

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1913.

Neuere Anordnungen von Versuchen aus der Wärmelehre.

Von

Prof. Dr. J. Precht.

(Physikalisches Institut der Kgl. Technischen Hochschule Hannover.)

Die fast herkömmliche Unsicherheit kalorimetrischer Bestimmungen im Rahmen der physikalischen Laboratoriumsübungen wird bei den im folgenden beschriebenen Methoden erfolgreich beseitigt durch ausschließliche Verwendung von Leerraumgefäßen mit doppeltem Schutz gegen Strahlung und Leitung. Die bekannten Flaschen des Handels haben sich für den angegebenen Zweck in mehrjähriger Erfahrung vortrefflich bewährt, denn bei ihnen ist das innere Glasgefäß durch den äußeren, möglichst blank zu wählenden Metallmantel vor dem Zerbrechen geschützt, bekommt eine gute Standfestigkeit und ist zugleich noch vollkommener wärmeisoliert als die einfachen Dewargefäße. Bei den getroffenen Anordnungen sind in der Tat die Wärmeverluste an die Umgebung für die Dauer des Versuchs verschwindend gering: es ergibt sich eine feste Einstellung der Thermometer und damit eine große Sicherheit der Temperaturbestimmung. Jede unbequeme Korrektion wird daher entbehrlich, und die Grundlagen der Methoden treten um so klarer hervor.

Über die benutzten Thermometer seien ein paar Worte vorweg bemerkt. Sie sind verhältnismäßig kurz und haben Teilung in Zehntel-Grade. Volle Zehntel sind noch ohne Lupe bequem ablesbar. Empfiehlt sich — in Ausnahmefällen — genauere Bestimmung, so sind mit der Lupe Hundertstel zu erhalten. Je nach dem Verwendungszweck reicht die Teilung von 0 bis 30, von 0 bis 40 oder von + 20 bis + 55°. Zur Sicherung gegen Zerplatzen haben die Thermometer oben eine starke Erweiterung der Kapillaren, so daß Überhitzung bis über 100 Grad ohne Schaden ertragen wird. Genauere Ablesung als auf volle Zehntel ist natürlich meist zwecklos, weil längeres Hantieren mit dem Thermometer die Temperatur ändert. Man hat zu bedenken, daß bei den gewählten Anordnungen das Thermometer selbst die wesentliche Ursache des langsamen Wärmeverlustes oder der Wärmeaufnahme aus der Umgebung ist. Aus diesem Grunde sind die Thermometer recht kurz gehalten. Sie sollten nicht für längere Zeit weit aus dem Gefäß herausgezogen werden, selbst wenn das Quecksilbergefäß dabei eingetaucht bleibt, können indessen, am oberen Ende mit einem kurzen Stück Kautschukschlauch zum Anfassen versehen, zugleich als Rührer gebraucht werden. Metalldrahrührer sind durchweg vermieden¹⁾.

1. Schmelzwärme von Eis.

Man benutzt zwei Leerraumflaschen von 500 ccm Inhalt, die eine (I) mit Thermometer 0 bis 30°, die andere (II) mit Thermometer 0 bis 40°. Die Flasche I wird leer und dann mit etwa 150 g Wasser aus der Wasserleitung gewogen. Temperatur t_1 . In Flasche II füllt man angewärmtes Wasser von etwa 30 bis 40°. Das Anwärmen

¹⁾ Die Apparate sind in zweckentsprechender Ausführung von der Firma Dr. R. Hase, Hannover, Josefstr. 26, zu beziehen.

geschieht sehr bequem in der Flasche selbst durch Eintauchen eines elektrischen Heizers. Man wartet einige Minuten, bis die Temperatur konstant geworden ist $= t_2$, und schüttet dann schnell etwa 100 g Wasser in die Flasche I. Nach dem Übergießen liest man nochmals die Temperatur t_2 in Flasche II ab und nimmt das Mittel der beiden Ablesungen; sie unterscheiden sich durchschnittlich um $\frac{1}{10}$ Grad. Darauf wird in Flasche I umgerührt und die konstante Mischungstemperatur t_3 abgelesen. Eine neue Wägung der Flasche I liefert die genaue Menge des aus Flasche II hinzugeschütteten Wassers. Der Versuch gestattet, den Wasserwert W der Flasche I zu berechnen. Soll der gefundene Wasserwert für wiederholte Veruche verwendet werden, so ist natürlich der gleiche Füllungsgrad der Flasche wenigstens angenähert einzuhalten. Die angegebene Wahl der Temperaturen liefert ein t_3 , das meist wenig höher liegt als die Zimmertemperatur. Das ist zwar für die Bestimmung des Wasserwertes nicht wichtig, hat aber den Vorteil, daß nun die Flasche I sofort für das Eisschmelzen benutzt werden kann; denn Gewicht und Temperatur des darin enthaltenen Wassers sind bekannt und von geeigneter Größe.

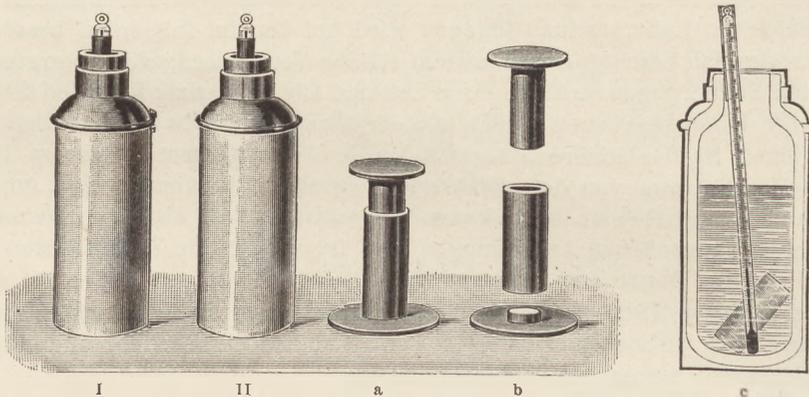


Fig. 1.

Nun bringt man in eine kleine Eispresse, bestehend aus einer starken Messingröhre mit abnehmbarem Boden und einem in der Röhre gleitenden Druckkolben (Fig. 1), fein zerschlagenes Eis und preßt es durch Schlagen mit einem Hammer zu einem klaren Eiszylinder zusammen. Wichtig ist, daß im Eis keine wassergefüllten Hohlräume bleiben; man muß auf die Herstellung eines guten Eiszylinders einige Sorgfalt verwenden. Der Zylinder wird auf Fließpapier vollständig abgetrocknet und dann schnell in die Flasche I geworfen, aus der man zu diesem Zweck das Thermometer für einen Augenblick heraushebt. Beim Rühren schmilzt das Eis sehr bald, und es stellt sich wieder eine feste Endtemperatur t_4 ein. Die Eismenge ergibt sich aus einer zum Schluß ausgeführten Wägung.

Zu allen Wägungen, auch bei den folgenden Methoden, dient eine gute Kilowage, die Zentigramme mit Sicherheit bestimmen läßt.

Die große Annehmlichkeit der Methode, welche die Schmelzwärme leicht auf 1% genau liefert, besteht darin, daß man sich wegen der Langsamkeit der Temperaturänderungen mit den einzelnen Messungen nicht im mindesten zu überstürzen braucht, was natürlich auch wenig geübten Händen die Ausführung sehr erleichtert.

Zahlenbeispiel:

(Alle gegebenen Zahlenbeispiele sind aus Arbeiten der Studierenden entnommen.)

I. Wasserwert.

Flasche I leer . . .	400,08 g	
Flasche I mit Wasser	620,88 g	
Wasser	220,80 g	von 11,5°,

dazu Wasser aus Flasche II von 31,6°. Mischungstemperatur 17,5°.

Wägung: 723,68 g
vorher: 620,88 g
102,80 g Wasser von 31,6° war hinzugefügt.

$$102,80 (31,6 - 17,5) = (220,8 + W) (17,5 - 11,5)$$

$$W = \frac{102,80 (31,6 - 17,5)}{17,5 - 11,5} - 220,8$$

$$W = 20,3 \text{ Kal./Grad.}$$

Der Wasserwert des eintauchenden Thermometerteils ist hierin schon mit enthalten.

II. Eisschmelzung.

In 323,6 g Wasser von 17,5° wird ein Eiszylinder geschmolzen. Temperatur nachher 12,8°.

Wägung: 741,58 g
vorher: 723,68 g
17,90 g Eis sind geschmolzen.

$$17,9 (S + 12,8) = (323,6 + 20,3) (17,5 - 12,8)$$

$$S = \frac{(323,6 + 20,3) (17,5 - 12,8)}{17,9} - 12,8$$

$$S = 79,2 \text{ Kal./g.}$$

2. Spezifische Wärme durch Mischung.

Die Erwärmung erfolgt in einem elektrischen Heizer (Fig. 2), dessen Heizdraht auf Emailrohr gewickelt ist, wodurch eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung im Innern erreicht wird. Der Heizdraht ist außen von einer Asbesthülle und darüberliegendem Metallrohr umgeben. Vorschaltung eines Glühlampenwiderstandes mit Lampen zwischen 32 und 5 Kerzen erlaubt bei Anschluß an 110 Volt Temperaturen bis 300° in 12 Stufen einzustellen. Für die schnelle Erreichung einer festen Temperatur von etwa 150°, wie sie für den hier vorliegenden Zweck am meisten geeignet ist, empfiehlt sich die Zuschaltung eines regelbaren Drahtwiderstandes (Fig. 3). Der zu bestimmende Körper wird in Form eines muldenförmig ausgefeilten Zylinders mit einer geeigneten Fadenschlinge so am Quecksilbergefäß des Thermometers befestigt, daß er durch sein Gewicht die weite Schlinge schräg nach unten zieht. Knüpft man an den tiefsten Punkt der Schlinge einen durch den oberen Kork führenden Faden, so genügt ein kurzer Zug an diesem Faden, um den Körper nach Fortnehmen des unteren Korkes aus der Schlinge heraus in das Kalorimeter fallen zu lassen²⁾. Die Temperaturangabe des 360°-Thermometers ist wegen des aus dem Heizer herausragenden Quecksilberfadens zu verbessern.

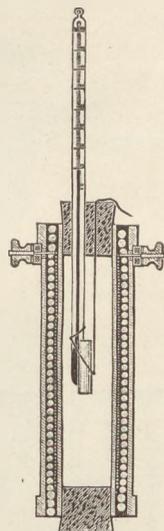


Fig. 2.

Das Kalorimeter (Fig. 3 rechts und im Schnitt Fig. 4) besteht aus einem weiten Leerraumgefäß mit Metalldeckel, in welches ein Aluminiumbecher, als eigentliches Kalorimetergefäß, mit Hilfe einer Gummiabdichtung eingesetzt ist. Auch hier hat der sehr vollkommene Wärmeschutz eine für lange Zeit feste Einstellung des Zehntel-Grad-Thermometers zur Folge, so daß alle Gangkorrekturen entbehrt werden können.

Als Versuchskörper werden vorzugsweise Wismut, Messing und Aluminium benutzt, Wismut und Aluminium als Beispiele für Körper mit besonders kleiner

²⁾ Diese Art der Befestigung des zu bestimmenden Körpers ist schon von O. Richter (Zeitschr. f. Instr.-Kunde 32, 1912, 177) beschrieben.

und besonders großer spezifischer Wärme, Messing als Vertreter der technisch viel gebrauchten Metalle, deren spezifische Wärme von nahe gleicher Größenordnung ist.

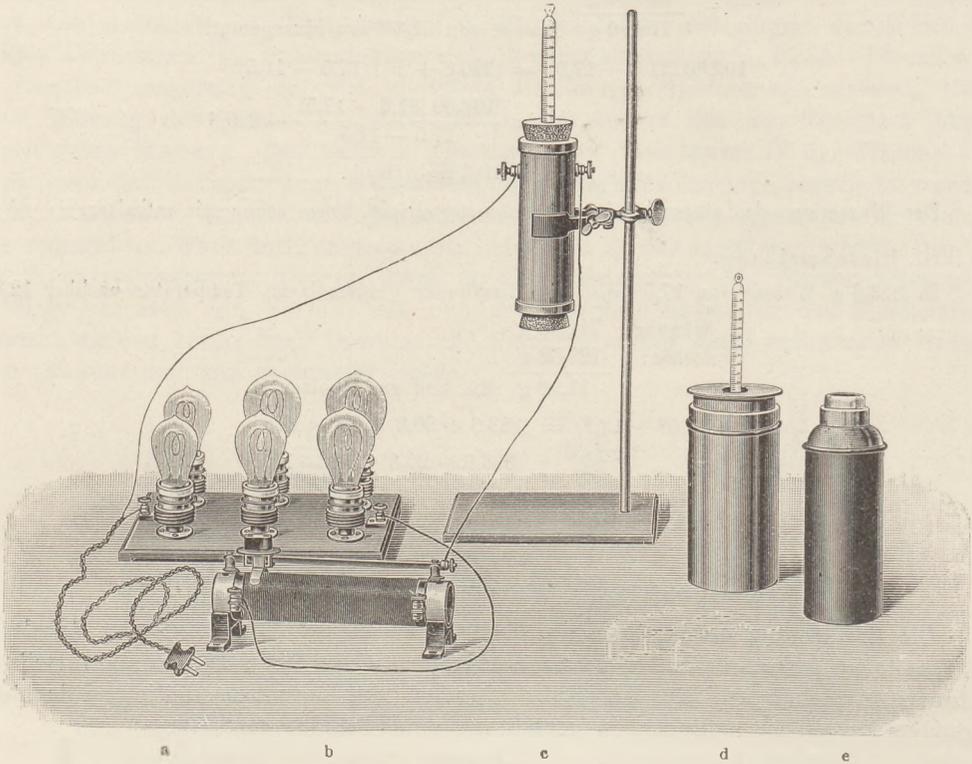


Fig. 3.

Der Wasserwert des Kalorimeters kann natürlich durch einen Mischungsversuch bestimmt werden, indem man zu einer bekannten Wassermenge von bekannter Temperatur im Kalorimetergefäß eine geeignete Wassermenge von ebenfalls bekannter Temperatur aus einer andern Leerraumflasche hinzusetzt, wie unter 1 beschrieben. Bestimmung der Mischungstemperatur und Wägung des Kalorimetergefäßes zur Ermittlung der hinzugefügten Wassermenge liefert den Wasserwert.

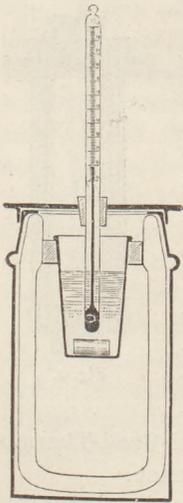


Fig. 4.

Bei dem hohen Temperaturleitvermögen des Aluminiums und dem vorzüglichen Schutz gegen Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung, den das äußere Gefäß liefert, ergibt sich indessen der Wasserwert ganz zuverlässig aus der einfachen Wägung des Aluminiumbechers und Multiplikation seiner Masse mit der spezifischen Wärme des Aluminiums. Schon aus pädagogischen Gründen wird man daher den Studierenden die Bestimmung der spezifischen Wärme des Aluminiums zuerst ausführen lassen, da dann der Mischungsversuch diese als einzige Unbekannte enthält. Der bestimmte Wert dient zur Berechnung des Wasserwerts für die Versuche mit Messing und Wismut.

Das Thermometer wird, wo es durch den Metalldeckel des äußeren Gefäßes hindurchgeht, mit einem Stück Kautschukschlauch überzogen, das zugleich zum Anfassen beim Umrühren dient. (Fig. 4 ist in diesem Punkt nicht ganz richtig.)

Zahlenbeispiel:

Spezifische Wärme von Aluminium.

	Gewicht	Temperatur
Erhitztes Aluminium	6,93 g	160,0°
Kalorimetergefäß (Al)	19,03 g	} 19,0°
Wasser im Kalorimeter	93,52 g	
Mischungstemperatur	—	21,1°

Berechnung:

$$6,93 \cdot C (160,0 - 21,1) = (19,03 \cdot C + 93,52) (21,1 - 19,0)$$

$$C = \frac{93,52 (21,1 - 19,0)}{6,93 (160,0 - 21,1) - 19,03 (21,1 - 19,0)}$$

$$C = 0,213$$

Für den Wasserwert ergibt sich demnach $19,03 \cdot 0,213 = 4,05$ Kal./Grad. Der Wasserwert des eintauchenden Thermometerteils ist hierbei vernachlässigt.

3. Spezifische Wärme durch Mischung und Wärmeersatz.

Eine interessante und im Laboratorium sehr beliebte Umgestaltung der Mischungsmethode ergibt sich, wenn man nach der Bestimmung der Mischungstemperatur so viel Wasser tieferer Temperatur in das Kalorimeter einfließen läßt, daß gerade die Ausgangstemperatur wieder erreicht wird. Man erspart dabei anfangs eine Wägung, da die Menge des im Kalorimeter vorhandenen Wassers nicht bekannt zu sein braucht, hat aber nach Beendigung des Versuchs eine Wägung auszuführen, um die Menge des Ersatzwassers zu kennen. Der besondere Vorzug der Methode ist, daß die Wasserwertbestimmung vollkommen herausfällt; denn die ganze zugeführte Wärme wird durch die Wärmeaufnahme des zugetropften kalten Wassers ausgeglichen, so daß am Schluß des Versuchs das Kalorimeter genau wieder im Anfangszustand ist.

Für die Anordnung ist das Wesentliche die Aufstellung eines doppelwandigen, versilberten Leerraumtropfgefäßes (s. Fig. 5). Die Ausflußöffnung wird durch einen Glasstab mit übergeschobenem, sehr dünnem Kautschukstopfen von innen verschlossen gehalten. Das Tropfgefäß ist zweckmäßig mit dem elektrischen Heizer an demselben Bunsenstativ schwenkbar angeordnet. Nach Einfallen des Versuchskörpers und Ablesung der Mischungstemperatur kann dann der elektrische Heizer auf die Seite gedreht und das Tropfgefäß an seine Stelle gebracht werden.

Die Ausführung gestaltet sich im ganzen folgendermaßen: Der gewogene Versuchskörper wird im elektrischen Heizer auf beständige Temperatur gebracht (etwa 200°) und in der unter 2 beschriebenen Weise in das mit beliebiger Wassermenge von bekannter Temperatur gefüllte Kalorimetergefäß eingeführt. Man bestimmt die Mischungstemperatur. Darauf wird der Heizer zur Seite geschwenkt und das Tropfgefäß an seine Stelle gebracht. Im Tropfgefäß befindet sich Wasser-Eismischung, und die Ausflußröhre ist ebenfalls durch Einsenken in ein kleines Becherglas mit Wasser und Eis vorgekühlt. Das Becherglas wird gesenkt, und man läßt durch Anheben des

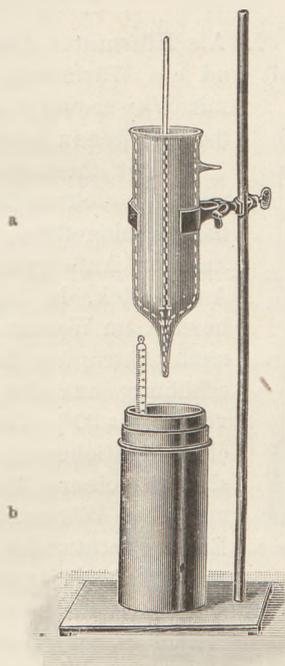


Fig. 5.

Glasstabes eine beliebige Wassermenge ausfließen. Dann haben sicher alle Teile null Grad. Das Becherglas wird beseitigt, und nun beginnt durch Eintropfenlassen von Wasser von 0° in das Kalorimeter (schwaches Anheben des Glasstabes mit dem Kautschukstopfen) der Wärmeausgleich im Kalorimeter. Bei geeigneter Wahl der Menge und Temperatur des Wassers im Kalorimeter kann im Tropfgefäß auch Wasser von Wasserleitungstemperatur mit Erfolg benutzt werden. Natürlich muß der Tropfer dann ein besonderes Thermometer enthalten. Das Eintropfen wird fortgesetzt, bis im Kalorimeter die Ausgangstemperatur wieder erreicht ist. Bei der geringen Geschwindigkeit der Temperaturänderung ist diese Einstellung mit voller Schärfe möglich. Wägung des Kalorimetergefäßes ergibt die Menge des Ausgleichwassers. Die Rechnung gestaltet sich ganz besonders einfach.

Zahlenbeispiel:

Spezifische Wärme von Wismut.

Gewicht des Wismuts	26,63 g
Erhitzungstemperatur	222,0°
Anfangstemperatur im Kalorimeter	17,0°
Mischungstemperatur	19,6°
Menge des Ausgleichwassers von 0°	9,2 g

Berechnung:

$$26,63 \cdot C(222,0 - 19,6) = 9,2(17,0 - 0)$$

$$C = \frac{9,2 \cdot 17,0}{26,63 \cdot 202,4}$$

$$C = 0,029$$

4. Spezifische Wärme von Flüssigkeiten.

I. Als Hilfsmittel sind erforderlich zwei einfache Leerraumflaschen von 500 g Inhalt und ein Wärmeträger (Kalorifere) (s. Fig. 6). Durch einen Mischungsversuch mit Wasser wird der Wasserwert der einen Leerraumflasche (Kalorimeterflasche) genau wie in Methode 1 ermittelt.



Fig. 6.

Der thermometerähnliche Wärmeträger, mit Marken bei 80° und 20°, wird im elektrischen Kochtopf auf 100° erhitzt, dann in die Kalorimeterflasche eingeführt, die eine bekannte Wassermenge (etwa 300 g) von bekannter Anfangstemperatur enthält. Man senkt in das Wasser ein in dem Augenblick, in dem der Quecksilberfaden durch die 80°-Marke geht, und bewegt im Wasser bis zur Abkühlung auf die 20°-Marke. Dann nimmt man nach Abtropfen den Wärmeträger heraus und bestimmt die Temperaturerhöhung aus der festen Einstellung des Kalorimeterthermometers (Skala von 0° bis 30°). Darauf wird die Kalorimeterflasche entleert, getrocknet, mit einer ähnlichen Menge der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt (geeignet sind Petroleum, Paraffinöl, Alkohol usw.) und derselbe Abkühlungsversuch mit dem Wärmeträger wiederholt. Beobachtet wird wieder Anfangs- und Endtemperatur der Flüssigkeit. Die in beiden Fällen durch den Wärmeträger zugeführten Wärmemengen sind gleich.

Eine neuere Form des Wärmeträgers hat Marken bei 80° und 30°. Dann ist auch an heißen Sommertagen eine Vorkühlung der Ausgangsflüssigkeit unnötig.

Zahlenbeispiel:

Spezifische Wärme von Paraffinöl.

Wasserwert der Kalorimeterflasche	19,03 Kal./Grad
Gewicht des Wassers	203,15 g
Anfangstemperatur	17,2°
Endtemperatur	20,0°
Gewicht des Paraffinöls	186,64 g
Anfangstemperatur	15,9°
Endtemperatur	21,3°

Berechnung:

$$(203,15 + 19,03)(20,0 - 17,2) = (186,64 \cdot C + 19,03)(21,3 - 15,9)$$

$$C = \left[\frac{222,18 \cdot 2,8}{5,4} - 19,3 \right] \cdot \frac{1}{186,64}$$

$$C = 0,516.$$

II. Die Methode läßt sich vereinfachen durch Anwendung des Tropfgefäßes der Methode 3. Man kann dann die Bestimmung des Wasserwertes vereinigen mit der Bestimmung der Temperaturerhöhung durch den Wärmeträger bei Wasserfüllung des Kalorimetergefäßes. Dazu ist nur nötig, daß nach fester Einstellung der erhöhten Temperatur diese durch Eintropfen von 0°-Wasser auf die Anfangstemperatur zurückgebracht wird. Eine Wägung gibt die Menge des eingetropften Wassers.

Zahlenbeispiel:

Gewicht der Flasche leer	400,08 g
Gewicht der Flasche mit Wasser	603,23 g
Wassergewicht	203,15 g
Anfangstemperatur des Wassers	17,2°
Endtemperatur nach Herausnahme des Wärmeträgers	20,0°

Wassermenge von 0° zur Zurückführung der Temperatur auf 17,2° 36,17 g.

Berechnung:

$$(203,15 + W)(20,0 - 17,2) = 36,17(17,2 - 0)$$

$$W = \frac{36,17 \cdot 17,2}{2,8} - 203,15$$

$$W = 19,03 \text{ Kal./Grad.}$$

5. Mechanisches Wärmeäquivalent aus elektrischer Energie.

In einem großen zylindrischen versilberten Leerraumgefäß befindet sich in Paraffinöl oder Petroleum ein Heizwiderstand. Man verbindet ihn über Schalter, Strommesser und regelbarem Ballastwiderstand (s. Fig. 8) mit einer Stromquelle, z. B. zwei Sammlerzellen, und nimmt gleichzeitig an den Enden des Heizwiderstandes die Spannung mit einem Spannungsmesser ab. Strom- und Spannungsmesser sind kleine Drehspulinstrumente. Die elektrische Energie ergibt sich aus der Zeit des Stromdurchganges und der Spannungs- und Strommessung, wobei die Anzeige des Strommessers um den Zweigstrom im Spannungsmesser (zu finden aus dessen Widerstand) zu vermindern ist. Die Wärmeenergie folgt aus der beobachteten Temperaturerhöhung und dem Wasserwert der Füllung vermehrt um den Wasserwert des Gefäßes mit Widerstand und Thermometer. Als Heizwiderstand wird für Anschluß an 110 Volt ein auf Emailrohr gewickelter Widerstand (Fig. 7) benutzt. Dabei ist der Spannungsunterschied an seinen Klemmen etwa 40 Volt. An Stelle des Spannungsmessers läßt sich auch ein Milliampereometer mit Vorschaltwiderstand verwenden. Dann ergibt sich der abzuziehende Zweigstrom aus der Ablesung, und die Spannung wird aus Strom und Widerstand im Kreise des Milliampereometers berechnet.

Der Wasserwert von Gefäß, Widerstand und Thermometer wird z. B. durch einen vorherigen Mischungsversuch bei Anwendung von Wasserfüllung bestimmt.

Weit bequemer und genauer findet sich der Wasserwert, wenn man bei Füllung mit Paraffinöl oder Petroleum eine bekannte Wärmemenge mit dem Heizwiderstand selbst einführt, besonders da dann die sehr lästige Reinigung von Wasser und Öl wegfällt. Natürlich sprechen gegen ein solches Verfahren pädagogische Gründe; denn für die Bestimmung der Wärmemenge muß ja das elektrische Wärmeäquivalent, das gesucht wird, schon als bekannt vorausgesetzt werden. Dieser Einwand fällt weg, wenn man die elektrisch zugeführte Wärme bestimmt durch Zufluß von vorgekühltem

Petroleum aus dem Tropfausgleicher (s. unter 3). Der Versuch nimmt so seine einfachste Form an: Nach der elektrischen Heizung bis zu einer beliebigen Endtemperatur läßt man so viel vorgekühltes Petroleum aus dem Ausgleicher einfließen, bis die Anfangstemperatur wieder erreicht ist. Die Menge des zugeführten Petroleums ergibt

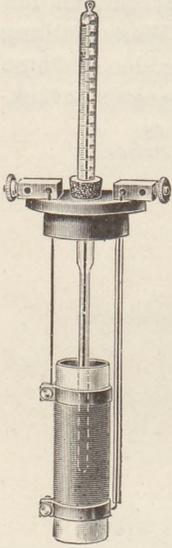


Fig. 7.

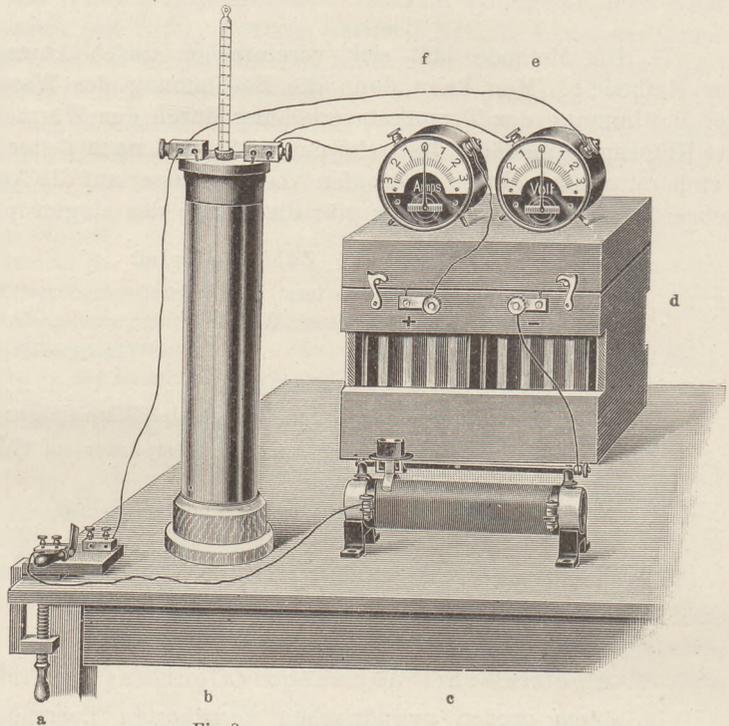


Fig. 8.

sich aus zwei Wägungen. Leider sind die erforderlichen Mengen wegen der geringen spezifischen Wärme des Petroleums ziemlich groß, so daß man sich auf mäßige Temperaturerhöhungen beschränken muß. Bei der erforderlichen Länge des Versuchsgefäßes empfiehlt sich zur Temperaturbestimmung ein besonderes Stielthermometer.

Zahlenbeispiele:

I. Für niedere Spannung.

Wasserwert von Gefäß, Widerstand und Thermometer	30,0 g
Menge des Paraffinöls	341,0 g
Anfangstemperatur	25,9°
Endtemperatur nach 25 Minuten	38,0°
Mittlere Stromstärke (25 Beobachtungen)	2,451 Amp.
Voltmeterstrom	0,006 Amp.
Wirkliche Stromstärke	2,445 Amp.
Mittlere Spannung	2,842 Volt
Versuchszeit	25 Minuten = 1500 Sek.
Spezifische Wärme des Petroleums	0,52.

Berechnung:

$$0,52 \cdot \left(341 + \frac{30}{0,52} \right) (38,0 - 25,9) = C \cdot 1500 \cdot 2,445 \cdot 2,842$$

$$C = \frac{0,52 \cdot (341 + 57,7) \cdot 12,1}{1500 \cdot 2,445 \cdot 2,842}$$

daraus

$$C = 0,2407 \text{ Kalorien} = 1 \text{ Wattsekunde}$$

oder

$$J = 4,154 \text{ Wattsekunden} = 1 \text{ Kalorie.}$$

II. Für höhere Spannung.

Wasserwert von Gefäß, Widerstand und Thermometer aus Mischungsversuch	40,45 g
Menge des Paraffinöls	346,65 g
Spezifische Wärme des Paraffinöls	0,52
Anfangstemperatur	25,0°
Endtemperatur	37,0°
Versuchsdauer	307 Sek.
Mittlere Stromstärke	0,90 Amp.
Mittlere Spannung	40,0 Volt

Berechnung:

$$0,52 \left(346,65 + \frac{40,45}{0,52} \right) (37,0 - 25,0) = C \cdot 307 \cdot 0,9 \cdot 40,0$$

$$C = \frac{0,52 \cdot (346,65 + 77,8) \cdot 12,0}{307 \cdot 0,9 \cdot 40}$$

daraus

$$C = 0,2396 \text{ Kalorien} = 1 \text{ Wattsekunde}$$

$$J = 4,172 \text{ Wattsekunden} = 1 \text{ Kalorie.}$$

III. Mit Tropfenausgleicher.

Mittlere Stromstärke	0,506 Amp.
Mittlere Spannung	17,75 Volt
Versuchszeit	264 Sek.
Anfangstemperatur	19,80°
Endtemperatur	23,82°
Temperatur des Paraffinöls im Ausgleicher	6,0°
Spezifische Wärme des Paraffinöls	0,52
Ausgleichsmenge zur Herstellung der Anfangstemperatur	80,1 g

Berechnung:

$$17,75 \cdot 0,506 \cdot 264 \cdot C = 80,1 \cdot 0,52 (19,80 - 6,0)$$

$$C = 0,242 \text{ Kalorien} = 1 \text{ Wattsekunde.}$$

$$J = 4,126 \text{ Wattsekunden} = 1 \text{ Kalorie.}$$

6. Verdampfungswärme des Wassers.

Die genaue Bestimmung der Verdampfungswärme bereitet bekanntlich beträchtliche Schwierigkeiten. Diese sind bei den folgenden Methoden zu überwinden versucht durch Anwendung eines Leer-

raumgefäßes für das Kalorimeter und einer großen Dampfzuleitung in der Dampfzuleitung unmittelbar über dem als Verdichtungsgefäß dienenden Kalorimeter. Dadurch wird erreicht, daß das Dampfzuleitungsrohr bis auf sein letztes, dicht über dem Kalorimeter befindliches Ende von einem Dampfmantel dauernd umgeben ist. Die Folge ist, daß nur Dampf und kein schon außerhalb des Kalorimeters gebildetes Verdichtungswasser in das Kalorimeter hineingelangt. Immerhin erfordert die Ausführung der folgenden Methoden etwas mehr Umsicht als die der bisher beschriebenen. Zeigt sich zum Beispiel am Ausführungsrohr der Dampfzuleitung auch nach einiger Zeit des Durchleitens noch merkliche Verdichtung, so bestimmt man die Menge des Verdichtungswassers, indem man

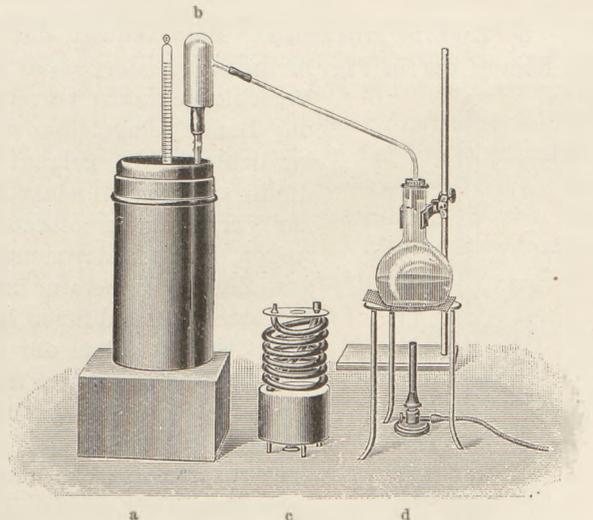


Fig. 9.

Zeigt sich zum Beispiel am Ausführungsrohr der Dampfzuleitung auch nach einiger Zeit des Durchleitens noch merkliche Verdichtung, so bestimmt man die Menge des Verdichtungswassers, indem man

es in einem fein geteilten Meßzylinder, über den der Dampfstrahl hinweggeht, für mehrere Minuten eintropfen läßt. Daraus ergibt sich die Korrektur für die endgültige Versuchsdauer. Meist ist sie ganz unbedeutend.

a) Erste Methode. Ein Leerraumgefäß mit Thermometer und einem bis auf den Boden reichenden Glasrohr mit Kautschukansatz (s. Fig. 9, links; der zugehörige Deckel fehlt in der Figur) wird leer und mit einer bestimmten Wassermenge von Zimmertemperatur gewogen und die Temperatur nach einiger Zeit der Ruhe abgelesen. Nachdem das Wasser im Glaskolben kocht und der Dampf frei von Verdichtungswasser aus dem kurzen Ausführungsrohr der Dampfalle austritt, wird dieses Rohrende in die Kautschukverbindung des im Kalorimeter befindlichen Glasrohrs fest eingeführt und der Dampf so lange in das Kalorimeter eingeleitet, bis das Thermometer etwa 20° gestiegen ist. Dann trennt man die Verbindung wieder ab, beobachtet die Höchsttemperatur im Kalorimeter und bestimmt die verdichtete Dampfmenge durch eine neue Wägung.

Der Wasserwert des Kalorimeters mit Thermometer und Glasrohr wird vorher durch einen Mischungsversuch ermittelt.

Diese Methode kann natürlich sehr bequem auch mit enghalsigen Leerraumflaschen (s. Fig. 1) ausgeführt werden.

