeugt von einer großen Liebe zur Sache, und es verdient das Geschick, mit welchem hier gerade die für den Haushalt, für das praktische Leben bedeutungsvollen Dinge und Vorgänge ausgewählt sind, durchaus Anerkennung.

Auf die während der Drucklegung dieses Heftes erschienene „Naturlehre I. Teil: Chemie, Mineralogie und Geologie“ von F. DANNEMANN (Hannover, Hahn, 1908), in welcher den chemischen Schülerübungen eine besonders wichtige Rolle zugewiesen wird, können wir bei dieser Gelegenheit noch nicht näher eingehen. O.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Neuere elektrische Glühlampen.** Die elektrische Beleuchtung hat in den letzten Jahren durchgreifende Umwälzungen erlitten; auf dem Gebiete des Bogenlichtes sind durch die Einführung der Flammenbogenlampen und der Kleinbogenlampen (vgl. ds. Zeitschr. **15**, 111; **16**, 365) wesentlich andere Verhältnisse geschaffen, und auf dem der Glühlichtbeleuchtung verliert die alte Kohlefadenlampe mehr und mehr an Boden, indem sie durch die ökonomischeren Metallfadenlampen verdrängt wird. Letztere sind wesentlich älter als jene; schon 1802 stellte DAVY eine Plattinglühlampe her, indem er einen Platindraht zum leuchtenden Erglühen brachte. Das als hitzebeständig bekannte und in der Wissenschaft viel benutzte Platin wurde dann weiter für Glühlampen verwendet von F. MOLEVNS in Cheltenham 1841, STARR und GROVE 1845, J. W. DRAPER 1847, DE CHANGY 1858, endlich EDISON 1880. Gleichwohl gelangte erstmalig zu praktischer Bedeutung eine Lampe mit Glühfaden aus dem sonst wenig benutzten Osmium, und zwar durch AUER v. WELSBACH (s. ds. Zeitschr. **15**, 181–184, 1902). Auch das verwandte Iridium war 1849 von PETRIE versucht worden. Die Er-

folge der Osmiumlampe verursachten nun weiteres eifriges Suchen nach anderen, ähnliche Erfolge versprechenden Materialien; zunächst war es die Tantallampe von SIEMENS & HALSKE (ds. Zeitschr. **18**, 112 und 173–176, 1905), welche neben jener Bedeutung gewann. Der Preis der Tantallampen ist neuerdings auf die Hälfte des ursprünglichen herabgesetzt worden. Leider hat die Tantallampe Mängel; ihr Glühfaden wird im Betriebe zerbrechlich, ja für Wechselstrom darf man sie eigentlich gar nicht benutzen, auch ihr spezifischer Energieverbrauch ist etwas höher als der der Osmiumlampe. Gleichzeitig waren aber auch zahlreiche andere Metalle seitens SIEMENS & HALSKE einer genauen Prüfung in dieser Hinsicht unterzogen worden, und die Genannten haben sich auf Grund dessen auch die Herstellung und Verwendung von Fäden, z. B. aus Zirkon, Thor, Yttrium u. a. m., schützen lassen.

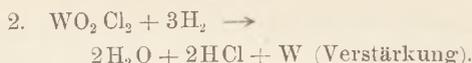
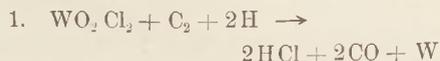
Die Verwendung des Zirkons ist auch auf sozusagen indirektem Wege gelungen. Das durch Reduktion mittelst Magnesium erhaltene und gereinigte Zirkon wird mit einem organischen Bindemittel zu einer Paste angerührt, hieraus Fäden gepreßt, diese getrocknet, in die Birnen eingeschmolzen und in einem neutralen Gase, etwa durch Hochspannung, zum Glühen gebracht; dabei verwandelt sich die Masse des Fadens in gut metallisch leitendes Zirkoncarbide, welches nach WEDDING ~ 2 Watt/ HK verbraucht. Außer-

<sup>1)</sup> Chemisches Praktikum. II. Teil. Ausgewählte Kapitel aus der organischen und Nahrungsmittelchemie. Von Julius Schmidt, städtischem Rektor und Chemiker zu Berlin. Mit 47 Fig. Breslau, F. Hirt, 1907. 138 S. Kart. M 2,—.

dem fertigt die im Besitze der bezüglichen Patente befindliche Firma Dr. HOLLEFREUND & Co.-Berlin noch sog. Zirkon Kohle-Lampen, bei denen ein gewöhnlicher Kohlefaden statt mit Graphit durch Glühen in einer Atmosphäre flüchtiger Zirkonverbindungen mit einem Zirkonüberzug versehen wird, ferner sog. verbesserte Zirkonlampen mit Karbidfäden, die Zusätze anderer Metalle enthalten und daher höhere Beanspruchung zulassen, womit ein spezifischer Verbrauch von 1 Watt/HK, ja in besonders günstigen Fällen nach Angaben von BOJE sogar nur 0,3 Watt/HK erreicht wurde.

Eine direkte Konkurrenz für die teure Osmiumlampe, die ihrer bei normalen Fadenlängen niederen Spannung und ihres geringen spezifischen Verbrauches wegen die Akkumulatorenlampe *κατ' ἐξοχήν* ist, bedeutet die Iridiumlampe von GÜLCHER-Berlin. Diese Verwendung des Ir hatte bereits PETRIE 1849, später EDISON 1878 vorgeschlagen. Das Wesentliche des GÜLCHERSCHEN Verfahrens (D.R.P. 145 456 und 145 457) ist folgendes: fein verteiltes Ir (Iridiummohr) wird mit einem durch Erhitzen in Luft völlig zu beseitigenden Bindemittel zu einer Paste angerührt, daraus Fäden gepreßt, diese getrocknet, dann zwecks Reduktion noch vorhandener Oxyde in Wasserstoff erhitzt und schließlich in Luft zu hellster Weißglut gebracht. Der spezifische Verbrauch beträgt  $\sim 1 \div 1,5$  Watt/HK.

Von wesentlich größerer Bedeutung als die zuletzt genannten war aber das Heranziehen einer ganz anderen Metallgruppe, nämlich der Chromgruppe, zu der auch W und Mo gehören. Diese sind entdeckt und näher untersucht 1783 und 1797 von KLAPROTH und den Brüdern ELJUHAR; eine Wolframglühlampe stellten bereits 1889 LODIGINE und TIBBITS her, jedoch ohne praktischen Erfolg. In neuerer Zeit hat man sich mit großem Erfolge dieses Gegenstandes bemächtigt, und es sind mehrere Verfahren zur Einführung gelangt. Zunächst ist das von Dr. A. JUST & F. HANAMAN-Wien (1903) zu nennen, das in der Hauptsache darauf beruht, daß ein Kohlefaden in Wolframoxychloriddämpfen mit wenig Wasserstoff elektrisch geglüht wird, wobei der Kohlefaden sich ähnlich wie bei der Erzeugung von Osmiumfäden nach Dr. BLAU allmählich in einen Faden aus reinem Metall verwandelt; die Reaktionen entsprechen etwa folgenden Gleichungen:



Bei wenig Oxychlorid, viel Wasserstoff und niedrigerer Temperatur bleibt die Reaktion des Kohlenstoffes völlig aus; bei Mo ist der Vorgang genau ebenso. Anfang 1905 ging auch JUST zum Pasteverfahren über, scheint aber trotzdem das Substitutionsverfahren immer noch in praxi vorzuziehen; die Fabrikation der JUST-Wolframlampen betreibt die Süddeutsche Glühfädenfabrik Lechhausen bei Augsburg. Die hier benutzte Anwesenheit von Kohlenstoff wird und wurde sonst meist störend empfunden; ein Verfahren, um ohne Zuhilfenahme organischer Bindemittel und trotzdem nicht wie bei W. v. BOLTONS Tantalfäden auf dem Wege des Ziehens rein metallische Fäden zu erhalten, ist das von H. KUŽEL-Wien 1904, verwendet von J. PINTSCH-Berlin und KREMENECKY-Wien. Dieses Verfahren beruht auf der Benutzung der schwer schmelzbaren Metalle — Cr, Mn, Mo, Ur, W, Zr, Pt, Os, Ir — in kolloidalem Zustande, wie man sie, z. B. Pt mittelst Lichtbogens zwischen Pt-Elektroden unter Wasser, in mehr oder weniger gelatinöser Form erhält. Diese sog. „Sole“ oder „Gele“ werden durch Verdampfenlassen des Lösungsmittels in eine Paste von der nötigen Konsistenz verwandelt, daraus die Fäden geformt, getrocknet, durch Hochspannung oder anderweite Erwärmung leitend gemacht und durch Erhitzen zur Weißglut metallisiert. Auch die Auer-Gesellschaft hat sich dieses Gegenstandes angenommen und hatte dazu nur nötig, Abänderungen ihrer für die Herstellung von Osmiumfäden benutzten Verfahren auszuarbeiten, so z. B., um ebenfalls organische Bindemittel auszuschließen, die Herstellung einer Paste aus den Trioxyden oder Säurehydraten der betreffenden Metalle mit überschüssiger Ammoniakflüssigkeit; derartige (Wolfram-)Lampen der Wiener Fabrik sind die Osminlampen, der Berliner Fabrik die Osramlampen. Ähnlicher Art sind die Metallfadenlampen der Allgem. El.-Ges. Berlin und der Bergmann El.-Werke Berlin. Alle diese Lampen haben einen spezifischen Verbrauch von  $\sim 1$  Watt/HK. Alle Metallfadenlampen, mit Ausnahme der Tantallampen, vertrugen bisher nur den Gebrauch in hängender Stellung, weil anderen Falles die langen Drahtschleifen an das Glas sich anlegend dieses sprengten. Trotz des Zusammenbaues mehrerer solcher, z. B. 4 Bügel, in der Osramlampe zwecks Erhöhung der Lampenspannung ist es neuerdings der Auer-