Zahlenbeispiel:

Wasserwert der Flasche mit Thermometer und Glasrohr	24,6 g
Gewicht der Flasche mit Thermometer und Glasrohr	477,07 g
Gewicht der Flasche mit Thermometer und Glasrohr mit Wasser	748,35 g
Temperatur des Wassers	$12,15^{\circ}$
Gewicht nach Einleiten von Dampf	758,76 g
Endtemperatur	$33,30^{\circ}$
Wassermenge	271,28 g
Dampfmenge	10,41 g

Berechnung:

$$(271,28 + 24,6)(33,30 - 12,15) = 10,41 \cdot L + 10,41(100 - 33,3)$$

$$\frac{295,88 \cdot 21,15 - 10,41 \cdot 66,6}{10,41} = L$$

$$L = 534,7 \text{ Kal./g}$$

$$\text{Wahrer Wert } L = 538,3 \text{ Kal./g.}$$

b) Zweite Methode. Man benutzt den in Figur 9 in der Mitte sichtbaren Verdichter, der in Fig. 10 im Schnitt dargestellt ist. Er besteht aus einem unten mit

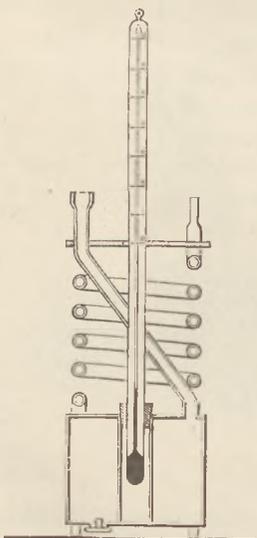


Fig. 10.

Verschlußschraube versehenen Kühlgefäß aus Messing, in das der Dampf eingeleitet wird. Was im unteren Gefäß nicht verdichtet wird, gelangt in die angeschlossene Spirale aus dünnwandigem Messingrohr, in der auch die letzten Spuren zur Verflüssigung gebracht werden. Der Verdichter wird gewogen, in das Kalorimetergefäß eingesetzt und so viel Wasser von Zimmertemperatur zugefüllt, daß die Spirale einschließlich der oberen dünnen Messingscheibe völlig von Wasser bedeckt ist. Nachdem der Dampf eine Weile durch die Dampfalle hindurchgegangen ist, führt man deren kurzes, mit Hartgummi umkleidetes Ausführungsrohr unmittelbar in den Verdichter ein. Das Hartgummirohr paßt straff in das oben erweiterte Messingrohr des Verdichters (Fig. 10 links). Man leitet Dampf ein, bis das Kalorimeter eine Temperaturerhöhung von etwa 20° erhalten hat, hebt die Zuleitung leicht ab und wartet unter Bewegen des Thermometers die Endtemperatur ab. Darauf wird der Verdichter herausgenommen, außen sorgfältig getrocknet und gewogen. Die Gewichtszunahme

ist das Gewicht des verflüssigten Dampfes. Vor einem neuen Versuch wird das Verdichtungswasser nach Öffnen der Bodenschraube des Gefäßes entleert.

Der Wasserwert des Verdichters ergibt sich aus Gewicht und spezifischer Wärme des Messings, der des Gefäßes muß durch einen Mischungsversuch bestimmt werden.

Als Verdampfer kann ein einfacher Kochkolben dienen, wie in Fig. 9. Bequemer ist ein elektrischer Verdampfer, wie er im Schnitt in Fig. 11 dargestellt ist. Die

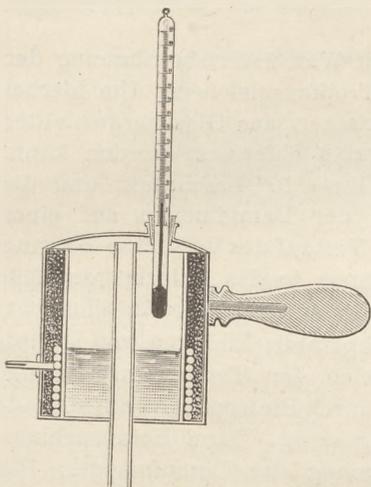


Fig. 11.

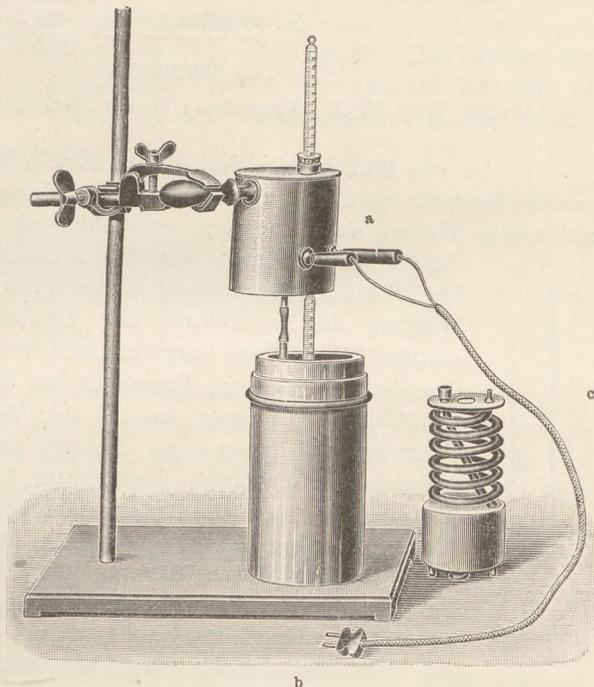


Fig. 12.

Kuppe des Gefäßes ist gewölbt, damit dort gebildete Flüssigkeit wieder nach unten abfließt. Das Thermometer dient nur zur Beobachtung der unveränderlich gewordenen Siedetemperatur. Die Verbindung des elektrischen Verdampfers mit dem Kalorimeter geht aus Fig. 12 hervor. Es empfiehlt sich übrigens, auch bei elektrischer Heizung die Dampfalle unmittelbar über dem Kalorimeter nicht, wie in der Figur geschehen, wegzulassen. Man ist dann sicherer, kein Wasser in das Kalorimeter einzuführen und hat zugleich den Vorteil bequemerer Thermometerbeobachtung, da der Verdampfer etwas seitlich stehen kann. Er ist in diesem Falle durch einen dickwandigen, etwa 10 cm langen Kautschukschlauch mit der Dampfalle verbunden.

Zahlenbeispiel:

1. Wasserwert:

Gewicht des Gefäßes mit Verdichter und Thermometer	1188,0 g
Gewicht des Gefäßes mit Wasser von 14,4°	1455,8 g
Gewicht nach Zusatz von Wasser von 36,1°	1783,8 g
Mischungstemperatur	25,1°

Berechnung:

$$(1783,8 - 1455,8) (36,1 - 25,1) = (1455,8 - 1188,0) \cdot (25,1 - 14,4) + r (25,1 - 14,4)$$

$$r = \frac{328,0 \cdot 11,0}{10,7} - 267,8$$

$$r = 69,4 \text{ g.}$$

2. Verdampfungswärme.

Gewicht des Gefäßes mit Verdichter und Thermometer	1188,0 g
Gewicht des Gefäßes mit Wasser von 22,3°	1706,5 g
Temperatur nach Einleiten des Dampfes	58,5°
Gewicht nach Einleiten des Dampfes	1743,5 g

Berechnung:

$$(1743,5 - 1706,5) \cdot L + (1743,5 - 1706,5)(100 - 58,5) = (1706,5 - 1188,0)(58,5 - 22,3) + 69,4(58,5 - 22,3)$$

$$L = \frac{(518,5 + 69,4) \cdot 36,2 - 37,0 \cdot 41,5}{37,0}$$

$$L = 533,3 \text{ Kal.}$$

Wahrer Wert 538,3. Abweichung kleiner als 1%.

c) Dritte Methode. Von der immerhin lästigen Wasserwertsbestimmung der zweiten Methode wird man frei durch Anwendung des Tropfenausgleichers. Um hierbei mit wenig Wasser auszukommen, empfiehlt sich ein kleiner, aus Glas hergestellter Verdichter³⁾, der in ein enges Leerraumgefäß eingesetzt werden kann. Die Temperaturerhöhung kann dann auf etwa 10° beschränkt und die Wägung des Verdichters zur Ermittlung der Dampfmenge auf einer empfindlichen Wage vorgenommen werden. Verlauf des Versuchs: Wägung des Verdichters leer; Einsetzen des Verdichters in das Kalorimetergefäß; Einfüllen von Wasser, so daß der Verdichter zu drei Vierteln eintaucht. Wägung des Ganzen = p_1 . Ablesen der Temperatur, Einleiten von Dampf, Ablesen der erhöhten Temperatur, Ausgleich der Temperaturerhöhung (Zurückführen auf die Anfangstemperatur) durch Eintropfen von Nullgrad-Wasser aus dem Ausgleicher, neue Wägung = p_2 . Dann Herausnehmen des Verdichters und Wägung zur Bestimmung der Dampfmenge. Die Dampfmenge sei m . Aus den Wägungen folgt zugleich die Menge des benutzten Ausgleichwassers $p_3 = p_2 - p_1 - m$.

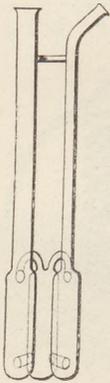


Fig. 13.

Die Berechnung wird, wie stets bei Anwendung des Ausgleichers, ganz außerordentlich einfach und übersichtlich, so daß sich die Methode auch aus diesem Grunde besonders empfiehlt.

Zahlenbeispiel:

Gewicht des Gefäßes mit Verdichter, Thermometer, Deckel und Wasser von 15,2°	972,12 g
Temperatur nach Einleiten des Dampfes	32,2°
Gewicht nach Temperaturausgleich mit 0°-Wasser	1202,15 g
Gewicht des Verdichters leer	90,09 g
Gewicht des Verdichters mit Verdichtungswasser	95,68 g

Daraus ergibt sich:

Ausgleichswasser	224,44 g
Dampfgewicht	5,59 g

Berechnung:

$$5,59 \cdot L + 5,59(100 - 32,2) = 224,44 \cdot 15,2$$

$$5,59 L = 3410 - 378,9$$

$$L = 542,9 \text{ W.-E./g.}$$

Fehler 0,8%.

7. Stäbe für Wärmeleitvermögen und Temperaturleitvermögen.

1. Der Unterschied guter und schlechter Wärmeleiter wird gezeigt mit einem Stab, der zur Hälfte aus dichtem Buchenholz, zur Hälfte aus vernickeltem Eisen besteht. Die Teile sind fest miteinander verschraubt und haben genau gleichen

³⁾ Auch für die II. Methode wird neuerdings nicht mehr der messingne Kühlschlangenverdichter, sondern ein kleiner Glasverdichter (siehe Fig. 13) mit größerem Erfolg benutzt.

Durchmesser. Über die mittlere Stelle wird ein etwa 10 cm langes, 6 cm breites Stück Schreibpapier in einer Lage fest herumgelegt und der überschießende Teil mit etwas Klebstoff (Gummi oder Stärke) festgeklebt. Wichtig ist, daß das Papier sich fest an die Staboberfläche anlegt. Nach dem Trocknen des Papiere wird der so vorbereitete Stab mit der eisernen Seite in die Hand genommen und unter gleichzeitigem Drehen mit seiner Mitte im oberen Teil einer Bunsenflamme hin und her bewegt. Sehr bald zeigt sich eine Braunfärbung und ein allmähliches Verkohlen des Papiere über dem Holzstab, während das Papier über der eisernen Hälfte unverändert bleibt. Die Grenze beider Stäbe hebt sich scharf auf der Papierhülle ab.

2. Die Verschiedenheit des Temperaturleitvermögens (Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit zum Produkt aus spezifischer Wärme und Dichte) läßt sich in einer neuen Form des bekannten Versuches von Ingenhouß folgendermaßen zeigen:

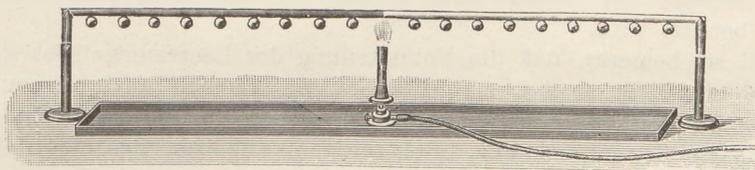


Fig. 14.

Ein langer Stab, zur Hälfte aus Kupfer, zur Hälfte aus Eisen, trägt in gleichen Abständen von der Mitte Ringmarken, an denen mit etwas Wachs große, weithin sichtbare Glaskugeln angeklebt werden. (Die Menge Wachs, die man verwendet, ist für den Erfolg des Versuches ziemlich gleichgültig.) Zwei Lagerböcke an den Stabenden halten den Stab in solcher Höhe über dem Tisch, daß die verschraubte Mittelverbindung von Eisen und Kupfer mit einem gewöhnlichen Bunsenbrenner geheizt werden kann (siehe Fig. 14). Da die Temperaturleitvermögen von Eisen und Kupfer sich wie 1:6 verhalten, so fallen die Glaskugeln in gleichen Abständen von der Mitte beim Kupfer sehr viel früher ab als beim Eisen. Daß hier wirklich das Temperaturleitvermögen und nicht das Wärmeleitvermögen für den Erfolg des Versuches maßgebend ist, zeigt man mit einem ähnlichen Stab, der zur Hälfte aus Eisen, zur Hälfte aus Aluminium besteht. Man erhält fast genau die gleiche Zeitfolge des Abfallens der Kugeln wie bei Eisen und Kupfer. Die Wärmeleitvermögen von Al und Cu verhalten sich wie 0,48:0,89, die Temperaturleitvermögen wie 0,83:1,10. Demgemäß wird bei einem dritten Stab aus Aluminium und Kupfer kaum ein Zurückbleiben des Abfallens der Kugeln am Aluminium gegenüber dem Abfallen vom Kupferstab beobachtet. Wäre die Wärmeleitung entscheidend, so müßten beträchtliche Unterschiede auftreten.

8. Bestimmung der Verdampfungswärme als Vorführungsversuch.

Das Verfahren schließt sich eng an 6a) an, nur benutzt man ein durchsichtiges Leerraumgefäß mit Einteilung in Kubikzentimeter. Man führt 40 ccm Wasser von Zimmertemperatur ein und ein Glasrohr, das oben ein kurzes Stück Kautschukschlauch trägt. Darauf wird aus dem elektrischen Verdampfer mit zugeschalteter Dampffalle so lange Dampf durch Anschluß an die Kautschukverbindung des Glasrohrs eingeleitet, bis die gesamte Wassermenge im Gefäß gerade eben zu siedeln anfängt.

Der richtige Zeitpunkt für das langsame Herausziehen des Glasrohrs ist dann gegeben, wenn die gesamte Wassermasse anfängt, sich infolge der Dampfbildung bis in die obere Gefäßweiterung zu verschieben. Die Volumteilung wird sofort nach Herausziehen des Glasrohrs abgelesen. Die Zunahme des Volumens ist natürlich nicht gleich der verdichteten Dampfmenge, sondern es ist eine Korrektur anzubringen wegen der Ausdehnung des Glases und des Wassers und wegen der im Glasrohr ver-

dichteten und an ihm beim Herausziehen haftenden Wassermenge. Die Größe der Korrektur wird durch einige Vorversuche ein für allemal ermittelt. Sie weicht von der zu berechnenden Ausdehnungskorrektur kaum ab, wenn man das zur Einleitung des Dampfes dienende Glasrohr nicht vorher in das Gefäß einsenkt, sondern an der Dampfalle von Anfang an befestigt und nach einiger Zeit des Dampf durchganges erst bei Anstellung des Versuchs in das Kalorimeter einführt und nach dem Sieden wieder herauszieht. Man wird sich nicht darüber täuschen, daß in diesem Fall die, abgesehen von der Ausdehnung, richtige Dampfmenge durch gegenseitiges Aufheben verschiedener Fehler entsteht. Das ist indessen für einen Vorführungsversuch unbedenklich.

Bei einiger Übung wird der erhaltene Zahlenwert leicht auf weniger als 5% zuverlässig.

Der Wasserwert des Gefäßes muß vorher bestimmt sein, wozu ebenfalls die Volumteilung benutzt wird.

Nebenbei sei bemerkt, daß die Volumteilung des Leerraumgefäßes sich in der Projektion abbilden läßt, so daß man den ganzen Versuch auch einem größeren Hörerkreis vor der Lampe zeigen kann. Aus solchen Vorführungen sind die vier folgenden Versuche hervorgegangen. Bei zeitigem Anheizen des elektrischen Verdampfers ist der ganze Versuch in höchstens fünf Minuten zu erledigen:

Versuch	I	II	III	IV
Anfangstemperatur . . .	22,0	16,0	20,6	15,4
Anfangsvolumen	39,2	40,0	39,3	40,2
Endvolumen	48,0	50,0	48,1	50,1
Differenz	8,8	10,0	8,8	9,8
Korrigierte Dampfmenge	8,0	9,2	8,0	9,0
Verdampfungswärme . .	551	523	562	541
Fehler in %	2,4	2,8	4,4	0,6
Wasserwert des Gefäßes .	17,3 g			
Volumkorrektur	- 0,8			

Berechnung von Versuch I:

$$8,0 \cdot L = (39,2 + 17,3) (100 - 22,0)$$

$$8L = 56,5 \cdot 78$$

$$L = 551.$$

9. Der Wärmehähler.

Ein elektrischer Eintauchheizkörper, dessen Heizelement von einem dünnen Metallrohr umschlossen ist, ist mit Spannungsdrähten versehen, so daß sein Energieverbrauch mit Strom- und Spannungsmesser bestimmt werden kann. Er wird unmittelbar an 110 Volt angeschlossen. Von der Angabe des Strommessers ist der Zweigstrom des Spannungsmessers wie bei Methode 5 in Abzug zu bringen. Multipliziert man das Produkt aus Strom und Spannung mit 0,239, so hat man die Anzahl Wärmeeinheiten, welche der Heizkörper in der Sekunde liefert, und kann daher durch Beobachtung der Zeit die Wärmeeinheiten zählen. Der angewandte Wärmehähler von etwa 82 Ohm Widerstand liefert in der Sekunde 35 Wärmeeinheiten bei Anschluß an 110 Volt.

10. Spezifische Wärme von Flüssigkeiten mit dem Wärmehähler.

Eine bekannte Menge Flüssigkeit wird in einer enghalsigen Leerraumflasche mit dem Wärmehähler für eine bestimmte Zahl von Sekunden erhitzt. Man liest Anfangs- und Endtemperatur an einem eingesenkten Thermometer ab, nachdem vollkommener Ausgleich mit der Temperatur des Wärmehählers eingetreten ist, was bei der Masse desselben etwa 10 Minuten in Anspruch nimmt. Die bekannte, dem Wärmehähler zugeführte Energie wird verbraucht zur Temperaturerhöhung der Flüssigkeitsmenge,

der Leerraumflasche, des Wärmezählers und des Thermometers. Die Rechnung ist demnach durchzuführen, wenn der Wasserwert bekannt ist. Dieser wird leicht durch einen gleichen Versuch ermittelt bei Anwendung von Wasser als Flüssigkeit.

Zahlenbeispiel:

I. Bestimmung des Wasserwerts.

Gefäß mit Thermometer	473,47 g
Gefäß mit Thermometer und Wasser	670,25 -
Wassergewicht	196,78 -
Anfangstemperatur	23,25°
Heizung mit 1,45 Amp. 119,8 Volt .	120 Sekunden
Endtemperatur	44,58°

Berechnung:

$$0,239 \cdot 119,8 \cdot 1,45 \cdot 120 = (W + 196,78) (44,58 - 23,25)$$

$$W = 36,82 \text{ g.}$$

II. Spezifische Wärme von Petroleum:

Gewicht der Flasche mit Thermometer	473,47 g
Gewicht der Flasche mit Thermometer und Petroleum	772,50 -
Gewicht des Petroleums	299,03 -
Anfangstemperatur (nach Einsenken des Wärmezählers)	19,95°
Heizung mit 1,469 Amp. 120,3 Volt	120 Sekunden
Endtemperatur	47,85°

Berechnung:

$$0,239 \cdot 120,3 \cdot 1,469 \cdot 120 = (299,03 \cdot C + W) (47,85 - 19,95)$$

$$= 299,03 \cdot C + 36,82 \cdot 27,9$$

$$C = 0,485$$

11. Verdampfungswärme mit dem Wärmezähler.

Die Methode ist eine Vereinfachung des von Marshall und Ramsay zu relativen, von Henning zu absoluten Bestimmungen angewandten Verfahrens der Verdampfung durch Zufuhr elektrischer Energie. Sie übertrifft alle oben beschriebenen an Zuverlässigkeit bei weitem, erfordert keine Temperaturbestimmung, sondern nur einige Wägungen.

Der mit Strom- und Spannungsmesser verbundene Wärmezähler wird mit einem Kautschukstopfen, der außerdem ein Glasrohr für den Abdampf enthält, in eine

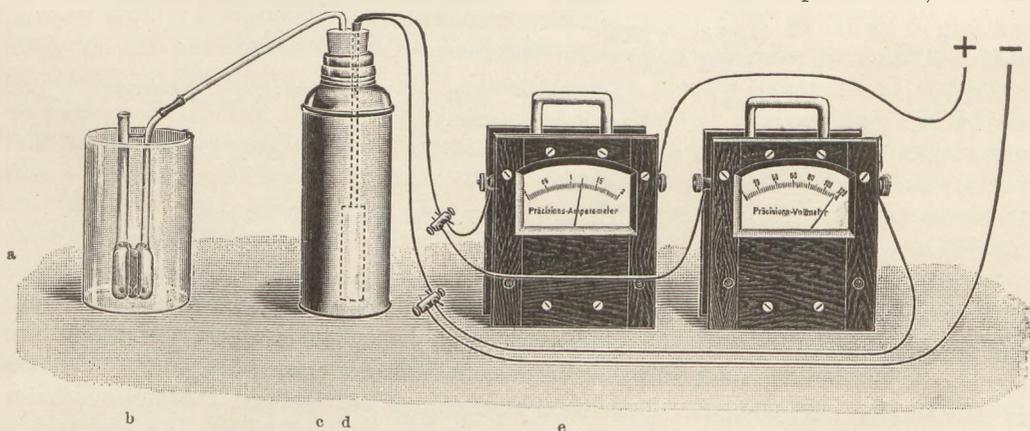


Fig. 15.

Leerraumflasche mit beliebiger Wassermenge, etwa 350 ccm, fest eingeführt. Man schließt an 110 Volt an und läßt das Wasser einige Zeit kochen, bis die Dampfentwicklung und die Wärmeabgabe an die Umgebung stetig geworden ist. Strom und

Spannung werden abgelesen und darauf das Abdampfrohr für eine bekannte Zeit mit einem leicht, aber dicht passenden Kautschukschlauch an einen gewogenen Glaskühler angeschlossen, der in einem weiteren Glase mit kaltem Wasser steht (siehe Fig. 15). Das Verdichtungswasser ergibt sich aus einer zweiten Wägung des außen getrockneten Kühlers. — Darauf macht man einen zweiten, genau gleichen Versuch mit niederer, zum Beispiel halber Spannung des Heizstroms. Nach Erreichung des stetigen Zustandes wird das in derselben Zeit in einem zweiten Kühler erhaltene Verdichtungswasser bestimmt. Es ist dabei ganz gleichgültig, ob der Dampf als solcher oder zum Teil schon auf seinem Wege zu Wasser verdichtet in den Kühler gelangt, wenn nur der Zustand stetig geworden ist.

Es bezeichne

r die Verdampfungswärme,

$L = 0,2388 \cdot e \cdot i \cdot t$ die in der Zeit t zugeführte elektrische Energie, gemessen in W.-E.,

p das Gewicht des Verdichtungswassers,

h die durch Strahlung und Leitung abgegebene Wärmemenge,

dann ist

$$r = \frac{L_1 + h}{p_1} = \frac{L_2 + h}{p_2}$$

oder

$$r = \frac{L_1 - L_2}{p_1 - p_2}.$$

Die Methode beruht also darauf, daß bei beiden Versuchen die Wärmeabgabe an die Umgebung gleich ist.

Um stoßendes Sieden zu vermeiden, muß vor jedem Versuch frisches, also lufthaltiges Wasser eingefüllt werden. Für den zweiten Versuch wird zur Beschleunigung erst mit 110 Volt angeheizt und bei Beginn des Siedens die niedere Spannung angelegt. Natürlich kann auch aus beliebig vielen Versuchen die in der Zeiteinheit gelieferte Dampfmenge abgeleitet werden.

Die Methode ist ohne weiteres für andere Flüssigkeiten als Wasser anwendbar.

Zahlenbeispiele:

1.	Strom Amp.	Spannung Volt	Zeit Sek.	Dampfmenge g	Energie
I. Versuch	1,362	113,7	120	8,102	4437,6
II. Versuch	0,703	58,6	120	2,077	1180,5

$$r = \frac{4437,6 - 1180,5}{8,102 - 2,077} = 540,6 \text{ W.-E./g. (Fehler } 0,4\%.)$$

2.	Strom Amp.	Spannung Volt	Zeit Sek.	Dampfmenge g	Energie
I. Versuch	1,410	117,9	150	10,561	5954,6
II. Versuch	0,712	59,4	150	2,293	1514,9

$$r = \frac{5954,6 - 1514,9}{10,561 - 2,293} = 537,0 \text{ W.-E./g. (Fehler } 0,2\%.)$$

Die Ausführung des Versuchs gestaltet sich noch wesentlich bequemer, wenn das Abdampfrohr an seinem Ende einen Zweiweghahn mit weiten Bohrungen trägt, der von Anfang an durch einen kurzen Kautschukschlauch mit dem Verdichter verbunden ist. Der Hahn wird zunächst so gestellt, daß der Dampf frei ausströmt, ohne in den Kühler zu gelangen. Erst nach Erreichung des stetigen Zustandes schaltet man den Hahn um zur Verbindung des Verdampfers mit dem Kühler. Die Abgrenzung der Zeit des Einleitens in den Verdichter ist auf diese Weise bedeutend genauer und bequemer zu bewirken.

Hannover, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

Ein einfaches Goniometer für Schülerübungen.

Von

Dr. K. Schütt in Hamburg.

Das im folgenden beschriebene kleine Goniometer ist in den Katalogen verschiedener Firmen aufgeführt, ist also sicher nicht unbekannt. Da ich aber nirgends eine Angabe über die mannigfachen Messungen, die man mit ihm ausführen kann, gefunden habe, halte ich es für erwünscht, daß der billige und daher für Schülerübungen in gleicher Front geeignete kleine Apparat in weiteren Kreisen bekannt wird.

Man kann das Goniometer (Fig. 1) mit geringen Kosten¹⁾ selbst herstellen: Eine in 360° geteilte Papierskala von 8—9 cm Durchmesser (Preis 0,30 M) wird auf eine etwa 1 mm dicke Zinkplatte von gleichem Durchmesser geklebt, die in der Mitte eine Bohrung von ca. 2 mm Weite hat. Auf eine quadratische Zinkplatte von 11 cm Kante, die in der Mitte einen 1 mm hohen, in die Bohrung der Scheibe hineinpassenden Sporn trägt, kann man den Teilkreis drehbar auflegen. Zwei diametral in Richtung der einen Diagonale auf der quadratischen Grundplatte eingeritzte Geraden gestatten die Stellung des Teilkreises abzulesen. Die Marken sind auf je einem

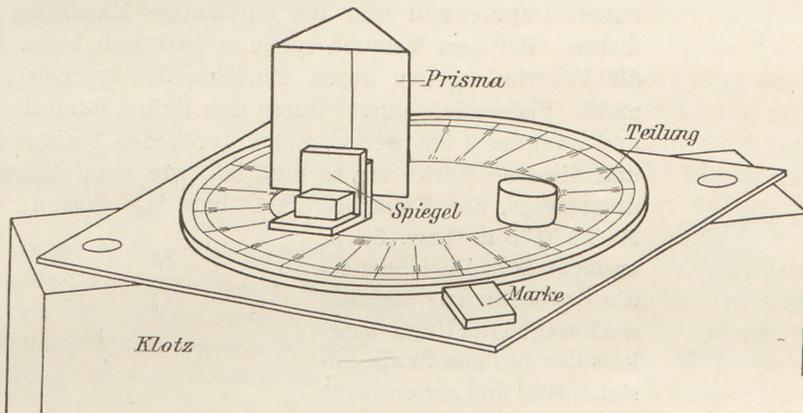


Fig. 1.

kleinen, auf der Grundplatte aufgelöteten Blechstück angebracht, so daß sie in gleicher Höhe wie die Skalenteile dicht neben diesen liegen. Zum Schutze ist eine Glasplatte von ca. 10 cm Durchmesser auf die Teilung geklebt, die als Handhabe beim Drehen ein kleines Korkstück trägt. Das Goniometer wird mittels Heftzwecken und zweier Bohrungen, die auf der zweiten Diagonale des Quadrats nahe den Ecken angebracht sind, auf einer der schmalen Flächen eines Holtzklotzes ($14 \times 4,5 \times 4,5$ cm) montiert und auf den Tisch gestellt. Im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Reflexgoniometer enthält der kleine Apparat nur das drehbare Tischchen, dessen Stellung man ablesen kann, und zwar sind zu dem Zweck zwei Marken angebracht, um die Exzentrizität der Kreisteilung gegen die Drehungsachse zu eliminieren. Als weitere Teile sind noch zwei kleine quadratische Spiegel von etwa 10 mm Kante nötig, die auf einem Stückchen Winkelmessing so aufgeklebt sind, daß der Spiegel vertikal steht.

Die Versuche, die man mit dem Goniometer ausführen kann, sind folgende:
1. Messung von Schenkeln in der Horizontalen nach zwei Methoden. — 2. Man kann den Apparat nach Art des Sextanten benutzen, dessen Handhabung den Schülern ja nur dann geläufig wird, wenn sie ihn in Händen gehabt und Messungen mit ihm gemacht haben. Da in den Sammlungen selten mehr als ein Exemplar des ziemlich

¹⁾ Der Preis der 12 in unserer Werkstatt hergestellten Goniometer betrug 0,75 M für das Stück.

teuren Instruments vorhanden ist, läßt sich das bei größerer Schülerzahl schlecht durchführen. — 3. Man kann nach zwei Methoden den Brechungsindex von Glasprismen und Flüssigkeiten messen.

1. Um das Goniometer nach Art des Theodoliten zu benutzen, setzt man den einen kleinen Spiegel auf die Mitte des Teilkreises und sieht mit einem Auge so in den Spiegel, daß man das Spiegelbild der Pupille erblickt. Die Verbindungslinie der Pupillenmitten ist eine Normale zum Spiegel, sie dient uns als Visierlinie. Um eine Messung auszuführen, stellt man das montierte Goniometer auf das Fensterbrett des Übungszimmers und orientiert den Spiegel so, daß die erste Marke A , z. B. ein Fensterkreuz der gegenüberliegenden Häuserreihe, in der Visierlinie liegt. Man muß also das hinter dem Spiegel liegende Bild der Pupille und Marke A in derselben Richtung sehen. Nachdem man die Stellung des Teilkreises an beiden Marken abgelesen hat, dreht man, ohne dabei den Spiegel zu verschieben, Teilkreis mit Spiegel so weit, daß die Visierlinie durch die zweite Marke B geht, und liest wiederum ab. Die Differenz der Mittel beider Ablesungen liefert den Winkel, unter dem die beiden Marken vom Beobachtungsort aus erscheinen. Beim Visieren ist es zweckmäßig, mit dem Auge nicht zu dicht an den Spiegel heranzugehen, sondern in einer Entfernung von 20 bis 30 cm zu bleiben, da es dann weniger Mühe macht, abwechselnd auf das nähere Pupillenbild und die entferntere Marke zu akkomodieren. Bei dem Versuch spielt es praktisch keine Rolle, ob die Visierlinie genau durch die Mitte des Spiegels geht oder nicht. Visiere ich einmal durch den linken Rand des Spiegels und zweitens 1 cm weiter rechts durch den rechten Rand ein und dieselbe Marke an, so muß ich, wie eine einfache Rechnung zeigt, den Teilkreis um 1° bzw. $\frac{1}{10}^\circ$ drehen, wenn die Marke 0,55 m bzw. 5,5 m entfernt ist. Da einerseits die geschätzten Zehntel auch wegen der Ungenauigkeit der billigen Skala unsicher sind und andererseits die anvisierten Marken in großen Entfernungen liegen, hat es auf die Genauigkeit der Messung keinen Einfluß, in welchem Punkte

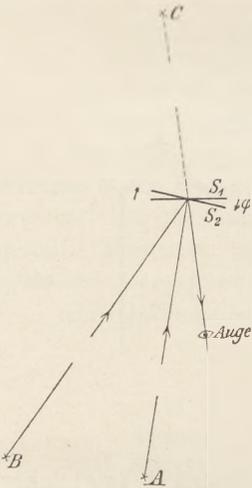


Fig. 2.

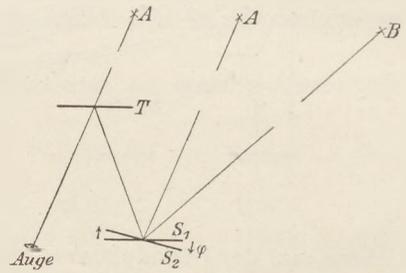


Fig. 3.

die Spiegelnormale diesen durchsetzt. Ferner ist es nicht erforderlich, daß der Spiegel in der Mitte des Teilkreises steht, vielmehr kann er jede beliebige Lage haben, da er sich bei jeder Drehung der Scheibe um denselben Winkel dreht wie diese.

Noch eine zweite Methode kann man zur Messung des Schwinkels der Strecke AB benutzen (Fig. 2). Man stellt das Goniometer auf einen Tisch am Fenster und setzt sich mit dem Rücken gegen das Fenster so davor, daß man in dem Spiegel die beiden Marken erblicken kann. Man beobachtet im Spiegel zunächst Marke A und merkt sich an der dem Fenster gegenüberliegenden Zimmerwand den Ort C , an dem das Spiegelbild von A liegt, liest an der Teilung ab (Stellung S_1), dreht die Scheibe so weit, bis das Spiegelbild von Marke B ebenfalls in C liegt und liest wieder ab (Stellung S_2). Der Schwinkel, unter dem AB erscheint, ist das Doppelte des gemessenen Winkels φ , um den der Spiegel gedreht wurde.

2. Um denselben Winkel nach der beim Sextanten (Fig. 3) gebräuchlichen Art zu messen, stellt man das Goniometer mit dem Spiegel S wieder aufs Fensterbrett, die spiegelnde Fläche ist nach außen gerichtet. Schräg links davor stellt man auf

einem Holzklötz den Spiegel T in gleicher Höhe auf. Man visiert mit dem einen Auge über den festen Spiegel T nach Marke A und dreht S so lange, bis Marke A in S und T gespiegelt genau unter dem über T gesehenen A liegt. Dann sind die Spiegel parallel. Nach der Ablesung (Stellung S_1) dreht man S , bis das Spiegelbild von B unter A liegt. Der doppelte Drehungswinkel φ ist wieder der gesuchte Sehwinkel. Nachdem die Schüler auf diese Weise Messungen mit Schätzung der Zehntelgrade ausgeführt haben, lasse ich die Gruppen einzeln denselben Winkel mit unserem mit Nonius versehenen Sextanten messen, wobei ihnen meistens nur die Ablesung am Nonius eine kleine Schwierigkeit bereitet. Die übrigen Gruppen sind währenddessen mit weiteren Beobachtungen mittels des Goniometers beschäftigt.

3. Die Bestimmung des Brechungsindex eines Prismas gliedert sich bekanntlich in 2 Beobachtungen: Man muß zunächst den Winkel φ , den die beiden brechenden Flächen des Prismas einschließen, und dann den kleinsten Ablenkungswinkel δ zwischen ein- und ausfallendem Strahl bestimmen. Der Brechungsindex n ist dann gleich
$$\frac{\sin \frac{1}{2}(\delta + \varphi)}{\sin \frac{1}{2}\varphi}.$$

Als Lichtquelle bei diesen wie auch bei Messungen an Linsen auf der optischen Bank benutze ich einen Bunsenbrenner, der einen kleinen rechtwinklig gebogenen Manganindraht²⁾ zum Glühen bringt. Als Halter desselben dient folgende Vorrichtung: Ein Messingdraht von etwa 3 mm Dicke ist in seinem unteren Teil zu einer ca. 8 cm langen Spirale von 4 bis 6 Windungen aufgewunden, die über das Rohr des Brenners geschoben wird. Am oberen Ende wird das freie Drahtende rechtwinklig vom Brenner fortgebogen, verläuft also etwa 4 cm horizontal, um dann rechtwinklig nach oben, parallel zur Flamme, weiter zu verlaufen. Um den so geschaffenen Halter wird der dünne Manganindraht durch mehrmaliges Herumwickeln befestigt, das horizontale in die Flamme hineinragende Ende wird rechtwinklig nach unten gebogen. Diese Lichtquelle wird als Marke 4 bis 5 m von dem auf dem Goniometer stehenden Prisma, dessen brechende Kante durch die Drehungsachse geht, aufgestellt. Man setzt sich mit dem Rücken gegen die Lichtquelle und sucht ihr Spiegelbild in der einen Prismenfläche auf. Durch Drehen des Prismas läßt es sich leicht erreichen, daß das Spiegelbild auf einen markanten Punkt an der Wand des Übungszimmers, z. B. auf einen an der Wandtafel angebrachten vertikalen Kreidestrich, zu liegen kommt (siehe auch Fig. 2). Man liest ab und dreht auf dem kürzesten Wege, ohne das Prisma zu verschieben, den Teilkreis, bis der glühende Draht in der zweiten Fläche gespiegelt auf dem Kreidestrich liegt, so daß demnach die zweite Fläche jetzt dieselbe Lage hat wie zuvor die erste. Der Supplementwinkel des gemessenen ist der Winkel an der brechenden Kante. Um den unter 1 angeführten Fehler zu vermeiden, der ja jetzt einerseits wegen der geringen Abstände der gespiegelten Marke und andererseits wegen der größeren Ausdehnung der spiegelnden Flächen beträchtlicher werden würde, ist es zweckmäßig, das Spiegelbild in beiden Flächen möglichst nahe an der brechenden Kante zu beobachten. Mehrere Beobachtungen, die sich, wenn der Schüler das Wesen der Methode erfaßt hat, sehr schnell an verschiedenen Teilen der Skala ausführen lassen, ergeben einen guten Wert für φ ³⁾.

Hieran schließt sich die Messung des Winkels δ der Minimalablenkung. Zu dem Zwecke geht man auf die andere Tischseite hinüber und sucht, durch das Prisma hindurchsehend, das Spektrum des glühenden Drahtes auf. Indem man das Wandern des Spektrums gegenüber dem über das Prisma weg gesehenen Drahtes beim Drehen des Teilkreises beobachtet, läßt sich die Stellung finden, bei der das Spektrum dem

²⁾ Früher wurden in Glas einseitig eingeschmolzene Platindrähte benutzt, die sich aber der Zerbrechlichkeit und des relativ hohen Preises wegen auf die Dauer nicht bewährt haben.

³⁾ Die mittlere Abweichung vom Mittel aus 6 Messungen betrug 0,3°, die maximale 0,5°.

Draht am nächsten ist. Diese Lage des Prismas gilt es zu markieren. Zu dem Ende stellt man den einen kleinen Spiegel (Fig. 1) auf den Teilkreis vor die Fläche, aus der die Strahlen des Drahtes das Prisma verlassen, vertikal auf und dreht es, ohne dabei an Stellung von Prisma oder Teilkreis irgend etwas zu ändern, so lange, bis das im Spiegel gesehene Bild der Pupille in derselben Richtung wie das Spektrum liegt. Dadurch ist die Richtung der nach symmetrischem Durchgang aus dem Prisma tretenden Strahlen festgelegt. Die Stellung des Teilkreises wird abgelesen, das Prisma fortgenommen, und jetzt dreht man so weit herum, bis die durch den Spiegel festgelegte Visierlinie durch den glühenden Draht geht. Die zweite Ablesung ergibt den gesuchten Winkel δ . Bei Benutzung des Drahtes als Lichtquelle kann man außerordentlich genau einstellen in der Weise, daß der glühende Draht den dunklen Pupillenkreis als heller vertikaler Durchmesser durchzieht. Nachdem man den Versuch einmal gemacht hat, gelingt es bei einer Wiederholung leicht, den Spiegel so zu orientieren, daß einmal das rote und zweitens das blaue Ende des Spektrums die Pupille halbiert. Die Versuche einer Oberprima ergaben ein brauchbares Mittel (0,02) für die Differenz der Berechnungsexponenten für blaues und rotes Licht.

Außer den Kronglasprismen sind noch 2 Flintglas- und mehrere Hohlprismen bei uns vorhanden, mittels deren die Brechungsindizes vom Flintglas, Schwefelkohlenstoff usw. bestimmt werden. Messungen an Quarzkristallen habe ich von

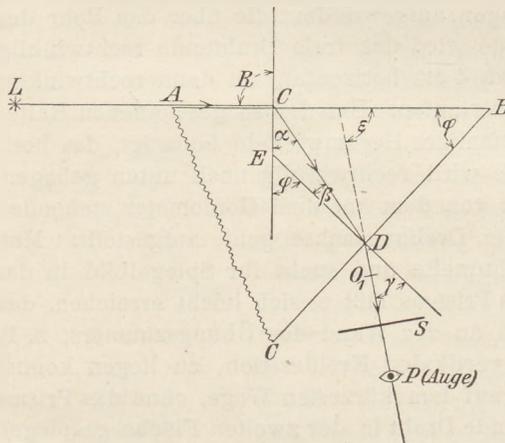


Fig. 4.

Schülern noch nicht ausführen lassen; sie erfordern ziemlich viel Geschicklichkeit, da man die Kristalle nicht einfach auf das Goniometer aufstellen kann, sondern sie mit Klebwachs so befestigen muß, daß die Längsachse mit der Drehungsachse zusammenfällt, daß also die Prismenflächen senkrecht zur Ebene des Teilkreises stehen. Auch zu dieser Orientierung kann man den glühenden Draht benutzen, indem man den Kristall so lange neigt, bis bei einer Drehung um 360° das Spiegelbild des Drahtes in den 6 Prismenflächen an der gegenüberliegenden Wand in derselben Höhe bleibt.

Auch mit Hilfe des streifenden Einfallss⁴⁾ läßt sich der Brechungsindex be-

stimmen. Man beobachtet zu diesem Zweck durch die Fläche BC (Fig. 4) des Prismas, dessen brechende Kante B durch den Mittelpunkt des Teilkreises geht, eine links aufgestellte, durch Kochsalz gefärbte Bunsenflamme. Dreht man den Teilkreis mit dem Prisma in dem Sinne, daß die Strahlen flacher auf die Fläche AB fallen, so sieht man, wie allmählich die Flamme immer schmaler wird, schließlich treten statt der Flamme mehrere scharfe, dicht nebeneinanderliegende vertikale gelbe Linien auf, die wohl durch Beugung an der Kante A des Prismas entstehen. Jetzt treffen die vom äußersten (in der Figur oberen) Flammenrand ausgehenden Strahlen die Fläche AB streifend, ihr Einfallswinkel ist 90° . Man dreht das Prisma so weit, daß gerade noch der letzte gelbe Schimmer zu sehen ist. Die Richtung dieser das Prisma durch die Fläche CB verlassenden Strahlen wird wie oben mit Hilfe des kleinen Spiegels φ festgelegt; dann liest man ab, nimmt das Prisma fort, dreht den Teilkreis, bis die Visierlinie durch den äußersten rechten Rand der Flamme geht, liest wieder ab und findet den Winkel ϵ .

⁴⁾ Siehe Kohlrausch: Lehrbuch der praktischen Physik. 1901, S. 234.

Aus der Figur ergeben sich leicht die folgenden Beziehungen:

$$\gamma = \varphi + \varepsilon - 90$$

$$\frac{1}{\sin \alpha} = n = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta},$$

wo α der gesuchte Winkel, d. h. der Grenzwinkel der totalen Reflexion ist.

$$\alpha + \beta = \varphi$$

$$\frac{1}{\sin \alpha} = \frac{\sin \gamma}{\sin (\varphi - \alpha)}$$

$$\sin \gamma = \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \alpha - \cos \varphi$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \varphi}{\sin \gamma + \cos \varphi}.$$

Der Grenzwinkel betrug bei Kronglas $58,8^{\circ}$, bei Flintglas $38,0^{\circ}$, woraus sich der Brechungsindex zu 1,51 bzw. 1,62 berechnet⁵⁾.

Hamburg, Oberrealschule St. Georg.

Apparate zur Demonstration von physikalischen Vorgängen am menschlichen Körper.

Von

Prof. Dr. H. Lohmann in Dresden.

1. Der Wirbler, ein Apparat zur Demonstration der Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit einer sich drehenden Masse von deren Drehradius.

Dreht sich eine Masse m im Abstand r um einen festen Punkt mit der Winkelgeschwindigkeit w , so ist ihre Bewegungsenergie $\frac{1}{2} m w^2 r^2$. Wird plötzlich der Abstand r verändert, so muß sich, da Energie nicht verloren geht, die Winkelgeschwindigkeit ändern. Aus der Gleichung $\frac{1}{2} m w_1^2 r_1^2 =$

$\frac{1}{2} m w_2^2 r_2^2$ folgt $w_1 r_1 = w_2 r_2$ oder $\frac{w_1}{w_2} = \frac{r_2}{r_1}$, d. h. bei einer Verkleinerung des Abstandes wird sich die Winkelgeschwindigkeit vergrößern.

Diese Gesetzmäßigkeit läßt sich mit Hilfe des Wirblers auf folgende Weise zeigen: Man spannt die Feder f [Fig. 1] durch Hinaufschieben des Spanners s bis zum Einschnappen des Halters h und dreht die Kurbel k , bis sich die Flügel fl vermöge der auftretenden Fliehkraft seitwärts stellen. Jetzt läßt man die Kurbel k los, so daß sich das System nach dem Trägheitsgesetz von selbst weiter dreht und stößt den Drücker d , wenn die Flügel noch gerade seitwärts stehen, nach innen. Dadurch wird der Halter gehoben, so daß die Feder die Flügel schnell nach unten drückt. Während sich diese bei der Seitwärtsstellung nur langsam drehen, erfolgt bei der Abwärtsstellung die Drehung außerordentlich rasch. Die Umdrehungs-

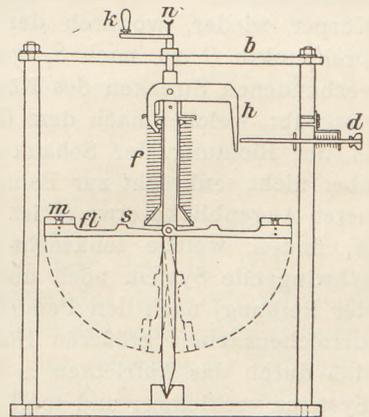


Fig. 1.

⁵⁾ Das Goniometer wird auch von der Firma Kroeplin in Pinneberg (Holstein) zum Preise von 3 M angefertigt.

geschwindigkeit kann mit Hilfe eines Tourenzählers bestimmt werden, der sich bei n auf die Achse aufsetzen läßt.

Besonders interessant ist es, den Kampf zwischen der Spannkraft der Feder und den auftretenden Fliehkräften zu beobachten, wenn man nach Spannung der Feder das System in rasche Drehung versetzt. Löst man dann den Halter h durch Drücken bei d aus, so vermag zunächst die Feder die Flügel überhaupt nicht hinabzustoßen. Erst wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit hinreichend klein geworden ist, beginnt das Senken der Flügel. Dadurch wird aber sofort wieder, da das Trägheitsmoment verkleinert worden ist, die Drehgeschwindigkeit und damit auch die Fliehkraft vergrößert, so daß die Feder die Flügel nicht weiter hinunterdrücken kann. Erst wenn sich durch die Reibung die Geschwindigkeit weiter verringert hat, beginnt erneutes Hinunterbewegen, bis schließlich die Federwirkung überwiegt und nun die abwärtsstehenden Flügel in raschem Wirbel umgedreht werden.

Die durch die Gleichung $\frac{w_1}{w_2} = \frac{r_2}{r_1}$ angegebene Beziehung wird vom Menschen unwillkürlich befolgt bei Bewegungen des Körpers, welche bezwecken, eine möglichst große Umdrehungsgeschwindigkeit zu erzielen, so z. B. vom Schlittschuhläufer, der die Arme plötzlich an den Körper andrückt, wenn er sich rasch im Wirbel drehen will; beim Salto Mortale in der Luft, bei dem die beim Absprung vorhandene schwache Drehung durch die ruckweise erfolgende Zusammenziehung des Körpers beschleunigt wird. Auch beim Kniehangumschwung am Reck tritt bei der Aufwärtsbewegung durch Körperverkürzung eine Beschleunigung des Umschwungs ein.

2. Der Schaukler, ein Apparat zur Demonstration der Vorgänge beim Schaukeln.

Beim Schaukeln geht man in dem Augenblicke, wo man die höchste Lage eben erreicht hat, in die Kniebeuge, um Schwung zu holen, d. h., man verlegt den Schwerpunkt des schwingenden Systems (Körper und Schaukel) weiter vom Drehpunkte weg nach (S) [Fig. 2]. Das Drehmoment, mit dem die Erdanziehung die Schaukel gleichsam herunterreißt, wird dadurch gegenüber der gestreckten Lage des Körpers vergrößert. Die erzielte kauende Stellung verhilft somit zu einem kräftigen Anschwingen. Während des Schwingens streckt sich aber von der Mittellage ab der Körper wieder, wodurch der Schwerpunkt des schwingenden Systems nach dem Drehpunkte D zu nach S_1 verlegt wird. Bei diesem mit einer Muskelanstrengung verbundenen Strecken des Körpers wird aber ein Druck auf den Schaukelboden (B) ausgeübt, welcher nach dem Gesetze von Wirkung und Gegenwirkung einen Zug (Z) in der Richtung der Schaukelstange nach D zu zur Folge hat. Dieser Zug wirkt aber nicht senkrecht zur Bahn des Schwerpunktes (S), deren Mittelpunkt im gezeichneten Augenblicke etwa M ist. Man kann deshalb zu dieser Kraft Z eine Komponente K_1 finden, welche senkrecht zum Bahnradius MS_1 wirkt. Die Kraft K_1 treibt das schwingende System noch über die Lage DB hinaus, in welche es (abgesehen von der Reibung) nach den Pendelgesetzen kommen würde. Eine andere Erklärung des Erreichens einer größeren Höhe als die des Ausgangspunktes bietet der Umstand, daß durch das Aufrichten in der Mittellage das Trägheitsmoment des schwingenden Systems verkleinert und folglich die Winkelgeschwindigkeit der Schaukel vergrößert wird. Außerdem wird durch das Strecken des Körpers das Drehmoment, mit dem beim Hinaufschwingen die Erde den Schwerpunkt in die stabile Lage zurückzubringen bestrebt ist, gegen die Anfangslage verkleinert (vgl. Kohlrausch, Physik des Turnens, und Tesar, Die Mechanik).

Rechnerisch läßt sich die größere Ausschwingungsweite ermitteln, wenn man die Beziehungen beim mathematischen Pendel anwendet und annimmt, daß das Schwungholen dadurch geschieht, daß sich der Schaukelnde beim Durchgange durch die tiefste

Lage plötzlich aufrichtet. Gibt man nämlich dem Pendel die Länge l und nimmt als Anfangselongation den Winkel α an [Fig. 3], so kommt die Masse M_1 in der tiefsten Lage M_2 mit der Geschwindigkeit $v = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2}$ an. Wird nun in dieser Lage die Pendellänge plötzlich auf den Betrag l_1 verkürzt, so bewegt sich die Masse zwar von einem höheren Niveau (M_3) aus, aber mit der bei M_2 erlangten Horizontalgeschwindigkeit v . Die Masse muß also von diesem neuen Niveau um denselben Betrag (h) beim Emporschwingen gehoben werden, um den sie sich beim Herabfallen

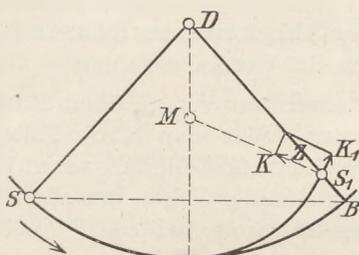


Fig. 2.

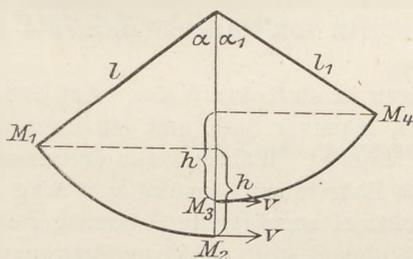


Fig. 3.

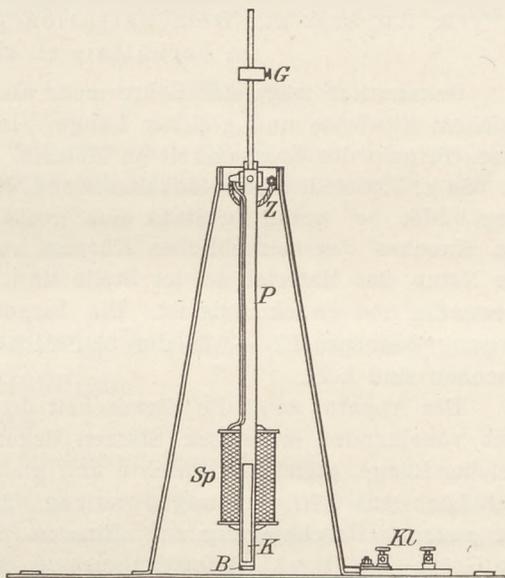


Fig. 4.

von M_1 auf M_2 gesenkt hatte. Daß hierdurch die Elongation α_1 beim Hinaufschwingen größer als die Anfangsweite α wird, erkennt man aus der Gleichung:

$$l_1 - l_1 \cos \alpha_1 = h = l - l \cos \alpha$$

$$l_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2} = l \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{\sin \frac{\alpha_1}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\sqrt{l}}{\sqrt{l_1}}$$

welche Beziehung auch aus Gleichung I) folgt. Da nun $l_1 < l$ ist, so folgt $\alpha_1 > \alpha$.

Mit Hilfe des in Fig. 4 dargestellten Apparates läßt sich der Vorgang des Schaukelns nachahmen. Das Pendel P ist so eingerichtet, daß durch Einziehen eines massiven Eisenkerns K in die Spule Sp der Schwerpunkt des schwingenden Systems geändert werden kann. Zu diesem Zwecke schaltet man zwischen die Zuführungsklemmen Kl und die Stromquelle, die bei etwa 12 Volt E.-M.-K. 6 Amp. liefern muß, einen Taster ein. Dieser Taster muß möglichst so beschaffen sein, daß er beim Niederdrücken den Strom ausschaltet, weil man zur sicheren und bequemen Bedienung des Apparates sich in die Lage des Schaukelnden hineinsetzen muß. Jedem Kniebeugen zum Schwungholen entspricht ein Niederdrücken des Tasters und diesem ein Herabfallen des Eisenkernes K gegen den Boden B .

Man bringt zunächst das Pendel durch Anstoßen in mäßige Schwingung, drückt jedesmal, wenn es die höchste Lage eben erreicht hat, den Taster nieder, den man

losläßt, wenn das Pendel die Mittellage durchläuft — immer in Gedanken die Bewegungen des Schaukelnden nachahmend. Die Schwingungen des Pendels werden größer und größer. Läßt man umgekehrt den Kern herunterfallen, wenn das Pendel die Mittellage durchheilt und ihn in den Höchstpunkten hinaufziehen, so werden die Schwingungsweiten sofort kleiner. Diese vergrößern sich aber wieder, wenn man in der richtigen Weise „elektrisch Schwung holt“.

Das Gegengewicht G bezweckt, die Schwingungsdauer des schwingenden Systems zu vergrößern, damit man Zeit hat, den Strom zur richtigen Zeit aus- bzw. einzuschalten.

3. Apparat zur Demonstration der Tragfähigkeit von Röhren im Verhältnis zu massiven Stäben.

Bekanntlich trägt eine Röhre mehr als ein massiver Stab von gleichem Material, gleichem Gewichte und gleicher Länge. In der Natur findet man öfters Fälle, wo dieses Prinzip der Sparsamkeit an Material bei hoher Leistungsfähigkeit verwirklicht ist. So z. B. bei den Getreidehalmen und den Federkielen der Vögel, die als Röhren ausgebildet, bei wenig Substanz eine große Biegefestigkeit besitzen. Auch bei den Knochen des menschlichen Körpers zeigt sich in schöner Weise das Bestreben der Natur, das Material an der Stelle und in der Anordnung zu verwenden, wo es notwendig und zweckmäßig ist. Die langen Knochen (Arm und Bein) werden auf Biegung beansprucht — in der neutralen Schicht ist mit Material gespart — die Knochen sind hohl.

Der Apparat zeigt die Eigenschaft der Röhren in einfacher Weise. Auf gleichweit voneinander entfernten Stützen liegen: ein massiver Stab und ein Rohr von gleicher Länge, gleichem Gewichte und gleichem Material. Während nun der massive Stab höchstens 0,7 kg zu tragen vermag, läßt das Rohr eine Belastung von 5 kg bis zur gleichen Durchbiegung zu. Eine an den Stützen angebrachte Schnur gestattet die Größe der Durchbiegung zu messen, so daß das Gestell auch zur Bestimmung von Elastizitätskoeffizienten verwendet werden kann.

4. Reflektor für Körperwärme.

Der menschliche Körper strahlt beständig Wärme aus, und zwar ist der lediglich durch Strahlung stattfindende Wärmeverlust im Verhältnis zu den anderen Wärmeausgaben des Körpers außerordentlich groß (nach Schätzungen 1700 Kalorien in 24 Stunden). Die vom Körper ausgestrahlte Wärme geht ihm verloren, wenn sie nicht reflektiert wird. Mit Hilfe des Reflektors für Körperwärme läßt sich die eigene ausgestrahlte Wärme sehr deutlich empfinden. Der „Reflektor“ besteht aus einer hinreichend weiten, innen mit Nickelpapier belegten Röhre, wozu noch eine Absorptionsröhre für Wärmeaufnahme hinzugefügt wird. Hält man den entblößten Arm in die innen mit Nickelpapier ausgekleidete Röhre, so hat man eine starke Wärmeempfindung. Die metallische Oberfläche reflektiert die vom Arm ausgehenden Wärmestrahlen nach diesem zurück. Im Gegensatz dazu hat man das Gefühl der Kühle, wenn man den Arm in die innen geschwärzte Röhre bringt. Hier werden von dem schwarzen Überzug die Wärmestrahlen stark absorbiert, so daß die Wärmeausstrahlung des Armes begünstigt wird.

5. Apparat zum Nachweis des Einflusses der Umgebung auf den Wärmezustand eines Körpers.

Über einen Eisendraht AB [Fig. 5] wird ein Rohr R , das innen mit Nickelpapier beklebt ist, so geschoben, daß es den Draht nicht berührt. Schickt man durch den Draht einen elektrischen Strom von geeigneter Stärke, so glüht er innerhalb der Röhre, während er außerhalb derselben noch vollständig dunkel ist. Verschiebt man die

Röhre, so wandert die glühende Stelle mit ihr. Der Draht ist nur an dem einen Ende festgeklemmt, während das andere Ende, über eine Rolle geführt, mit einem Gewichte beschwert ist. An diesem Gewichte ist gleichzeitig eine Stromzuführungsklemme (K_1) angebracht. Diese Vorrichtung erhält den Draht bei jeder Temperatur straff gespannt, so daß man die in einer Schlittenführung gehende Röhre ohne Gefahr der Berührung mit dem heißen Drahte verschieben kann.

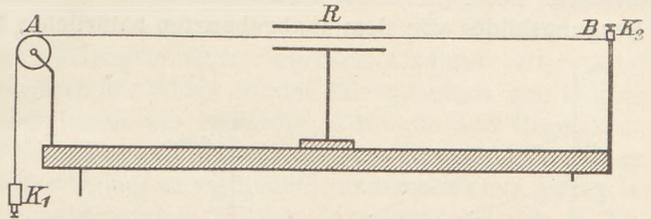


Fig. 5.

Das Gestell läßt sich noch verwenden zur Bestimmung der Ausdehnung von Drähten bei verschiedenen Stromstärken und Belastungen. Zu dem Zwecke ist die Rolle A mit einem Zeiger versehen, der an einer Skala entlang läuft*).

Durchlässige Gitter zur Herstellung lichtstarker Interferenzerscheinungen.

Von

Prof. Dr. **K. Lichtenecker** in Reichenberg, Deutschböhmen.

Herr M. WOLFKE hat jüngst gezeigt¹⁾, daß durchlässige Gitter, d. h. diejenigen Gitter, bei denen die Gitterstäbe noch merkliches Licht hindurchlassen, sich bezüglich ihrer primären Bilder nicht wesentlich von den undurchlässigen unterscheiden. „Die Hauptlichtmaxima werden sich bei beiden Gitterarten an denselben Stellen befinden, nur bei den durchlässigen Gittern werden sie nicht so scharf auftreten wie bei den undurchlässigen.“

Dies veranlaßt mich, subjektive und objektive Demonstrationsversuche mitzuteilen, die ich bereits früher mit stark durchlässigen Gittern angestellt habe; sie zeichnen sich sämtlich durch eine große, bei Versuchen mit undurchlässigen Gittern naturgemäß nicht erreichbare Lichtstärke aus.

I. Subjektive Versuche.

Ich verwende farblose oder farbig gelatinierte Zelluloidfilme, die eine aufgewalzte Riefung tragen. Die Beschaffenheit der letzteren ermöglicht es, die mittlere Wellenlänge des weißen Lichtes, bzw. des von der farbigen Gelatine durchgelassenen Spektralbereichs ohne irgendwelche andere Hilfsmittel als eine Latte und einen Kartonstreifen mit Millimeterteilung auf 5% des Wertes zu bestimmen. Da die Berechnung sich außerdem auf die Auflösung einer einfachen Proportion aus den abgelesenen drei Werten beschränkt, möchte ich diesen quantitativen „Freihandversuch“, deren es auf dem Gebiete der Interferenz des Lichtes nicht allzu viele gibt, bekanntgeben.

Blickt man durch eine solche geriefte Zelluloidplatte etwa aus ein bis zwei Meter Entfernung gegen eine Kerze, so bietet sich der Anblick einer Schar scharf voneinander abgetrennter, in gleichen Abständen aneinandergereihter Flammenbilder dar. Bei Verwendung einer Einfadenlampe an Stelle der Kerze gleicht die Erscheinung

*) Die Apparate werden von der Firma Koch & Sterzel in Dresden-A 7 geliefert, die Preise betragen für Nr. 1 M 60,—, Nr. 2 M 62,—, Nr. 3 M 22,—, Nr. 4 M 12,—, Nr. 5 M 25,—.

¹⁾ Ann. d. Phys. **37**, S. 801, 1912.

vollkommen der photographischen Aufnahme Fig. 3. Die Behandlung der Erscheinung wird sich nach Neigung und nach dem Niveau des Unterrichtes verschieden gestalten; sie ist auch mit der elementarsten Vorstellung von der Beugung an einem Spalt erfassen. Die Figur 1 läßt unmittelbar erkennen, daß, wenn L der Abstand des ersten Beugungsbildes von dem unabgebeugten natürlichen Flammenbilde ist, A der Abstand

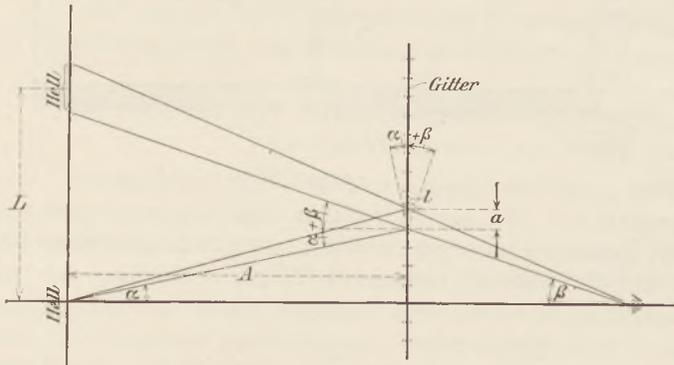


Fig. 1.

der Lichtquelle von dem Film, a der Abstand zweier Riefen, also die Gitterkonstante, und schließlich l die Lichtwellenlänge der durchgelassenen Farbe, die Proportion besteht:

$$l \cdot a = L \cdot A.$$

Soll nämlich in einer Visierichtung maximale Helligkeit zustande kommen, so müssen sich die Wege der Lichtstrahlen, die durch zwei gleich-

gelegene Punkte benachbarter Riefen hindurchgehen, um die Wellenlänge der verwandten Farbe — oder um ein Vielfaches davon — unterscheiden. Dieser Wegunterschied ist, wie man aus der Abbildung ersieht, zwar eine gebrochene Strecke; wegen der außerordentlichen Kleinheit der Winkel α und β begeht man jedoch keinen merklichen Fehler, wenn man l als eine einzige, auf dem Gitter senkrecht stehende Strecke ansieht. Dann erhält man zwei ähnliche Dreiecke, ein großes und ein kleines, die L bzw. l zur Grundlinie und A bzw. a zur Höhe haben.

Klebt man an das eine Ende einer Latte von der Länge A einen kleinen, etwa zehn bis zwanzig Zentimeter langen Maßstab, an das andere Ende ein kleines Stückchen des gerieften Films, so ist die Vorrichtung zur Lichtwellenlängenmessung fertig.

Eine solche Vorrichtung, wie sie Verfasser für seine phys. Übungen hergerichtet hat, zeigt Fig. 2. Auf einer ausziehbaren Latte, an der A abgelesen wird, ist einer-

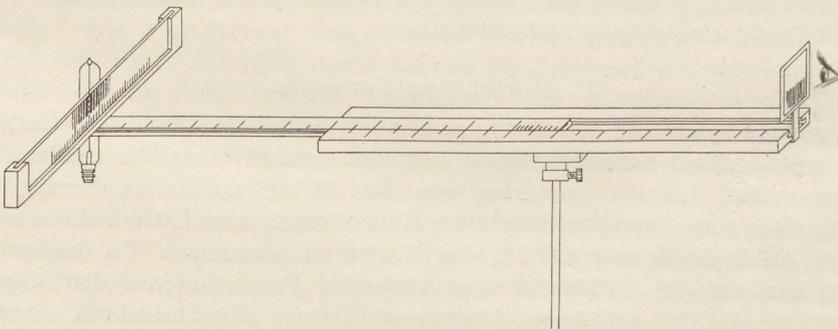


Fig. 2.

seits ein Maßstab auf Milchglas mit kräftigen Teilungsstrichen, die aber nur die untere Hälfte der Fläche einnehmen, angebracht, andererseits ein Metallrähmchen, in dessen untere Hälfte ein kleines Stück des Zelluloidgitters eingespannt ist. Unmittelbar an den Mischglasmaßstab bringt man die Einfadenlampe oder eine andere passende Lichtquelle heran. Blickt man dann durch das kleine Metallrähmchen gegen die Milchglaskala, so sieht man einerseits durch die obere freie Hälfte des Gesichtsfeldes die Teilung auf der Milchglasscheibe, andererseits durch das Gitter die Beugungsbilder der Faden-

lampe, und kann nun durch Abzählen einer größeren Anzahl von Bildern den Abstand zweier benachbarter Beugungsbilder — L — mit beträchtlicher Genauigkeit messen. Zur Bestimmung der Gitterkonstante a nimmt man entweder das Metallrähmchen von der Latte ab und mißt mit einer Lupe direkt, oder man beläßt die ganze Anordnung beisammen und setzt zwischen Gitter und Milchglas eine Linse, die die entsprechend beleuchteten Gitterriefen auf dem Milchglas stark vergrößert abbildet. Hierauf mißt den Abstand einer Anzahl von Streifen des Bildes auf der Milchglasskala und bestimmt dann den wahren Abstand zweier Riefen aus Bildgröße, Bildweite und Gegenstandsweite. Die Gitterkonstante ist einerseits groß genug, um eine störende Überdeckung der Beugungsbilder durch Farbenzerlegung zu verhindern, anderseits klein genug, um bei Entfernungen von 1—2 m bereits deutlich auseinandergelegte, bequem meßbare Bilder zu liefern. Die Riefung kann mit freiem Auge wahrgenommen und die Gitterkonstante mit einer einfachen Lupe gemessen werden. Bei einem derartigen Freihandversuch mit einem orangegelben Film war:

$$a = 0,15 \text{ mm}, \quad A = 142 \text{ cm}, \quad L = 6,33 \text{ mm}$$

hieraus

$$l = \frac{a \cdot L}{A} = \frac{0,15 \cdot 6,33}{1420} = 0,000668 \text{ mm}$$

Ein solches Stückchen Film bietet einem Schüler, der Freude am Beobachten hat, eine Menge von Fragen, auf die er auch selbst die Antwort finden kann. Zunächst wird er sich davon überzeugen, daß die Entfernung des Auges von dem Film, die in die Formel zur Berechnung der Wellenlänge nicht eingeht, tatsächlich keinen Einfluß auf die Erscheinung hat, dagegen der Abstand der Beugungsbilder proportional mit dem Abstand des Films von der Lichtquelle wächst. (Bestimmung der Lage einer Lichtquelle in einem nicht zugänglichen Gehäuse.) Bei Drehung des Films um die Schrichtung als Achse dreht sich das ganze System der Beugungsbilder um dieselbe Achse, bei einer Drehung um eine zu den Riefen parallele Achse rücken die Bilder weiter auseinander. Besitzt der Gelatinefarbstoff des Filters einen ausgeprägten breiten Absorptionsstreifen, so können getrennte Beugungsbilder verschiedener Farben auftreten, usf. Es kann sich an dieser Stelle nur darum handeln, auf die Mannigfaltigkeit der Anregungen hinzuweisen, die das kleine Blättchen, mit dem man alle Zuhörer beteilen kann, bietet.

II. Objektive Versuche.

Mit jeder primitiven Sammellinse läßt sich die Erscheinung objektiv machen und ebenfalls messend verfolgen. Die beigegebene Photographie (Fig. 3) zeigt die Abbildung des Beugungsbildes einer Einfadenlampe, mit einem Objektiv von 22 cm Brennweite aufgenommen. Unmittelbar vor der Linse war der geriefte Film aufgestellt. Verwendet man Autochromplatten, so lassen sich die Beugungsbilder und ihre spektrale Zerlegung bis über die 15. Ordnung hinaus verfolgen und mit der Projektionslampe vorführen.

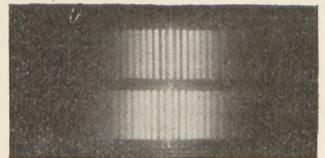


Fig. 3.

Außerordentlich lichtstarke Beugungsbilder erhält man mit Projektionslampe, Spalt und Linse. Nachdem auf dem Schirm ein scharfes Bild des mit parallelem Lichte beleuchteten Spaltes entworfen ist, braucht man nur ohne weiteres den rastrierten Film irgendwo in den Strahlengang zwischen Linse und Projektionsschirm hineinzuhalten, um ein leuchtendes, im größten Auditorium sichtbares System von farbigen Beugungsbildern zu erhalten. Die Berechnung der „mittleren“ Lichtwellenlänge des weißen Lichtes aus der elementaren Proportion gelingt mit Hilfe dieser Beugungsbilder bequem und mit derselben Genauigkeit wie mit dem Abbe-Winkel-

mannschen Doppelprisma; die hier beschriebene Anordnung hat aber, abgesehen davon, daß sie keine Kosten verursacht, den Vorzug einer viel einfacheren Ableitung und insbesondere den einer reichlich hundertmal größeren Helligkeit. Ich erhielt bei wiederholten Demonstrationen stets Werte zwischen $0,56$ und $0,60 \mu$ mit dem weißen Licht des Kohlekraters. Das Gitter ist so lichtstark, daß man den Versuch mit dem monochromatischen Licht einer Natriumflamme vorführen kann. Sollen keine quantitativen Versuche gemacht werden, so kann man einfach ein rotes oder ein blaues Glas zwischen Spalt und Linse halten; man erkennt dann auf 12 m deutlich in dem einen Fall die weiten, im anderen die engen Streifen des Beugungsbildes. Hat man ein Filter, das zur Hälfte aus rotem, zur Hälfte aus blauem Glase besteht, so daß man beide Streifensysteme gleichzeitig vorführen kann, so wird die Erscheinung besonders eindrucksvoll*).