Gesellschaft gelungen, durch Anordnung eines zentralen Bügelhalters auch aufrecht wie in schräger Stellung verwendbare Lampen herzustellen.  
*Biegou v. Czudnochowski.*

**Über Momentan-Zündschnüre.** Von FILIPP HESS. Aus der Sprengtechnik ist wohl allgemein bekannt, daß die gleichzeitige Zündung in einer ganzen Anzahl von Bohrlöchern viel wirksamer ist, als wenn mit einzelnen Sprengschüssen gearbeitet wird. Das gleiche Sprengergebnis kann mit einer geringeren Zahl von Schüssen, also weiter voneinander entfernten Bohrlöchern, erreicht werden. In der militärischen Sprengtechnik besonders ist für diese gleichzeitige Zündung auch die Verwendung nichtelektrischer Hilfsmittel wünschenswert, die unter der Leitung des Verfassers eine bemerkenswerte Verbesserung erfahren haben und in den „*Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie- und Geniewesens*“, Wien 1907, Heft 2 beschrieben wurden<sup>1)</sup>. Die seit 1887 in Gebrauch befindliche detonierende (Knallquecksilber-) Zündschnur bedarf wegen der großen Gefährlichkeit der „Knallpräparate“ einer sehr behutsamen Behandlung. Über die nach den HESSschen Vorschlägen ausgeführten Versuche, die leichte Entzündlichkeit dieser Zündschnur ohne Beeinträchtigung ihrer Wirksamkeit abzuschwächen, wurde bereits 1903 auf dem allgemeinen Bergmannstage in Wien berichtet. Es war gefunden worden, daß ähnlich wie bei der Schießbaumwolle (nach Abel und Brown), eine Tränkung mit Wasser auch die Gefährlichkeit der Knallpräparate in brauchbarer Weise herabsetzte. Detonierende Zündschnur mit „wassergetränkter Fulminatseele“ verhielt sich nach Anfangszündung (Initiierung) durch eine (trockene) Sprengkapsel wie trockene Zündschnur, zeigte sich aber mechanischen Einflüssen gegenüber unempfindlich. In Rücksicht auf das Gefrieren des Wassers bei Winterkälte wurde statt dessen Glycerinlösung verwendet. Mängel traten hierbei aber einmal durch die allmähliche Fortführung des Glycerins bei Lagerung der Zündschnüre

<sup>1)</sup> Der Name des Verfassers ist den Physik-  
lehrern bekannt, weil durch ihn (1875) das Kupfer-  
quecksilberjodid zur Sichtbarmachung der beson-  
ders in Pulverfabriken gefährlichen Erwärmungen  
auf über 70° verwendet wurde. Anstriche auf physik-  
alischen Apparaten mit dem farben-thermoskopischen  
Stoffe wurden später von Weinhold (1886)  
und anderen zur Demonstration der Diathermansie  
und der Absorption an geschwärztem Stanniol be-  
nutzt (Weinhold, *Demonstrationen*, 4. Aufl., S. 556).

in strömendem Wasser hervor, ferner durch Ausschwitzen der Flüssigkeit, was nur durch sehr kostspielige Hüllen zu vermeiden war.

Die schließlich zur Einführung gelangte Knallzündschnur (seit 1906) enthält das Knallquecksilber „phlegmatisiert“ durch 20% Hartparaffin, das die interessante Wirkung auf den Sprengstoff ausübt, ihn im hohen Grade unempfindlich gegen mechanische Einflüsse zu machen, und das der Zündschnur eine ausgedehnte Verwendbarkeit und Dauerhaftigkeit erteilt. Diese kann ohne Gefahr geschnitten, gehämmert, zwischen Unterlagen verschiedenster Art gequetscht, ja selbst mit einer Flamme entzündet werden. Im letzteren Falle brennt sie langsam, ähnlich einer Kerze und nur mit kleinen lokalen Explosionen ab. Über Holz oder in Bündeln aufgehängt, konnte die Zündschnur wiederholt aus 50 m Entfernung mit dem Infanteriegewehr ohne Zündung beschossen werden. Über Eisenhinterlage trat aber Explosion ein, ebenso, wenn die Schnur mit Eisennägeln auf Holz befestigt war und nun ein kritischer Treffer sie etwa gegen den Nagel klemmte. Mehr oder weniger explosivere Reaktion beim Erhitzen erfolgte nur, wenn durch langes Anwärmen das Paraffin Zeit gehabt hatte auszuschwitzen.

Die wirksame Zündung der Schnur am freien Ende erfolgt durch eine 2 g-Sprengkapsel. Bei solcher Einleitung der Umsetzung pflanzt sich die Explosion mit einer 5–6000 m betragenden Geschwindigkeit bis in die Sprengladung hinein fort, d. h. etwas schneller, als bei der früheren detonierenden (nicht phlegmatisierten) Zündschnur. Zweige, Verlängerungen und Knoten für die gleichzeitige Entzündung einer Gruppe von Minen können leicht und verlässlich zur fast unbeschränkten Anwendung gebracht werden.

Von Vorteil ist ferner, daß die Sprengladung durch das darin auslaufende Zündschnurende direkt entzündet werden kann, während die gewaltige Auslösung sonst durch eine besondere Sprengkapsel vermittelt wurde, die in dem brisanten Sprengstoff einzulagern war. Schließlich hebt der Verfasser das theoretische Interesse hervor, das die neue Zündschnur besitzt, da in ihr Knallquecksilber, einer der brisantesten praktisch noch verwendbaren Explosivstoffe, durch Beimengung vollkommen träger Substanzen in seinem sicherheitlichen und Explosionsverhalten praktisch fast unbeschränkt verändert werden kann, ohne daß hierbei die Auslösbarkeit seiner vollen Energie im günstigsten Sinne irgendwie verloren geht.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Vorlesungen über Elektrodynamik und Theorie des Magnetismus.** Von H. von Helmholtz. (Vorl. über theoret. Physik, Bd. IV.) Herausgegeben von O. Krigar-Menzel und M. Laue. Mit 30 Figuren. 406 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1907. M 16,—; geb. M 17,50.

Für diesen Band, der recht lange nach den übrigen fünf Bänden erscheint, lag kein offizielles Stenogramm vor, sondern nur das Notizbuch und vorhandene Nachschriften aus dem Winter 1888/89. Der Band umfaßt: I. Elektrostatik, II. Magnetisierte Körper und Dielektrika; Stationäre elektrische Ströme, III. Elektromagnetische Wechselwirkungen. Für die elektrischen Schwingungen ist nicht die von Helmholtz entwickelte elektrodynamische Theorie, sondern die Maxwellsche zugrunde gelegt. P.

**Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie.** Zehnte umgearb. und verm. Auflage; herausgegeben von Leop. Pfaundler. II. Band, 1. Abteilung: Die Lehre von der strahlenden Energie (Optik). Von Otto Lummer. XXII u. 880 S. M 15,—. III. Band: Wärmelehre, Chemische Physik, Thermodynamik und Meteorologie. Von Leop. Pfaundler, K. Drucker, A. Waßmuth und J. Hahn. XIV und 923 S. M 16,—.

Der II. Band ist gegen die vorige Auflage beträchtlich verändert und nunmehr durchweg von demselben Verfasser einheitlich bearbeitet. Weniger ausführlich als zuvor ist die Abbildungslehre behandelt, in der namentlich die Berechnung von Objektiven und die Theorie der photographischen Optik erhebliche Kürzungen erfahren. Völlig umgestaltet und bedeutend erweitert ist das Kapitel über Spektralanalyse, wobei auch die neueren Strahlungsgesetze sowie die Gesetzmäßigkeiten der Spektren von Dämpfen und Gasen ausführliche Darstellung fanden. Neu aufgenommen sind auch die neuesten Forschungen aus der Lehre vom Sehen (Funktion der Netzhautelemente, Grauglut, partielle Farbenblindheit usw.), die neuesten Konstruktionen der Firma Zeiß, die Lehre vom Strahlungsdruck, die Interferenzspektroskopie u. a. m. Mehrfach sind Änderungen in der Reihenfolge der Gegenstände nötig geworden, so sind die Lehre von der Abbildung im Sinne der Wellenlehre und das Huygens-Fresnelsche Prinzip sowie auch der Bau des Auges ziemlich weit nach vorn gerückt, da hiervon in der Theorie der optischen In-

strumente Gebrauch zu machen ist. Die Vorzüge des Werkes bedürfen im übrigen keiner Hervorhebung mehr; unter allen neueren Werken über Optik nimmt es zweifellos die erste Stelle ein. Der Schluß des Bandes wird die noch fehlenden Kapitel über Glas- und Metallreflexion, Polarimetrie und Kristalloptik enthalten. — Auch der III. Band ist ganz wesentlich gegen die vorige Auflage verändert. K. Drucker hat die Kapitel: Chemisch-physikalische Statik, Anwendung der Aggregatzustände und Thermochemie übernommen; A. Waßmuth Wärme und Arbeit, Wärmeleitung und kinetische Wärmetheorie; J. Hahn hat die Meteorologie völlig neu bearbeitet. Auf diese Weise ist ein durchaus modernes und gediegenes Werk entstanden. Die Reihenfolge der Abschnitte ist auch hier verändert, so das Kapitel über Kalorimetrie jetzt gleich hinter die Thermometrie gestellt. Weggeblieben ist das Kapitel Wärmestrahlung, wofür in dem Bande über strahlende Energie anscheinend kein voller Ersatz geschaffen ist. Unter chemisch-physikalischer Statik ist hauptsächlich das früher als Molekularphysik bezeichnete Gebiet begriffen. In den thermodynamischen Abschnitten sind seltsamerweise Differentiale und Integrale vermieden, obwohl sich ihre Umschreibung begreiflicher Weise mehrfach nötig macht; es wäre besser gewesen, die Fiktion fallen zu lassen, als ob es sich hier um elementare Darstellungen handle. Wer diese Bände studiert, ist sicher auch mit den Elementen der Infinitesimalrechnung vertraut oder muß sich damit vertraut machen. P.