Versuchsanordnung zur Bestimmung des elektrochemischen Äquivalents durch Widerstandsmessung.

Von

W. Stephan, Neuwied.

An zwei früheren Stellen dieser Zeitschrift (Heft III und V, 1910) ist ein von mir angegebene Coulombmeter behandelt, bei welchem die zeitraubende und lästige Wägung der Kathode durch eine Widerstandsmessung ersetzt wird. Da der Apparat mit geringen Strommengen arbeitet, ist nach der dort beschriebenen Anordnung (Strommessung durch Milliamperemeter und Uhr, Widerstandsmessung durch Strom- und Spannungsabfall) ein verhältnismäßig empfindliches Meßinstrument erforderlich. Dies wird entbehrlich, wenn, wie im folgenden beschrieben werden soll, die zur Elektrolyse aufgewandte Strommenge durch ein geeignetes Knallgasvoltameter und die Widerstandsänderung der Kathode in der Wheatstoneschen Brücke gemessen wird.

Ich beginne mit der Beschreibung des Voltameters, welches sowohl wegen der Einfachheit der Herstellung als wegen der besonderen Art, das Knallgasvolumen zu messen, selbständiges Interesse verdienen dürfte.

Ein Knallgasvoltameter für kleine Elektrizitätsmengen hat bereits Herr P. Spies beschrieben¹⁾. Derselbe mißt in einem Hofmannschen Apparat mit kapillarem Steigrohr die kleinen abgeschiedenen Gasmengen durch das Volumen der von ihnen verdrängten Flüssigkeit. Dabei ist die Angabe des Instruments wegen des Überdrucks der gehobenen Flüssigkeitssäule von der Steighöhe abhängig. Herr Spies gibt an, wie durch Anschließen einer kleinen Luftpumpe mit Manometer der Überdruck beseitigt werden kann. Wird diese Zusatzapparatur fortgelassen, so bleibt in dem Ausdruck für das entwickelte Knallgasvolumen ein Korrektionsglied, welches bei größeren Steighöhen nicht unbeachtet bleiben darf.

Diese Abhängigkeit der Voltameterkonstante von der Steighöhe läßt sich vermeiden, indem die Knallgasmenge nicht durch das Volumen der verdrängten Flüssigkeit, sondern durch die Druckzunahme im Zersetzungsgefäß gemessen wird.

Es sei in Fig. 1 in dem abgeschlossenen Gefäß G ein Gasvolumen V unter dem Druck der Atmosphäre abgesperrt. Wird dasselbe um ein Volumen v vermehrt, so steigt in dem offenen kommunizierenden Rohre R mit dem Querschnitt q die Flüssigkeitssäule um die Höhe h ; gleichzeitig sinkt in G der Flüssigkeitsspiegel um $\Delta h = h \cdot \frac{d^2}{D^2} = h \cdot \epsilon$, wenn d der Durchmesser des Steigrohrs, D der des Ge-

*) Den fertigen Apparat liefert Max Kohl, Chemnitz.

¹⁾ Sitzung der phys. Abt. d. 79. Vers. Deutscher Naturforscher u. Ärzte, Dresden 1907, mitget. i. d. Bericht. d. Deutsch. Phys. Gesellsch. 1907, S. 485.

fäßes G ist. Bedeutet H die einer Atmosphäre entsprechende Druckhöhe der Flüssigkeit, so wird

$$\frac{V+v}{1+\frac{h(1+\epsilon)}{H}} - V = q \cdot h$$

Hieraus:

$$\begin{aligned} v &= V \frac{h(1+\epsilon)}{H} + q \cdot h + q \cdot \frac{h^2(1+\epsilon)}{H} \\ &= h \left(\frac{V(1+\epsilon)}{H} + q \right) \cdot \left(1 + \frac{q \cdot h(1+\epsilon)}{\left(\frac{V(1+\epsilon)}{H} + q \right) \cdot H} \right) \end{aligned}$$

$\frac{V(1+\epsilon)}{H}$ hat die Bedeutung eines Querschnitts, welchen das Anfangsvolumen V bis zur Höhe $\frac{H}{1+\epsilon}$ füllen würde; wird derselbe mit Q bezeichnet, so erhält man:

$$\text{I.} \quad v = h(Q+q) \left(1 + \frac{q \cdot h(1+\epsilon)}{(Q+q)H} \right)$$

Es sind nun zwei extreme Fälle möglich.

Erstens sei das abgesperrte Anfangsvolumen $V = 0$, dann wird:

$$\text{II.} \quad v = h \cdot q \left(1 + \frac{h(1+\epsilon)}{H} \right)$$

Das Volumen v wird hier durch das Volumen $h \cdot q$ der im Rohre R emporgestiegenen Flüssigkeitssäule gemessen. Das Korrektionsglied $\frac{h}{H}$ erreicht bei 15% H_2SO_4 -Lösung und einer Steighöhe von 15 cm den Wert

$$\frac{15}{936} = 1,6 \%$$

Dieser erste Fall liegt bei dem von Herrn Spies angegebenen Voltmeter vor. Zweitens sei q verschwindend klein gegen Q , dann wird:

$$\text{III.} \quad v = h \cdot Q = \frac{h}{H} \cdot V$$

$\frac{h}{H}$ mißt offenbar die Druckzunahme im Gefäß G , und das Steigrohr dient als Manometer.

In diesem zweiten Falle ist v streng proportional der Steighöhe h .

In der wirklichen Ausführung muß nun das Manometerrohr einen gewissen endlichen Querschnitt q besitzen, und es gilt die allgemeine Gleichung I. Es läßt sich aber leicht durch passende Wahl von V und q sowie des Verhältnisses $\frac{d}{D}$ erreichen, daß bei vorgeschriebener Empfindlichkeit das Korrektionsglied $\frac{q}{Q+q} \cdot \frac{h(1+\epsilon)}{H}$ unter einer für die Messung in Betracht kommenden Grenze bleibt. Ist etwa das Anfangsvolumen $V = 50$ ccm, die Weite der Kapillare gleich 1 mm, also $q = 0,00785$ qcm, und $\epsilon = 0,001$ ($D = 30$ mm), so wird:

$$Q = 0,0535 \text{ qcm}, \quad Q+q = 0,0613 \text{ qcm}$$

und für $h = 15$ cm:

$$\frac{q}{Q+q} \cdot \frac{h(1+\epsilon)}{H} = 0,2 \%$$

Durch die Einführung eines Anfangsvolumens V ist die Größe des von h herührenden Korrektionsgliedes auf den $\left(1 + \frac{Q}{q} \right)$ ten Teil herabgedrückt und kann bei

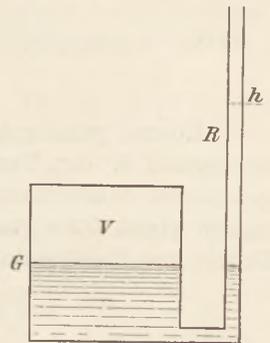


Fig. 1.

geeigneten Abmessungen des Apparates unberücksichtigt bleiben. Unter dieser Voraussetzung geht Gleichung I über in:

$$\begin{aligned} \text{IV.} \quad v &= h \left(\frac{V(1+\epsilon)}{H} + q \right) \\ &= h(Q+q) = h \cdot Q' \end{aligned}$$

Ebenso günstig ist die Anordnung gegenüber den Korrekturen aus dem Barometerstand b , der Temperatur und der Dampfspannung. Ist s die Spannung des gesättigten Wasserdampfes bei t^0 und wird die der Schwefelsäurelösung nach Kohlrausch gleich $0,9s$ gesetzt, so wird, wenn V vorher mit der äußeren Atmosphäre im Druck- und Temperaturgleichgewicht war, unter Berücksichtigung aller Korrekturen:

$$v = h \cdot \frac{Q'}{1+\alpha t} \left(1 + \frac{q}{Q'} \cdot \frac{h(1+\epsilon)}{H} + \frac{q}{Q'} \cdot \frac{\Delta b - 0,9s}{760} \right)$$

wenn

$$\Delta b = b - 760$$

Durch ein hinreichend kleines $\frac{q}{Q'}$ läßt sich also auch der Einfluß des Barometerstandes und des Dampfdrucks beseitigen. Es bleibt zunächst:

$$v = h \cdot \frac{Q'}{1+\alpha t}$$

Wird nun der Wert von $\frac{Q'}{1+\alpha t}$ bei 15^0 mit Q_{15} bezeichnet, so erhält man:

$$v = h \cdot Q_{15} \cdot \frac{1+\alpha \cdot 15}{1-\alpha \cdot t}$$

oder hinreichend nahe:

$$v = h \cdot Q_{15} (1 - \alpha \cdot \Delta t)$$

wenn $\Delta t = t - 15$.

Wohl bei allen Versuchen wird die Arbeitstemperatur nahe genug an 15^0 liegen, um auch diese letzte Korrektur verschwinden zu lassen. So wird schließlich:

$$\text{V.} \quad v = h \cdot Q_{15}$$

Die Apparatkonstante Q_{15} ist durch Eichung zu bestimmen.

Die Ausführung des Knallgasvoltameters ist folgende:

Das zylindrische Zersetzungsgefäß G (Fig. 2) kommuniziert mit dem kapillaren Manometerrohr R . Durch den Hahn H kann das abgesperrte Gasvolumen vor der Elektrolyse in Gleichgewicht mit der Außenluft gebracht werden.

Die Elektroden sind seitlich eingeführt. Da das Voltameter nur schwache Ströme aufzunehmen hat, bestehen sie aus Platindrähten, welche quer zur Achse nahe nebeneinander angeordnet sind. Die Stromzuleitung erfolgt durch Kupferdrähte, welche mit den Platinelektroden verlötet, in Glasröhrchen eingekittet und mit diesen durch Gummistopfen geführt sind (Fig. 3).

Das Manometerrohr, welches in Fig. 2 aus der Ebene der Zeichnung um 90^0 herausgedreht zu denken ist, trägt eine Millimeter-Teilung und ist ähnlich wie bei den Stabthermometern

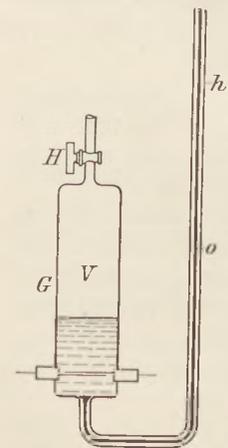


Fig. 2.

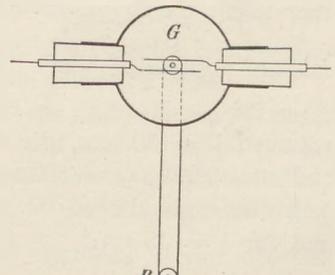


Fig. 3.

mit weißem Schmelzglase hinterlegt. Der Flüssigkeitsmeniskus steht am Nullpunkt der Teilung, wenn das Voltameter bis zu einer am Gefäß G angebrachten Eichungs-

marke gefüllt ist, welche ein bestimmtes, über der Flüssigkeit abgesperrtes Gasvolumen angibt.

Die Eichung des Instruments kann unmittelbar nach Coulombs erfolgen. Da 1 Coulomb 0,174 ccm Knallgas entwickelt, so ergibt sich nach Gleichung V für die Strommenge $i \cdot t$:

$$i \cdot t = h \cdot \frac{Q_{15}}{0,174} \quad \text{und wenn} \quad \frac{Q_{15}}{0,174} = C_{15}$$

gesetzt wird:

$$\text{VI.} \quad i \cdot t = h \cdot C_{15}$$

Bei einer etwa notwendig werdenden Temperaturkorrektur ist C_{15} durch

$$C_t = C_{15} (1 - \alpha \cdot \Delta t)$$

zu ersetzen, wo $\Delta t = t - 15$.

Mit Hilfe des beschriebenen Knallgasvoltameters erfolgt nun die Messung des elektrochemischen Äquivalents nach folgender Anordnung (Fig. 4), bei welcher beispielsweise eine Netzspannung von 110 Volt angenommen ist. Bei anderer Spannung der Elektrizitätsquelle sind lediglich die Ballastwiderstände anders zu bemessen.

Die Leitung führt von der positiven Klemme über den Umschalter u zum Voltameter V und dann zur Anode A des Coulombmeters. Die Kathode K desselben ist unter Zwischenschaltung eines Widerstandes (Kohlenfadenlampe 110 V 10 HK) mit der negativen Klemme verbunden. Das Coulombmeter kann durch den Nebenschluß N kurzgeschlossen werden.

Die Kathode K bildet gleichzeitig einen Zweig der Brückenverzweigung. Als Vergleichswiderstand dient der Widerstand r von beiläufig 1 Ohm. Abgegriffen wird durch den von der zweiten Klemme des Umschalters u kommenden Leitungsdraht. Die Stromlosigkeit des Diagonalzweigs zeigt das Nullinstrument G an, nach dessen Empfindlichkeit ein hinter dem Umschalter liegender Zusatzwiderstand (Lampe) bemessen wird.

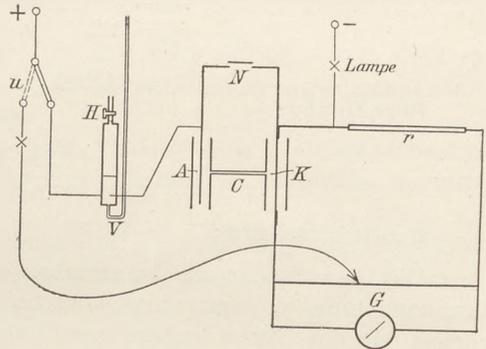


Fig. 4.

Vor dem eigentlichen Versuche wird das Coulombmeter kurzgeschlossen und die Flüssigkeitssäule im Voltameter über die im Versuche zu erwartende Höhe hinaus emporgetrieben; bei der durch Wegfall des Coulombmeterwiderstandes gesteigerten Stromstärke ist hierzu nur eine geringere Zeit nötig. Nach Abschaltung der Spannung wird das im Voltameter abgesperrte Gasvolumen mittels des Hahnes H wieder mit der äußeren Luft in Gleichgewicht gebracht. Indem so die Wandung des Manometerrohres von der Flüssigkeit benetzt ist, wird bei der folgenden Messung ein glattes und gleichmäßiges Ansteigen erreicht.

Der Nebenschluß N wird nun unterbrochen, der Umschalter u in Meßstellung gebracht (in Fig. 4 punktiert) und die Brücke auf Stromlosigkeit eingestellt. Die abgelesenen Teile des Meßdrahtes seien a_1, b_1 ; man berechnet $\frac{a_1}{b_1} = \beta_1$ oder entnimmt den Wert einer Tabelle (z. B. bei Kohlrausch).

Hierauf wird u auf Elektrolyse umgelegt (Stellung der Figur). Nach einigen Minuten wird wieder umgeschaltet, das Voltameter abgelesen und an der Meßbrücke das neue Verhältnis $\frac{a_2}{b_2} = \beta_2$ bestimmt.

Damit ist der Versuch beendet.

Nach der früher abgeleiteten Gleichung für das elektrochemische Äquivalent e (diese Zeitschrift 1910, Heft 3) ist unter Berücksichtigung der oben aufgestellten Gleichung VI:

$$e = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \cdot \frac{r(\beta_1 - \beta_2)}{w_0' - r(\beta_1 - \beta_2)} \cdot \frac{1}{h \cdot C_{15}}$$

$$= A \cdot \frac{r(\beta_1 - \beta_2)}{B - r(\beta_1 - \beta_2)} \cdot \frac{1}{h \cdot Q_{15}}$$

worin die Coulombmeterkonstanten

$$A = \frac{l^2 \cdot \mu \cdot s}{w_0'} \quad \text{und} \quad B = w_0'$$

vorher bestimmte und bekannte Größen sind.

Beispiel:

$$A = 1,812; \quad B = 0,835; \quad r = 1 \text{ Ohm}$$

$$\text{Voltmeterkonstante: } Q_{15} = 0,0613$$

$$C_{15} = \frac{Q_{15}}{0,174} = 0,352$$

Abgelesene Werte:

$$a_1 = 479, \quad b_1 = 521, \quad \beta_1 = 0,919$$

$$a_2 = 342, \quad b_2 = 658, \quad \beta_2 = 0,520$$

$$h = 14,2 \text{ cm.} \quad \beta_1 - \beta_2 = 0,399$$

Berechnung:

$$e = 1,812 \cdot \frac{1 \cdot 0,399}{0,835 - 1 \cdot 0,399} \cdot \frac{1}{14,2 \cdot 0,352}$$

$$= 0,332 \text{ mg/Coulomb.}$$

Fehlerkorrektion: $-0,8\%$.

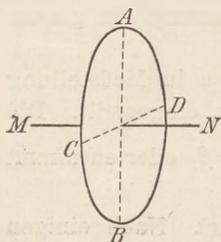
Das im vorstehenden beschriebene Knallgasvoltmeter, welches auf Messung der Druckzunahme im Zersetzungsgefäß beruht, ist unter Musterschutz gestellt und wird ebenso wie das früher angegebene Coulombmeter von Richard Müller-Uri, Braunschweig, geliefert.

Kleine Mitteilungen.

Kreiselregeln.

Von Prof. Dr. **Schicht** in Fiume.

Nachdem man am Bohnenbergerschen oder einem Fahrradkreiselapparat gezeigt hat, daß der ausbalancierte Kreisel gegen eine gewaltsame Änderung seiner Rotationsachse mit einer dazu normalen Ausweichung reagiert, die wiederum eine dazu normale, also jener gewaltsamen Achsendrehung entgegengesetzte Bewegungstendenz auslöst, erklärt man die Erscheinung an einem Modell, das aus einer weiß lackierten kreisrunden Holzscheibe besteht, die um eine durch ihren Mittelpunkt gehende polare Achse MN drehbar ist (s. Fig.). Der eine Endpunkt der Achse ist an einem geeigneten Stativ so angebracht, daß die Achse gehoben und gesenkt und auch im Kreise herumgeführt werden kann; der andere Endpunkt der Achse trägt einen um diese drehbaren Pfeil. An den Enden eines senkrechten und eines wagerechten Durchmessers sind am Umfang der Scheibe je drei verschieden gefärbte Pfeile so angebracht, daß sie um den betreffenden Durchmesser gedreht werden können, während ihre Länge so bemessen ist, daß man aus ihnen ein Kräfteparallelogramm bilden kann.



Nun zeigt man mit Hilfe der Pfeile in bekannter Weise, wie ein Heben oder Senken, Rechts- oder Linksschieben des freien Achsenendes Kraft- bzw. Geschwindigkeitskomponenten hervorruft, die ihrerseits wieder neue, der aufgezungenen Bewegung entgegenwirkende Bewegungstendenzen erzeugen.

Die Kreiselwirkungen lassen sich nun in folgende bequeme Regeln fassen, die am Modell leicht verifiziert werden können.

1. Man stellt den Pfeil am freien Achsenende so, daß er die der Kreiselachse aufgezungene Bewegung anzeigt. Wird er im Sinne der Kreiseldrehung um 90° umgelegt, so zeigt er die Richtung der Präzessionsbewegung an, eine abermalige Umlegung um 90° im gleichen Sinne gibt die Reaktion gegen die aufgezungene Bewegung.

2. Man bildet aus Daumen, Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand ein rechtwinkliges Achsenkreuz und denkt dasselbe so in den Kreisel gelegt, daß der Daumen nach dem positiven Ende der Kreiselachse, der Zeigefinger nach dem positiven Ende jener Achse zeigt, um welche die gewaltsame Drehung der Kreiselachse erfolgt. Dann gibt der Mittelfinger das positive Ende der Achse der Präzessionsbewegung an.

Als positiv gilt dabei jenes Achsenende, von dem aus die Drehung entgegen dem Uhrzeigersinne erscheint. Andernfalls hätte man statt der rechten die linke Hand zu nehmen.

3. Sinkt das eine Achsenende (etwa infolge der Schwerkraft), so weicht es im Sinne der Bewegung des untersten Scheibenpunktes aus, im entgegengesetzten Falle im Sinne des obersten Scheibenpunktes.

4. Ist der Kreisel, wenn er sich nicht dreht, im labilen Gleichgewicht, so präzessiert er im Sinne seiner Drehung; ist er im stabilen Gleichgewicht, so präzessiert er entgegen seiner Drehung.

5. Die allgemeinste Regel ist die Tendenz des Kreisels zum gleichsinnigen Parallelismus, d. h. der Kreisel sucht seine Drehachse so zu stellen, daß seine Rotation mit der ihm aufgezungenen Drehung übereinstimmt.

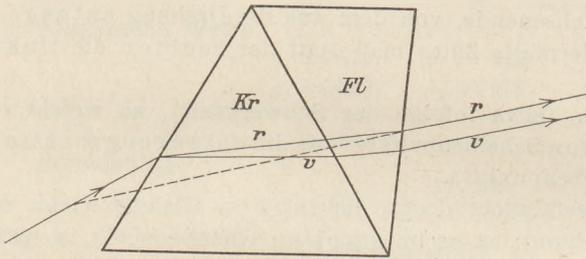
Die Behandlung der achromatischen Prismen in den Lehrbüchern der Physik.

Von Dr. **Schäfer** in Friedberg i. H.

Die achromatischen Prismen finden nirgends eine praktische Verwendung. Dennoch muß im Unterricht aus methodischen Gründen der Durchgang der Lichtstrahlen durch solche Prismen behandelt werden, um das Verständnis der für die technische Optik so wichtigen achromatischen Linsen zu ermöglichen.

Unterzieht man das Kapitel „achromatische Prismen“ in unsern Lehrbüchern einer eingehenderen Betrachtung, so findet man zunächst, daß die zur Veranschaulichung des Strahlengangs gezeichneten Figuren mitunter beträchtlich voneinander abweichen. Prüft man die Zeichnungen dann weiter auf ihre Richtigkeit, so wird man eine einwandfreie Konstruktion kaum finden. Von den Lehrbüchern scheiden hier diejenigen aus, die auf eine zeichnerische Darstellung des Strahlenverlaufs verzichten, wie Grimsehl, Warburg, Sumpf. Von den anderen, die über unsern Gegenstand eine Figur enthalten, waren mir die Werke von MÜLLER-POUILLET, POSKE, KLEIBER, DONLE und WAEBER-UNVERRICHT zur Hand. In dem Lehrbuch von DONLE vereinigen sich die in der Prismenkombination getrennt laufenden roten und violetten Strahlen in einem Punkt der Rückfläche des Flintglases zu einem austretenden weißen Strahl. Das ist offenbar falsch, denn der violette Strahl muß beim Austritt stärker abgelenkt werden als der rote, ganz abgesehen davon, daß der Einfallswinkel, unter dem er die Rückfläche des Flintglasprismas trifft, an sich schon größer ist als der des roten Strahls. Der DONLESCHEN Darstellung widerspricht auch die Beschaffenheit des mittels

achromatischer Prismen experimentell erzeugten Spaltbildes, das zwar weiß erscheint, dagegen immer noch einen an sich sehr schmalen, aber doch deutlich erkennbaren roten und einen violetten Rand besitzt. Dieser Tatsache tragen die übrigen angeführten Lehrbücher Rechnung, indem sie einen roten und einen zu ihm parallelen violetten Strahl austreten lassen. Bei WAEBER-UNVERRICHT liegt der Fehler darin, daß die Lichtstrahlen beim Übergang vom Kronglas- zum Flintglasprisma vom Lot weg gebrochen werden, während Flintglas doch optisch dichter als Kronglas ist. So ist nach POSKE der Brechungsindex der D -Linie für Luft und Kronglas 1,530, für Flintglas 1,635, der relative Brechungskoeffizient beider Medien, der durch Division der Werte der absoluten Brechungsquotienten erhalten wird, demnach 1,069. Diese Zahl weicht nur wenig von 1 ab, ist aber immerhin größer als 1, d. h. der Lichtstrahl wird beim Übergang von Kron- in Flintglas nur sehr wenig in seiner Richtung verändert, und zwar zum Einfallslot hin gebrochen. Die Strahlen könnten also höchstens geradlinig durch die Prismen hindurchgezeichnet werden, eine Brechung vom Lot weg dagegen ist unrichtig und wirkt verwirrend. Will man den wahren Strahlenverlauf andeuten, so muß eine Ablenkung zum Lot hin erfolgen. (Siehe die Fig.)



Eine derartige Zeichnung wird allerdings die tatsächlich auftretenden Richtungsveränderungen übertrieben darstellen, das ist aber schon bei jeder Figur der Fall, die die Strahlenbrechung im einfachen Prisma zum Ausdruck bringen will. Bei MÜLLER-POUILLET, POSKE, KLEIBER sind die beiden Prismen durch eine planparallele

Luftschicht getrennt. Die aus dieser Schicht in das Flintglasprisma eintretenden Strahlen sind zwar dem Lot zu gebrochen, doch ist der benutzte Brechungswinkel größer als der an der Rückfläche des Kronglases vorhandene Einfallswinkel, so daß auch hier beim Zusammenschrumpfen der Luftschicht auf die Dicke 0 die Strahlen beim Übergang von Kron- in Flintglas vom Lot abgebrochen erscheinen, also der gleiche Fehler vorliegt wie bei WAEBER-UNVERRICHT.

Ferner sind in den angeführten Werken die im Flintglas verlaufenden Strahlen parallel gezeichnet, zum mindesten ist ein deutlicher Richtungsunterschied nicht zu erkennen. Da aber erst die austretenden Strahlen gleichgerichtet sein sollen, muß wegen der größeren Brechbarkeit von violett der Einfallswinkel dieses Strahles an der Rückfläche des Flintglases kleiner als der des roten sein. In der beigegebenen Figur sind die im Flintglas verlaufenden Strahlen schwach divergent gezeichnet, doch ist diese Divergenz nur dann vorhanden, wenn der auf das Kronglas auftreffende Lichtstrahl einen größeren Einfallswinkel besitzt. Für kleinere Einfallswinkel dagegen verlaufen die Strahlen schwach konvergent. In diesem Fall liegen nämlich die Einfallswinkel der beiden die Rückfläche des Flintglasprismas treffenden Strahlen oberhalb des Lotes. Diese Strahlenwege ergeben sich, wenn man einen Lichtstrahl unter bestimmten Einfallswinkeln auf das Kronglas auftreffen läßt und dann für den roten und den violetten Strahl die verschiedenen Einfalls- und Brechungswinkel berechnet. Den Berechnungen wurden Prismen mit den brechenden Winkeln von 60° bzw. 35° zugrunde gelegt und die für die Winkel am Prisma geltenden Relationen benutzt.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuche zur Elektrolyse.¹⁾ Von E. GRIMSEHL. (*Unterrichtsb. für Math. und Naturwissensch.* 1913. Nr. 1).

1. Hilfsapparat zur Ausführung elektrolytischer Versuche. Der Apparat besteht aus einem etwa 30 cm langen und 10 cm breiten Grundbrett (Fig. 1), auf dessen äußeren Enden zwei Messingstangen befestigt sind, die am unteren Ende zwei Klemmschrauben tragen; die eine von diesen dient zur Zuleitung des elektrischen Stromes, die andere zur etwaigen Einschaltung eines Voltmeters. Auf jeder der beiden Stangen ist verschiebbar eine Klemmhülse mit einer hori-

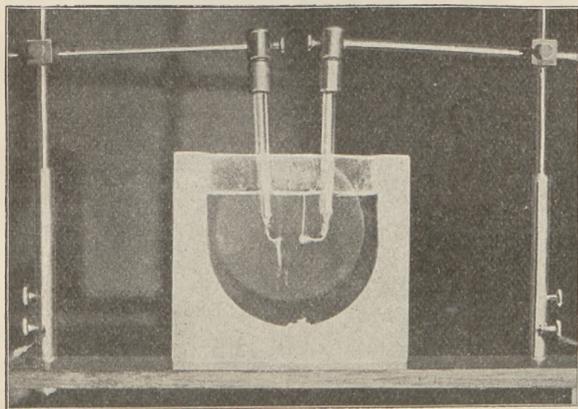


Fig. 1.

zontalen Bohrung angebracht, in die ein Messingstab eingeschoben wird. Das äußere Ende dieses Messingstabes trägt eine zylindrische Klemmhülse, in die Elektroden passender Form bequem eingesetzt werden können. Eine dieser Elektroden ist in Fig. 2 abgebildet. Sie besteht aus einer Messinghülse *H*, die am oberen Ende dünner abgedreht ist, so daß sie mit ihrem Ansatzstücke *A* in die zylindrischen Endstücke des Stativs paßt. In die Hülse *H* ist ein Glasrohr eingekittet, durch dessen Bohrung die Zuleitung zur eigentlichen Elektrode führt. Die Elektrode, in Fig. 2 ein Platinblech *E*, sitzt an einem Platindraht, der durch Hartlot an der Stelle *L* mit einem Kupferdraht *K* sicher und leitend verbunden ist. Der Kupferdraht *K* führt durch die Bohrung der Hülse *H* und des Ansatzstückes *A* und wird im oberen Ende durch

einen Tropfen Lötzinn mit der Hülse metallisch verbunden. Der Platindraht ist an dem unteren Ende des Glasrohres eingeschmolzen. In Fig. 1 sind in die zylindrischen Endstücke des Apparates Elektroden eingesetzt, die an ihren Enden horizontale Platindrähte tragen. Die Elektroden lassen sich außerordentlich leicht auswechseln sowie auch in beliebiger Höhe und in beliebigem Abstand voneinander in den Elektrolyten einsetzen.



Fig. 2.

Der in Fig. 1 dargestellte Versuch zeigt die Konzentrationsänderungen, die durch die Elektrolyse von konzentrierter Zinkchloridlösung entstehen. Zu Beginn des Versuches wird die linke Elektrode mit dem negativen, die rechte Elektrode mit dem positiven Pol einer Stromquelle verbunden. Dadurch scheidet sich links metallisches Zink ab, während rechts Chlor aufsteigt. Nach ungefähr zwei Minuten wird der Strom unterbrochen und dann im entgegengesetzten Sinne eingeschaltet. Dann findet durch die Auflösung des Zinks an der nunmehrigen Anode eine Konzentrationszunahme der Zinkchloridlösung statt und die konzentrierte Lösung sinkt nach unten. Durch die

Abscheidung des Zinks an der Kathode dagegen findet eine Konzentrationsabnahme statt und die leichter gewordene Zinkchloridlösung steigt in die Höhe. Die photographische Aufnahme von Fig. 1 ist nach der Töplerschen Schlierenmethode ausgeführt; jedoch zeigt sich auch bei der gewöhnlichen Projektion die Konzentrationsänderung in genügend deutlicher Weise.

2. Bildung von Natriumamalgam. Ein planparalleles Gefäß wird mit konzentrierter Kochsalzlösung gefüllt. Als Anode dient eine Platinblech-Elektrode (Fig 2). Als Kathode dient eine Elektrode von der in Fig. 3 gezeichneten Art. Bei dieser ist das Glasrohr nach oben umgebogen und kelchförmig erweitert; das kelchförmige Gefäß wird mit Quecksilber bis zum oberen Rande gefüllt. Führt man die Elektrolyse vor dem Projektionsapparat aus, so läßt sich gut beobachten, wie sich das Quecksilber an der oberen Fläche mit einer matten Schicht bedeckt. die

¹⁾ Von den a. a. O. beschriebenen Versuchen sind hier nur die bemerkenswerteren mitgeteilt.

allmählich immer mehr herausquillt, zum Teil überfließt und sich auf dem Boden des Gefäßes ansammelt. Nach fünf bis zehn Minuten nimmt man die mit Natriumamalgam gefüllte Elektrode heraus und entleert sie in ein Kelchglas, das mit Wasser gefüllt ist, dem man einige Tropfen Phenolphthaläin-Lösung zugefügt hat. Man beobachtet nun gleichzeitig eine Wasserstoffentwicklung und eine Rotfärbung des Phenolphthaläins, also die Bildung von Natriumhydroxyd.

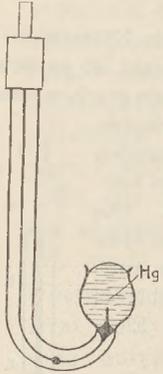


Fig. 3.

3. Sekundäre Elektroden. Nahe an den Enden eines etwa 20 cm langen planparallelen Gefäßes führt man zwei Elektroden so ein, wie Fig. 4 zeigt. Außerdem bringt

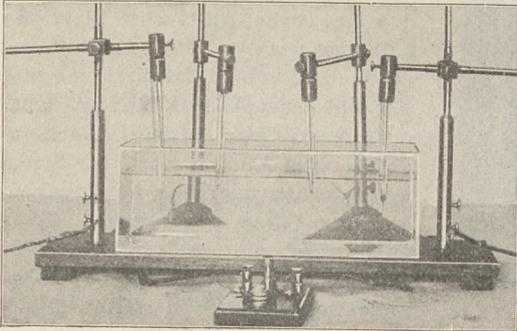


Fig. 4.

man in den Raum zwischen die Elektroden zwei Hilfselektroden auf besonderen Stativen. Die an diesen befindlichen Klemmschrauben sind durch Drähte mit einem Schalter verbunden. Solange der Schalter geöffnet ist, beobachtet man nichts außer der Elektrolyse, die an den beiden Hauptelektroden stattfindet. In dem Augenblick aber, wo man den Schalter schließt, entwickeln sich auch an den beiden Hilfselektroden Gasblasen, und zwar an der Elektrode, die der Hauptkathode zugewandt ist, Sauerstoff, und an der, die der Hauptanode zugewandt ist, Wasserstoff. Wenn nämlich die beiden Hilfselektroden leitend verbunden werden, so findet auch durch den Verbindungsdraht ein Ausgleich der Potentialdifferenz statt. Es fließt dann ein Strom durch den Draht, der dadurch zustande kommt, daß Ionen, die von der Kathode fortwandern, auf die der Kathode zugewandte Hilfselektrode treffen, hier ihre Ladung ab-

geben, und da sie als Ionen nicht mehr frei bestehen können, als Gasmolekeln aufsteigen. In derselben Weise erklärt sich die Entstehung des Wasserstoffs an der der Hauptanode zugewandten Hilfselektrode.

Man kann auch einfach so in den Raum zwischen die beiden Elektroden einen Draht hineinlegen oder mittels eines Glasstabes festhalten, so daß der Strom teilweise durch diesen Draht fließt. Man beobachtet dann, daß an den Enden lebhaft Gasentwicklung stattfindet.

Führt man denselben Versuch mit einer Metallsalzlösung aus, z. B. mit einer Lösung von Zinkchlorid, und legt man in den Zwischenraum zwischen die beiden Hauptelektroden einen dünnen Zinkdraht oder einen langen, von einem dünnen Zinkblech abgeschnittenen Schnitzel, so wird der Draht an dem der Hauptkathode zugekehrten Ende durch das sich hier abscheidende Chlor gewissermaßen aufgefressen, während an dem gegenüberliegenden Ende sich Zink aufs neue abscheidet. Es macht fast den Eindruck, als wenn der Draht allmählich von der einen Elektrode zur andern Elektrode hinüberwanderte. Die Erscheinung wird besonders auffallend, wenn man die Elektrolyse in dem weiter unten beschriebenen Apparat zur Horizontalprojektion vornimmt und nur kleine Stückchen von Zink zwischen den Elektroden liegen läßt. Diese wandern dann scheinbar von der Anode zur Kathode.

4. Elektrolytische Darstellung von Bleichlauge. Läßt man bei der Elektrolyse von Natriumchloridlösung das Chlor durch das mit Natriumhydroxyd vermischte Kochsalz hindurchgehen, so bildet sich Natriumhypochlorit, dessen Lösung als Bleichlauge in den Handel kommt. Will man das Natriumhypochlorit oder die Bleichlauge direkt gewinnen, so kann man sich des in Fig. 5 abgebildeten Apparates bedienen. Er besteht aus zwei zylindrischen Glasrohren von etwa 4 cm Durchmesser und 30 cm Länge, die an den beiden Enden verjüngt sind und einige seitliche Glasrohransätze tragen. Die beiden mittleren seitlichen Ansatzstücke befinden sich in gleicher Höhe und werden durch Gummischläuche verbunden; ferner werden sie hier an einem passenden Stativ befestigt. Von den anderen Ansatzrohren dienen die oberen zur Ableitung der sich etwa entwickelnden Gase und das untere zum Abzapfen der Flüssigkeit. Das rechte Rohr ist der eigentliche elektrolytische Apparat. Von oben taucht an einem langen, in ein

Glasrohr eingeschmolzenen Draht ein Platinblech bis etwa in die Mitte des Rohres. Von unten geht durch einen Gummikorken hindurch ein Kohlenstift. Das Platinblech wird zur Kathode und der Kohlenstift zur Anode

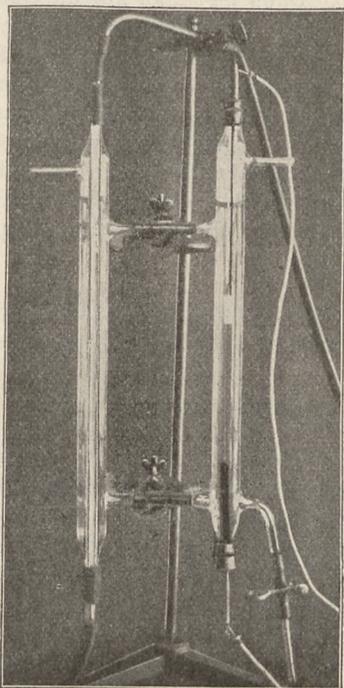


Fig. 5.

gemacht. Beide Rohre werden bis zu der aus Fig. 5 ersichtlichen Höhe mit konzentrierter Kochsalzlösung gefüllt. Das linke Rohr dient als Kühlrohr; es ist ein Liebig'scher Kühler mit Innenkühlung; durch seine Achse geht ein Glasrohr hindurch, das dauernd von einem Strom kalten Wassers durchströmt wird. Wenn der elektrische Strom an die beiden Elektroden in dem rechten Rohr angeschlossen ist, so bildet sich an der oberen Elektrode Natriumhydroxyd, während der entstehende Wasserstoff durch das Ansatzrohr rechts oben in die Luft entweichen oder zu anderen Zwecken verwendet werden kann. Das bei der Elektrolyse an der Anode entwickelte Chlor muß nun aufsteigen und durchsetzt hier bei die ganze Schicht, die zum Teil aus Natriumchloridlösung, zum Teil aus einer Lösung von Natriumhydroxyd besteht. Das Chlor wirkt hier unmittelbar auf das Natriumhydroxyd ein und bildet Natriumhypochlorit. Infolge der aufsteigenden Chlorbläschen, die aber gar nicht bis zum oberen Ni-

veau gelangen, und vermöge der entwickelten Stromwärme findet von selbst eine Zirkulation der Flüssigkeit statt, so daß diese in dem rechten Gefäß dauernd in die Höhe steigt, in dem oberen Querrohr nach links fließt, dann im Kühlrohr nach unten zieht und durch das untere Querrohr nach rechts wieder abfließt. Im linken Rohr wird die Flüssigkeit auf diese Weise dauernd gekühlt, und man kann den Strom stundenlang einschalten, ohne daß eine schädliche Erwärmung eintritt. Für den Unterricht genügt es, den Versuch etwa eine Viertelstunde verlaufen zu lassen, dann kann man durch das untere Rohr schon so viel Bleichlauge ablassen, daß die Entfärbung von Indigolösung direkt sichtbar gemacht werden kann.

5. Horizontale Anordnung elektrolytischer Versuche und Horizontalprojektion. Der hierfür dienende Apparat (Fig. 6) besteht aus einem niedrigen Glaskasten von etwa 1 cm Höhe und 10 cm Kantenlänge, der aus Spiegelglasplatten zusammengekittet ist; er steht auf einem Holzbrett, das so weit ausgeschnitten ist, daß der Kasten von unten durchsichtig ist. Auf dem Holzbrett sind zwei Klemmschrauben angebracht, die zwei Stangen mit Klemmschrauben tragen, an denen eine Drahtelektrode und eine Blechelektrode angebracht sind. Der Apparat wird auf den Objektstisch eines für Horizontalprojektionen geeigneten Projektionsapparates gesetzt, den man sich übrigens außerordentlich einfach nach Art von Fig. 7 aus einer Liliputbogenlampe, einem Stativ mit zwei unter 45° geneigten Spiegeln (der

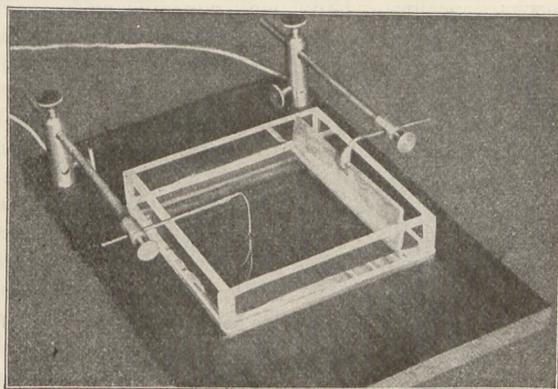


Fig. 6.

obere versilbert) und einem Projektionsobjektiv oder einer einfachen Konvexlinse herstellen kann. Besonders hübsch gestaltet sich die elektrolytische Abscheidung der Me-

talle aus ihren Lösungen, z.B. von metallischem Zink aus einer Zinkchloridlösung, wobei die Blechelektrode in Fig. 6 aus Zinkblech besteht. Die außerordentlich starken Verästelungen, mit denen die einzelnen Zinkkristalle sich aneinanderreihen, sind nur bei einer derartigen Horizontalprojektion schön zu sehen

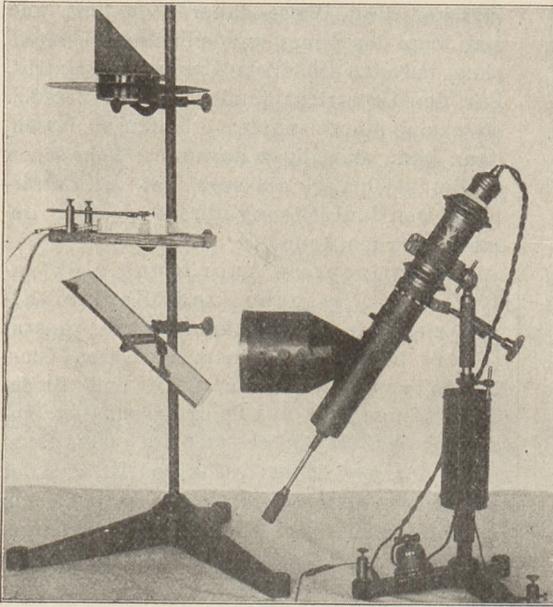


Fig. 7.

(Fig. 8). Man muß die Schicht des Zinkchlorids sehr dünn, etwa nur 1 mm dick, nehmen, damit nicht das Zink nach oben wandert und auf diese Weise die Projektion unscharf macht. Schaltet man, nachdem der Versuch einige Zeit stattgefunden hat, den Strom um, so daß nun die eintauchende Platinspitze zur Anode und das Zinkblech zur Kathode wird, so wird der Zinkbaum wieder aufgelöst, die einzelnen Zweige ziehen sich zurück, und in dem Momente,

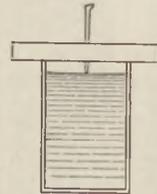


Fig. 8.

wo die letzte Spur des Zinks verschwunden ist, tritt an der Platinelektrode eine lebhafte Gasentwicklung auf.²⁾

²⁾ Die beschriebenen Apparate werden von A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7, und Gebr.

Zwei Versuche über den Trägheitswiderstand des Wassers. Von L. WUNDER (*Monatshefte für den naturw. Unterr.* 1913, Nr. 1). 1. Ein starkwandiges Elementenglas wird bis 1 cm unterhalb des Randes mit Wasser gefüllt (s. Abb.). Dann legt man auf die Oberfläche des Wassers ein kreisrundes Stück von dünnem (0,3 mm) Zink- oder Kupferblech, welches beiderseits auf den Kopfhäaren abgerieben wurde, damit es etwas fettig ist. Es schwimmt vermöge der Oberflächenspannung. Man zeigt zunächst durch Auflegen eines 10-Grammstücks, daß ein ganz leichter Druck ge-



nügt, um das Blech zum Sinken zu bringen. Dann bringt man es abermals zum Schwimmen und bedeckt das Glas mit einer Holzleiste, durch welche ein 5 cm langer Nagel so gesteckt ist, daß er die Oberfläche des schwimmenden Blechs eben berührt. Die Spitze des Nagels wurde vorher scharf geschliffen oder gefeilt. Nun schlägt man mit einem Hammer kurz und scharf auf den Nagel: er dringt

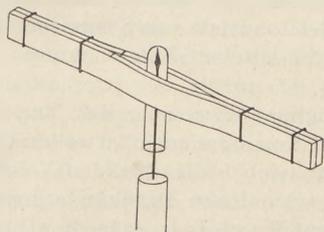
durch das schwimmende Blech. Die Holzleiste darf 2 cm dick sein. Das Blech soll um 1 cm allerseits vom Glase abstehen.

2. Ein Stück Zinkblech von 20×18 cm Ausmessung wird wie ein Ruder an einen 50 cm langen Holzstab von 1 bis 1½ cm Dicke genagelt. Unmittelbar oberhalb des Blechs nagelt man ein Querholz von 40 cm Länge an den Stab, so daß es in die Ebene des Blechs fällt. Dann senkt man die Vorrichtung so in einen mit Wasser ganz gefüllten Eimer, daß das Querholz als horizontale Drehungsachse auf dem Rand des Eimers aufliegt und neben den beiden Henkelösen des Eimers ein seitliches Widerlager findet, welches es gegen ein seitliches Ausgleiten, wenigstens in einer Richtung, schützt. Drückt man nun seitwärts gegen das herausragende Ende des Ruders (die Druckrichtung ist senkrecht zur Fläche des Ruders), so dreht sich das Ruder um seine horizontale Achse. Führt man aber mit einem Holzknüppel in derselben Rich-

Ruhstrat, Göttingen, nach Angaben des Verfassers hergestellt und in den Handel gebracht.

tung einen raschen, kräftigen Schlag, so bricht das Ruder ab, ohne sich im Wasser zu regen.

Große Magnetnadeln. Im Anschlusse an die Mitteilung von W. Merkelbach im



3. Heft dieses Jahrgangs (S. 166) werden wir auf ähnliche Magnetnadeln aufmerksam gemacht,

die H. KELLERMANN in der *Zeitschr. f. Lehrmittelwesen u. pädagog. Literatur* 1911, Nr. 9 beschrieben hat. Man nimmt Bandstahl von etwa $1\frac{1}{2}$ cm Breite und solcher Dicke, daß es sich noch mit einer Handblechschere schneiden läßt. Man schneidet zwei gleiche Stücke von 20 bis 25 cm Länge ab, magnetisiert sie durch Streichen an den Polen eines kräftigen Magnetes und bindet sie, indem man die gleichen Pole aufeinanderlegt, mit farbiger Seide fest zusammen. Drückt man sie dann in der Mitte mit einem Schraubenzieher auseinander, so kann man ein kurzes, an einem Ende zugeschmolzenes Glasröhrchen einklemmen, das als Hütchen dient. Die Nadeln sind genügend empfindlich und vermöge ihrer Länge und Breite in der ganzen Klasse deutlich sichtbar.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Messung sehr kleiner Drucke. Von W. HEUSE. (Originalbericht). Zur Messung der mit den neueren Luftpumpen hergestellten kleinen Drucke werden je nach deren absolutem Betrag verschiedene Methoden befolgt. Handelt es sich um noch verhältnismäßig große Beträge, so bestimmt man direkt die Höhe der Quecksilbersäule, die dem Gasdruck das Gleichgewicht hält, und zwar verwendet man, sobald größere Genauigkeit erforderlich ist, hierbei ein Kathetometer, am besten ein solches, das mit zwei Ableseröhren versehen ist. Die zu messende Niveaudifferenz wird hierbei durch Okularmikrometer festgehalten und unter Drehung der Kathetometersäule auf einen neben dem Manometer aufgestellten Normalmaßstab übertragen. Um die schwierige und unsichere Einstellung auf die spiegelnden Quecksilberkuppen zu erleichtern, wird empfohlen, das Manometerrohr mit schräg schraffiertem Papier zu hinterlegen. Auf die Spitzen, in denen die Striche und ihre Spiegelbilder zusammenstoßen, kann leicht eingestellt werden. Trotzdem wird die so erreichbare Ablesegenauigkeit wegen der Abweichung der Manometerrohre von der Zylinderform und der im Glase stets vorhandenen Schlieren einige hundertstel Millimeter nicht überschreiten. Man muß deshalb, wenn größere Genauigkeit erforderlich ist, zur Bestimmung kleiner Drucke andere Methoden verwenden. Besonders einfach und vielfach brauchbar ist das von McLeod angegebene Verfahren. Man komprimiert das in einem Teil des Gasraumes befindliche Gas auf einen bekannten Bruchteil seines Volumens. Nach dem Mari-

otteschen Gesetz ändern sich Volumen v und Druck p einer abgegrenzten Gasmenge in der Art, daß das Produkt $p \cdot v$ konstant bleibt. Hat man also das Gas von seinem ursprünglichen Volumen v_0 auf das viel kleinere Volumen v_1 komprimiert, welches das Gas unter dem Drucke p_1 erfüllt, so kann der ursprüngliche Druck p_0 aus der Gleichung $p_0 v_0 = p_1 v_1$ berechnet werden. Nach dieser Methode bestimmt man Drucke von $\frac{1}{100\,000}$ mm Quecksilber unter Verwendung einer Kompression auf den $\frac{1}{1\,000\,000}$ Teil des Volumens, also auf einen Druck von 10 mm, der bequem an einer Skala gemessen werden kann. Die gebräuchliche Form des McLeod-Manometer ist nebenstehend (Fig. 1) abgebildet. Es besteht aus einer Kugel bekannten Volumens v , auf welche eine mit Teilung versehene Kapillare k aufgesetzt ist. Das Rohr g bildet die Verbindung mit dem Rezipienten. Dem Rohre g ist eine mit Teilung versehene Kapillare k' , die das gleiche Kaliber wie die Kapillare k hat, parallel geschaltet. v kann von der Nivea-

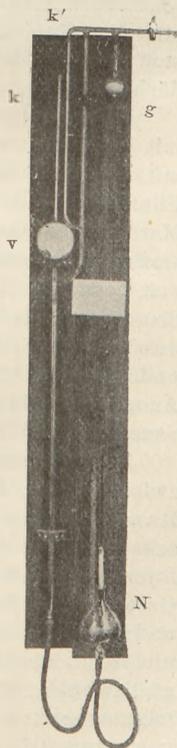


Fig. 1.

kugel N aus mit Quecksilber gefüllt werden, bis das ursprüngliche unter dem Druck p_0 befindliche Gas in der kalibrierten Kapillare k auf den Druck p komprimiert ist. Der Druck p ist gleich der Niveaudifferenz der Quecksilberkuppen in den Kapillaren k und k' .

Wie schon erwähnt, ist Voraussetzung für die Zulässigkeit der McLeodschen Meßmethode die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes im Bereich auch der kleinsten zu messenden Drucke. Daß diese besteht, war an und für sich durchaus wahrscheinlich, sie wurde jedoch durch eine Beobachtung von Bohr, der Anomalien bei Sauerstoff bei einem Druck von etwa 0,5–1 mm zu finden glaubte, und vor allem durch eine ausgedehnte Untersuchung von Baly und Ramsay in Frage gestellt. Diese beiden Forscher kamen zu dem Resultat, daß verdünnte Luft, die in einem McLeodschen Manometer komprimiert wurde, der Bedingung $p v = \text{const}$ nicht genügte. Die Abweichungen von diesem Gesetz waren für verschiedene Manometer verschieden, und um so größer, je weiter die Kompression fortschritt. Baly und Ramsay suchten den Grund für diese scheinbare Abweichung der Luft vom Mariotteschen Gesetz, die sie übrigens für Wasserstoff nicht beobachten konnten, in Oberflächeneinflüssen.

Dagegen fand Lord Rayleigh, welcher mit Drucken zwischen 0,01 und 1,5 mm und mit Kompressionen vom Einfachen auf das Fünffache in weiten Gefäßen arbeitete, das Mariottesche Gesetz für Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bis auf 0,001 mm Druck voll bestätigt. Er zog aus seinen Resultaten den Schluß, daß sie den üblichen Gebrauch des McLeodschen Manometers für Stickstoff und Wasserstoff und, soweit die Bohrsche Anomalie nicht störend einwirke, auch für Sauerstoff rechtfertigten.

Im Zusammenhang mit der Diskrepanz zwischen den Ergebnissen von Baly und Ramsay einerseits, Lord Rayleigh andererseits war eine Untersuchung Herings von Interesse, welcher fand, daß das Mariottesche Gesetz für Anfangsdrucke von 0,05 bis 1 mm und Kompressionen auf etwa $\frac{1}{25}$ des Volumens und bei einer Mindestrohrweite von 10 mm gültig blieb, aber wenig oder gar nicht befolgt wurde, wenn die Luft in Kapillaren von etwa 0,7 und 1,5 mm Weite komprimiert wurde.

Hiernach schien es, daß das Mariottesche Gesetz auch bei kleinen Drucken zwar gültig sei, daß aber Abweichungen von ihm durch

sekundäre Oberflächeneffekte leicht vorgetäuscht würden, zumal, wenn das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen der benutzten Räume, wie etwa bei Kapillaren, groß wäre. Um diese für die Messung kleiner Drucke grundlegende Frage zu klären, wurde vor einigen Jahren in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von SCHEEL und HEUSE eine systematische Untersuchung durchgeführt.

Man ging davon aus, das Mariottesche Gesetz bei Kompressionen in weiten Gefäßen zu prüfen, wobei die mit den Volumänderungen verbundenen Druckänderungen mit einem von Rayleigh erdachten und für den vorliegenden Zweck konstruktiv verbesserten Neigemanometer direkt in Quecksilberhöhen bestimmt wurden. Die Ergebnisse Lord Rayleighs wurden hier durchaus bestätigt. Brachte man nun in das Volumometer Glaswolle in solcher Menge, daß das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen in ihm das gleiche war wie in einer Kapillaren von etwa $\frac{1}{4}$ mm Weite, so zeigten sich kurz nach dem Zusammensetzen des Apparates die von Baly und Ramsay beobachteten Abweichungen vom Mariotteschen Gesetze; diese verschwanden aber, sobald man durch scharfes Trocknen alle Spuren von Wasserhaut von den Glasoberflächen entfernt hatte, und konnten durch Einbringen von Feuchtigkeit willkürlich in jeder Größe wieder hervorgebracht werden.

Die Gesamtheit der Beobachtungsergebnisse berechtigt zu der Annahme, daß die scheinbaren Abweichungen der Luft vom Mariotteschen Gesetz auf der Bildung einer Wasserhaut auf den Oberflächen im Innern der Kompressionsgefäße beruhen, nach deren Entfernung sie verschwanden.

Dieser Schluß legte die Vermutung nahe, daß die Brauchbarkeit des McLeodschen Vakuummeters in hohem Grade durch die Anwesenheit von Feuchtigkeit bzw. einer Wasserhaut beeinträchtigt wird.

Vergleichungen zwischen einem direkt messenden Neigemanometer und einem McLeod-Manometer bei variablem Feuchtigkeitsgehalt ergaben dann auch, daß das McLeodsche Manometer sehr wohl zur exakten Messung kleiner Drucke in atmosphärischer Luft zu brauchen ist, nur muß sorgfältig alle Feuchtigkeit aus der Luft und von den Glaswänden entfernt werden. Bei einem Manometer aus Thüringer Glas mit 0,6 mm weiten Kapillaren, welches vor Inbetriebsetzung und vor Zuschmelzen der Kapillare sorgfältig

mit konzentrierter Salpetersäure und destilliertem Wasser gereinigt ist, genügt hierfür eine halbstündige Verbindung mit Phosphor-pentoxyd unter niedrigem Druck. Es genügt aber nicht bei Anwendung schnell wirkender Pumpen die Verbindung mit dem Trockenmittel nur während der Zeit des Pumpens. Druckmessungen, welche 10 Minuten nach Inbetriebsetzung einer solchen Pumpe mit dem Mc Leodschen Manometer vorgenommen werden, führen notwendigerweise zu falschen Druckwerten, die um so unrichtiger sind, je höher die Kompression der Luft bei der Messung getrieben wird.

Die Resultate galten zunächst nur innerhalb des benutzten Druckintervalls abwärts bis 0,01 mm Hg. Unterhalb 0,01 mm ließen sich die Drucke mit dem Rayleighschen Manometer nicht mehr mit der genügenden Genauigkeit messen. Es war deshalb für das Gebiet noch kleinerer Drucke die Konstruktion eines empfindlicheren Instrumentes notwendig, für dessen Wirkungsweise jedoch etwas andere Gesichtspunkte maßgebend sein mußten wie beim Rayleighschen Manometer.

Während jenes Instrument dadurch zu einem absoluten wurde, daß es möglich war, den Ausgangsdruck auf einen für das Instrument unmerklichen Betrag zu erniedrigen, also einen Druck herzustellen, der praktisch vom Vakuum nicht zu unterscheiden war, versagte dies Mittel bei niedrigeren Drucken. Denn selbst bei der Verwendung der modernen Hilfsmittel zur Herstellung niedrigster Drucke war keine Gewähr dafür gegeben, daß der erreichte Druck gegen den zu messenden vernachlässigt werden durfte. Hier boten sich nun zwei Wege dar. Entweder man bestimmte den sehr kleinen Residualdruck, den die Luftpumpen noch übrig gelassen hatten, analog der McLeodschen Methode durch Kompressionen, die aber nur gering sein durften, damit eventuell durch Absorption des Gases entstehende Fehler möglichst vermieden würden, und fügte ihn zu dem vom Residualdruck aus gemessenen Druck als Korrektur hinzu; oder aber man verzichtete auf die Kenntnis des Residualdruckes überhaupt und leitete gleich den ganzen Druck aus der Beobachtung von Druckänderungen bei Kompressionen ab. Den letzteren Weg schlug man namentlich bei

kleinen Drucken, welche von der Ordnung der Korrektur selbst waren, ein. In jedem Falle war aber die Kenntnis der Beziehung zwischen Druck und Volumen einer eingeschlossenen Gasmenge bis zu kleinsten Drucken erforderlich, und ob diese durch das Mariottesche Gesetz dargestellt wurde, mußte erst nachgewiesen werden.

Zu dieser Untersuchung wurde ein Membranmanometer (Fig. 2) benutzt, welches aus einem flachzylindrischen, eisernen, innen vernickelten Kasten *gd* von 26 cm Durchmesser bestand. Der Hohlraum dieses Kastens war durch eine durch elektrische Erwärmung enthärtete Kupfermembran *m* von 0,03 mm Dicke in zwei Kammern geteilt, die mit den Räumen in Verbindung standen, deren Druckdifferenz gemessen werden sollte. Die Empfindlichkeit einer solchen Membran war derartig, daß eine Druckänderung von $\frac{1}{1000}$ mm

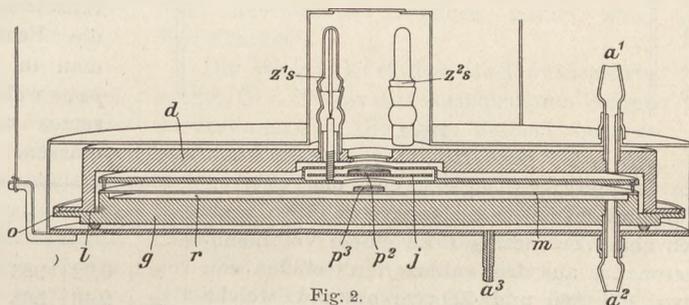


Fig. 2.

Quecksilber in der einen Kammer eine Durchbiegung der Membranmitte um $\frac{1}{1000}$ mm hervorrief.

Die Eichung des Membranmanometers bestand in einer Vergleichung mit dem Rayleighschen im Druckbereich zwischen 0,1 bis 0,001 mm Quecksilber. In diesem Druckbereich zeigten sich die Durchbiegungen den Druckdifferenzen direkt proportional; es war also zulässig, den gefundenen Reduktionsfaktor auch zur Berechnung von Drucken $< 0,001$ mm Quecksilber zu verwenden.

Die Durchbiegung der Membran wurde mit Hilfe von Fizeauschen Interferenzstreifen sichtbar gemacht, die man zwischen zwei planen Glasplättchen erzeugte. Von diesen lag das eine p_3 lose auf der Mitte der Membran, das andere p_2 war am Manometerkasten justierbar befestigt. Da einer Durchbiegung von $\frac{1}{1000}$ mm eine Verschiebung des Interferenzstreifensystems um etwa 4 Streifen entsprach, und es möglich ist, bei Benutzung eines Okularmikrometers $\frac{1}{30}$ Streifen auszumessen, konnte man Druckänderungen von $\frac{1}{100000}$ mm Quecksilber noch mit Sicherheit erkennen.

In der Versuchsanordnung waren die beiden Kammern des Druckmeßapparates in der in Fig. 3 schematisch wiedergegebenen Weise vermittelt der Ansätze A_1 und A_2 durch federnde Glasröhren mit den beiden Kammern eines Rayleighschen Manometers R , sowie mit einem Quecksilberumschalter U verbunden, welcher erlaubt, die Kammern aneinander, oder einzeln oder zusammen an

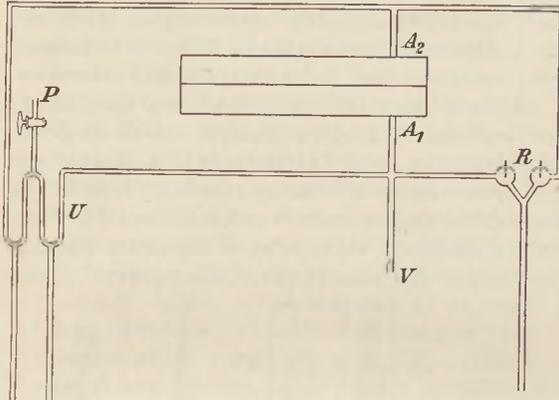


Fig. 3.

die Pumpe P zu legen. Von der unteren Kammer des Druckmeßapparates führte endlich eine Verbindung V zu einem Volumenometer, das aus drei kalibrierten Gefäßen von etwa 100, 200 und 400 ccm bestand, welche unabhängig voneinander von einem gemeinsamen Reservoir aus mit Quecksilber gefüllt werden konnten. Unbekannt war zunächst das einer direkten Kalibrierung unzugängliche „schädliche“ Volumen, bestehend aus dem Volumen der unteren Kammer des Membranmanometers, sowie der einen Kammer des Rayleighschen Manometers und dem Volumen der Verbindungsrohre zwischen diesen und dem Volumenometer. Dieses schädliche Volumen wurde volumenometrisch bestimmt nach einem von Lord Rayleigh vorgeschlagenen Meßverfahren, bei welchem die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes überhaupt nicht, bzw. nur bei der Berechnung einer kleinen Korrektur angenommen zu werden braucht.

Nachdem die Konstanten des Apparates bestimmt waren, konnte zur Prüfung des Mariotteschen Gesetzes im Bereich kleinster Drucke geschritten werden; hierbei war nun zu bedenken, daß ein strenger experimenteller Beweis für oder gegen die Gültigkeit dieses Gesetzes nicht zu erbringen ist, weil man ja ein wirklich vollkommenes Vakuum nicht herstellen, also den absoluten Betrag

der gemessenen Drucke nur abzüglich eines sehr kleinen, aber unbekanntes Druckes bestimmen kann. Immerhin sind Beobachtungsreihen, wie hierunter eine wiedergegeben ist, geeignet, das Mariottesche Gesetz auch bei kleinsten Drucken zu stützen.

Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß man ein Gasquantum in drei Stufen vom vierfachen auf das einfache Volumen komprimierte und die zu jedem Volumen zugehörigen Drucke, abgesehen von einer additiven Konstante x , dem unbekanntes kleinen Ausgangsdruck, in Interferenzstreifen bestimmte. Unter der Annahme der Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes konnte aus den vier Gleichungen eines jeden Versuches der Druck x als einzige Unbekannte durch ein Ausgleichverfahren ermittelt werden. Durch Einsetzen dieses Wertes von x in die Beobachtungsgleichungen erhält man in jedem Falle vier Werte von pv , welche bei Gültigkeit des Gesetzes untereinander übereinstimmen müssen.

p	v	pv	p	v	pv
$x + 0,02$	983	$302_{\frac{3}{8}}$	$x + 0,25$	983	$33_{\frac{1}{2}}$
$x + 2,46$	563	$310_{\frac{3}{8}}$	$x + 0,52$	563	$34_{\frac{1}{2}}$
$x + 5,41$	363	$307_{\frac{5}{8}}$	$x + 0,84$	363	$33_{\frac{3}{8}}$
$x + 8,52$	264	$305_{\frac{7}{8}}$	$x + 1,10$	264	$31_{\frac{1}{2}}$
$x = 3,06$			$x = 0,09$		

Die Abweichungen der einzelnen pv -Werte von dem jedesmaligen Mittelwert sind nicht größer, als daß sie sich nicht im allgemeinen durch Fehler der Druckmessung von $\frac{1}{30}$ Interferenzstreifen gleich 0,000 01 mm Hg erklären ließen. Es erscheint also zulässig, die Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes noch beim kleinsten vorstehend gemessenen Druck $0,09 + 0,25 = 0,34$ Interferenzstreifen = etwa 0,000 1 mm bis zu dieser Grenze anzunehmen.

Nachdem so die Brauchbarkeit des Membranmanometers zur absoluten Messung sehr kleiner Drucke experimentell ausreichend begründet war, konnte eine Vergleichung dieses Instrumentes mit zwei McLeod Manometern verschiedener Dimensionen und, soweit es möglich, mit einem Rayleighschen Neigemanometer durchgeführt werden, die in einem Beispiele in nachstehender Tabelle wiedergegeben ist.

Rayleigh	Membran- manometer	McLeod 400 ccm	McLeod 100 ccm
68,6 μ	68,6 μ	70,3 μ	68,0 μ
32,6	32,6	32,8	32,3
—	16,1	16,3	16,2
—	6,79	6,91	6,83
—	3,55	3,70	—
—	3,25	3,40	3,26
—	2,16	2,32	—
—	1,35	1,44	—
—	1,34	1,38	—
—	0,24	0,27	—
—	0,06	0,04	—

Die Zahlen dieser Tabelle sowie alle sonstigen Beobachtungen dergleichen Art zeigen, daß das McLeod-Manometer, dessen Wandungen sorgfältig von allen Spuren einer Wasserhaut befreit sind, völlig zur Messung der kleinsten erreichbaren Drucke brauchbar ist.

W. Heuse, Charlottenburg.

Die chemische Stellung der Radioelemente.

Da das *RaC* sich elektrolytisch leichter ausscheidet als das *RaB*, das *RaF* leichter als das *RaE* bzw. *RaD*, so hatte man geschlossen, daß die radioaktive Umwandlung stets in der Richtung stattfindet, daß das entstehende Produkt elektrochemisch edler ist als das zerfallende. Dieses von Lucas bzw. von v. Lerch aufgestellte Gesetz würde eine Beziehung zwischen chemischen und radioaktiven Eigenschaften herstellen. G. v. HEVESY fand diese Beziehung nicht begründet, da nach seinen Untersuchungen *RaA* edler als *RaB*, dagegen weniger edel als *RaC* ist. Dagegen fand derselbe, daß die α -Strahlen liefernden Umwandlungsprodukte des Radiums *RaF*, *RaC* und *RaA* sich leichter elektrolytisch niederschlagen lassen als die β -Produkte¹⁾.

Die Eigenschaften eines auf einer Metallplatte erzeugten radioaktiven Niederschlags benutzte HEVESY zur Bestimmung einer elektrochemischen Konstante, nämlich des zwischen der sehr verdünnten Lösung und dem eingetauchten Metall vorhandenen Potentialsprungs. In der Lösung befand sich eine Mischung zweier radioaktiven Substanzen in bestimmtem Verhältnis, dem des radioaktiven Gleichgewichts. Das Mengenverhältnis der auf der Metallplatte sich niederschlagenden Substanzen hing dann nur von dem Potential ab und ließ sich durch eine Kurve zur Darstellung bringen. So ließ sich aus

der Zusammensetzung des Niederschlags das Potential ermitteln. Bei Lösungen von *Akt B* und *Akt C* konnte man sich schon durch eine 4—5 Minuten lange Verfolgung der zeitlichen Änderung der α -Aktivität der Metallplatte, auf welcher sich das *Akt B*-*Akt C*-Gemisch ausgeschieden hatte, über den Potentialsprung orientieren. Es genügte sogar, eine Metallplatte für etwa $\frac{1}{10}$ Sekunde in die die Radioelemente enthaltende Lösung zu tauchen, um den Potentialsprung Metall/Elektrolyt zu ermitteln. Auch Kupfer und Silber, in reines, *RaB* und *RaC* aufgelöst enthaltendes, Wasser getaucht, ergaben einen solchen Potentialsprung. Damit wird die Nernstsche Theorie bestätigt, nach der jedes Metall, in reines Wasser getaucht, wasserzersetzend wirken muß. Wie K. F. HERZFELD zeigt, ist freilich zur Deutung der Form der HEVESYSchen Kurven die von Nernst angegebene Formel nicht ausreichend, sondern bedarf einer Modifikation²⁾.

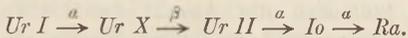
Die Wertigkeit der Radioelemente suchte G. v. HEVESY auf verschiedenen Wegen zu bestimmen³⁾. Die erste Methode beruhte auf der Diffusion der Elektrolyte. Aus der Geschwindigkeit, mit welcher ein Kation im großen Überschuße seines Anions diffundiert, läßt sich die Anzahl der Ladungen des Kations und so dessen Wertigkeit ermitteln. Die Diffusionskonstante wurde mit der Graham-Stephanschen Methode bestimmt, die darin besteht, daß man die zu diffundierende Lösung unter einer vertikale Wassersäule schichtet und nach dem Ablauf einer bekannten Zeit verschiedene Schichten der Wassersäule analysiert. Dann ist die Diffusionskonstante $D = (h/2)^2/T \cdot K$, wo h die Schichthöhe, T die Zeit, K eine von Stephan berechnete Funktion des Konzentrationsverhältnisses der untersuchten Schicht zu der Anfangsschicht bedeutet. Bei den Versuchen mit Radium diffundierte das *RaCl*₂ aus einer $\frac{1}{100}$ normalen salzsauren Lösung in $\frac{1}{100}$ normale Salzsäure. Der Radiumgehalt der einzelnen Schichten wurde nach der Emanationsmethode ermittelt. Es ergab sich die mittlere Diffusionskonstante $D = 0,667 \text{ cm}^2 \text{ Tag}^{-1}$. Da für Metalle $D = 1,25/n$ ist, so erhält man die Wertigkeit n des Radiums = 2. In gleicher Weise wurde $n = 2$ gefunden bei *Th X*, *Akt X*, *Th C*, *Ra D*, *Ra E*, *Ra F*; $n = 1$ bei *Th B*; $n = 4$ bei Radiothor, Ionium, Thorium, *Ur X*. — Zur

¹⁾ Phys. Zeitschr. **13**, 672, 715 (1912).

²⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 29 (1913).

³⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 49, 63 (1913).