**Lehrbuch der Experimentalphysik.** Von Adolph Wüllner. I. Band: Allgemeine Physik und Akustik. 6. Auflage, bearbeitet von A. Wüllner und A. Hagenbach. Mit 333 Abbild. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. XIV und 1058 S. M 16,—.

Das bewährte Werk hat schon längst mit der Tradition gebrochen, die theoretischen Abschnitte rein elementar mathematisch behandeln zu wollen, und dies hat seiner Verbreitung augenscheinlich keinen Abbruch getan. Zweckmäßigerweise ist ein Abschnitt über einige Sätze aus der Differential- und Integralrechnung vorausgeschickt. Die neueren Arbeiten sind bis zum Jahre 1906 berücksichtigt; eine willkommene Neuerung ist es auch, daß den Zitaten von Einzelarbeiten jetzt stets die Jahreszahl hinzugefügt ist, so daß die historische Entwicklung klarer ersichtlich wird. P.

**Grundriß der Physik.** Von Prof. Dr. Ludwig Zehnder. Mit 355 Abbild. XXXII und 438 S. Tübingen, H. Laupp, 1907. M. 7,—; geb. M 8,—.

Das Buch ist ein Lehrbuch für reifere Studierende und stellt demgemäß etwas höhere Anforderungen an die mathematische Vorbildung; doch sind mathematische Entwicklungen zumeist in einen Anhang verweisen. Der Charakter des Buches ist vorwiegend systematisch und deduktiv; ein Beispiel für die deduktive Behandlung des Stoffes ist die Ableitung der Grundgleichung  $P = mg$  aus dem Gravitationsgesetz. Die technischen Anwendungen, namentlich Festigkeitslehre, Wärmemotoren, Elektrotechnik, sind hinsichtlich ihrer Grundlagen eingehender behandelt, als dies sonst in der Regel von Physikbüchern geschieht. Die Darstellung ist klar und überall auf das Wesentliche gerichtet, auch die neuesten Forschungen sind geschickt in den Zusammenhang des Ganzen hineingearbeitet. Das Buch kann allen, denen es auf eine Orientierung über den heutigen Stand der Physik ankommt, empfohlen werden.

P.

**Leitfaden der Physik** zum Gebrauch bei Experimentalvorlesungen, nach Frick, Physikalische Technik, 7. Auflage. Von Dr. O. Lehmann, Prof. an der Technischen Hochschule in Karlsruhe. Mit 81 Abbild. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1907. 320 S.

Dies in Taschenformat gefaßte Büchlein ist in erster Reihe für die Zuhörer des Verfassers bestimmt. Es soll als Hilfe beim selbständigen Ausarbeiten der Vorlesungen von seiten der Zuhörer dienen. Ob nicht der Verfasser aber doch auf letzteres zu großes Gewicht legt, und ein zu geringes auf die Arbeiten im Laboratorium? Den Hörern wird das Buch doch vielleicht noch willkommener als Repetitorium sein, und in diesem Fall ist der sehr kleine Druck nicht unbedenklich. Das Buch hat einen sehr reichen Inhalt, namentlich auch an praktischen Berechnungsbeispielen; zugrunde gelegt ist als Krafterinheit die Dezimegadyne =  $10^5$  Dynen, worüber in einer anderen Schrift des Verfassers (vgl. ds. Zeitschr. 21, 64) Genaueres zu finden ist.

P.

**Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte.** Gesamtbericht, enthaltend die Vorverhandlungen auf den Versammlungen in Kassel und Breslau, sowie die seitens der Kommission den Versammlungen in Meran, Stuttgart und Dresden unterbreiteten Reformvorschläge. Im Auftrage

der Kommission herausgegeben von A. Gutzmer in Halle a. S. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1908. XII u. 322 S. Geb. in Leinwand M 7,—.

Die Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte hat ihre großartige Tätigkeit abgeschlossen, die nun von dem mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtsausschuß fortgeführt wird. In dem vorliegenden Werk stattet die Kommission den Gesamtbericht über die gewaltige Arbeit ab, die sie in den drei Jahren ihrer Tätigkeit geleistet hat. Kein Lehrer, der an der weiteren Entwicklung unseres mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts mitarbeiten will, kann den Gesamtbericht entbehren. Keine Bibliothek einer höheren Schule darf daher versäumen, das Buch anzuschaffen. Für die Bibliotheken der Seminare, die Kandidaten mit Lehrbefähigungen in Mathematik und Naturwissenschaften ausbilden, ist der Gesamtbericht ein unentbehrliches Werk. Es ist überflüssig, hier auf den Inhalt des Tätigkeitsberichts hinzuweisen, da er ja den Lesern dieser Zeitschrift bekannt ist. Vergleicht man den 322 Seiten starken Bericht der Kommission mit den nur 123 Seiten der *Discussion on the Teaching of Mathematics, British Association Meeting at Glasgow 1901*, so wird selbst Prof. John Perry zugeben, daß der deutsche Bericht, als Ganzes betrachtet, an Umfang und an Inhalt dem englischen überlegen ist. Man kann ihm aber nicht widersprechen, wenn er auf die inzwischen eingetretene Verbesserung des mathematischen Unterrichts in England hinweist und sagt, in dem Bändchen stehen nur unsere Reden, doch hier sind unsere Taten. Jeder patriotische Deutsche kann nur heiß wünschen, daß wir im Jahre 1914 in der Lage sind, mit dem gleichen berechtigten Stolz auf einen noch höheren Wirkungsgrad, auf ein noch besseres Verhältnis von Reden und Taten hinzuweisen.

H. Hahn.

**Physikalisches Praktikum.** II. Teil: Elektrische Messungen. Von Dr. GEORG W. BERNDT, Dozent und Vorstand des Physik. Labor. am Friedrichs-Polytechnikum Köthen und Privatdozent a. d. Universität Halle, und Dipl.-Ing. CARL BOLDT, Dozent und Vorstand des Elektrotechnischen Laboratoriums am Friedrichs-Polytechnikum Köthen. Mit 95 Figuren. Halle a. S., Carl Marhold, 1906. XIV u. 278 S.

Der erste Teil ist in dieser Zeitschr. 19, 320; 1906 angezeigt worden. Der zweite Teil

verdient das gleiche Lob, er läßt ebenso wie jener die großen Vorzüge der Dornschens Schule klar erkennen. Jedem Leiter von Schülerübungen werden die vollständig durchgeführten Beispiele sehr willkommen sein, nicht minder aber die Fehlerbestimmungen und Fehlerberechnungen. *H. H.-M.*

**Die Projektionsapparate, Laternbilder und Projektionsversuche** in ihren Verwendungen im Unterrichte. Von Dr. KARL HASSACK, k. k. Handelsakademie-Professor in Graz, und Dr. KARL ROSENBERG, k. k. Landesschulinspektor in Graz. Mit 308 Abbildungen. Wien und Leipzig, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1907. VIII u. 336 S. Preis geh. K 7,—; geb. K 8,50.

Der Projektionsapparat hat sich in den Schulen völlig eingebürgert. Die Projektionsucht, die ungezügelte Neigung, so viel wie nur irgend möglich zu projizieren, ist glücklich überstanden, und es herrscht jetzt die gesunde Gewohnheit, den Projektionsapparat nur da zu benutzen, wo man ihn nicht entbehren kann. Schlimm steht es aber auch heute noch mit der Anschaffung des zweckmäßigsten Projektionsapparates und mit seiner kunstgerechten Handhabung. Hier fehlte bis jetzt eine richtige Anleitung, von Schulmännern für Schulmänner geschrieben. Diese Lücke füllt das vorliegende Buch in hervorragender Weise aus. Jeder erfahrene Experimentator wird den Verfassern freudig zustimmen, wenn sie für elektrische Lampen mit Handregulierung eintreten, und wenn sie hervorheben, daß die kospiegeligen Epidiaskope und Megadiaskope für den Physiklehrer nur wenig Wert haben. Mit Recht fordern sie, daß sich die etwa vorhandene optische Bank vom Gehäuse leicht trennen läßt. Es genügt, nur diese wenigen Punkte aus dem so reichen Inhalt, der ganz auf der Höhe der Zeit steht, herauszuheben, um zu zeigen, daß hier Männer von großer Erfahrung und gesundem Urteil uns beraten, die sich durch die Anpreisungen geschäftsgewandter Händler nicht bestechen lassen. Das Werk behandelt nicht nur die Verwendung des Projektionsapparates im physikalischen und chemischen Unterricht (Dr. Böck), sondern auch seine Benutzung in den anderen Lehrfächer wie Religion, Geographie, Geschichte, Naturgeschichte und Technologie und widmet daher den Diapositiven einen trefflichen besonderen Abschnitt. Dadurch wird der Wert des Buches auch für den Physiklehrer, der ja in allen Projektionsfragen der natürliche Berater seiner Kollegen ist, erheblich gesteigert. Das Buch,

das aus der langjährigen Praxis hervorragender Schulmänner und Experimentatoren hervorgegangen ist, sollte in der Handbibliothek keines Physiklehrers fehlen; es wird ihm stets ein zuverlässiger Führer und Ratgeber sein.

*H. Hahn.*

**Experimentierkunde.** Anleitung zu physikalischen und chemischen Versuchen in Volks- und Bürgerschulen und Fortbildungsschulen. Von Konrad Kraus, Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Wien. Mit 503 Abbildungen. Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1906. VI u. 353 S.

Das Buch ist ein Ersatz für die Experimentierkunde von E. Netoliczka, doch keine Umarbeitung, sondern ein ganz neues Werk, das den heutigen Bedürfnissen des physikalischen Unterrichts an den österreichischen Volksschulen, Bürgerschulen und Fortbildungsschulen entspricht und den Lehrern in stand setzt, seinen Unterricht auf eine kräftige experimentelle Grundlage zu stützen. Der kenntnisreiche, erfahrene und gewandte Verfasser behandelt zunächst, um Wiederholungen derselben technische Handgriffe zu vermeiden, im allgemeinen die Lehrmittel und Hilfsmittel des physikalischen Unterrichts und schließt daran geschickte Anweisungen für die wichtigsten praktischen Arbeiten. In dem Hauptteil, der die Anleitungen zu den Schulversuchen enthält, werden dem Lehrer nicht nur Experimente mit zwar einfachen, doch zweckmäßigen Apparaten, sondern auch eine Fülle von Freihandversuchen geboten. Man erkennt dabei so recht die großen Verdienste, die sich die „*Periodischen Blätter*“, die jetzt in dem Akademischen Verlag zu Wien erscheinen, um den elementaren Physikunterricht erworben haben. Hier vor allem fand der Verfasser wertvolle Vorarbeiten, die leider nicht so bekannt sind, wie sie es verdienen; er hat sie mit Geschick ausgewählt, durch eigene hübsche Versuche ergänzt und so eine reichhaltige und praktische experimentelle Grundlage für den elementaren Unterricht geschaffen. Überall zeigt das Buch den erfahrenen Schulmann, der keine Arbeit gescheut hat, um seinen Kollegen die Ausübung ihres schweren Berufes zu erleichtern. Mehrere zweckmäßige Verzeichnisse am Ende des Buches erhöhen seine Brauchbarkeit bedeutend. *H. Hahn.*

**Lehrbuch der Experimentalphysik** für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. Wilhelm Donle, Prof. d. Physik an den kgl. bayr. Militärbildungsanstalten und Privatdozent an der Universität München. 4. verb. Auflage.

Mit 420 Abbild., 1 Spektraltafel und 560 Übungsaufgaben. Stuttgart, Fr. Greb, 1907. 385 S. Geb. M 3,60.

Eine frühere Auflage des Buches ist in dieser Zeitschrift (18, 58) anerkennend besprochen worden. Das Buch will dem Schüler in möglichst präziser und knapper Form alles das bieten, was er sich in erster Linie aus dem Unterricht zu merken hat. Dem entspricht der verhältnismäßig geringe Umfang des ziemlich weitläufig gedruckten Textes, in dem doch nichts Wesentliches fehlt. Hinzugefügt sind in dieser Auflage nur einige Ergänzungen, so zur Verflüssigung der Gase, zur Lehre vom elektrischen Strom (wo aber für die Grundlegung des Begriffs des Potentials noch größere Schärfe zu wünschen wäre), zum Huygensschen Prinzip u. a. m. Die Lehre von der Bewegung nebst den Grundlehren der Energetik steht den bayerischen Lehrplänen gemäß am Schluß des Buches. P.

**Physik für die Oberstufe** zum Gebrauch für die Oberklassen höherer Lehranstalten. Unter besonderer Berücksichtigung der norddeutschen Lehrpläne bearbeitet von Johann Kleiber und Hugo Scheffler. Zweite vollständig umgearbeitete Auflage mit mehr als 660 Figuren, zahlreichen durchgerechneten Musterbeispielen und Aufgaben mit Lösungen. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1907. 446 S. Gebunden M 4,60.

Der Umfang des Buches ist durch Ausscheidung des ausschließlich für die Unterstufe bestimmt gewesenen Stoffes gegen die vorige Auflage um 44 Seiten vermindert, obgleich gleichzeitig eine Reihe von Ergänzungen in der Mechanik, Akustik und Optik eingefügt sind. Von neuesten Erscheinungen sind drahtlose Telegraphie, sprechende Bogenlampe, Elektronentheorie und Kornsche Fernphotographie berücksichtigt — ohne Frage des Guten etwas viel für ein Buch von vorwiegend elementarem Charakter. Auch ist es nicht zu billigen, daß die schematisierende Vereinfachung so weit getrieben wird wie z. B. in der Figur für das „Prinzip der Fernphotographie“; man vergleiche dazu die Figur in ds. Zeitschr. 21, 58, und man wird erkennen, daß durch solche Elementarisierung, die keineswegs vereinzelt steht, sondern sozusagen einen Charakterzug des Buches bildet, ganz falsche Vorstellungen in den Schülern erweckt werden müssen. Die Anzahl der Figuren ist um mehr als 150 vermehrt, darunter neben zahlreichen schematischen Figuren auch Gesamt-

ansichten, wie die eines mit Registrierapparaten ausgerüsteten Luftballons. Einen Vorzug des Buches bildet ferner die große Zahl von Aufgaben und Musterbeispielen. Die Übelstände, die in der vorigen Auflage infolge der Zerreißen der Mechanik auftraten, sind nunmehr durch eine einheitlichere Bearbeitung des ganzen Abschnittes beseitigt. Doch sind damit nicht alle Bedenken, die in einer früheren Besprechung (ds. Zeitschr. 18, 364) vorgebracht wurden, gehoben, und es ist befreiflich, daß das Buch da, wo man es mit der Bildungsaufgabe des Physikunterrichts ernst nimmt, keinen uneingeschränkten Beifall findet. P.

**Neuere elektrophysikalische Erscheinungen.** Von Ernst Ruhmer. Zweite Aufl., I. Teil. Berlin, F. & M. Harrwitz, 1907. VIII u. 213 S., 215 Abb. Geh. M 4,—.

Der hier vorliegende erste Teil der neuen Auflage des schon bei seinem ersten Erscheinen in dieser Zeitschrift besprochenen Buches ist allein schon umfangreicher als früher das Ganze; der Verf. behandelt darin: Schnelltelegraphen, Mehrfachtelegraphen, Kabeltelegraphen, Ferndrucker, Telautographen, Kopiertelegraphen und Telephone. Diesem Inhalt erscheint der Titel nicht angepaßt, vielmehr würde Ref. „Neuere Anwendungen elektrophysikalischer Erscheinungen“ für richtiger halten. Der Inhalt ist sehr reichhaltig und die Darstellung klar und verständlich, nur vermißt man leider eine übersichtliche Einteilung des Textes. Die Auswahl der Figuren ist gut, man findet nicht nur Außenansichten der besprochenen Apparate, sondern wird auch über deren innere Einrichtung belehrt. Eine solche Sammlung von Beschreibungen sonst meist nur in Fachzeitschriften so ausführlich besprochener interessanter Apparate dürfte namentlich auch für die Leser dieser Zeitschrift von Interesse sein.

*W. Biegon von Czudnochowski.*

**Lehrbuch der Elektrotechnik.** Mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Anlagen auf Schiffen. Von Dr. Johs. J. C. Müller, Oberlehrer am Technikum der freien Hansestadt Bremen. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1907. XI und 442 S., 425 Abb. im Text und auf 1 Tafel. Geh. M 6,40; geb. M 7,—.

Der Verf. behandelt in diesem Buche die gesamte Elektrotechnik, nur einiges aus der Schwachstromtechnik fehlt, das wie die Tele-

graphie doch wenigstens eine kurze Erwähnung verdiente. Über die Zweckmäßigkeit des gewählten Lehrganges kann man abweichender Meinung sein; wenn man schon die elektrisch-physikalischen Grundgesetze wiederholen zu müssen glaubt, so erscheint dafür doch die vom Verf. gewählte Reihenfolge etwas ungewöhnlich. Er beginnt mit dem Strom eines Elementes, § 3 folgt Elektrolytische Leitung und Elektrolyse, § 4 Wärmewirkung des Stromes, § 5 das Ohmsche Gesetz, § 6 Arbeit und Leistung, § 7 Stromverzweigung usw. und erst in § 10 Spannungsgefälle; auch im einzelnen werden öfters noch nicht erläuterte Begriffe vorweggenommen. Versehenlich ist 1 cm als der zehnmillionte Teil eines Erdquadranten (richtiger Erdmeridianquadranten) definiert. Vielfach findet man „Spannungsdifferenz“ anstatt „Potentialdifferenz“. Im Kapitel „Elektrische Lampen“ sind § 106 die Quecksilberdampflampen unter Glühlampen (?) aufgeführt, trotzdem S. 389 von ihrem Lichtbogen gesprochen ist. Daß die Hauptstromlampen sehr wenig gebräuchlich sind (S. 393), trifft nicht zu, vgl. die sog. Dauerbrand- und die Kleinbogenlampen sowie die Becklampe. In § 110 fehlen genauere Angaben über die günstige Ökonomie der Flammenbogenlampen, auch wäre hier wegen der jetzigen weiten Verbreitung des Systems die Abbildung einer Lampe mit gegeneinander geneigten Kohlen am Platze gewesen. Zu § 111: Lampen mit eingeschlossenem Bogen sind nur eine besondere Art von Dauerbrandlampen, zu denen auch solche mit sehr langen, mit rotierenden Kohlen besonderer Form u. a. m. zu rechnen sind. In den eigentlich technischen Teilen ist die Darstellung recht geschickt und das behandelte Material sehr reichhaltig, nur vermißt man außer dem eingangs genannten die Wechselstromkommutatormotoren; die speziell schiffbautechnische Seite des Gegenstandes tritt nur in verhältnismäßig geringem Grade hervor. An einzelnen Stellen, am Ende der Hauptabschnitte, sind auch Literaturnachweise gegeben, in denen jedoch ebenfalls manches vermißt wird, so z. B. S. 437 Roedder, Elektrotechnische Einrichtungen moderner Schiffe (Wiesbaden 1903). Kann Ref. auch im einzelnen nicht immer mit dem Verf. einverstanden sein, so ist doch die Abfassung eines leichtverständlichen, kurzen und dabei ziemlich vollständigen Lehrbuches der Elektrotechnik in Anbetracht der hohen Bedeutung der letzteren ein verdienstliches Werk.