Kontrolle dieser Methode diente die Bestimmung der Bewegungsgeschwindigkeit u der Ionen im elektrischen Felde, welche nach dem Verf. mit der Diffusionskonstante D und der Valenz n durch die Formel $D = 0,02232 u/n$ verknüpft ist. Die Beweglichkeit des Radiumions wurde von Kohlrausch und Henning aus der Leitfähigkeit von $RaBr_2$ -Lösungen zu 57,4 bestimmt; daraus ergab sich $n = 1,91$, also eine gute Übereinstimmung mit dem aus der Diffusionskonstante allein berechneten Wert. Die Ionenbeweglichkeit der andern Radioelemente wurde vom Verf. mit der Grenzflächenmethode bestimmt; die daraus berechnete Valenz stimmte ebenfalls mit oben angegebenen Werten gut überein. Mit der Diffusionsmethode versuchten HEVESY und PUTNOKY die Beziehung zwischen zwei Umwandlungsprodukten des Urans, dem $Ur I$ und $Ur II$ festzustellen. Bei verschiedener Wertigkeit mußten beide mit verschiedener Geschwindigkeit diffundieren und sich dadurch trennen lassen. Das Versuchsergebnis war negativ; $Ur I$ und $Ur II$ hätten danach dieselbe Wertigkeit und auch ähnliche chemische Eigenschaften. Das Umwandlungsschema des Urans würde nach den Verf. lauten:



Da nach Bredig die Beweglichkeit der Ionen in unendlich verdünnter Lösung eine Funktion ihres Gewichts ist, indem innerhalb jeder Vertikale des natürlichen Systems die Beweglichkeit mit steigendem Atomgewicht zunimmt, läßt sich der chemische Charakter der einwertigen $Ra B$, $Th B$, $Akt B$ feststellen: ihre Stelle wäre zwischen der des Bleis und des Thalliums zu suchen. Auch zwischen der Abgabe geladener Teilchen beim Atomzerfall und der Valenz des entstandenen Elements besteht ein Zusammenhang. In allen verfolgbaren Fällen ist die Valenz des nach einer α -Strahlenumwandlung entstehenden Produkts um zwei Einheiten verschieden von der ihrer Muttersubstanz. Die Änderung der Valenz ist stets mit der Erhöhung des elektropositiven Charakters verbunden. Die β -Strahlenumwandlung verändert die Valenz des zurückbleibenden Atoms im entgegengesetzten Sinne als die α -Strahlenumwandlung.

Da nach den neuesten Untersuchungen jedes zerfallende α -strahlende Atom nur ein α -Teilchen gleichzeitig aussendet, so lassen sich, wenn die Reihenfolge der Radioelemente bekannt ist, deren Atomgewichte aus Zahl und Masse der α -Teilchen berechnen. Dieses

führte A. VAN DEN BROEK aus und bestimmte die Stellung der einzelnen Radioelemente im periodischen System⁴). Alle Zerfallsprodukte gleichen Atomgewichts faßt er dabei als ein Element auf und erhält 14 für die Ra - und Th -Reihen, 5 für die Akt -Reihe. Die mittlere Differenz zweier aufeinander folgender Atomgewichte für das ganze System wird dann = 2, was deshalb von Bedeutung ist, weil die Zahl der intraatomischen Ladungen für jedes Atom gleich dem halben Atomgewicht zu sein scheint. So hat nach Thomson Wasserstoff eine, Helium zwei Ladungen per Atom. Auch andere Eigenschaften der Atomkonstitution sind, wie der Verf. zeigt, mit dem so erweiterten periodischen System in Übereinstimmung.

Zu einer etwas anderen Einordnung der radioaktiven Elemente in das periodische System gelangte K. FAJANS⁵). Er fand, ähnlich wie Hevesy, daß alle α -Strahlenumwandlungen ein gegen die Muttersubstanz elektropositives, alle β -Strahlenumwandlungen ein elektronegatives Produkt hervorbringen. Das ließ sich ausnahmslos bei allen Produkten des Radiums, Thoriums und Aktiniums zeigen. Bei den Umwandlungen, bei welchen (wie bei $Ra \rightarrow Ra Em$, $Th X \rightarrow Th Em$, und Radioaktinium $\rightarrow Akt X$) α - und β -Strahlen ausgesandt werden, ist anzunehmen, daß hierbei zwei unmittelbar aufeinander folgende oder parallel verlaufende Umwandlungen eintreten. Jene Gesetzmäßigkeit führte zu der Folgerung, daß das neu gebildete Produkt nach jeder α -Strahlenumwandlung in derselben Horizontalreihe des periodischen Systems um zwei Gruppen nach links, nach jeder β -Strahlenumwandlung um eine Gruppe nach rechts rückt. Aus dem bekannten chemischen Charakter mehrerer Radioelemente konnte auf diese Weise die chemische Natur aller übrigen bestimmt werden. Die Zuverlässigkeit dieser Methode ergab sich z. B. daraus, daß man für $Ra A$ dieselbe Stellung in der sechsten Gruppe erhielt, gleichgültig, ob man von $Ra D$ oder von der Radiumemanation ausging. Ganz allgemein gehören die A -Glieder der drei radioaktiven Reihen in die sechste (Tellur-) Gruppe, die B -Glieder in die vierte (Blei-), die C_1 und das $Ra E$ in die fünfte (Wismut-) Gruppe und die sich

⁴) Phys. Zeitschr. 14, 32 (1913).

⁵) Phys. Zeitschr. 14, 131, 136; Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 15, 240; Die Naturwissenschaften 1, 338 (1913).

entsprechenden *Akt D*, *Th D* und *Ra C₂* in die dritte (Thallium-) Gruppe. Etwas abweichend hiervon nehmen G. v. Hevesy und A. Russel an, daß sowohl bei α - als bei β -Umwandlungen Übergänge sowohl zu höheren als zu niedrigeren Gruppen möglich seien. Danach würde sich eine etwas andere Einordnung der kurzlebigen Elemente ergeben; doch scheinen sowohl Versuche von A. Fleck als auch von Fajans selbst über die chemische Natur jener Produkte der Auffassung der letzteren Recht zu geben. In der Tabelle, die FAJANS für die Stellung der Radioelemente im periodischen System angibt, erscheint am meisten auffallend, daß hier Plätze, die sonst im periodischen System nur einem Element zukommen, von mehreren, in manchen Gruppen bis sechs, Elementen besetzt sind, deren Atomgewichte um je 2 Einheiten voneinander differieren. Alle diese Elemente einer Gruppe sind einander aber so ähnlich, daß es nicht gelingt, sie auf chemischem Wege oder sonstwie voneinander zu trennen. Eine solche Gruppe ähnlicher Elemente will FAJANS eine „Plejade“ nennen. Da die Teile einer Plejade uns nur durch ihre verschiedenen radioaktiven Eigenschaften bekannt werden, so ist es nicht unmöglich, daß auch alle andern Elemente Gemische aus mehreren, einander sehr ähnlichen Elementen sind. Die üblichen Atomgewichte wären dann nur Mittelwerte. Als gemeinsamen Baustein der schwereren Atome glaubt der Verf. außer Helium auch Wasserstoff annehmen zu müssen, der ebenfalls als Bestandteil der Gase vieler radioaktiver Mineralien auftritt. Jedes ausgeschleuderte α -Teilchen stellt ein Heliumatom dar, das zwei negative Elektronen verloren hat. Nimmt man an, daß das Heliumatom schon im Atomverband die Fähigkeit hat, zwei Elektronen abzuspalten, und daß diese Elektronen sogenannte Valenzelektronen des betreffenden Atoms sind, dann wird eben dessen Valenz um 2 vermindert, was im System seine Einreihung um zwei Gruppen nach links zur Folge hat. Da ein Wasserstoffatom immer nur ein Elektron abspaltet, so würde ein Element beim Ausschleudern eines Wasserstoffatoms eine Valenz verlieren und in die nächst niedrigere Gruppe des periodischen Systems gelangen. Dieses könnte auf die Elemente der seltenen Erden angewandt werden, die zwischen die dritte und vierte Gruppe derselben Horizontalreihe verteilt sind; durch Ausschleudern eines Wasserstoffatoms könnten dann die Elemente der vierten in die dritte Gruppe gelangen. Wendet

man die gleiche Auffassung auf die β -Strahlen-Umwandlung an, so würde hier die Valenz um eins zunehmen. Das könnte so erklärt werden, daß dabei ein Heliumatom aus einer tieferen Schicht des Atoms an die Oberfläche kommt und ein Wasserstoffatom von der Oberfläche in das Innere verschwindet. Die Ansicht, daß alle schwereren Elemente aus Wasserstoff und Helium aufgebaut sind, hat, mit einigen Abweichungen im einzelnen, auch Rutherford ausgesprochen.

Zwischender Zerfallskonstante λ eines radioaktiven Körpers und der Anfangsgeschwindigkeit v_α der ausgeschleuderten α -Teilchen hatten Geiger und Nutall die Beziehung $\log \lambda = A + B \log v_\alpha$, Swinne $\log \lambda = a + b \cdot v_\alpha^n$, Wilson $\log \lambda - \log v = k_1 + k_2 v_\alpha^{-1}$ aufgestellt (vgl. d. Zeitschr. 25, 236). Nach SWINNE zeigt ein Vergleich der experimentell gefundenen Werte von v_α mit den nach diesen Formeln berechneten, daß alle drei nahezu gleichgute Resultate geben, was auf die nur kleine Variation von v_α zurückzuführen ist⁶⁾. Für zwei verschiedene Radiofamilien ist der Unterschied von v_α für analoge α -Strahler angenähert konstant. In Verbindung mit der Beziehung zwischen v_α und λ führt das zum Satze, daß auch die Zerfallskonstanten der analogen α -Strahler der einzelnen Radiofamilien in angenähert konstantem Verhältnis zueinander stehen. Die vom Verfasser angegebenen Zahlenwerte bestätigen im wesentlichen die Richtigkeit dieser Sätze. So waren die Unterschiede von v_α der *Th*- und *Ra*-Reihen im Mittel $0,13 \times 10^9$ cm/sec, der *Ra*- und *Akt*-Reihen $0,20 \cdot 10^9$ cm/sec. Das Verhältnis λ/λ' der *Ra*- und *Akt*-Reihen wurde $= 1,2 \cdot 10^{-5}$ gemessen, $= 1,3 \cdot 10^{-5}$ berechnet; für die *Ra*- im Verhältnis zur *Th*-Reihe wurde $\lambda/\lambda' = 4,8 \cdot 10^{-5}$ gefunden.

Weiterhin versuchte SWINNE das Relativitätsprinzip auf die radioaktiven Umwandlungen anzuwenden. Nach der Einsteinschen Theorie ist die Masse m abhängig vom Energieinhalt, und zwar ist $m = (E_0 + p_0 \cdot V_0)/c^2$, wo E_0 den Gehalt an innerer Energie, p_0 den Druck, unter dem der Körper steht, V_0 dessen Volumen, c die Lichtgeschwindigkeit bedeuten. Für Prozesse, bei welchen die Änderungen von $p_0 V_0$ neben denen von E_0 verschwinden, beträgt dann angenähert die Massenänderung $\Delta m = \Delta E_0/c^2$. Planck berechnet hieraus die aus der Wärmeentwicklung von Radium in einem Jahre sich ergebende Massenänderung auf 1 g *Ra* zu 0,12 mg.

⁶⁾ Phys. Zeitschr. 14, 142, 145 (1913).

SWINNE berücksichtigte zunächst nur die durch α -Strahlung bewirkte Energieänderung E und fand für ein Grammatom $E = \frac{1}{2} a \cdot v_\alpha^2 \cdot (1 + a/A)$, wo a das Atomgewicht des Heliums, A das des Rückstoßatoms bedeutet; die hierdurch im Sinne des Relativitätsprinzips bewirkte Massenänderung würde dann $\Delta m = \frac{1}{2} a (v_\alpha/c)^2 (1 + a/A)$. Der Verf. nahm $a = 3,994$, für v_α die von Geiger und Nutall gefundenen Werte und berechnete aus jener Formel den Energieunterschied zwischen Uran und dem aus $Ra F$ sich bildendem Element zu $4,67 \cdot 10^{19}$ erg, dem eine Massenverminderung von $0,0519$ g auf ein Grammatom Uran entspricht; nimmt man noch 8 Prozent für die auf die β - und γ -Strahlung kommende Energieänderung hinzu, so wird jene Zahl = $0,056$ g, d. h. beim Abbau eines Grammatoms Uran bis zum Zerfallprodukt von $Ra F$ nimmt die Masse um $0,023$ Prozent ab. Beim Zerfall des Thoriums bis zum Zerfallprodukt von $Th C_1$ wird $\Delta m = 0,0422$ g auf 1 Grammatom Thorium. Diese Massenverminderungen müssen bei exakten Vergleichen der Atomgewichte der Radioelemente berücksichtigt werden; die jetzt vorliegenden Atomgewichte sind aber noch nicht genau genug, um die Richtigkeit der Theorie daran zu prüfen.

Die abgerundeten kleineren Atomgewichte der Elemente lassen sich durch die Ausdrücke $4n$ und $4n - 1$ darstellen, wo n eine beliebige ganze Zahl ist. Die Abweichungen der wirklichen Atomgewichte von diesen Größen sind periodische Funktionen von n und nehmen mit Ansteigen des Atomgewichts zu. Bei der Annahme einer allgemeinen Radioaktivität der Elemente könnten diese Abweichungen wohl zum Teil auf die beim Abbau eintretenden Energieänderungen zurückgeführt werden.

Schk.

Balloelektrizität. Von C. CHRISTIANSEN¹⁾. Mit diesem Namen bezeichnet der Verf. die Elektrizitätsentwicklung beim Zerspritzen von Flüssigkeiten, die Lenard „Wasserfallelektrizität“ genannt hat. Die erste Arbeit hierüber bildet die Erfindung der Dampfelektrifiziermaschine durch Faraday; später haben Wesendonck, Elster und Geitel, Lenard, J. J. Thomson, Lord Kelvin

u. a. Untersuchungen darüber angestellt. CHRISTIANSEN benutzte zu seinen Versuchen ein „Ballometer“. Dasselbe bestand im wesentlichen aus einem Kapillaraspirator aus Glas, durch den mit einer Gaedepumpe die zu untersuchende, in einem Becherglas befindliche Flüssigkeit hindurchgetrieben wurde; sie stieß dann in Form von feinen Tropfen gegen die Innenwand eines Platinrohrs und fiel zuletzt in großen Tropfen in einen Trichter. Sowohl die Flüssigkeit als die Innenwand des Rohrs waren mit einem Elektrometer in Verbindung. Zuerst wurde destilliertes Wasser untersucht. Dieses gab in völlig gereinigtem Gefäß am Elektrometer 10 mm Ausschlag; war das Gefäß nicht besonders gereinigt oder wurde ein mit einem Tuche abgewischtes Reagenzglas in das Wasser getaucht, so erhielt man 30 – 40 mm Ausschlag. Verschiedene Körper, die der Luft lange ausgesetzt gewesen waren (Glas, Holz, Papier, Leinwand, Wolle, Seide, die menschliche Haut, Baumblätter), vermehrten, in das Wasser getaucht, dessen Balloelektrizität. Läßt man Luft durch das Wasser strömen, so wächst die Balloelektrizität noch mehr. Es dürften hiernach radioaktive Stoffe sein, die sich aus der Luft auf den Körpern niederschlagen und jene Wirkung hervorbringen. Auch durch längere Berührung mit Ölen, durch Kochen mit Harz oder Stearinsäure wurde das Wasser stärker balloelektrisch. Dagegen gaben die Elektrolyte sehr wenig Balloelektrizität. Der Verf. untersuchte eine große Anzahl von Flüssigkeiten (Säuren, Basen, Lösungen) und teilte diese nach ihrer Wirkung in drei Gruppen: 1. Aballische Flüssigkeiten mit sehr geringer Balloelektrizität (Elektrolyte, viele Säuren und Basen), 2. Autokataballische Flüssigkeiten, die das Platin positiv elektrisch machen (Wasser, wäßrige Lösungen von Ölen usw.); autoanaballische Flüssigkeiten, die Platin stark negativ elektrisch machen (Lösungen von Chinin, Anilin, Trichloressigsäure usw.), 3. Hyperballische Flüssigkeiten, Mischungen der ersten beiden Gruppen, die viel mehr Balloelektrizität geben als die Komponenten. Bei der Mischung bilden sich chemische Umwandlungen, die die höhere elektrische Wirkung hervorrufen. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnistehre.

Physikalische Experimente auf historischer Grundlage. Von A. KISTNER. Im „Pädagogischen Archiv“ 1913, S. 296–307 macht der Verfasser

hierauf bezügliche Einzelvorschläge. Er sieht die Lektüre von Originalstellen nicht als den für den Anfang geeignetsten Weg an, um die Schüler in die Geistesarbeit großer Forscher einzuführen; denn „die Ausdrucksweise in

¹⁾ Ann. d. Physik 40, 107, 233 (1913).

älteren Schriften ist für die Schüler leicht unverständlich, und die Übersetzungen fremdsprachlicher Arbeiten passen sich den Unterrichtsbedürfnissen meist nur schlecht an. Ein gangbarer Pfad dagegen bietet sich durch Benutzung des historischen Experiments. „Soll der historische Gang der Wissenschaft auch für den Unterricht bestimmend sein, so darf nicht ein beliebig spät ersonnener Versuch in das zur Behandlung stehende Gebiet einführen, sondern das klassische Experiment, der eigentliche Originalversuch, wie er sich aus den grundlegenden Arbeiten der betreffenden Pfadfinder herauschälen läßt, gewöhnlich in bescheidenerer Gestalt, als er in den Physiksälen von Schule und Universität zu sehen ist.“ „Halten wir an dem Grundsatz fest, daß die Methoden des naturwissenschaftlichen Unterrichts den Arbeitsverfahren der eigentlichen Wissenschaft nachzubilden sind, so müssen wir die grundlegenden Experimente möglichst der einfachen Form anpassen, in der sie ihrem Urheber einst die Geheimnisse der Naturkräfte entschleiern halfen.“ Allerdings braucht man dabei nicht veraltete Versuchsanordnungen sklavisch nachzuahmen. Wenn man heute etwas mit einfachen modernen Apparaten zeigen kann, wird man es nicht in alter umständlicher Form demonstrieren.

Daß unsere Experimentiertechnik die Einfachheit der klassischen Versuche vielfach verloren hat, legt der Verfasser an einigen Beispielen dar. So zeigt man nach Pictet die Hohlspiegelversuche über strahlende Wärme mit einer heißen, nicht glühenden Kugel, während Weinhold dafür einglühendes Platindrahtnetz oder gar elektrisches Bogenlicht empfiehlt; zur Demonstration der Wärmewirkung im Brennpunkt genügt ein Galileisches Luftthermometer; nimmt man ein Ätherthermometer oder eine Thermosäule, so heißt das, mit Kanonen nach Spatzen schießen. Die Lichtbrechung demonstriert man am einfachsten nach dem Verfahren des Ptolemäus mit einer im Wasser befindlichen Kreisteilung, indem man zwei Lineale in Luft und Wasser so einstellt, daß sie eine Gerade zu bilden scheinen, wenn man an dem in Luft befindlichen entlang sieht. [Der bekannte Stecknadelversuch für Schülerübungen schließt sich unmittelbar an diesen historischen Versuch an.] Auch der historische Freihandversuch Keplers am Glaswürfel gehört hierher. Das Dopplersche Prinzip kann man, in Nachahmung der Beobachtung, die Buys Ballot an einem fahrenden Eisenbahnzuge machte, an der Klingel eines rasch vorbeifahrenden Fahr-

rades demonstrieren. „Das Gelingen dieser einfachen Variante des Originalversuchs macht auf die Schüler einen tieferen und nachhaltigeren Eindruck als jeder der anderen noch so kunstvollen und scharfsinnigen Versuche im Physikzimmer.“ Das Archimedische Prinzip knüpft man zweckmäßig an den Bericht des Vitruv über die Entdeckungsgeschichte des Prinzips an, indem man sich der Verdrängungsmethode bedient; dieselbe Methode wird auch bei dem Apparat von Al Biruni angewandt, der unmittelbar zum modernen Pyknometer führt. Dagegen kann man auf Nicholsons Aräometer und die Mohrsche Wage gänzlich verzichten. An Stelle des heute beliebten Universalthermoskops genügt für die meisten Fälle das leichtverständliche Differentialthermoskop von Leslie, sobald nur das ausgleichende Verbindungsrohr mit Hahn zur sicheren Einstellung der Indikatorflüssigkeit hinzugefügt ist. Den ersten Grundversuch über Reibungselektrizität empfiehlt es sich, aus sprachlichen und historischen Gründen, nicht mit Hartgummi, sondern mit Bernstein anzustellen, den man leicht in geeigneten Stäben kaufen kann. Der Verfasser weist auch darauf hin, daß in den „Freihandversuchen“ von H. Hahn (Berlin, O. Salle) viel historisches Material an das Tageslicht gefördert worden ist, das sich zu unmittelbarer Verwertung im Unterricht eignet.

Andererseits warnt der Verfasser mit Recht vor der falschen Pietät gegen entbehrliche Versuche und Apparate; er nennt von solchen: Lanesche Maßflasche, hydraulischen Widder, Quecksilberregen, zweistufige Luftpumpe mit Graßmannschem Hahn, Kaleidoskop, Daniels Hygrometer, Oersteds Piezometer; von den Photometern will er nur das von Bunsen beibehalten wissen, von den galvanischen Elementen nur das Chromsäure-Element nach Bunsen sowie die nach Leclanché und Meidinger; er verwirft auch Voltas Elektrophor, den Schweiggerschen Multiplikator u. a. m.; er verteidigt dagegen die Tangentenbussole gegen Fr. C. G. Müller, der sie zu den veralteten und entbehrlichen Apparaten rechnet. Auch von den vom Verfasser verworfenen Apparaten möchten wir übrigens einen und den anderen (wie den Elektrophor) noch nicht missen.

Den Fundamentalversuch Voltas will der Verfasser auch nicht mehr beibehalten, was heute wohl allgemeine Zustimmung finden wird. Doch wird man nach Volta die Entstehung elektrischer Ladungen auf Metallen mit feuchtem Zwischenleiter an dem Kondens-

satorelektroskop nachweisen. [Ob die von Weinhold befürwortete Vorführung der Voltaschen Säule heute noch angebracht ist, dürfte zweifelhaft sein.] —

Der Verfasser erinnert dann an die vom Referenten angegebenen historischen Lehrgänge der Hydrostatik und Aerostatik und besonders auch an den Weg, der von Otto von Guericke über die Schießpulvermaschine von Huygens zum Explosionsmotor und über Papins Experimente zur Dampfmaschine, Rohrpost, Glühlampe usw. führt. Er eignet sich auch die treffende Bemerkung Grimsehls an, daß der im Unterricht zumeist verfolgte Weg sich zu dem wirklichen historischen Wege etwa so verhält wie der Weg, den ein Schnellzug auf glatter Schienenbahn zurücklegt, zu dem Wege, der erst durch einen Urwald gebahnt werden muß. Der Hinweis, daß nicht der Zufall, sondern die Arbeit zu den Entdeckungen führt (Liebig), muß stets die historische Darlegung begleiten. Wie

im einzelnen ausgedehntere historische Zusammenhänge nutzbar gemacht werden können, zeigt der Verfasser an dem Beispiel der atmosphärischen Elektrizität, an der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, an der Entwicklung der Dynamomaschine. Auch ältere Apparate, die sich oft in Schulsammlungen befinden, können für das historische Verständnis nutzbar gemacht werden, so namentlich alte Elektriziermaschinen. Auch bei dieser Gelegenheit muß auf das Deutsche Museum in München als eine Sammelstätte berühmter historischer Apparate aufmerksam gemacht werden, wohl geeignet, das Gemüt der Besucher mit Ehrfurcht zu erfüllen. Endlich können Abbildungen aus Originalwerken (deren viele sich auch in Gerland und Traumüllers Geschichte der Experimentierkunst finden), besonders in Form von Lichtbildern, zur Belebung und Vertiefung des Unterrichts dienen. P.

4. Unterricht und Methode.

Der erste Unterricht in Physik und Chemie.

Hierüber veröffentlicht L. WUNDER (in Sendebach bei Lothar a. M.) „Gedanken, Wünsche und Beispiele“ in den *Monatsheften für den naturwissenschaftlichen Unterricht 1913, Nr. 1*. Er knüpft an die Tatsache an, daß die jüngeren Knaben (vor dem Eintritt der Reife) im Durchschnitt ein ungeheuer lebhaftes und vielseitiges Interesse haben, während dies bei der Mehrzahl der älteren Knaben nicht mehr vorhanden ist. Den psychologischen Grund dafür erblickt er in dem natürlichen Reiz, den alles Neue und Unbekannte auf den jugendlichen Menschen ausübt, der sich aber naturgemäß mit wachsender Erfahrung abschwächt. Er knüpft daran folgende Forderungen: „1. Jedes Anstacheln des kindlichen Interesses durch blendende Versuche im naturwissenschaftlichen Unterricht der unteren Klassen ist zu verwerfen, weil es dem Kinde nicht hilft, die Zahl seiner Probleme zu vermindern, sondern weil es im Gegenteil diese Zahl noch vermehrt. 2. Lebhaftige Beteiligung der jüngeren Knaben am Unterricht ist nicht als Beweis dafür zu betrachten, daß dieser Unterricht seinen Zweck erfüllt. 3. Der Zweck des naturwissenschaftlichen Unterrichts der unteren Klassen muß sein, die ungeheure Menge der ungeklärten Vorstellungen des Kindes untereinander zu verknüpfen und zu erklären [klären?]. 4. Diese Aufgabe kann der naturwissenschaftliche Unterricht nur dadurch erfüllen, daß er die Wahrnehmungen und Be-

obachtungen der Kinder auf das eingehendste erforscht und durch anschauliche Versuche im einfachsten Gewande verknüpft und erklärt [?].“

Hierin ist vor allem die Aufforderung beachtenswert, daß der Lehrer an die dem Schüler bereits aus dem Leben bekannten Erfahrungen anknüpfen solle, dagegen auf Darbietung neuer Stoffe möglichst zu verzichten habe; allerdings gehöre schon ein reichliches Teil von Lehrerfahrung dazu, um zu wissen, daß die wertvollsten Triumphe nur auf bekanntem Boden errungen werden. Es handele sich dabei dann darum, die alten Vorstellungen der Schüler so umzuwandeln, daß sie ihnen selbst am Schluß der Stunde wie etwas Neues erscheinen. Dies ist in der Regel ohne sorgfältig ausgewählte Experimente gar nicht ausführbar. Die größte Bedeutung aber schreibt der Verfasser der Selbsttätigkeit der Schüler zu, wie sie im Schülerpraktikum sich vollzieht. Er sieht den Vorzug dieser „neuen Unterrichtsweise“ an erster Stelle darin, daß sie den Schüler von dem Martyrium des Stillesitzens befreit und ihm ein gewisses Maß von Bewegungsfreiheit gestattet. Er findet allerdings, daß die Schülerübungen an vielen Schulen den Eindruck einer angeklebten Zutat machen und in den alten Schulorganismus nicht recht hineinpassen; er macht ihnen zum Vorwurf, daß sie in den meisten Fällen die Rücksicht auf die spezifische Eigenart des jugendlichen

Denkens und Wollens vermissen lassen; er verurteilt das zu weit getriebene Bestreben, die Schüler bei dieser Gelegenheit durch kleinliche Vorschriften zur Ordnungsliebe zu erziehen, die vielmehr das Ergebnis eigener wachsender Einsicht sein müsse; er tadelt bei den Übungen in gleicher Front, daß darin leicht etwas wie das Griffeklopfen beim Exerzieren sich geltend mache. Aber er übersieht dabei, daß die Unterrichtsorganisation in großen, stark besuchten Lehranstalten naturgemäß eine andere sein muß als in den kleinen Betrieben, wie sie etwa die Land-erziehungsheime darstellen. Jenen haftet unvermeidlich etwas von den Nachteilen alles Klassenunterrichtes an, demgegenüber die kleinen Schülergruppen einen leider nicht überall zu verwirklichenden Idealzustand darstellen. Er sollte daher nicht so scharf aburteilen über die Lehrer, die auch unter den ungünstigen Verhältnissen der Großstadt, mit einem wenig einheitlichen und häufig blasierten „Schülermaterial“ unter unsäglicher Anspannung ihrer Kräfte die Sache der Schülerübungen zu fördern bemüht sind.

Zu erneuter Prüfung ladet der Umstand ein, daß der Verfasser die quantitativen Versuche für die Unterstufe gänzlich ablehnt: „es gibt fast kein Gesetz im Bereich des Schulwissens, welches nicht durch geeignete qualitative Versuche auf das anschaulichste bewiesen werden könnte“. In dieser Form ist die Behauptung sicher falsch. Wollte der Verfasser statt „bewiesen“ „erläutert“ setzen, so würde sich darüber reden lassen. Er macht ferner geltend, daß es ohne eine Kritik der Genauigkeitsgrenzen kein quantitatives Arbeiten gibt, und daß alle quantitativen Ver-

suche, die nicht mit umsichtigster Kritik aller Fehlerquellen vereinigt werden, nur durch einen Zufall oder durch die Regiekunst des Lehrers zu richtigen Ergebnissen führen. Hierzu wäre zu sagen, daß es bei den quantitativen Versuchen doch nicht auf exakte Konstantenbestimmungen ankommt, und daß es bei Diskussion der Resultate an Hinweisen auf die Ursachen der Abweichungen nicht zu fehlen pflegt. Das bloß annähernd genaue Ergebnis der Messungen bewahrt die Schüler jedenfalls vor der Gefahr, die auch der Verfasser ferngehalten sehen will, daß sie das Erreichte überschätzen. Ob man die Versuche mehr quantitativ oder mehr qualitativ gestaltet, wird wesentlich durch das Alter und die Art der Schüler bedingt sein. Und wenn auch das Forschen des Knaben dem Spielen verwandt ist, so hat doch die Schule die Aufgabe, den Spieltrieb nach und nach in festere Bahnen zu lenken.

Der Verfasser fügt seinen Ausführungen einige Beispiele hinzu, die freilich in der Hauptsache Demonstrationsversuche enthalten. Die Versuche über den Trägheitswiderstand sind zumeist bekannte Freihandversuche, die weniger den Massenbegriff (wie der Verfasser will) als die zeitliche Dauer jedes Bewegungsantriebs verdeutlichen. Zwei der Versuche, den Trägheitswiderstand von Flüssigkeiten betreffend, sind in d. Zeitschr. an anderer Stelle (dieses Heft, S. 246) wiedergegeben. Ein zweites Beispiel bezieht sich auf die Oberflächenspannung, die der Verfasser auch durch quantitative Versuche dem Verständnis näherzubringen sucht. Ein drittes Beispiel über die Verbrennung weicht nicht wesentlich von dem auch sonst im chemischen Unterricht Üblichen ab.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Metalldrahtlampen¹⁾. Nachdem lange Zeit die 1855 von H. GÖBEL in New York erfundene, aber erst durch EDISON 1880 wirksam in die Praxis eingeführte Kohlefadenglühlampe eins der wichtigsten Propagandamittel und eine der wirksamsten Anwendungsformen elektrischer Energie gewesen, begann, etwa um die Jahrhundertwende, eine merkwürdige Wandlung einzutreten, welche, in der Ausführung ein Fortschritt, doch im Grunde einen

Rückschritt: ein Zurückgreifen auf Früheres bedeutete.

Jeder Strom entwickelt beim Durchgang durch einen Leiter Wärme, und je geringer die Masse dieses Leiters ist, um so leichter kann man seine Temperatur bis zum Glühen, d. h. Leuchten, steigern; bei keinem Material lassen sich nun die bezüglichen Bedingungen leichter erfüllen als bei Metallen. Daher finden wir Versuche mit „elektrischen Glühlampen“ schon zeitig (DAVY 1802 [Platin], desgl. MOLEYNs 1841, GROVE 1845, J. W. DRAPER 1847, DE CHANGY 1858). Als Material wurden hierbei außer Platin schon verwendet: Iridium 1849 durch PETRIE, Wolfram 1889 durch LODIGINE & TIBBITs.

¹⁾ Vgl. „Die Osmiumglühlampe“, diese Zeitschr. 15, 181–184, 1902; — „Tantal und einige andere Erdmetalle usw.“, Ebenda 18, 173–175, 1905; — „Neuere elektrische Glühlampen“, Ebenda 21, 202–204, 1908.

In neuerer Zeit hat AUER v. WELSBACH mit seiner „Osmiumlampe“ 1902 eine neue Epoche eingeleitet. Es folgte die Wolframlampe von JUST & HANAMANN in Wien 1903, und nach einem anderen Verfahren von KUČEL 1904, hergestellt von PINTSCH-Berlin und KREMENEZKY-Wien. Sehr wesentlichen Einfluß hatte das Herausbringen der Tantalumlampe durch SIEMENS & HALSKE 1905, insofern hier von vornherein nach weitausschauenden Plänen gearbeitet worden und bei der Veröffentlichung auch bereits die fabrikmäßige Herstellung vollständig vorbereitet war. Während nämlich bei der Osmiumlampe die Fäden in recht mühsamer Weise indirekt erzeugt werden mußten, wurde bei den Tantalampen direkt Tantaldraht verwendet. Weiter sind zu erwähnen:

die „Zirkonlampe“ von Dr. HOLLEFREUND & Co. in Berlin 1906,

die „Iridiumlampe“ von GÜLCHER-Berlin 1907.

Ursprünglich waren alle diese Lampen, soweit sie neueren Ursprunges, Metallfaden-Lampen, d. h. der fadenförmige Glühkörper wurde auf Umwegen in dieser Form erhalten, meist nach einem sog. „Pasteverfahren“; dies besteht darin, daß man

- a) das betreffende Metall als äußerst feines Pulver mit einem Bindemittel mengt,
- b) diese „Paste“ durch Düsen zu Fäden preßt, welche durch Verdunstung des Lösungsmittels für den Bindestoff handhabbar werden,
- c) das Bindemittel verkohlt,
- d) den Faden elektrisch glüht.

Dies Verfahren war deshalb geboten, weil die betreffenden Metalle als die schwerstschmelzbaren und auch mechanisch am schwersten zu behandelnden bekannt waren. —

Nun wissen wir, daß dasselbe Eisen, geglüht weich und biegsam, glühend in kaltem Wasser oder Öl abgeschreckt, aber hart und spröde ist: dasselbe Eisen kann in zwei verschiedenen Modifikationen vorkommen! Von den vorerwähnten Metallen kannte man aber zunächst noch keine sog. „duktilen“ Modifikationen, d. h. solche, welche ziehbar, dehnbar, hämmerbar sind. Bekannt ist ja, daß man Platin als Seele eines Golddrahtes zu $0,02 = \frac{2}{100}$ mm ausziehen kann.

Ins überaus mühsamer Arbeit ist es dann auch gelungen, Wolfram- und andere Drähte ziehen zu lernen. Dabei stellte sich z. B. heraus, daß Wolfram wegen seiner Härte auch während des Ziehens den Diamantziehstein

angreift. — Ferner zeigten die ersten Metallfäden unangenehme Strukturänderungen beim Gebrauch infolge Stromdurchganges, besonders bei Wechselstrom, bedingt durch molekulare Umlagerungen infolge der Erschütterungen durch die periodische Erwärmung. Hierdurch wurden die Fäden ziemlich rasch in deutlich sichtbarer Weise verändert: sie nahmen grobkristallinische Struktur an, die sich durch Rau- und Unebenwerden der Außenfläche zu erkennen gibt, büßten dadurch an innerem Zusammenhang ein und wurden so leicht zerbrechlich und gegen Erschütterungen hochempfindlich²⁾. Durch geeignete Maßnahmen bei der Herstellung ist es gelungen, dieses Übelstandes Herr zu werden. Die neuen Lampen zeigen deshalb ein wesentlich besseres Verhalten als die alten: gleichmäßige Lichtausbeute, geringere mechanische Empfindlichkeit!

Die eigentliche Lampe³⁾ besteht in diesem Falle aus einem stark bleisilikathaltigen, daher leicht schmelzenden Kronglas, das gut zusammenschmilzt, sich gut verbindet, und wenig zum Springen neigt. Zur Erhitzung bei der Herstellung dienen mittelst besonderer Vorrichtungen in der am besten brauchbaren Form und Größe an besonderen handlichen Apparaten in zweckmäßigster Stellung erzeugte Gebläseflammen.

Die Herstellung der Lampe⁴⁾ beginnt mit der des sog. „Füßchens“; auf dieses kommt das „Traggestell“ für den Draht. Das Ganze wird dann in die „Glocke“ eingesetzt. — Das Füßchen erhält in der Flamme seine Form durch „Drücken“. — Dann werden Glasstäbchen durch örtliches Glühendmachen und Stauchen mit den Wulsten zur Aufnahme der Drahtalter versehen. — Die Stromzuleitungen bestehen innerhalb des Glases selbst aus Platin, wegen der Übereinstimmung der Ausdehnungskoeffizienten von Glas und Platin, im übrigen streckenweise aus Kupfer- und Nickeldraht. — Dann werden in die erwähnten Wulste die Häkchen für den Draht eingeschmolzen, indem sie in den erweichten Wulst hineingeschoben werden. — Nunmehr

²⁾ Ein Bild dieses Zustandes erhält man etwa, wenn man sich feinkörnigen Sand mit Leim gemischt und aus dieser Masse Fäden oder feine Stäbchen geformt und getrocknet denkt.