B. v. Cz.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. 7. Auflage.

Unter Mitwirkung namhafter Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von Dr. K. Streeker. Berlin, J. Springer, 1907. XII und 966 und 57 S., 675 Abb. im Text. Geb. M 14,—.

Die Zahl der Mitarbeiter an diesem altbekannten wertvollen Buche ist jetzt auf 24 gestiegen, und infolge dieser wenn auch notwendigen Arbeitsteilung ist es dem Herausgeber nicht durchweg möglich gewesen, die Einzelbeiträge vollkommen miteinander in Einklang zu bringen; dies tritt namentlich in den speziellen Abschnitten hervor. Besonders erwünscht wäre bei weiteren Auflagen die Zusammenstellung benutzter oder dem Leser zu empfehlender Literatur nach einheitlichem Schema entweder am Anfang oder am Schlusse des betreffenden Kapitels. Was die Abbildungen anbelangt, so sind viele von solchen der Maschinen, z. B. § 418, von gar zu kleinem Format: eine Motortotalansicht im Format  $12 \times 15$  mm. Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt. Parabolspiegel sind trotz ihrer Wichtigkeit nicht erwähnt. Bei den Glühlampen sind Osram-, Wolfram- und Zirkonlampen nicht angeführt. Zu dem Abschnitte über die Bogenlampen ist zu bemerken, daß (S. 620) die Bezeichnung „Dauerbrandlampen“ inkorrekt gebraucht ist, insofern als es außer dem Einschließen des Bogens noch mehrere andere auch mit Erfolg benutzte Wege zur Herstellung von Dauerbrandlampen gibt; ferner daß Hauptstromlampen sehr wohl auch in Parallelschaltung brennen, und man auch heute noch Hauptstromlampen vielfach verwendet; die Übersicht über die Konstruktionsprinzipien der Regelwerke (§ 751) ist nicht ganz klar, zu der dort angegebenen Literatur ist zu bemerken, daß wohl die vollständigste Zusammenstellung und kritische Sichtung ausgeführter Bogenlampenkonstruktionen vom Ref. gegeben ist („Das elektrische Bogenlicht usw.“, Leipzig, Hirzel, 1904 + 1906). § 1081 enthält einen Widerspruch bezüglich der Verwendbarkeit des Hammerunterbrechers für Induktoren, ferner fehlen bei dem am Schlusse gegebenen Zahlenbeispiel eines Resonanzinduktors sämtliche Angaben über die Primärwicklung. In dem Abschnitt über Fernmelder ist zwar der doch wohl noch recht problematische Fernseher von Pollak & Viray beschriebene, dagegen ist der bereits in Verwendung stehende Kornsche Fernphotograph nicht erwähnt. Auch in der vorliegenden Form aber wird das bewährte Buch ein vielseitig verwendbarer, schätzenswerter Ratgeber sein. *Biegion von Czudnochowski.*

**Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik.** Von Dr. Adolf Thomälen. 3. verbesserte Auflage. Berlin, J. Springer, 1907. VIII und 525 S., 338 Abb. i. Text. Geb. M 12,—.

Bezüglich der vorliegenden, die neueren Fortschritte berücksichtigenden Auflage gilt durchaus, was früher ausführlich über die erste Auflage (diese Zeitschr. 16, 371; 1903) gesagt ist. Es ist kein Lehrbuch der Elektrotechnik im eigentlichen Sinne, nicht einmal der gesamten Starkstromtechnik, da z. B. Apparate zur elektrischen Beleuchtung gänzlich fehlen. Was der Verfasser aber bringt, wird in guter Form geboten, und der Brauchbarkeit des Buches entspricht ja auch das Erscheinen bereits der dritten Auflage. Die früher geäußerten Bedenken des Referenten, namentlich betreffend die Vielzahl der Typen bei den Formelzeichen, sind indes noch nicht behoben.

*B. v. Cz.*

**Das praktische Jahr des Maschinenbauvolontärs.**

Ein Leitfaden für den Beginn der Ausbildung zum Ingenieur. Von Dipl.-Ing. F. zur Nedden. Berlin, J. Springer, 1907. IX u. 234 S., 4 Abb. im Text u. 1 Tafel. Geh. M 4,—; geb. M 5,—.

Die Schrift will nicht nur ein Leitfaden während des praktischen Jahres sein, sondern ist auch vornehmlich geeignet, vorbereitend in das Wesen des Maschinenbaues einzuführen und könnte auch geradezu einen dementsprechenden Titel führen. In sehr geschickter Form werden der Fabrikbetrieb und die dabei maßgebenden Gesichtspunkte, dann die Materialkunde, endlich die Fabrikation im einzelnen nebst den dabei verwendeten Werkzeugmaschinen behandelt, ein Anhang bringt dann noch eine Zusammenstellung der wichtigsten zurzeit geltenden Bestimmungen für die praktische Ausbildung. Dadurch, daß der Verf. darauf ausgegangen ist, eine leichtverständliche Darstellung alles dessen zu geben, was beim modernen Maschinenbau zu beachten ist, ist ein Buch entstanden, welches nach Ansicht des Ref. die Beachtung weit größerer Kreise verdient als derjenigen, für die es zunächst bestimmt ist. Vieles, was darin vorgetragen ist, paßt mutatis mutandis auch auf das den Lesern dieser Zeitschrift ja besonders naheliegende Gebiet der Feinmechanik und des Apparatebaues und findet dort oft noch viel zu wenig Beachtung.

*B. v. Cz.*

**Radium (Radioaktivität, Ionen, Elektronen).** Gemeinverständliche Darstellung von Dr. Heinrich Greinacher. Leipzig, Veit & Co., 1907. 60 S. Geh. M 1,—.

**Radium und das Problem des Urstoffes, die Welten- und Zellenbildung** enthüllt durch die Radioaktivität. Von Herm. Scheffler. Dresden, H. Scheffler (Räcknitzstr. 16), 1907. 40 S. Geh. M 1,—.

In dem ersten Schriftchen sind drei in Zeitungen bezw. Zeitschriften ganz verschiedenen Charakters erschienene Aufsätze zusammengestellt; hieraus ergibt sich eine Unübersichtlichkeit und Ungleichmäßigkeit der Darstellung, die um so störender für den Leser ist, als im Gesamtaufbau der rote Faden inneren Zusammenhanges und folgerichtiger Aneinanderreihung der Einzelheiten fehlt. — In der zweiten Schrift wird eine recht geschickte kurze Darstellung über die allmähliche Entwicklung unserer Kenntnis der Radioaktivitätserscheinungen und die einschlägigen Forschungen gegeben und auf Grund dessen das Problem einer naturphilosophischen Erörterung unterzogen, die, von übermäßiger Phantasterei frei, nicht ohne Interesse ist. Das Ganze ist recht klar, flüssig und schwungvoll geschrieben, kleine Inkorrektheiten im Ausdruck an vereinzelt Stellen fallen nicht allzuschwer ins Gewicht. Das Heftchen sei der Beachtung bestens empfohlen.

*B. v. Cz.*

**Radioaktive Umwandlungen.** Von E. Rutherford, Professor der Physik an der McGill-Universität in Montreal. Übersetzt von M. Levin. Mit 53 eingedruckten Abbildungen. (Die Wissenschaft, Heft 21.) Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1907. VIII und 285 S. Geh. M 8,—.

Dies Buch ergänzt das vorausgegangene desselben Verfassers über die Radioaktivität (ds. Zeitschr. 20, S. 267).

Im März 1905 hat Rutherford an der Yale University eine Reihe von Vorlesungen gehalten, die hauptsächlich des Verf. eigenes Arbeitsgebiet, die radioaktiven Umwandlungen, zum Gegenstand hatten. In der vorliegenden Veröffentlichung sind indessen alle bis zum Beginn von 1907 erschienenen Arbeiten berücksichtigt. Dem Buch haftet noch in der Übersetzung etwas von der lebhaften Frische des Vortrages an. Meisterhaft in ihrer klaren Knappheit ist die historische Einleitung, die uns zeigt, wie in ca. 10 Jahren durch das Handinhandarbeiten von Physikern und Chemikern aller Länder unsere Kenntnisse von Materie und Strahlung erweitert und vertieft worden sind. Den kühnsten Schritt tat eben Rutherford in der Aufstellung der Umwandlungshypothese, die alle bisherigen Anschauungen von Elementen und Atomen um-

stieß, aber eine Fülle von Erscheinungen zusammenfaßte, die vorher nur verwirrten. Die Hypothese reicht noch jetzt aus, um alle seit ihrer Aufstellung gefundenen Tatsachen zu erklären, und dennoch — zum Lobe des Autors sei es besonders hervorgehoben — weiß Rutherford scharf zwischen Beobachtung und Spekulation, zwischen der Tatsache und ihrer vermutlichen Erklärung zu unterscheiden. — Jedes Wort der Empfehlung ist bei diesem Buche überflüssig.

*W. Roth-Greifswald.*

**Die radioaktiven Substanzen und die Theorie des Atomzerfalles.** Von Dr. Paul Gruner, Prof. tit. der Physik an der Universität Bern. Mit einer Tafel und drei Figuren. Bern, A. Francke, 1906. IV und 103 S. M 1,60.