³⁾ RÉMANÉ, „Die Osram-Drahtlampe“. Nach einem in der Polytechnischen Gesellschaft gehaltenen Vortrage.

⁴⁾ RÉMANÉ, „Die Osramdrahtlampe“. Die Welt der Technik 1913, Nr. 7, 130–134.

erfolgt das bei dem nach neuerem Verfahren hergestellten Draht nicht sonderlich schwierige Aufspannen des letzteren und sein Anschließen an die Zuleitungen. —

Die Glashüllen, sog. „Birnen“, werden fertig bezogen, sie erhalten ein Ansatzrohr zum Anschluß an die Luftpumpe. Das Einsetzen des Fadengestelles geschieht, indem man letzteres in einem geeigneten Halter befestigt, die Birne, von einer „Zentrierzange“ gehalten, darüberschiebt und nun den unteren Birnenrand erhitzt, bis er, weich geworden, freiwillig sich auf den Rand des kleinen „Füßchens“ auflegt und mit diesem verschmilzt. —

Bei dem nun folgenden Auspumpen müssen die Lampen zwecks Austreibung von den Glaswänden festgehaltener Gase bis fast zum Schmelzen des Glases erhitzt werden. Oft werden auch noch chemische Mittel zu diesem Zwecke zu Hilfe genommen.

An das Auspumpen schließt sich eine Prüfung zwecks Ermittlung etwa nicht gasdichter Lampen, sodann ein Prüfungsbrennen. Dann folgt eine Photometrierung jeder einzelnen Lampe und die Ermittlung des spezifischen Effektverbrauches (Watt/Kerzen). Diesem folgt das Aufsetzen des Sockels mit Gewinde, womit die Lampen nach ~ 40 Einzelmanipulationen endlich gebrauchsfertig sind. —

Die neue Osramdrahtlampe zeigt im Gegensatz zu den Kohlefaden- und anderen Metallfadenlampen keine wesentliche stetige Lichtabnahme mit zunehmender Brenndauer, sondern es bleibt vielmehr die Lichtstärke bis zum Ablaufe der Lebensdauer nahezu unverändert. Zum Vergleich dienen folgende Zahlen:

Osramlampe von 16 HK — 217 Volt
— 1,25 Watt pro Kerze; nach 2000 Brennstunden $\sim 10\%$ Lichtabnahme;

Kohlefadenlampe von 16 HK
— 217 Volt — 56 Watt pro Kerze; nach 500 Brennstunden $\sim 20\%$ Lichtabnahme⁵⁾.

Nimmt man letzteren Prozentsatz als zulässige Grenze, dann ergibt sich die Lebensdauer einer Osramlampe $\approx \sim$ dem Vierfachen der einer Kohlefadenlampe.

Man hat nun neuerdings auch gelernt, durch Einbringen eines besonderen Körpers das Zerstäuben der Fäden hintanzuhalten;

⁵⁾ Vgl. hierzu W. VOEGE, „Untersuchungen über die Strahlungseigenschaften der neueren Glühlampen“, Hamburg 1904.

diese Neuerung gestattet eine höhere Strombelastung der Glühdrähte, bedingt damit eine höhere Lichtausbeute bei verbessertem Wirkungsgrad, so daß der spezifische Wattverbrauch bis auf 0,8 Watt pro Kerze verringert werden kann. Gleichzeitig erhält man so eine wesentlich größere Lebensdauer; so wurde z. B. der Polytechnischen Gesellschaft in Berlin eine Lampe vorgeführt, welche bei anfänglich 300 HK nach 9100 Brennstunden noch keine wesentliche Abnahme der Leuchtkraft zeigte, was, bei einer Brennzeit von täglich 5 Stunden, 1820 Tagen = rund 6 Jahren entspricht.

Spannungsüberschreitungen verkürzen im allgemeinen die Lebensdauer von Glühlampen erheblich; die Osramlampe verhält sich auch in dieser Beziehung recht günstig.

Aus dem geringeren Energieverbrauch bei gleicher Leuchtkraft gegenüber anderen Lampen folgt größere Billigkeit des Betriebes, welche den erheblich höheren Preis der neuen Lampen gegen die alten zum guten Teile wettmacht. Die Metalldrahtlampe eignet sich daher besonders für solche Verwendungszwecke, wo an sich nur geringe Energie zur Verfügung steht: Taschenlampen, Lampen für Endoskopie (Beleuchtung von Körperhöhlen). Wegen ihrer mechanischen Festigkeit ist sie auch mit Vorteil in Straßen- und Vollbahnwagen sowie in Selbstfahrern (hier in den Scheinwerfern) gut verwendbar. Die Einführung der Metalldrahtlampe bedeutet also in jeder Beziehung einen großen Fortschritt auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung, wie man ihn vor noch nicht gar langer Zeit kaum noch erwarten zu können glaubte.

B. v. Cz.

Das duktile Wolfram. Über Eigenschaften und Verwendungsarten des duktilen Wolframs bringen die „Naturwissenschaften“ (1913, Heft 16) interessante Mitteilungen von C. G. FINK aus den Verhandlungen des 8. Internationalen Kongresses für angewandte Chemie, der zu New York im September 1912 stattgefunden hat. Von diesem duktilen Metall werden täglich große Mengen von gezogenem Draht für die Fabrikation von Glühlampen hergestellt.

Über die Eigenschaften des duktilen Metalls werden folgende Angaben gemacht: Die Dichte beträgt 19,3 bis 21,4, ist also doppelt so groß wie die des Bleies. Der Schmelzpunkt liegt bei $3100^\circ \pm 60^\circ$, also höher als der irgendeines anderen Metalles; seine Zugfestigkeit, 322 bis 427 kg/qmm, übertrifft die

des Eisens und Nickels, es kann zu geringeren Stärken ausgezogen werden als irgendein anderes Metall. Der thermische Ausdehnungskoeffizient ist $4,3 \cdot 10^{-6}$ (gegen $8,8 \cdot 10^{-6}$ bei Platin); die spezifische Wärme 0,0358; das Wärmeleitvermögen 0,35 g-cal/cm/sec/1° (gegen 0,166 beim Platin); die Härte 4,5 bis 8,0 der Mohsschen Skala; der elektrische Widerstand bei 25° (hart) 6,2 Mikrohm/ccm bzw. (angelasen) 5,0 Mikrohm/ccm, der Temperaturkoeffizient zwischen 0° und 170° beträgt 0,0051. Das Metall ist in Säuren und Alkalien unlöslich, doch löslich in Gemischen von HFl und HNO_3 sowie in geschmolzenen Nitraten, Nitriten und Peroxyden.

Das Metall ist außer für Glühlampen noch für viele andere Zwecke verwendbar. In geschmiedetem Zustande ist es als Kontakt in Funkeninduktoren, Relais usw. verwendet worden und übertrifft hierin das Platin und Platin-Iridium bedeutend an Dauerhaftigkeit infolge seiner größeren Härte, des größeren Wärmeleitvermögens und der geringeren Dampfspannung. Es wird zur Herstellung von Wolframöfen benutzt, in denen stundenlang Temperaturen von 1600—1800° aufrechterhalten werden können. Wolframgaze dient in Laboratorien zur Trennung fester Stoffe von sauren Flüssigkeiten. Wolfram ist als Antikathode in Röntgenröhren wirksamer als irgendein anderes Material. In Verbindung mit Molybdän liefert es ein Thermolement zur Messung hoher Temperaturen; die EMK

nimmt bis 540° zu, dann wieder ab und geht bei etwa 1300° durch Null. Für Normalgewichte ist es wegen seiner Härte und seiner Unveränderlichkeit ausgezeichnet geeignet. Auch für galvanische Elemente kann es verwendet werden; eine Zelle Wolfram-Natriumhydroxydlösung-Kaliumchloridlösung-Kalomel-Quecksilber ergab je nach Zusammensetzung 0,68 bis 0,38 Volt; durch Zusatz geringer Mengen von Verunreinigungen kann man die EMK der W_0-NaOH -Elektrode derjenigen von Zink in Zinksulfat nähern. Eine Zelle $Hg-Hg_2W_3O_{11}-Na_2WO_4$ (fest)- Na_2WO_4 (gesättigte Lösung)- Na_2WO_4 (fest)- W mit der EMK von 0,505 Volt scheint sich zu einer Normalzelle zu eignen.

Die feinsten Wolframdrähte von 0,005 mm Durchmesser sind wegen ihrer Festigkeit und chemischen Beständigkeit für Galvanometeraufhängungen und für das Fadenkreuz in Fernrohren geeignet. Der Draht empfiehlt sich auch als Widerstandseinheit, da das Metall vollkommen rein hergestellt werden kann und unangreifbar ist. Ferner werden säurefeste Schalen und Röhren aus Wolfram hergestellt. Da es nicht magnetisch ist, hat man es in Elektrizitätsmessern zum Ersatz der Federn aus Phosphorbronze anzuwenden versucht; aus demselben Grunde könnte man es zu Uhrfedern verwenden. Endlich seien noch erwähnt: Federspitzen, Düsen (für die Drahtzieherei), Messerklingen, Vorhänge und feuersichere Decken aus mit Wolfram verstärktem Asbest.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Geschichte der deutschen Naturphilosophie. Von Dr. Carl Siegel. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 390 S. M 10,—, geb. M 11,—.

Die Naturphilosophie ist hier im engeren Sinne verstanden als „eine wissenschaftliche Disziplin, die bewußt neben und nach der Naturwissenschaft auftritt,“ und zugleich „gefordert von ihr als ihre notwendige Ergänzung“. Diese kritische Naturphilosophie nimmt nicht, wie die vielberufene spekulative, die Natur selbst, sondern die Wissenschaft von der Natur zum Gegenstand ihrer Untersuchung. Aufgabe einer Geschichte der Naturphilosophie ist es dann, „die großen Linien der Vergangenheit zu gewinnen und die Betrachtung bis in die Gegenwart hinein zu verfolgen“. Der Verfasser greift diese

Aufgabe mit großem Geschick an. Er sieht in Kepler und Leibniz die Väter der deutschen Naturphilosophie und weist zunächst bei ihnen die Probleme auf, die die ganze folgende Zeit beschäftigen. Er sondert bei Kepler die naturwissenschaftlichen von den metaphysischen Elementen und erkennt in Leibniz den Urheber eines erweiterten Naturbegriffs. Er behandelt danach die Philosophie der Naturwissenschaft bei Kant und Fries, die romantische Naturphilosophie bei Herder, Goethe, Schelling, Schopenhauer, die Gegner dieser Philosophie, nämlich Herbart und Feuerbach, dann die Vorläufer einer Naturphilosophie der Gegenwart: Lotze und Fechner. Das Buch schließt mit einer kurzen Charakteristik der beiden modernen Hauptrichtungen der Naturphilosophie, des extremen

Empirismus (Mach) und des qualitativen Energetismus (Ostwald). Es gibt in klarer Darstellung eine gute philosophische und historische Orientierung über die wichtigsten Probleme, von denen nur die des Atomismus und des Vitalismus hervorgehoben seien. Ganz ausgeschlossen hat der Verfasser mit Recht eine Berücksichtigung des Materialismus, der innerhalb der Naturphilosophie bedeutungslos ist. Ohne entschieden zwischen den modernen Richtungen Stellung zu nehmen, läßt der Verfasser doch keinen Zweifel darüber, daß nur aus der Bezugnahme auf Kant und die an ihn anschließende neuere Philosophie eine Klärung der Ansichten auf naturphilosophischem Gebiet hervorgehen kann. P.

Die Grundlagen der angewandten Geometrie. Eine Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Theorie und Erfahrung in den exakten Wissenschaften. Von Dr. HUGO DINGLER. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1911. 160 S. M 5,—, geb. M 6,—.

Der Untertitel rechtfertigt es, daß wir das Buch in dieser Zeitschrift anzeigen. Es bietet in seinen auf unsere Unterrichtsfächer bezüglichen Teilen nichts Geringeres als eine neue und überzeugende Deutung des bekannten Ausspruchs von Kant, „daß in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen sei“. Der Verfasser geht davon aus, daß es in der Mathematik wie in den exakten Wissenschaften überhaupt Gesetze gibt, die unabhängig von jeder experimentellen Prüfung sind und dennoch als Norm für jede mögliche Erfahrung dienen. Er untersucht die Sachlage an dem physikalischen Beispiel des Beleuchtungsvorgangs und findet, daß die Hauptaufgabe der Forschung in der Aufsuchung des einfachen Elementarvorgangs besteht, an den sich, ähnlich wie in Fouriers Theorem, sekundäre Vorgänge verschiedener Ordnung anlagern. Die Aufsuchung aller sekundären, also störenden Vorgänge bezeichnet er mit einem der Mathematik entlehnten Ausdruck als Exhaustion. Wie diese Betrachtungen dann weiter auf das Problem der Genauigkeit und auf die „Geometrie des wirklichen Raumes“ Anwendung finden, bleibe den dafür interessierten Lesern in dem Buche selbst nachzulesen überlassen. P.

Über die Bedingungen für die Möglichkeit physikalischer Vorgänge. Volkstümliche Vorträge,

gehalten an der Universität Czernowitz von M. RADA KOVIC. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1913. 56 S. M. 1,40.

Die hier veröffentlichten drei Vorträge behandeln die Einteilung der physikalischen Erscheinungen, das Energiegesetz und das Entropiegesetz. Die heut geltende systematische Einteilung der Physik wird gerechtfertigt und die Frage nach der Möglichkeit physikalischer Vorgänge dahin beantwortet, daß nicht alle denkbaren Kombinationen solcher Vorgänge möglich sind, sondern nur diejenigen, bei denen das Energie- und bzw. das Entropiegesetz erfüllt ist. Die elementare Darstellung dieser beiden Gesetze ohne Zuhilfenahme irgendwelcher mathematischen Formel ist vom Unterrichtsstandpunkt recht interessant, kann aber doch namentlich bei dem Gesetz der Entropie nur zu einer verschwommenen Auffassung der Sache führen. Immerhin ist dem Schriftchen die Brauchbarkeit für volkstümliche Belehrung zuzuerkennen. Über die Anwendung der beiden Gesetze auf das Universum äußert sich der Verfasser zum Schluß in durchaus zurückhaltender Weise. P.

Wellpapparbeiten. Ein Lehrgang für einen physikalischen Arbeitsunterricht im Lehrzimmer. Von O. Frey, Seminaroberlehrer in Leipzig. Leipzig, E. Wunderlich, 1912. 143 S. M 2, geb. M 2,50.

Der Werkunterricht hat sich immer mehr als eine erwünschte Vorstufe der physikalischen Übungen auch an höheren Schulen erwiesen. Für die Volksschule wird mehrfach eine Verbindung des Werkunterrichts mit dem physikalischen Unterricht, also ein physikalischer Arbeitsunterricht, empfohlen. Der Verf. befürwortet diese Art des Unterrichts, die am besten in einer 3—4stündigen Arbeitszeit an einem Nachmittag stattfindet; was er mit diesem Unterricht zu erzielen hofft, ist eine Erziehung zum „motorischen Denken“, worüber er sich in der Einleitung ausführlicher ausspricht. Als Material für die Werkstattarbeit empfiehlt er in dem vorliegenden Büchlein die Wellpappe, die vermöge ihrer Struktur zu Anwendungen von einer erstaunlichen Mannigfaltigkeit geeignet ist. Der Fachmann wird mit Vergnügen die Verwendungsmöglichkeiten für alle Gebiete der Physik kennen lernen, die hier angegeben sind. Besonders hübsch und eindrucksvoll ist die Demonstration des Strahlengangs an Spiegeln und Linsen, wofür durch die Parallelfurchung des Materials von vornherein die Versinnlichung paralleler

Strahlen an die Hand gegeben ist. Eine Fülle trefflicher Anweisungen für den physikalischen Anfangsunterricht ist mit der Beschreibung der Wellpappapparate verknüpft. Ein Anhang bietet noch beachtenswerte Mitteilungen über Stahlkugeln als Hilfsmittel für Versuchsreihen, über die Verwertung der Glühstrumpfhülse, über Streifen und Faltblätter aus Schreibpapier. Hier ist ein reiches Material an Freihandversuchen dargeboten, das näher kennen zu lernen jedem angeraten werden kann, der mit dem elementaren Physikunterricht zu tun hat. P.

Das latente Bild. Von Dr. Lüppo-Cramer. (Enzyklopädie der Photographie. Heft 78.) Mit 2 in den Text gedruckten Abbildungen. VII und 66 Seiten. W. Knapp, Halle a. S., 1911. M 3,60.

Das angenehm zu lesende Büchlein behandelt die physikalischen und die chemischen Veränderungen der Silberhaloide durch das Licht, die gewöhnliche Solarisation, die Solarisation im roten Licht und die Umkehrerscheinungen durch Zerstäubung (Clayden-effekt). Es sind dies Erscheinungen, zu deren Aufklärung Verf. selbst viel beigetragen hat, und über die die Meinungen vielfach noch recht geteilt sind. Für jeden, der sich mit der Photographie in ernster Weise beschäftigt, wird es sehr angenehm sein, in diesem Büchlein eine knappe Übersicht über das Gebiet und bei den wichtigsten Streitpunkten (z. B. Subhaloide) eine wohlbegründete Stellungnahme des Verf. kennen zu lernen, zugleich aber auch einen ausführlichen Nachweis der recht zerstreuten Literatur zu finden. W. Vn.

Wirkungsweise und Gebrauch des Mikroskopes und seiner Hilfsapparate. Von Prof. Dr. W. SCHEFFER. Mit 89 Abbildungen im Text und 3 Blendenblättern. VII und 116 Seiten. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1911. M 3,—.

Der Verf. stellt sich in diesem empfehlenswerten Büchlein die Aufgabe, die Wirkungsweise des Mikroskopes in leicht verständlicher und doch streng wissenschaftlicher Weise darzustellen. Die drei ersten Abschnitte: Lagen- und Größenbeziehungen zwischen Objekt und Bild; Strahlenbegrenzung; Strahlungsvermittlung, sowie der Anfang des vierten: Verwirklichung der Abbildung, lehnen sich eng an die mathematische Behandlung von Abbe, Czapski und v. Rohr, wobei die mathematischen Ableitungen durch eine Andeutung des Gedankenganges und anschau-

liche Schilderung der Ergebnisse ersetzt ist. Die so auf einigen 20 Seiten gewonnenen allgemeinen Grundlagen werden bei der Besprechung der Einzelteile des Mikroskopes in der gründlichsten Weise verwertet, so daß man auch von dem scheinbar nebensächlichsten Bestandteil des Mikroskopes erfährt, wie er gestaltet ist, und warum er gerade so gestaltet ist. Dabei erstreckt sich diese Besprechung auch auf die seltensten Nebenapparate des Mikroskopes und Ultramikroskopes, auf Prüfungseinrichtungen und Hilfsmittel zur Mikrophotographie und Projektion, so daß auch der, der seine mikroskopische Ausrüstung erweitern und vervollständigen will, eine treffliche Anleitung erhält.

Zwei kleine Einwendungen: S. 14 steht: „Ein Teil des . . . Lichtes wird dadurch vernichtet, daß Wellenberge und Wellentäler zusammenfallen“. Dazu ist zu sagen, daß die Interferenz niemals Licht vernichtet, sondern nur zu gewissen Stellen nicht hinläßt, dafür aber andere um so mehr begünstigt. Ferner wird mehrfach Lichtbewegung gesagt, wo die Fortpflanzung gemeint ist. Es dürfte besser sein, diesen ganz bestimmten Unterschied, zumal bei einem Transversalvorgang, nicht zu verwischen.

W. Vn.

Belichtungstabelle. Von Dr. EGON MEIER. Halle a. S., W. Knapp. 8 Seiten. M 0,30.

Es werden gegeben Tabellen über die durchschnittliche Helligkeit zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten unter 60, 53, 40, 30, 23 und 0 Grad geogr. Breite, ferner bei Schnee und besonderen Beleuchtungsverhältnissen und in verschiedener Berghöhe. Außerdem Zusammenstellungen über Plattenempfindlichkeit, Helligkeit der Blenden und Gelbscheiben. W. Vn.

Ausführliches Handbuch der Photographie. Von Josef Maria Eder. Bd. 1, 4 Teil. Die photographischen Objektive. 329 Seiten, 272 Abbildungen. Dritte, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Halle, Wilhelm Knapp, 1911. M 12,—, geb. M 13,50.

Die neue umgearbeitete Auflage beginnt mit einer kurzen gemeinverständlichen photographischen Optik und einem geschichtlichen Überblick über Kamera und Objektiv. Ziemlich eingehend wird die Lochkamera besprochen, und mehrere Kapitel geben recht erschöpfende Auskunft über die älteren Objektivformen. Bei den modernen Anastigmaten besteht die Darstellung im wesentlichen in

der Aufzählung der verschiedenen Fabrikate nebst Angabe der Linsenzahl, Krümmungsradien und Glassorten. Es ist kaum möglich, daraus einen Anhalt für die Auswahl zu gewinnen, und man sieht, daß selbst eine Anstalt, wie die von Eder geleitete, der raschen Entwicklung nicht vollständig hat folgen können. Es wird die Aufgabe der nächsten Auflage des Buches sein, dieses Kapitel zu einem so auskunftsbereiten Führer zu gestalten, wie es die vorhergehenden bezüglich der älteren Objektive sind. Wesentlich dasselbe gilt für die modernen Objektivsätze. Eingehend sind die Teleobjektive behandelt, in angemessener Kürze die Spiegelobjektive und die Bildumkehrung mit Spiegel und Prisma. Bei den Blenden werden sehr verbreitete Irrtümer mit Gründlichkeit abgewiesen und die Bedürfnisse der Reproduktionstechnik anschaulich dargestellt. Die Prüfung der Objekte nach verschiedenen Methoden wird, der Wichtigkeit der Sache entsprechend, sehr eingehend behandelt. Die Ratschläge für die Wahl der Objektive sind allgemein gehalten unter Hervorhebung der für jeden Verwendungszweck zu erfüllenden Ansprüche. Die Berechnung der Belichtungszeit wird einmal unter Rücksicht auf Helligkeit und Plattenempfindlichkeit, das andere Mal unter Rücksicht auf die Bewegungsgeschwindigkeit der Objekte gegeben. Schließlich wird die physikalisch interessante, aber photographisch unzureichende Zonenplatte erläutert. Ausführliche Autoren- und Sachregister erleichtern den Gebrauch des wertvollen Werkes.

W. Vn.

Anleitung zu den wichtigsten physikalischen Schulversuchen von Dr. Wilhelm Volkmann. Mit 262 Textfiguren. Berlin, Rud. Mückenberger. VI und 266 S. Geb. M 7,—.

Der den Physiklehrern als Urheber zahlreicher zweckmäßiger Apparate und Schulversuche bekannte Verfasser stellt schon in der Vorrede seines Buches Erörterungen darüber an, welche Schulversuche die wichtigsten sind. Er empfiehlt besonders, sich von den Fesseln einer überkommenen Systematik zu befreien und viel mehr Nutzen aus dem zu ziehen, was jedesmal zufällig nahe liegt. Im einzelnen wird der erfahrene Lehrer wohl öfters anderer Ansicht über manche vom Verfasser für unnötig oder veraltet erklärte Gegenstände des Physikunterrichts sein. Mit der Ansicht, daß gegenwärtig manchmal schon zuviel experimentiert werde, kommt der Verfasser denjenigen entgegen, die auch heute noch lieber mehr mit der Theorie hantieren.

Zu viele Apparate aus dem Schrank zu holen, wird ein aufmerksamer Anfänger sich doch wohl bald von selbst abgewöhnen. Wenn es dem Verfasser erlaubt erscheint, im Vortrage einmal zu Höhen aufzusteigen, in die die Schüler nicht mehr folgen können, so sollte doch ab und zu ein Experiment Gnade finden, bei dem es nicht möglich ist, alle Einzelheiten vollkommen zu erklären. Vom Erlebten lernt der Schüler immer etwas, von bloßen Worten oft nichts.

Der Verfasser schildert nun in den einzelnen Kapiteln: Unterrichtszimmer und Sammlung, allgemeine Hilfsmittel, die Projektionseinrichtung und die elektrische Anlage; dann folgen die Abschnitte: Mechanik, Flüssigkeiten, Gase usw., in denen die nach seiner Ansicht empfehlenswertesten Hilfsmittel für den Physikunterricht überall fesselnd und mit nützlichen Hinweisen, dargestellt sind. Mit den Ausführungen über das Universalstativ gibt der Verfasser zugleich eine Fortsetzung des 1905 bei Julius Springer erschienenen Buches: Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen (Physikalischer Baukasten). Es sind nur Dinge behandelt, die vom Verfasser selbst erprobt sind; die dabei selbstverständliche Einseitigkeit wird man nicht anders erwarten. Viel von dem, was andere überzeugt für ungleich zweckmäßiger und der Jugend mehr entsprechend halten, ist in dem Buche kaum gestreift. In einem für den Fachmann geschriebenen Werke müßte auch wohl überall darauf Gewicht gelegt werden, daß fremde Urheberschaften erkennbar sind. Dem Referenten hat der Herr Verfasser es brieflich ausgesprochen, daß er den auf S. 147 mitgeteilten Interferenzversuch mit zwei abgestimmten Luftsäulen, der die Phasenverschiedenheit der von einer Stimmgabel ausgehenden Wellen zeigt (d. Zeitschr. XVI 30), nicht selbst gefunden hatte.

In einigen Fällen, wo altbekannte Versuche als unzulänglich hingestellt sind, könnte man die geschilderten Übelstände durch einfache Maßnahmen beseitigen. Den Docht der kleinen Kerze für die Taucherglocke z. B. braucht man nur, soweit es geht, abzuknipsen, damit die Flamme deutlich einige Zeit tief im Wasser weiterbrennt. Daß physikalische Versuche auch Dinge zeigen, die eigentlich in die Chemie gehören, ist doch für das so notwendige Zusammengehen beider Wissenschaften höchst erwünscht. Es sei gestattet, noch einige Punkte zu berühren, wo eine entgegengesetzte Auffassung berechtigt erscheint. Die bei Vereinfachung

des Experimentiertisches fortfallende bequeme Heizvorrichtung für elektrostatische Apparate (Tisch nach Weinhold) möchte doch manchem sehr nützlich sein. Auch das Sonnenlicht ist ein so köstliches Hilfsmittel für Vereinfachung und Verschönerung des Physikunterrichts, daß man es weniger leicht aufgeben oder nur selten benutzen sollte. Die für sehr große Verhältnisse vielleicht nötigen Verzichtes sollten für den Jugendunterricht nicht maßgebend sein.

Über das „Ansingens“ der singenden Flamme ist die verbreitete Meinung wiedergegeben, daß dies bei einiger Übung garnicht schwierig sei. In Wirklichkeit liegt die Sache wohl so, daß das ohnehin eintretende, wenn auch vielleicht 10 Sekunden zur Entwicklung erfordernde Auftreten der Schwingungen durch das Ansingens nur beschleunigt wird. Man versuche nur einmal, einen Flammen-ton anzusingen, der nach etwa einer Minute vom Einstellen ab nicht schon von selbst auftrat. Es ist vielmehr sehr schwer, den Versuch so einzurichten. Leichter erhält das Flammenrohr eine solche Lage, daß die Flamme laut mittönt, und einige Sekunden lang nachtönt, wenn man den Ton des Klangrohrs angibt (d. Zeitschr. XV, 274).

An manchen Stellen des Buches sind besondere Lehrgänge vorgeschlagen, so beim Galvanismus. Man solle von der Beschleunigung des Auflösens von Zink durch den Kontakt mit einem gleichfalls eingetauchten Kupferdrahte ausgehen. Man kann nur schwer glauben, daß das historische Bild der Entwicklung des Galvanismus mit Einschluß des Froschschenkelversuches jemals trotz aller Fortschritte des Galvanismus für die Jugend an Wert verlieren könnte. Besonders im Abschnitte über Wärme ist in dem Buche zu Vieles kurz zusammengedrängt, was in solcher Form nicht als Anleitung ausreicht. Über die Versuche mit Natriumazetat muß man sich doch schon in d. Ztschr. eine gründlichere Aufklärung holen. Daß auch „Spielereien“ mit flüssiger Luft schon beschrieben seien, ist wohl keine die Wertschätzung anderer Autoren fördernde Bemerkung.

Leider können die so zahlreichen trefflichen Vorschläge des Buches hier nur summarisch hervorgehoben werden. Manche Abschnitte stellen gründliche und bleibende Fortschritte dar, sowohl für die theoretische Behandlung der Erscheinungen — wie die Ausführungen über Bilder von magnetischen Kraftfeldern — als auch für das Anstellen der Versuche selbst, wofür die Verwen-

dung von Lamettafäden nach Angabe des Verfassers ein schönes Beispiel gibt.

Rebenstorff.

Handbuch für physikalische Schülerübungen.

Von Hermann Hahn, Professor am Dorotheenstädtischen Realgymnasium und Leiter der Kurse für physikalische Schülerübungen in dem naturwissenschaftlichen Fortbildungsinstitut für Lehrer höherer Schulen zu Berlin. 2. verbesserte Auflage mit mehr als 340 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, Julius Springer, 1913. (Preis M 20, in Leinwand geb. M 22.)

Die erfreulichen und überraschend großen Fortschritte, die in den letzten Jahren die Entwicklung des physikalischen Unterrichts der Unterstufe vom reinen Demonstrations- zum Arbeitsunterricht gemacht hat, verdanken wir zweifellos in erster Linie dem ausgezeichneten Handbuch Hermann Hahns, dessen erste Auflage 1908 erschien und in dieser Zeitschrift (XXII, 202) besprochen wurde. Die gründlichen und eingehenden Darlegungen dieses bewährten Buches haben viele Lehrer veranlaßt, die Arbeitsmethode im physikalischen Unterricht zu versuchen, und sie befähigt, dieselbe in befriedigender Weise durchzuführen.

Es ist unnötig, einem Buche von dem Ruf des Hahnschen Handbuches, von dem heute die zweite Auflage vorliegt, noch Worte der Anerkennung mit auf den Weg zu geben, um so mehr, als die neue Auflage keine tiefergehenden Änderungen aufweist. Selbst der Wunsch, daß es auch weiterhin zahlreiche Freunde und Jünger finden möge, erscheint angesichts seines bisherigen Erfolges fast als eine Überflüssigkeit.

K. Noack.

Naturkunde für Lyzeen und Höhere Mädchenschulen. Von Siemon und Wunschmann. Dritter Teil: Physik, Chemie und Mineralogie. Physik von Professor Paul Siemon. Mit 211 Figuren im Text und einer farbigen Spektraltafel, 292 S. Chemie und Mineralogie von Prof. Dr. E. Wunschmann. Mit 99 Figuren, 124 S. Fünfte, neu bearbeitete Auflage. Geb. M 4,—. Ferdinand Hirt, Königliche Universitäts- und Verlagsbuchhandlung, Breslau, Königsplatz 1, 1912.

Das Werk gibt in seinen verschiedenen Auflagen ein Bild von der Entwicklung der höheren Mädchenschulen. Die vorliegende fünfte Auflage bedeutet nach Form und Inhalt einen weiteren Schritt vorwärts; insbesondere sucht sie durch Aufnahme von Schülerinnenübungen den Forderungen eines

modernen physikalischen Unterrichts gerecht zu werden.

Die Behandlung der Elektrolyse ist in mehrfacher Hinsicht zu beanstanden. Von der auf Seite 95 des chemischen Teils angegebenen Darstellung des Wasserstoffs ist wegen der Explosionsgefahr dringend abzuraten; das Natrium darf nicht im Zylinder emporsteigen, sondern muß mit einem Drahtlöffel unter der Öffnung des Zylinders festgehalten werden. Unter den reichlich gebotenen, teilweise vortrefflichen Übungen wird man mit der Zeit aussondern und ergänzen. Was speziell die chemischen Übungen angeht, so sind sie zu sehr eine reine Wiederholung der bereits im Unterricht angestellten Versuche.

Das Werk präsentiert sich in dem bekannten, vom Verlage seit 10 Jahren verwendeten, imitierten Leineneinband, der in kürzester Zeit unansehnlich wird und zerfetzt. Er hat sich so wenig bewährt, daß der Verlag sich ein Verdienst erwerben würde, wenn er sich entschließen könnte, ihn durch einen besseren zu ersetzen. *Grabow-Neumünster.*

Physik für höhere Mädchenschulen. Ausgabe B für Realschulen, Gymnasien und Realgymnasien. Unter besonderer Berücksichtigung der Kgl. Bayr. Lehrpläne vom 8. April 1911 bearbeitet von Johann Kleiber, Kgl. Professor der Städtischen Handelsschule in München, und Martin Schinnerl, Hauptlehrer an der Städtischen Höheren Mädchenschule in München. Mit 403 Figuren und vielen Wiederholungsfragen. München, R. Oldenbourg, 1912. VI und 274 S. Geb. M 3,—. Ergänzungsbändchen zur Ausgabe B für die Oberklasse der Realgymnasien. Mit 130 Figuren und vielen Wiederholungsfragen. VIII und 103 S. Von denselben Verfassern und dem gleichen Verlage. Kart. M 1,20.

Das Werk zeichnet sich durch Klarheit im Text und in den Figuren aus. Außer den schematischen Zeichnungen finden sich auch mehrere Bilder, die teilweise historischen Stichen nachgebildet sind und geeignet erscheinen, das Interesse der Schülerinnen zu fördern. Am Schluß des Werkes stehen treffliche geschichtliche Notizen, deren Wert besonders hervortritt, wenn man sie mit jener ergötzlichen Bemerkung vergleicht, die sich im Hauptbände auf Seite 7 findet. Dort heißt es wörtlich: „Geschichtliches: Früher hielt man die Luft für nichts; dies zeigt das Sprichwort: Das ist mir Luft“.

Mit Gründlichkeit und Geschick sind die ministeriellen Vorschriften beobachtet, nach denen die Schülerübungen nach Möglichkeit

die Grundlage des Unterrichts bilden sollen. Jedem Kapitel gehen durch Schülerinnen auszuführende Vorübungen voraus, die auf die abzuleitenden Gesetze hinarbeiten. Nur im Ergänzungsbändchen sind, dem Charakter der Oberstufe entsprechend, die praktischen Übungen an das Ende der Kapitel gestellt. Das Vorausstellen der Übungen hat ohne Zweifel etwas Gutes; um so mehr ist es zu verwundern, daß die Versuche und Erfahrungstat-sachen, die der Lehrer selbst zur Ableitung der Gesetze benutzt, diesen teilweise nachgestellt sind.

Von mir aufgefallenen Einzelheiten seien folgende erwähnt: Ich halte es für unzulässig, absolute Maße zu gebrauchen, ohne die Schülerinnen über ihre Bedeutung gründlich aufzuklären. Es ist wenig glücklich, Kohäsion und Adhäsion mit Hilfe der Kapillar-Attraktion und Depression zu erklären; umgekehrt ist es natürlicher und besser. Über konstante und inkonstante Elemente erfährt man nichts, ebensowenig über die Polarisation; und der Akkumulator wird im wesentlichen mit den Worten abgetan, daß er das modernste galvanische Element sei. Die Überschriften zu den Abschnitten der Elektrizitätslehre sind nicht immer einwandfrei, weil sie sich teilweise nicht aus-schließen. *Grabow-Neumünster.*

Neuere thermochemische Werke.