Das kleine Werk, das aus Vorlesungen an der Berner Universität hervorgegangen ist, berücksichtigt die rapid anwachsende Literatur etwa bis Anfang 1906, bringt also die neuesten Bestätigungen von Rutherfords Zerfallstheorie noch nicht. Doch ist es eine ausgezeichnete Einführung in das Studium der radioaktiven Erscheinungen und empfiehlt sich durch sehr sorgfältige Literaturnachweise, ausführliche Zahlenangaben und durchsichtige Rechnungen. Etwas kurz sind die Angaben über die Meßmethoden. Bei so überraschenden Erscheinungen wie die hier behandelten wünscht ein kritischer Leser das Handwerkzeug und seine Benutzung möglichst genau kennen zu lernen!

*W. Roth-Greifswald.*

**Anleitung für das Praktikum in der Maßanalyse und den maßanalytischen Bestimmungen des Deutschen Arzneibuches IV.** Von Dr. R. Weiland, a. o. Professor an der Universität Tübingen. Zweite, neu bearbeitete Auflage. Mit 1 Abbildung. Tübingen, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), 1906. VI + 114 S. Gebunden (und durchschossen) M 3,—.

Wenn das Buch auch in erster Linie für die speziellen Zwecke des Apothekers zugeschnitten ist, so enthält es doch Vieles, was es für den allgemeinen Gebrauch empfehlenswert macht. Das für den Außenstehenden Schwierigste in der Maßanalyse, die Indikatorentheorie, behandelt der Verf. ohne Formelballast, gut und ausführlich, unter Hinweis auf einfache, anschauliche Versuche. An den offiziell vorgeschriebenen Untersuchungsmethoden werden Verbesserungen angebracht. Der Nichtapotheker erhält einen guten Überblick über die maß-

analytischen Untersuchungsmethoden der Alkaloide, Fette, Balsame und Öle, des Trinkwassers usw. Stets wird die Genauigkeit der Methoden diskutiert, häufig auf die Originalarbeiten verwiesen. Bei einigen wenigen Punkten hegt der Referent kleine Bedenken, z. B. bei der vorgeschlagenen Ausführung der Halogenbestimmung nach Volhard, wo man beim Zurücktitrieren keine scharfen Einstellungen erhält und auch nach dem Massenwirkungsgesetz nicht erhalten kann, wenn man nicht vom Halogensilber abfiltriert. Doch handelt es sich bei diesen Bedenken des Ref. um untergeordnete Dinge. Das sonst gute Buch wird auch manchem Leser dieser Zeitschrift nützlich sein können.

*W. Roth-Greifswald.*

**Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden.** Von Dr. F. P. Treadwell, Professor der analytischen Chemie am eidgenössischen Polytechnikum Zürich. I. Band. Qualitative Analyse. Mit 14 Abbildungen und einer Spektraltafel. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1907. XVI + 458 S. Geh. M 8,—.

Die dritte Auflage des „qualitativen Treadwell“ ist in dieser Zeitschrift (17, 377) kurz besprochen worden; nunmehr liegt schon die fünfte vor! Es genügt, darauf hinzuweisen, daß der allgemeine Teil, speziell der physikalisch-chemische, umgearbeitet und verbessert ist. Einige neue Reaktionen sind aufgenommen worden, die selteneren Elemente ein wenig ausführlicher behandelt. Sonst ist das treffliche Buch kaum verändert worden, so daß auf die früheren Besprechungen verwiesen werden kann. *W. Roth-Greifswald.*

**Prinzipien der Chemie.** Eine Einleitung in alle chemischen Lehrbücher. Von Wilhelm Ostwald. Leipzig, Akad. Verlagsgesellschaft, 1907. XIV u. 540 S. M 8,—; geb. M 8,80.

Das Buch ist eine von großen Gesichtspunkten aus durchgeführte Arbeit. Sein Inhalt gliedert sich in die 11 Kapitel: „1. Körper, Stoffe und Eigenschaften 2. Die Formarten“ — beiläufig: Das glückliche Ersatzwort „Formart“ statt des lästigen „Aggregatzustand“ verdient weit mehr als bisher auch in den Unterricht der Mittelschulen, den physikalischen nicht minder wie den chemischen, eingebürgert zu werden — „3. Gemenge, Lösungen und reine Stoffe 4. Umwandlungen der Formarten und Gleichgewichte 5. Lösungen 6. Elemente und Verbindungen 7. Das Gesetz der Verbindungsgewichte

8. Die kolligativen Eigenschaften 9. Reaktionsgeschwindigkeit und Gleichgewicht 10. Isomerie 11. Die Ionen.“ Der Zweck des Buches ist, „die tatsächlichen Grundlagen der chemischen Wissenschaft so frei wie möglich von nicht zur Sache gehörigen Zutaten in ihrer Bedeutung und in ihrem Zusammenhange darzustellen“. Dieser Zweck wird verfolgt mit der dem Verfasser eigenen Klarheit der Darstellung und durchdringenden Schärfe der Begriffsfassung sowie entsprechend der originalen Auffassung, die in ihren Hauptzügen in dieser Zeitschrift mehrfach gekennzeichnet wurde. Als besonders charakteristisch sei hervorgehoben die immer stärkere Abkehr von der Atom- und Molekularhypothese — von Atom und Molekül („Molekel“) ist nur ganz gelegentlich einmal in Fußnoten die Rede. Bei der Behandlung der „Allotropie“ (bzw. der Unterabteilung „das Gleichgewicht fest = fest“ S. 137) fällt auf, daß die genannte Erscheinung ausdrücklich auf die feste Formart beschränkt wird; es heißt dort: „Ein jeder Stoff kann grundsätzlich eine gasige, eine flüssige und mehrere feste Formarten haben.“ Es ist hier also das Ozon, von dem auch sonst im Buche nicht die Rede zu sein scheint, übergangen. Es liegt hier ein gewisser Widerspruch mit der in den „Grundlinien“ desselben Verfassers enthaltenen Darlegung der bezüglichen Verhältnisse vor. Die in dem Buche ausschließlich behandelten „Allgemeinheiten“ bilden, um des Verfassers Worte zu gebrauchen, „den Grundbaß der chemischen Symphonie, deren einzelne Stimmen“ der Lehrer der Experimentalchemie „nach Bedürfnis und Neigung gestalten mag“. Ihre Bedeutung für den chemischen Unterricht der Mittelschule braucht an dieser Stelle nicht besonders hervorgehoben zu werden, so daß auch nach dieser Richtung hin das Buch die größte Beachtung verdient. — Bezüglich des Umfanges des Buches glauben wir den Lesern die typographische Angabe schuldig zu sein, daß die einzelne Druckseite von ungewöhnlich geringem Satzinhalt ist — sie enthält etwa noch nicht ein Drittel soviel wie eine Seite der „Grundlinien“; den größeren Druck wird man gewiß willkommen heißen, das für wissenschaftliche Werke ungewöhnlich kleine Format und die dadurch bedingte große Seitenzahl erschwert aber die Übersichtlichkeit des Ganzen. Doch das sind Äußerlichkeiten des vorzüglichen Buches, die sich zudem leicht in einer zweiten Ausgabe abstellen oder mildern ließen.

*O. Ohmann.*

**Grundzüge der Elektrochemie.** Von Dr. Robert Lüpke. Fünfte, neu bearbeitete Auflage von Prof. Dr. E. Bose, Dozent an der Technischen Hochschule in Danzig. Mit 80 Textfiguren und 24 Tabellen. Berlin, J. Springer, 1907. XII u. 271 S. Geb. M 6,—.

In der Neubearbeitung des bewährten Buches sind die vielfachen Fortschritte, die seit dem Erscheinen der dritten Ausgabe auf dem Gebiete der Elektrochemie gemacht worden sind, gewissenhaft berücksichtigt. Verschiedene Abschnitte sind einer nicht unerheblichen Umarbeitung unterzogen worden. Im übrigen ist der Charakter des Buches gewahrt geblieben; es soll auch in der neuen Ausgabe „eine Einführung sein, die nur die wichtigsten Grundlagen dieser Spezialwissenschaft vermittelt“. Der Hauptwert des Buches besteht darin, daß alle Ausführungen, soweit tunlich, auf das Experiment gegründet sind. Wegen der angestrebten Einfachheit der Versuchsanordnungen kann vieles auch im Unterricht Verwendung finden. Es sei daher von neuem angelegentlich auf das Werk hingewiesen.

*O.*

**Die Naturwissenschaften im Haushalt.** Von Dr. J. Bongardt. (Aus Natur und Geisteswelt, Bändch. 125 u. 126.) Mit 31 bzw. 17 Abb. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. 122 u. 137 S. Je M 1,25.

Beide Bändchen wenden sich hauptsächlich an die werdende Hausfrau, sie bieten für alle Vorkommnisse des häuslichen Lebens wertvolle Anregungen und Ratschläge. Den Inhalt von Band I kennzeichnet die Frage: „Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie?“; hier werden, vielfach auf Grund angeführter Versuche, die Luft, Bakterien, ansteckende Krankheiten, ferner die Hygiene der Kleidung und der Wohnung, Arbeit und Schlaf in leicht verständlicher Form behandelt. Der gesperrt gedruckte Satz bei den „Fermenten“ (S. 23): „Ihre Wirkung besteht gewöhnlich darin, daß sie größere Moleküle in kleinere spalten“ könnte inhaltlich lieber anders gefaßt werden. — In Band II: „Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung?“ werden Ernährung und Nahrungsmittel erst von allgemeineren Gesichtspunkten aus, dann in einzelnen eingehend erörtert, wobei viele nützliche Fingerzeige gegeben werden. Auch die Ausführungen über den Alkohol sind sehr anerkennenswert. Beide Bändchen verdienen allgemeineres Interesse und sind besonders Schülerinnen der oberen Klassen sowie Seminaristinnen warm zu empfehlen.

*O.*

Lehrbuch der Geologie und Mineralogie für h. Schulen. Von Dr. Paul Wagner, Oberl. in Dresden. Mit 222 Abbild. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1907. VIII u. 178 S. Geb. M 2,40.

Wir haben es im vorliegenden Buch mit einer durchaus eigenartigen Arbeit zu tun. Man sucht vergeblich nach dem üblichen „System der Mineralien“ oder nur nach einem besonderen Abschnitt, der das spezifisch Mineralogische zusammenfaßt. Nichtsdestoweniger kommen die Mineralien im ganzen doch zu ihrem Recht, der Mangel an Vollständigkeit wird zum guten Teil ausgeglichen durch die Behandlungsweise: die Mineralien werden nicht als einfach gegebene Körper, sondern zumeist ihrer Entstehung nach betrachtet, was beispielsweise beim Kalkstein vorzüglich durchgeführt ist. Manches, z. B. auch die Fragen und kleinen Aufgaben, die das eigene Beobachten des Schülers wecken wollen, erinnert an die Stoffbehandlung in der trefflichen „Vorschule der Geologie“ von J. Walther, ohne daß hiermit der Vorwurf einer direkten Anlehnung auch nur angedeutet werden soll. Im ganzen wird ein treffliches, abgerundetes Bild von der Entstehungsgeschichte unserer Erde bis zur jetzigen Oberflächengestaltung gegeben. Die Abbildungen sind fast durchgängig gut, z. T. vorzüglich, wengleich die Vorteile farbiger Darstellung nicht wahrgenommen sind; von Figur 164, die Kohlenflöze Mitteleuropas, wäre eine Umzeichnung erwünscht, so daß auch die Schrift wieder mit bloßem Auge zu erkennen ist. Lobend zu erwähnen ist auch die Behandlung der Hypothesen, z. B. über das Erdinnere, indem stets das Für und Wider gewissenhaft aufgeführt wird; und die Art, mit der schließlich

die Lehre von der Entwicklung in der Welt des Organischen eingeführt wird, entbehrt nicht einer gewissen Kühnheit. Das Buch sei der allgemeinen Beachtung warm empfohlen. (.)

**Grundlinien der Chemie für Oberrealschulen.**

Von J. Rippel. II. Teil: Organische Chemie. Wien, F. Deuticke, 1907. 199 S. Geb. M. 2,80.

Ebenso wie der erste, die anorganische Chemie enthaltende Teil (ds. Zeitschr. 19, 383), gibt auch die vorliegende „Organische Chemie“ einen systematisch geordneten, reichhaltigen — für den Zweck vielleicht zu reichhaltigen — Stoff; die Angaben sind zuverlässig und den neuesten Forschungen entsprechend. Dankenswert sind die eingestreuten biographischen Notizen, ebenso die Angaben über leicht anzustellende Versuche; dagegen vermißt man gerade in einer organischen Chemie ungern jedes Eingehen auf die Gesetze des osmotischen Drucks. A. Krause.

**Anleitung zur Mikroskopie und Mikrophotographie für Anfänger.** Von Ing. Fr. Welleba. Mit 70 Illustr. u. 7 Tab. Wien, Pichler, 1907. 78 S.

Das Buch gibt eine kurzgefaßte Beschreibung des Mikroskopes und seiner Nebengeräte und geht dann zu dem Arbeiten mit dem Mikroskop und der Anfertigung von Präparaten über. Mit besonderer Sorgfalt ist die Mikrophotographie bearbeitet. Wengleich auf dem ganzen behandelten Gebiet die praktische Unterweisung immer die Hauptsache bilden wird, so kann das Büchlein doch in den Händen der Anfänger vielfach nützliche Dienste leisten. (.)

## Versammlungen und Vereine.

### Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

Vom 1. bis 12. Oktober 1907.

Der Kursus umfaßte folgende Vorträge: Prof. Dr. FICKER, Biologie von Bakterien unter besonderer Berücksichtigung der Krankheitserreger, 1½ St. (im hygienischen Institut). — Prof. Dr. KASSNER, Der Globus in der Meteorologie, nebst Demonstrationen über die Wärmeverhältnisse der Atmosphäre, 1½ St. (im meteorologischen Institut). — Geh. Rat Prof. Dr. CRANZ, Überblick über die experimentellen

Methoden der Ballistik, 1½ St. (in der militärtechnischen Akademie). — Dr. STAEHLER, Über Schnellelektrolyse, mit Demonstrationen, 1½ St. (im chemischen Institut der Universität). — Prof. Dr. JOSSE, Die neuen Wärmekraftmaschinen und ihre wirtschaftliche Bedeutung, mit praktischen Vorführungen, 1½ St. (in der technischen Hochschule). — Prof. Dr. POTONIÉ, Die organogenen brennbaren Gesteine, mit Demonstrationen, 1½ St. (in der Bergakademie). — Prof. Dr. MARTENS, Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1½ St. (in der Handelshochschule). — Prof. OHMANN, Ausge-

wählte Versuche zur Methodik des chemischen Unterrichts, insbesondere zum Lehrgang der chemischen Untersuchung der Luft und des Wassers, 3 St. (Dorotheenstädt. R.-G.). — Oberlehrer Dr. LAMPE, Überblick über die Entwicklung der deutschen Schutzgebiete, mit Lichtbildern, 2 St. (alte Urania). — Dr. DONATH, Elektrische Resonanz, mit Demonstrationen, 2 St. (neue Urania). — Ferner fanden folgende Übungen an 8 Tagen je zweistündig in 4 Gruppen statt: A. Prof. HAHN, Über neue Apparate und Versuche für Schülerübungen aus dem Gebiete der magnetischen und elektrischen Erscheinungen. — B. Prof. Dr. BÖTTGER, Übungen in der Ausführung von chemischen und elektrochemischen Unterrichtsversuchen. — C. Mechaniker HINTZE unter Beirat von Prof. HEYNE, Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt. — D. Oberlehrer Dr. RÖSELER, Makroskopische und mikroskopische Übungen in der Biologie der Tiere, verbunden mit Herstellung zoologischer Präparate.

Für dieselben 4 Gruppen waren außerdem noch weitere praktische Kurse an 6 Nachmittagen je zweistündig angesetzt. Für Gruppe A und B: Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt. — Für Gruppe C: Unterrichtsversuche aus dem Gebiete der Wärmelehre und Akustik, geleitet von Prof. BOHN. — Für Gruppe D: Praktische Übungen aus dem Gebiete der Mikroskopie, Entwicklungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen, unter Leitung von Prof. Dr. KOLKWITZ.

An die Vorträge schlossen sich zumeist Besichtigungen der betreffenden Institute an. Besucht wurde auch die Telefunkenstation in Nauen, womit die Besichtigung des Haveländischen Hauptkanals und des Brieselang verbunden war. Am 12. Oktober erfolgte ein Ausflug nach dem Grunewald, speziell nach der Seen-, Sumpf- und Moorrinne, unter Führung von Prof. Dr. POTONIÉ, nebst Dampferfahrt nach Potsdam und Besichtigung der wissenschaftlichen Institute auf dem Brauhausberge.

Die Ausstellung umfaßte vorwiegend physikalische und chemische Apparate.

### Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

*Sitzung am 12. Januar 1907.* Festsitzung in der „Alten Urania“ zur Feier des 25jährigen Bestehens des Vereins. Herr HEYNE gab einen Überblick über die Geschichte und die wissenschaftliche Wirksamkeit des Vereins; er teilte mit, daß der Verein die Herren G. R.-R. VOGEL und die früheren Vorsitzenden Prof. Arendt und Prof. Krech zu Ehrenmitgliedern ernannt habe. — Herr G. R.-R. VOGEL überbrachte dem Verein die Glückwünsche der Unterrichtsverwaltung. Herr Ministerialdirektor a. D., G. O.-R.-R. MÜCKE sprach dem Verein ebenfalls seine Glückwünsche aus. Hierauf führte Herr Prof. GRIMSEHL (Hamburg) Demonstrationen neuer Unterrichtsapparate vor. Er gab eine experimentelle Ableitung der elektromagnetischen Spannungseinheit, demonstrierte einen Apparat für Magnetinduktion und zeigte, wie die Volumelastizität der Flüssigkeiten in einfacher Weise nachgewiesen werden kann. Er machte einige Polarisationsversuche, gab eine objektive Darstellung des Kalkspatkreuzes, zeigte den Strahlengang in Linsen mit Hilfe aneinandergesetzter Prismen und machte Versuche über Totalreflexion und über den Regenbogen. Er demonstrierte ferner elektrische Wellen, wobei durch einfache Änderung der Selbstinduktion und der Kapazität Resonanz hervorgerufen und die Abstimmung leicht reguliert werden konnte. Er zeigte endlich eine neue Anordnung der Fresnelschen Spiegel zum Zwecke der Wellenlängenbestimmung.

*Sitzung am 1. Februar 1907.* Herr JOHANNESSEN sprach über einige Unterrichtsversuche. Er führte einen Apparat zur Beobachtung des stationären Wärmestroms vor (ds. Zeitschr. 21, 88) und wies auf eine sich daran anschließende Ableitung des Ohmschen Gesetzes hin. Er zeigte und erklärte eine scheinbare Unregelmäßigkeit beim elektrolitischen Grundversuch und gab eine experimentelle Bestätigung von Faradays elektrolitischen Gesetz. Er entwickelte die Formeln für die Schwingungen des Raumpendels (ds. Zeitschr. 21, 86) und demonstrierte die Unveränderlichkeit der Höhe des Aufsteigens bei verschiedenen langen rotierenden Pendeln. Er zeigte die Verwendung des ballistischen Pendels zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit einer Pistolenkugel. Er zeigte die Einstellung eines Prismas auf das Minimum der Ablenkung vermittelt eines auf dem

Prisma befestigten Spiegels und demonstrierte eine objektive Methode der Bestimmung der Vergrößerung optischer Instrumente. Er zeigte eine von Schellbach herrührende objektive Darstellung der Schallreflexion.