Sieht man von der Thermochemie der organischen Verbindungen ab, deren Erforschung einseitig sein muß, da man fast ausschließlich auf die Bestimmung der Verbrennungswärmen angewiesen ist, so hat die gesamte Thermochemie in den letzten Jahren eine ganz neue Richtung und Anregung erhalten durch die Aufstellung des Nernstschen Wärmetheorems, das eine Art von drittem thermodynamischen Hauptsatz darstellt. Da der erste und zweite Hauptsatz nur von Veränderungen der Energie und Entropie handelt, kann man mit ihrer Hilfe aus thermochemischen Daten nur Verschiebungen von Gleichgewichten ableiten, während das neue Wärmetheorem weiter geht. Es sagt bekanntlich aus, daß sich die Kurven für die Wärmetönung und die maximale Arbeit im absoluten Nullpunkte nicht schneiden, sondern asymptotisch berühren, falls an der Reaktion nur feste oder flüssige Systeme beteiligt sind. Daraus folgt, daß man die Affinität fester und flüssiger Stoffe, wenn man die Temperaturveränderlichkeit ihrer spezifischen Wärmen kennt, bei allen Temperaturen aus rein thermischen Größen berechnen kann. Kennt man den

Verlauf der Dampfdruckkurven, so ist die Berechnung auch für Gase und Dämpfe, also für alle Systeme ohne Ausnahme, möglich. —

Allen, die sich für Thermochemie interessieren, sei ein Büchlein warm empfohlen, das eine Monographie über dieses Nernstsche Theorem darstellt:

Die Berechnung chemischer Affinitäten nach dem Nernstschen Wärmetheorem. Von Dr. F. Pollitzer, München. Mit 9 Abb. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. W. Nernst. (Sonderausgabe aus der Sammlung chemischer und technischer Vorträge, herausgegeben von Prof. Dr. W. Herz, Breslau. Band XVII.) Stuttgart, Ferd. Enke, 1912. 171 Seiten. Lex.-8°. Geh. M 3,60.

Das Buch gibt eine ausführliche Ableitung des Satzes und eine Fülle von Anwendungen, die z. T. ganz überraschend sind. In etwa 80 Fällen lagen alle Daten vor, um die Gleichgewichte, Wärmetönungen oder elektromotorischen Kräfte zu berechnen. Wo die Übereinstimmung mit dem direkten Befund schlecht war, lag es in mehreren Fällen daran, daß die früher (z. B. von Thomsen) gemessenen Wärmetönungen unexakt waren. Eine Neubestimmung mit unseren modernen kalorimetrischen und präparativen Hilfsmitteln ergab Werte, die mit dem Wärmetheorem zusammengingen. Das bedeutet wohl die schärfste Prüfung des Satzes und ist so gut ein Triumph wie seinerzeit die Richtigstellung mancher Atomgewichtswerte, die mit dem periodischen Gesetz nicht stimmten. Das *Pollitzersche* Buch ist eine Fundgrube für solche, die an scharfsinnigen Deduktionen und kühnen Kombinationen von scheinbar heterogenen Dingen Freude haben. Nur schade, daß das Finden, falls man ein bestimmtes Beispiel sucht, durch das Fehlen jeglichen Registers sehr erschwert wird; hier muß bei einer Neuauflage Änderung geschaffen werden.

Bei dieser Gelegenheit müssen auch die in der zweiten Tabelle zusammengestellten Wärmetönungen einer durchgreifenden Revision unterzogen werden, namentlich die für die wichtigsten Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs. Die im Anhang enthaltenen Tabellen und Formelsammlungen erleichtern die oft sehr komplizierten Rechnungen bedeutend, die der Nernstsche Satz und seine Grundlagen, namentlich die Temperaturveränderlichkeit der spezifischen Wärmen, mit sich bringen. —

Auf breiterer Basis aufgebaut ist ein anderes, ebenfalls in den Nernstschen Satz mündendes Buch:

Lehrbuch der Thermochemie und Thermodynamik. Von Prof. Dr. Otto Sackur, Privatdozent an der Universität Breslau. Mit 46 Fig. im Text. Berlin, Julius Springer, 1912. VIII u. 340 S. M 12,—; in Leinwand geb. M 13,—.

Das Thermodynamische überwiegt und scheint dem Referenten den originelleren und wohl auch besser gelungenen Teil des Buches zu bilden. Dieser mehr theoretische Teil ist ganz vorzüglich; besonders das Hineinverweben von kinetischen Anschauungen in die thermodynamischen Betrachtungen verdient alles Lob. Dem Nernstschen Satz gewinnt der Verf. neue Seiten ab. Wer sich über die Stellung des Theorems in der Thermodynamik orientieren will, wird am besten zu dem Sackurschen Buch greifen.

Folgende kleine Ausstellungen möchte der Referent machen: Es ist wohl praktischer, den Begriff „Grad“ gleich am Gasthermometer abzuleiten statt erst am Quecksilberthermometer. S. 34 ist der Satz: „Offenbar besitzt Kohlenstoff das Bestreben, sich bereits unterhalb seines Schmelzpunktes in Dampf zu verwandeln.“ irreführend, da dies Bestreben sehr vielen Stoffen zukommt. Bei c_p/c_v würde richtiger hervorgehoben, daß die für Quecksilberdampf experimentell erwiesene Einatomigkeit auch für die Edelgase angenommen wurde, weil jenes Verhältnis das gleiche war. Bei den Verbrennungswärmen wäre die Bestimmung der gegenseitigen Lage mehrerer Doppelbindungen hervorzuheben; in gewissen Fällen ist der genaue Konstitutionsbeweis am schärfsten kalorimetrisch zu führen. Die Wärmetönung bei der elektrolytischen Dissoziation ließe sich mit Vorteil etwas ausführlicher behandeln, da es kaum eine Größe giebt, die sich auf so verschiedenen Wegen bestimmen und ableiten läßt; man kann hier also die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Erscheinungen besonders gut zeigen.

Bei einer Neuauflage wäre überhaupt eine etwas eingehendere Behandlung der eigentlichen Thermochemie erwünscht. Trotz dieser kleinen Mängel kann das anregend und klar geschriebene, inhaltreiche Buch Chemikern und Physikern warm empfohlen werden, da es ein gutes und fast vollständiges Bild von dem jetzigen Stande der Thermodynamik, als einer Hauptwurzel der Chemie und Physik, giebt. —

Bei dieser Gelegenheit sei den Lesern angezeigt, daß die Theoretische Chemie von Nernst 1913 in 7. Auflage erschienen ist. Jedes empfehlende Wort erübrigt sich. Aber da die Thermodynamik sogar auf dem Titel als Grundlage des Werks hervorgehoben ist, soll das Buch auch an dieser Stelle erwähnt werden. Außer den kurzen Abschnitten über die Größe und reale Existenz der Atome, über die Bestimmung des Elementarquantums und der Theorie der Wärmestrahlung sind besonders die thermodynamischen Teile stark vermehrt; es ist besonders reizvoll, das neue Wärmethorem nebst seinen mannigfachen Konsequenzen von seinem Entdecker ausführlich dargestellt zu lesen.

Auf ein weiteres Buch wird in einem anderen Zusammenhang einzugehen sein.

W. Roth-Greifswald.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique et de technologie. Publiées sous le patronage de l'Association internationale des Académies par le Comité international. Commission permanente du Comité international: Prof. M. Bodenstein (Hannover), Prof. G. Bruni (Padova), Prof. E. Cohen (Utrecht), Dr. Ch. Marie (Paris), Dr. N-T-M Wilmore (London). Secrétaire général Dr. Ch. Marie. Vol. I. Année 1910. Gauthiers-Villars (Paris), Akademische Verlagsgesellschaft (Leipzig), I. A. Churchill (London), University of Chicago Press (Chicago), 1912. XXXIX und 727 S. 4°. M 21,50.

Die „Jahrestabellen chemischer, physikalischer und technologischer Konstanten und Zahlenwerte“ — wie der Untertitel in deutscher Sprache heißt — werden von einem internationalen Ausschuss herausgegeben, der auf dem VII. Kongress für angewandte Chemie (London 1909) ernannt wurde, und dem z. B. deutscherseits R. Abegg (+), W. Biltz, M. Bodenstein und K. Scheel angehören.

Das neue Tabellenwerk enthält ein außerordentlich reichhaltiges Material, das durch eine weitgehende Teilung der Arbeit herangeschafft wurde. Von Mitarbeitern, die die Zeitschriften des Jahres 1910 exzerpiert haben, sind allein aus Deutschland und Österreich-Ungarn 41 Namen zu nennen. Die Zahlenangaben erstrecken sich in der Chemie und Physik auf alle Gebiete, in der Technologie hauptsächlich auf Metallurgie. Innerhalb der Tabellen ist der Text französisch, doch sind die kurzen „Bemerkungen über den Gebrauch der Tabellen“, die Kapitelübersicht und vor allem das ausführliche, 18 Seiten um-

fassende „Inhaltsverzeichnis“ außerdem noch in deutscher, englischer und italienischer Sprache wiedergegeben. Das gleiche gilt von den Kopftiteln der einzelnen Seiten; hier ist sogar, was das Aufsuchen sehr erleichtert, der deutsche Name immer vorangestellt. Die „Tables annuelles“ stellen ein großzügig angelegtes Werk dar, das in den wissenschaftlichen Instituten aller Länder ein willkommenes Gast sein wird. Dennoch sind sie für Deutschland, besonders was die Zwecke des naturwissenschaftlichen Unterrichts der höheren Lehranstalten angeht, nicht als ein Ersatz der Tabellen von Landolt-Börnstein-Roth anzusehen.

O. Ohmann.

Praktikum der Elektrochemie. Von Prof. Dr. Franz Fischer, Vorsteher des elektrochemischen Laboratoriums der Kgl. Technischen Hochschule in Berlin. Mit 40 Fig. Berlin, J. Springer, 1912. VIII u. 134 S. Geb. M. 5,—.

Das Buch gibt an der Hand einer großen Zahl trefflicher Skizzen von umfangreicheren Versuchsanordnungen einen vorzüglichen praktischen Überblick über die wichtigsten Gesetze der Elektrochemie. In methodischer Hinsicht ist besonders zu loben die Gliederung jeder größeren Aufgabe in die Abschnitte „Besprechung“ — die oft mehr als die Hälfte der ganzen Aufgabe einnimmt — und „Ausführung“, denen noch ein kurzer Abschnitt „Zubehör“ zweckentsprechend in Petitdruck zwischengeschaltet ist. In dem Abschnitt „Besprechung“ wird eine theoretische Vorbetrachtung, gewissermaßen die Analysis der Aufgabe, geboten. Wenn auch die wenigsten der hier exakt durchgeführten Versuche sich im Praktikum der Realvollanstalten ausführen lassen, so kommen doch mehrere für den Unterricht in Frage, und so sei auch aus diesem Grunde das Buch angelegentlich empfohlen.

O.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Ein Lehrbuch, auf moderner Grundlage nach methodischen Grundsätzen bearbeitet von Dr. E. Kotte, Oberlehrer in Dresden. Große Ausgabe A in 3 Teilen. I. Teil. Einführender Lehrgang der Chemie und Mineralogie. Mit 143 Figuren. 2. völlig umgearbeitete Auflage. Dresden-Blasewitz, Bleyl u. Kämmerer, 1913, 208 S., geb. M 2,60.

Schon in der ersten Auflage hatte Herr Kotte aus anerkannten chemischen Büchern viel Gutes zusammengebracht. Dies wurde jedoch von der Kritik nicht gebührend gewürdigt; nur in den Jahresberichten über das

höhere Schulwesen (1911) 25, XIII, 85 schrieb Doermer: „Ostwalds Grundlinien der Chemie und desselben Verfassers Schule der Chemie haben denn auch eine Fülle von Beiträgen, für den ersten Teil wenigstens, geliefert. Während dies nun im Vorwort auch deutlich zum Ausdruck kommt, vermißt der Ref. dort einen einzigen Hinweis darauf, daß Arendts Lehrbücher der Chemie und Mineralogie an sehr vielen Stellen oft wörtlich, ja gelegentlich einschließlich eines Druckfehlers den Text geliefert haben.“

Jetzt steht die zweite „völlig umgearbeitete“ Auflage zur Besprechung. Da zeigt sich, daß Herr Kotte wieder sehr fleißig gewesen ist, daß er aber gerade die angezogene Kritik nicht gelesen hat oder nicht hat verstehen wollen. Er schreibt im Vorwort: „Das bisherige erste Kapitel ist dem Seziermesser vollständig verfallen Statt dessen setzt die Untersuchung nun in ganz konkreter Weise mit der Untersuchung des Schwefels und der Schwefelerze ein; ein Vorgang, für den in der Literatur Vorbilder vorhanden sind.“ Genannt werden diese Vorbilder nirgends, deshalb soll versucht werden, sie nachträglich ausfindig zu machen.

Wer den Leitfaden der Chemie und Mineralogie von Ohmann mit dem vorliegenden Buche vergleicht, dem wird auf den ersten Blick eine weitgehende Ähnlichkeit auffallen. Gleich die ersten Paragraphen über Schwefel, Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, Zinnober, Zinkblende, künstliche Schwefelverbindungen usw., Abschnitte, die in ihrer Anordnung und Bearbeitung für den Ohmannschen Leitfaden äußerst charakteristisch sind, finden sich fast mit allen Unterabteilungen und fast in derselben Reihenfolge bei Kotte wieder. Es sind dabei wichtige methodische Gedankengänge mit allen Einzelheiten, mit zahlreichen didaktischen Kunstgriffen, mit Erläuterungen und Schlußfolgerungen, ja sogar mit kleinen Nebenbemerkungen übernommen worden.

Bei der Zersetzung der Schwefelerze treten auch fast alle Versuche Ohmanns mit ihren Einzelheiten wieder auf; der Zusammenhang läßt sich bis auf eine Figur (Kotte, Fig. 10) zur Zinnoberverbrennung verfolgen, die ungefähr das Spiegelbild der Fig. 29 bei Ohmann ist. In beiden Lehrgängen entsteht nun wörtlich übereinstimmend die Frage: „Lassen sich die Metalle auch künstlich mit dem Schwefel verbinden?“ (Ohmann, S. 17; Kotte, S. 14.)

Solche wörtlichen oder nahezu wörtlichen Übereinstimmungen braucht man übrigens

nicht lange zu suchen; sie sind zu vielen Dutzenden vorhanden und erstrecken sich oft über eine Viertelseite*). Daß diese wörtlichen Anklänge kein Zufall sind, erhellt aus der Tatsache, daß sogar ein Druckfehler mit abgeschrieben worden ist. (Vgl. hierzu auch oben Doermer.)

Ohmann (S. 81): Sie [die Zeichensprache] wurde von dem schwedischen Chemiker Jakob Berzelius (1779–1840) aufgestellt.

Kotte (S. 90): Diese [Zeichensprache] wurde zuerst von dem schwedischen Chemiker Jakob Berzelius (1779–1840) entwickelt.

Berzelius starb erst 1848.

An die oben erwähnte Frage schließen sich in beiden Büchern fast genau dieselben Versuche über die Sulfurierung der Metalle mit vielfach denselben Erläuterungen an. So geht es weiter, nur daß Herr Kotte vielleicht die Reihenfolge *a, d, c, b* innehält, wenn es bei seinem Muster hieß *a, b, c, d*.

Interessant ist es, daß nicht bloß die eigenartig durchgeführte Luftuntersuchung Ohmanns vor Herrn Kottes Augen Gnade gefunden hat, sondern damit zusammenhängend auch noch einiges scheinbar Nebensächliche. An die Luftuntersuchung knüpft nämlich Ohmann Erläuterungen über die Natur der Gase (S. 41–43), und er spricht erst viel später über die Energie bei chemischen Vorgängen (S. 166), entgegen dem gewöhnlichen Gebrauch, der die Erörterungen über die Energieverhältnisse bereits im Anschluß an den Sauerstoff beginnt. Genau so handelt Herr Kotte (S. 38, 39 u. 79), und seine Worte klingen auch hierbei dem Kenner des Ohmannschen Buches sonderbar vertraut.

Auch die Untersuchung des Wassers und der Vergleich zwischen der Oxydation des Wasserstoffs und dem Verkalken der Metalle ist in beiden Büchern von der gleichen Eigenart. Diese Übereinstimmungen lassen sich weiter durch den ganzen Lehrgang hindurch verfolgen.

Zudem ist eine große Anzahl der Originalversuche Ohmanns — Fortbrennen von Aluminium unter Wasser, Absorption des Luftsauerstoffs durch die Wasserstoffflamme im abgeschlossenen Raum, die Zündung durch glühende Stricknadeln — ohne jede Quellenangabe benutzt, und, was nicht unerwähnt bleiben mag, auch die systematischen

*) *Anm. der Red.* Die ausführlichen Belege hierfür sind der Redaktion dieser Zeitschrift übergeben und von dieser als beweiskräftig anerkannt worden.

Übersichten (S. 105 u. 175) sind nicht Herrn Kottes Eigentum.

Der chemische Teil des Buches, das Herr Kotte mit großen Worten in die Welt gehen läßt, ist ein unerhörtes Plagiat. Der mineralogische Teil ist es nicht minder. Hier hat in der Hauptsache der Leitfaden der Mineralogie von Ruska als Vorlage gedient. Von den Kristallformen in beiden Büchern stimmt ein Viertelhundert so vollkommen überein, daß man unwillkürlich an Pauspapier denkt. Wären nicht die Linien bei Kotte stärker ausgezogen, so würde man unzweifelhaft glauben, daß er dieselben Druckstöcke benutzt habe, wie sie für Ruskas Leitfaden verwendet wurden. Man vergleiche die Kristallfiguren für den Schwefel; einige davon sind für Ruska ganz charakteristisch. Man betrachte ferner die Ableitung der hemiedrischen Formen aus dem Würfel und dem quadratischen Prisma (Ruska, Abb. 34 ÷ 37, 44 ÷ 47, 51 ÷ 58, 64 ÷ 67, 83, 85; Kotte, Fig. 83 ÷ 86, 89 ÷ 93, 98 ÷ 105, 116, 117). Auch diese Ableitung ist Ruskas Leitfaden eigentümlich.

Mit den Figuren ist auch gleich der Text hinübergewandert. Herr Kotte schließt sich mit seinem Text eng, zum großen Teil wortgetreu, an seine Vorlage an; er vergißt z. B. auch nicht die eingehend geschilderte Herstellung von Kristallfiguren aus Plastilinwürfeln. Er vergißt nur, woher ihm all die Weisheit kam, sonst würde er sich wohl scheuen, in einem Rundschreiben als Textprobe Sätze in die Welt zu senden, die wörtlich bei Ruska stehen. Wen es näher interessiert, der vergleiche die schöne Beschreibung der Kristallisation von Schwefel aus Schwefelkohlenstoff (Ruska, S. 7; Kotte, S. 8), oder die Gebrauchsanweisung des Pyknometers (Ruska, S. 4; Kotte, S. 6).

Es mag genügen. Auch hier zeigt sich beim eingehenden Vergleich von Ruska und Kotte eine weitgehende Übereinstimmung nicht nur in der Darstellung einzelner Tatsachen, sondern auch in der Anwendung pädagogischer Hilfsmittel. Es ist Ruska genau so ergangen, wie Ohmann: beide sind systematisch ausgeplündert worden.

Außer Ostwald, Arendt-Doermer, Ohmann und Ruska wird sich noch mancher andere in diesem großen Zettelkasten bei näherem Zusehen wiederfinden. Der Kürze halber können nur einige Andeutungen gegeben werden. B. Schmid, Lehrbuch d. Min. (1. Aufl.), Fig. 62, 63, 66 (Kotte, Fig. 133 ÷ 135);

Scheid, Leitfaden d. Chem., quantitative Versuche, z. B. S. 4 oben (Kotte, S. 84); Rüdorff-Lüpke-Böttger, Grundriß d. Chem., Reduktion von Eisenoxyd durch Aluminium, S. 320 (Kotte, S. 75); Bräuer, Lehrbuch der Chem. (1. Aufl.), Fig. 12 mit Text (Kotte, S. 65).

Doermer hat die erste Auflage eine „geschickte Schreibtischarbeit“ genannt; man ist versucht und berechtigt, für die vorliegende Ausgabe einen andern, weniger milden Ausdruck zu gebrauchen. Bislang war eine derartige Herstellung eines Buches in den Kreisen akademisch gebildeter Lehrer nicht üblich.

Man kann Herrn Kotte nur den dringenden Rat geben, seine Bücher aus dem Handel zurückziehen und einstampfen zu lassen.

R. Winderlich-Oldenburg i. Gr.

Notions fondamentales d'analyse qualitative.

Par V. Thomas et D. Gauthier, Paris, Gauthier-Villars, 1912, 325 S.

Das Buch will nicht wie die meisten Leitfäden der Analyse ein Vorbereitungsbuch zu einem Examen sein, sondern will den strebsamen Anfänger in möglichst einfacher Weise in das Gebiet der Analyse einführen. Dieser Zweck wird durch eine sehr klare und übersichtliche Darstellung und durch zahlreiche kleine, aber instruktive Figuren in trefflicher Weise unterstützt. Auch über die Benutzung des Mikroskopes bei kristallisierten Stoffen und über die spektroskopischen Methoden werden kurze Anweisungen gegeben. Das Buch sei der Beachtung empfohlen. O.

Rüdorffs Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten, Ausgabe B, von Prof. Dr. A. Krause. Mit zahlreichen Figuren und 1 Spektrotafel. 16. Aufl. Berlin, H. W. Müller, 1913. 310 S. Geb. M 4.

Die neue Ausgabe des hier wiederholt angezeigten Buches hat besonders hinsichtlich der physikalischen Chemie einige Verbesserungen erhalten. Einige ältere Figurenstöcke, z. B. die Chlordarstellung mit dem Miniaturkolben und ohne Gaswaschflasche (S. 28) sowie die Gewinnung von Wasserstoffgas durch aufsteigendes Natrium (S. 10), die auch im „Probierglase“ gefährlich werden kann, haben es wohl verdient, auf den Aussterbetat gesetzt zu werden. Im übrigen sind die Vorzüge des Buches hier wiederholt anerkannt worden. O.

Anleitung zur chemischen Analyse nebst einem Auhange: Quantitative Übungen. Für den Ge-

brauch an höheren Lehranstalten. Von Fr. Rüdorff. 13. verbesserte Auflage von Prof. Dr. A. Krause. Berlin, H. W. Müller, 1913. 63 S. M 0,80.

Das hier bereits angezeigte Büchlein wird denjenigen, die in den chemischen Schülerübungen hauptsächlich Analyse treiben wollen, gute Dienste leisten, aber auch denjenigen nützen, die diese Übungen in engeren Zusammenhang mit dem Hauptlehrgange setzen möchten. Denn auch in diesem Falle werden gewisse analytische Übungen immer einen wertvollen Bestandteil des praktischen Arbeitens bilden. Auf die Programmabhandlung von G. Thürling (Progr. Nr. 64, 1904, vgl. diese Zeitschr. *XVII*, 367), die in willkommener Weise die hier angegebenen Reaktionen er-

läutert und in Gleichungen faßt, sei hierdurch von neuem hingewiesen. O.

Chemisches Experimentierbuch, 1. Teil. Von Prof. Dr. K. Scheid. Für mittlere Schüler. 3. Aufl. Mit 77 Abb. Dr. Bastian Schmidts Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek Bd. 14, Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1912. 198 S. Geb. M 3

Das Buch wurde bereits früher in dieser Zeitschrift (*XVIII*, 315) angezeigt. Die damals angemerkten Mängel und Bedenken bezüglich der Unfallmöglichkeiten sind jetzt zumeist ganz beseitigt und zerstreut, so daß das Buch auch in dem neuen Gewande zum Gebrauch für strebsame Schüler aufs beste empfohlen werden kann. O.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Zwei Apparate für Fallversuche.

Von G. LORENZ in Chemnitz.

1. Die Fallrinne besteht aus zwei je 2 m langen, in cm geteilten Holzschienen, die durch Scharnier miteinander verbunden entweder als gerade Bahn von 4 m Länge oder als gebrochene Bahn benutzt werden können. Zur Erlangung möglichst genauer Resultate ist die eine Rinne mit Spiegelglas belegt und auf diesem sind zwei dünne Drähte als Kugelführung parallel gespannt. Die zweite Rinne hat eine polierte Holzbahn, die jedoch mit Billardtuch bezogen und mit gleichen Führungsdrähten versehen werden kann.

Benutzt man die Vorrichtung als 4 m lange gerade Rinne, so verwendet man die polierte Bahn und hört an dem eingesetzten Fangstück das Anschlagen der Kugel.

Um nachzuweisen, daß die in dem fallenden Körper aufgesammelte Energie der Dichte des Körpers entspricht, stellt man die mit Tuch bezogene Bahn horizontal und gibt der glasbelegten so viel Steigung, als die Messingkugel braucht, um gerade die 2 m auf dem Tuche zu durchlaufen. Eine gleichgroße Eisenkugel läuft dann nur 190, eine von Aluminium 160 und eine Holzkugel etwa 30 cm weit auf der Bahn. Die Kugeln sind genau rund und von 30 mm Durchmesser. Zur Höhenstellung der Glasbahn ist ein Gestell mit Schraubspindel von 1 mm Steigung vorgesehen und zum Ablesen der Höhe ein Vertikalmaßstab mit Schieber beigegeben. Zur Einstellung hat die zweite Bahn ebenfalls Stellschrauben.

2. Fallapparat, um die große Elastizität harter Stahlkugeln vorzuführen. Ein kräftiger, mit Stellschrauben versehener Dreifuß trägt in der Mitte einen sehr harten Stahlblock. Die obere polierte Fläche des Blocks ist nach der Wasserwage horizontal zu stellen und dann das über 1 m lange Glasrohr mit Hilfe des Senklotes gut senkrecht darüber an dem Halter zu befestigen. Die durch einen Trichter zentrisch herunterfallende Stahlkugel wird nahezu um acht Zehntel der Fallhöhe zurückspringen und 40 bis 50mal, je nach Beschaffenheit des Stahlblockes, emporhüpfen.

Diese Vorrichtung kann auch zur Härteprüfung von Stahlkörpern dienen, beziehentlich zur Feststellung, wie tief die Härtung eingedrungen ist. In ungenügend hartem Stahl entstehen Beulen, bei einer dünnen harten Stahlschicht springt die Kugel 6 bis 9 Sekunden lang, während bei dicker Schicht das Hüpfen bis 18 Sekunden andauert. Beigegeben werden zwei verschieden harte Stahlblöcke, 1 Senklot, 1 Trichter und Stahlkugeln verschiedener Größe.

Universal-Kleinmotoren für Laboratoriumszwecke.

Von BRUNO THIEME in Berlin SW., Yorkstr. 75.

Die von verschiedenen Seiten zur Regulierung von Kleinmotoren gemachten Vorschläge ließen sich aus technischen Gründen zumeist nicht praktisch durchführen, obgleich ein großes Bedürfnis nach solchen Motoren vorlag. Im eigenen praktischen Betriebe

wurde daher der nachstehend beschriebene Motor konstruiert.

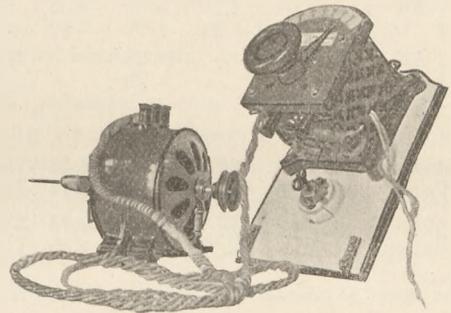
Als oberster Grundsatz wurde die Bedingung der feinsten, stufenlosen Regulierung bis zur Tourenzahl Null hinunter aufgestellt. Für die Laboratoriumszwecke kommen durchweg Motoren von $\frac{1}{16}$ PS in Frage, die an 110 oder 220 Volt Gleichstrom angeschlossen werden. Bei Wechselstromnetzen ist die Regulierfähigkeit die gleiche, doch kann kein Vor- und Rücklauf eingebaut werden; Wechselstrommotoren sind auch ca. 10 Proz. teurer als Gleichstrommotoren. Die Gleichstrommotoren werden durch einen Feinregulator von mehreren tausend Ohm Widerstand im Hauptstrom geschwächt. Die Abmessungen dieses Regulierwiderstandes konnten auf $11 \times 11 \times 12$ cm reduziert werden. Die Regulierung ist so fein, daß ein an die Klemmen des Motors angelegtes Voltmeter bei der Regulierung keine Sprünge anzeigt, wenn die halben Volt abgelesen werden können. Laufen die Motoren mit der normalen Last, so hört bei vollständiger Einschaltung des Regulierwiderstandes jede Rotation auf; beim Leerlauf (z. B. mit einem Ventilatorflügel) rotiert die Achse ganz langsam mit ca. 10–20 Umdrehungen in der Minute. Bei der Spannung von 220 Volt verbraucht der Motor normal 0,25 Ampere, wobei der Nutzeffekt etwa 60 Proz. beträgt, was für Kleinmotoren als hoch anzusehen ist. Wird die Belastung über $\frac{1}{16}$ PS hinaus gesteigert, so sinkt der Nutzeffekt etwas. Der Regulierwiderstand verträgt einige Minuten lang gut die hohe Stromstärke von ca. 1 Ampere bei völligem Abbremsen des Motors, so daß ein Durchbrennen so gut wie ausgeschlossen ist.

Der Regulierwiderstand ist auf einem Brett montiert, das eine Fassung trägt, um den Regulierwiderstand bequem an der Wand aufhängen zu können. Auf dem Brett befindet sich ferner ein Drehschalter zum Schalten auf Vor- und Rücklauf sowie ein Drehschalter zum Ein- und Ausschalten des Gesamtstromes. Zwischen beiden Schaltern befindet sich eine Anschlußdose, durch welche mittels eines etwa 2 m langen Kabels der Anschluß an die Starkstromleitung stattfindet.

Mit diesem Schaltbrett, das auch auf den Boden oder Tisch aufgesetzt werden kann, ist der Motor selbst durch ein 2 m langes Kabel fest verbunden. Auf der Abbildung ist nur dieses Kabel, nicht aber die vorerwähnten Schalter zu sehen. Das Kabel

enthält die nötigen Leitungen für die verschiedenen Regulier- und Schaltvorgänge. Dem Motor werden ein Schnurrad von 40 mm Durchmesser und ein Ventilatorflügel beigegeben.

Um nun eine Einspannvorrichtung anzubringen, wie sie in Laboratorien so häufig gebraucht wird, trägt das freie Achsende ein Bohrfutter. Damit können erstens mit Hilfe der beigegebenen Bohrer Löcher bis zu 5 mm Stärke in wenigen Sekunden in dicke



Metallplatten gebohrt werden, dann können zweitens aber auch Scheiben oder Stäbe eingespannt werden, die zum Rotieren gebracht werden sollen. Auch zum Verseilen von mehreren Drähten eignet sich die Vorrichtung. Der Ventilatorflügel dient zum Erzeugen von sehr starkem Wind, z. B. beim Trocknen von photographischen Platten. Die Tourenregulierung ermöglicht es, alle erwünschten Windstärken bis zu Null zu erzeugen. Beim Bohren werden Schnurrad und Ventilatorflügel von der Achse entfernt; der mit voller Kraft laufende Ventilator würde sonst die Hand vom Körper trennen können. Beim Bohren werden die Metallteile der zu bearbeitenden Platte mit Petroleum beträufelt, um eine Erhitzung des Bohrers zu vermeiden. Der Motor wird beim Bohren an seinen beiden Standfüßen gefaßt und mit dem Bohrer senkrecht auf die zu bohrende Stelle aufgesetzt. In Holz von ca. 4 cm Stärke braucht der Bohrer ohne jede Kraftanstrengung gewissermaßen nur eingetaucht zu werden, um sofort die Löcher zu erzeugen. Die Kraft des Motors reicht selbst zum Betriebe von Drehbänken und anderen größeren Maschinen aus¹⁾. Der Motor ersetzt daher in vielen Fällen für gelegentliche Reparaturarbeiten eine Drehbank und ist außerdem noch für zahlreiche Versuche zu verwenden.

¹⁾ Der Preis des Motors inkl. aller Regulier-
vorrichtungen und Nebenteile beträgt 162,— M.

Himmelserscheinungen im August und September 1913.

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

		August						September					
		5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29
♿	{ AR	8 ^h 47 ^m	8.36	8.33	8.43	9. 5	9.35	10.11	10.47	11.23	11.56	12.28	12.58
	{ D	+ 13 ^o	+ 15	+ 16	+ 17	+ 17	+ 15	+ 13	+ 10	+ 6	+ 2	- 2	- 6
♀	{ AR	5 ^h 58 ^m	6.21	6.46	7.10	7.34	7.59	8.23	8.48	9.12	9.36	9.59	10.23
	{ D	+ 21 ^o	+ 21	+ 21	+ 21	+ 21	+ 20	+ 19	+ 18	+ 16	+ 15	+ 13	+ 11
☉	{ AR	9 ^h 0 ^m	9.19	9.38	9.56	10.15	10.33	10.51	11. 9	11.27	11.45	12. 3	12.21
	{ D	+ 17,1 ^o	+ 15,7	+ 14,2	+ 12,6	+ 10,9	+ 9, 1	+ 7, 3	+ 5, 4	+ 3, 5	+ 1, 6	- 0, 8	- 2, 3
♂	{ AR	4 ^h 12 ^m	4.25	4.39	4.53	5. 6	5.19	5.32	5.45	5.57	6. 9	6.21	6.32
	{ D	+ 20 ^o	+ 21	+ 22	+ 22	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 24	+ 24
♃	{ AR	18 ^h 41 ^m		18 38		18.36		18.35		18.36		18.38	
	{ D	- 23 ^o		- 23		- 23		- 23		- 23		- 23	
♄	{ AR	4 ^h 58 ^m						5. 6					
	{ D	+ 21 ^o						+ 21					
☾	Aufg.	4 ^h 27 ^m	4.35	4.43	4.51	5. 0	5. 8	5.16	5.25	5.33	5.41	5.50	5.58
	Unterg.	19 ^h 44 ^m	19.35	19.25	19.14	19. 3	18.52	18.41	18.29	18.17	18. 5	17.54	17.42
☾	Aufg.	8 ^h 16 ^m	15.38	19.26	20.16	21.40	2.29	10.21	16.39	18. 9	18.57	22.28	4.37
	Unterg.	20 ^h 57 ^m	22.23	2.24	8.33	14.51	18.36	19.40	22.57	4. 0	10. 1	15.42	17.21
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 ^h 53 ^m 34 ^s	9.13.17	9.33. 0	9.52.43	10.12.26	10.32. 8	10.51.51	11.11.34	11.31.17	11.51. 0	12.10.42	12.30.25
Zeitgl.		+ 5 ^m 53 ^s	+ 5.17	+ 4.27	+ 3.23	+ 2. 7	+ 0.41	- 0.52	- 2.33	- 4.18	- 6. 4	- 7.49	- 9.31

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstanfang am 23. September 16^h 53^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Aug. 2, 13 ^h 58 ^m	Aug. 9, 5 ^h 3 ^m	Aug. 16, 21 ^h 27 ^m	Aug. 25, 1 ^h 18 ^m
	Aug. 31, 21 ^h 38 ^m	Sept. 7, 14 ^h 6 ^m	Sept. 15, 13 ^h 46 ^m	Sept. 23, 13 ^h 30 ^m
	Sept. 30, 5 ^h 57 ^m			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	in der zweiten Monatshälfte morgens 1/4 bis 1/2 Stunde lang sichtbar	etwa 3 Stunden lang als Morgenstern sichtbar	morgens 3 1/4 bis 5 1/4 Stunden lang sichtbar	abends zuletzt noch 4 Stunden lang sichtbar	morgens 2 1/2 bis 5 1/2 Stunden lang sichtbar
im September	wird in den ersten Tagen des Monats wieder unsichtbar	wie im August, am 25., nahe bei Regulus	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 7 1/4 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer nimmt ab bis auf 3 1/4 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 6 1/2 Stunden

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Aug. 1, 23 ^h 26,9 ^m M.E.Z.	Austritt des I. Trab.	Sept. 5, 21 ^h 39,2 ^m M.E.Z.	Austritt des III. Trab.
- 7, 0 0,9	- II. -	- 9, 21 58,8	- I. -
- 17, 21 45,2	- I. -	- 12, 22 25,8	- Eintritt - III. -
- 24, 23 40,1	- I. -	- 18, 21 17,8	- Austritt - IV. -
- 21, 21 12,1	- II. -	- 25, 18 26,2	- II. -
Sept. 2, 20 3,8	- I. -	- 25, 20 17,7	- I. -

Eine unbedeutende, in Deutschland unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis ereignet sich am Abend des 31. August. Sie ist nur in Labrador und Grönland sichtbar. Auch am Morgen des 30. September ereignet sich eine für Deutschland unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis, die jedoch nur in Südostafrika, Madagaskar und von da südöstlich bis zur Antarktis wahrnehmbar ist.

Eine in Deutschland gleichfalls unsichtbare, totale Mondfinsternis findet um die Mittagsstunde des 15. September statt.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsabhandlung gestattet.