*Sitzung am 1. März 1907.* Herr VOLKMANN zeigte eine Methode, um eine Flüssigkeitssäule im engen Rohr sichtbar zu machen. — Herr POSKE gab einen Überblick über die zu den Fragebogen der Unterrichtskommission in bezug auf die Einrichtungen für den physikalischen Unterricht eingelaufenen Antworten (ds. Zeitschr. 20, 401; 1907.) — Es folgte eine eingehende Besprechung.

*Sitzung am 26. April 1907.* Herr HEITCHEN sprach über den von ihm eingerichteten Anschluß an den Strom der Charlottenburger Zentrale. Er zeigte seinen Umformer und demonstrierte seine Anlagen für Gleichstrom und Wechselstrom. Er zeigte verschiedene Lichtquellen und Einrichtungen für Photographie, Projektion und Herstellung von Projektionsbildern. Er demonstrierte einige besondere Anwendungen von Spannungstransformation und zeigte Meßvorrichtungen bei Photographie und Photometrie. Er demonstrierte die Einrichtung eines Automobilmotors. Er projizierte eine Anzahl selbstaufgenommener Bilder.

*Sitzung am 20. September 1907.* Herr VOLKMANN beschrieb den von ihm konstruierten Schulelektromagneten und zeigte einige Versuche mit demselben. Er demonstrierte Kraftlinienbilder und wies auf das in ihnen bemerkbare Feldgefälle hin. Er machte einen Versuch über die gegenseitige Abstoßung zweier Magnete vermittelt zweier auf einem Spiegel rollender Eisenkugeln. Er bestimmte die Richtung der magnetischen Kraft durch Abtasten mit einer Inklinationsnadel. Er machte Versuche über remanenten Magnetismus mit Ableitung der Hysteresisschleife. Er gab eine Bestimmung des Magnetismus von Eisensorten mit der Schlußjochmethode. Er zeigte das völlig unmagnetische Verhalten von Nickelstahl und erwähnte den starken Ferromagnetismus einer aus Kupfer, Mangan und Aluminium bestehenden Legierung. Er zeigte die bei Temperaturänderungen wechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung des Wolframstahls, entsprechend seinen verschiedenen magnetischen Eigenschaften. Er

demonstrierte die Konstruktion des neuen Vorlesungstisches im physikalischen Hörsaal der Landwirtschaftlichen Hochschule.

*Sitzung am 25. Oktober 1907.* Herr VOLKMANN gab eine Fortsetzung der Versuche mit seinem Schulelektromagneten. Er wies nach, daß die Tragkraft dem Querschnitt, die Zugkraft dem Volumen des angezogenen Eisenstücks proportional ist, letztere auch von der Form desselben abhängt. Er zeigte, daß die Stärke der Magnetisierung von zwei Größen  $k$  und  $n$  abhängt, von denen die „Suszeptibilität“  $k$  durch den Stoff, der „Entmagnetisierungsfaktor“  $n$  durch die Form des Körpers bedingt ist, wobei bald der Einfluß der einen, bald der der anderen Größe überwiegt. — Er demonstrierte eine Ausmessung des magnetischen Zugkraftfeldes und führte einige Induktionsversuche vor sowie Versuche mit schwach magnetisierbaren und diamagnetischen Substanzen. Zum Schluß zeigte er die Faradaysche Drehung der Polarisationsebene im Magnetfelde mit Jodkaliumlösung und den Meslinschen Versuch der Einwirkung des Magneten auf eine Aufschwemmung kristallinischer Substanzen (feines Kaliumchlorat in Amylalkohol).

*Sitzung am 8. November 1907.* Herr SCHULZE zeigte einen Apparat zur Huygensschen Ableitung der Formel für das physische Pendel (Heft 4 ds. Zeitschr.) und führte die damit anzustellenden Versuche vor. Er gab am Schlusse eine Kritik der Herleitung des Huygensschen Prinzips in Müller-Pouillet und in Machs Mechanik.

*Sitzung am 6. Dezember 1907.* Herr HAHN sprach über Fallversuche bei Schülerübungen zur Bestätigung des Weg-Zeit-Gesetzes. Er beschrieb mehrere Versuche mit Benutzung der schiefen Ebene nach Galilei. Er demonstrierte im Anschluß daran die Fallrinne von Duff, in der die Bahn einer schlingernd fallenden Kugel auf Lykopodium aufgezeichnet wird. Er beschrieb den von ihm umkonstruierten Apparat für freien Fall von Whiting und zeigte die Darstellung der Kurve des horizontalen Wurfs nach Packard. — Herr HEITCHEN beschrieb das Lumièresche Verfahren der Farbenphotographie und zeigte einige mit Lumièreschen Platten gemachte Aufnahmen. — Derselbe sprach über Metallfadenglühlampen.

Schk.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1908.

♄ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0<sup>h</sup> = Mitternacht.

	Juni						Juli					
	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27
♄ { AR	6 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	6.45	7. 3	7.13	7.16	7.10	6.59	6.46	6.37	6.35	6.43	7. 1
♄ { D	+ 25 <sup>o</sup>	+ 24 <sup>o</sup>	+ 23 <sup>o</sup>	+ 22 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 19 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>	+ 19 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 21 <sup>o</sup>
♀ { AR	7 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	7.32	7.35	7.34	7.29	7.20	7. 7	6.54	6.41	6.31	6.25	6.22
♀ { D	+ 25 <sup>o</sup>	+ 24	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19	+ 19	+ 18	+ 18	+ 17	+ 17
☉ { AR	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	5. 0	5.21	5.42	6. 3	6.23	6.44	7. 5	7.25	7.45	8. 6	8.25
☉ { D	+ 22 <sup>o</sup>	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19
♂ { AR	6 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	6.45	6.59	7.13	7.27	7.41	7.55	8. 8	8.21	8.35	8.48	9. 1
♂ { D	+ 24 <sup>o</sup>	+ 24	+ 24	+ 24	+ 23	+ 23	+ 22	+ 21	+ 21	+ 20	+ 19	+ 18
♃ { AR	8 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>		8.54		9. 2		9. 9		9.17		9.26	
♃ { D	+ 19 <sup>o</sup>		+ 18		+ 18		+ 17		+ 17		+ 16	
♄ { AR	0 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>						0.40					
♄ { D	+ 1 <sup>o</sup>						+ 2					
☾ Aufg.	3 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	3.42	3.39	3.39	3.39	3.41	3.44	3.48	3.53	3.59	4. 6	4.13
☾ Unterg.	20 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>	20.16	20.20	20.23	20.24	20.24	20.23	20.21	20.17	20.12	20. 6	19.59
☾ Aufg.	6 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	11.41	17.50	23.17	0.54	2.46	7.12	12.54	19.17	22.40	—	2.58
☾ Unterg.	23 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	1. 3	2.30	6.27	13.18	19.25	22.48	—	2. 2	8.18	14.57	19.52
Sternzeit im mittl. Mittg.	4 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup>	5. 1.46	5.21.29	5.41.12	6. 0.55	6.20.88	6.40.20	7. 0. 3	7.19.46	7.39.29	7.59.12	8.18.54
Zeitgl.	— 2 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	— 1 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>	— 0 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup>	+ 0 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup>	+ 1 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	+ 2 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	+ 3 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	+ 4 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	+ 5 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	+ 6 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	+ 7 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	+ 7 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup>

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Juni 7, 5 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	Juni 14, 14 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	Juni 21, 6 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>
	Juni 28, 17 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	Juli 6, 21 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	Juli 13, 22 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	Juli 20, 13 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup>
	Juli 28, 8 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	anfangs abends noch sichtbar, wird gegen Mitte des Monats wieder unsichtbar	die Dauer der Sichtbarkeit des Abendsterns nimmt von 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Std. bis Null ab	wird in der ersten Hälfte des Monats unsichtbar	abends nur noch <sup>3</sup> / <sub>4</sub> bis <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Stunde lang sichtbar	morgens <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 2 Stunden lang sichtbar
im Juli	zu Ende des Monats morgens. <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Std. lang im NO sichtbar	anfangs unsichtbar, untere Konjunktion am 6.; gegen Ende d. Monats für kurze Zeit morgens sichtbar	unsichtbar	unsichtbar	die Dauer der Sichtbarkeit wächst auf 5 Stunden an

Phänomene der Jupitermonde (M.E.Z.): Juni 5 | 21<sup>h</sup> 41<sup>m</sup> 4<sup>s</sup> | I A  
6 | 21 22 20 | II A

Eine in Südwestdeutschland als partielle Finsternis sichtbare, ringförmige Sonnenfinsternis ereignet sich am 28. Juni. Die Zentralitätszone läuft von Mexiko über Florida nach Senegambien und bis in die Gegend des Niger. In Deutschland wird nur für den SW ein kleiner Teil der Sonnenscheibe (für Mühlhausen i. E. <sup>1</sup>/<sub>15</sub> des Durchmessers) verfinstert. In Heidelberg dauert die Finsternis von 18<sup>h</sup> 26<sup>m</sup> bis 18<sup>h</sup> 56<sup>m</sup>.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Juni 7	R Lyrae-Min.	Juni 29	R Lyrae-Max.	Juli 23	R Lyrae-Min.
22	21 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> Algol-Min.	Juli 10	23 <sup>h</sup> η Aquilae-Min.		
28	23 η Aquilae Max.	12	22 45 <sup>m</sup> Algol-Min.		

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.