

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIX. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1906.

Acidimetrie durch Wasserstoffmessung.

Von **H. Rebenstorff**,

Professor am K. S. Kadettenkorps in Dresden.

Wie ich in dieser Zeitschrift (*XVIII 381*) vorläufig mitteilte, kann man auf die Messung der durch Magnesiumspäne aus Säuren entwickelten Wasserstoffmengen ein acidimetrisches Verfahren gründen. Natürlich ist dies nur für Säuren anwendbar, die nicht wie Salpetersäure den Wasserstoff teilweise zu sekundären Reduktionen beanspruchen.

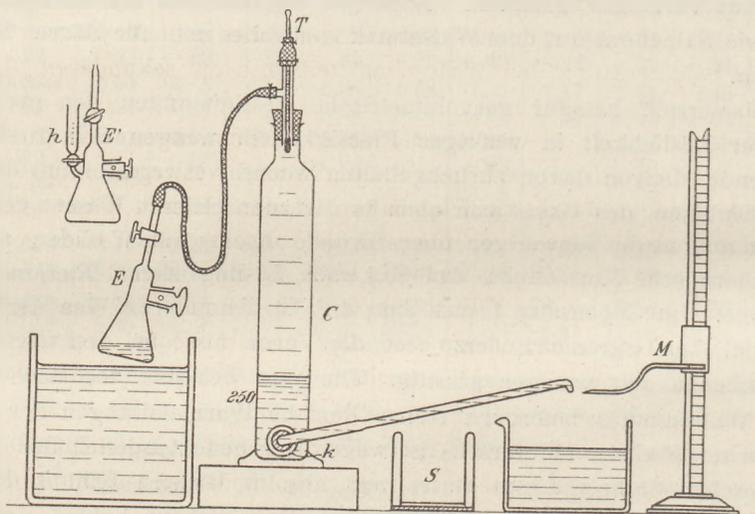
Der Wasserstoff hat für gasvolumetrische Bestimmungen den großen Vorzug sehr geringer Löslichkeit in wäßrigen Flüssigkeiten, weswegen in 10–30 ccm nur verschwindende Mengen davon zurückgehalten werden. Hierzu kommt der Umstand, daß beim Einleiten des Gases von oben in die zunächst mit Wasser gefüllten Meßgefäße nicht eine etwas schwerere, untersinkende Lösung sich bildet, sondern daß nur durch thermische Konvektion das Gas auch in die unteren Wasserschichten gelangen könnte. Im Gegensatze hierzu sind die Verhältnisse bei den der Wasserstoffmessung ähnlichen nitrometrischen, besonders aber bei den technisch-chemischen Karbonatbestimmungen weniger günstig. Die gute Wärmeleitung und schnelle Diffusion des Wasserstoffes befördern ferner den baldigen Ausgleich der Temperatur und des Wassergehaltes; andererseits ist wegen der bedeutenden Diffusions- und Ausströmungsgeschwindigkeit dieses Gases auf absolut dichten Schluß der Apparate zu sehen.

Der Beschreibung des acidimetrischen Verfahrens möchte ich noch die Bemerkung vorausschicken, daß dabei nicht nur zu den Unterrichtsversuchen eine Anleitung gegeben, sondern auch die Zuverlässigkeit der Bestimmungen für rein analytische Zwecke gezeigt werden soll.

1. Der Apparat. Die Figur zeigt im wesentlichen dieselbe Einrichtung, wie ich sie bereits in meinem Aufsatz über „Quantitative Versuche mit Wasserstoff“ (ds. Zeitschr. *XVIII 277*) beschrieben habe. Der Entwickler *E* ist für die Aufnahme der Magnesiumspäne mit einem im Seitentubus sitzenden Hohlstopfen versehen, der als Ventilstopfen vorgerichtet ist, um die Beseitigung einer Druckdifferenz zu ermöglichen, die nach dem Zusammensetzen des Apparates und dem Hineinhalten des Entwicklers in Kühlwasser von Zimmerwärme auftreten kann. Aus dem trockenen Hohlstopfen bringt man die Späne durch Neigen des Entwicklers und durch einen leichten Schlag in die Flüssigkeit im Entwickler, wo sofort die Gasbildung beginnt. Das Abzugsrohr hat einen Hahn zum Abschlusse des Gasübertrittes, sobald die alkalische Reaktion der Entwicklerflüssigkeit anzeigt, daß der in der Säure enthaltene Wasserstoff durch Magnesium ersetzt ist. Unter Umständen ist die daneben gezeichnete Form *E'* des Entwicklers erwünscht, deren Hahnrohr *h* gestattet, eine gemessene Raummenge einer Flüssigkeit nachträglich in den Entwickler zu bringen. Den wenig standfesten Ent-

wickler setzt man in ein Ständerchen *S*, das aus einem würfelförmigen Holzkästchen mit schwerem Boden besteht. Während der Austreibung des Säurewasserstoffes befindet sich der Entwickler in einem Gefäße mit mehreren Litern Wasser von Zimmerwärme. Ist nur wenig Flüssigkeit im Entwickler, so muß er in das Kühlwasser hineingesenkt werden.

Während für die Unterrichtsversuche mit Metallröllchen von $\frac{1}{50}$ Gramm Atomgewicht (s. a. a. O.) ein Gasmeßzylinder von 800 ccm zu verwenden ist, hat bei den acidimetrischen Messungen ein solcher von etwas über 250 ccm die geeignete Größe. Auf Wasserkühlung des Meßzylinders *C* für die vermehrte Konstanz der Temperatur glaubte ich durch Innehalten einiger Vorsichtsmaßregeln verzichten zu dürfen. Die Benutzung engerer Gasauffangröhren mit genauerer Kalibrierung würde wegen vermehrter Rücksichten auf die Wandungsadhäsion umständlich sein. Die nur für je 2 ccm mit Teilstrichen versehenen Gasmeßzylinder sind bis auf $\frac{1}{2}$ ccm bequem ablesbar; ihre Benutzung gibt anschauliche Versuche und genaue Zahlen. Man kann es nach einer



Überschlagsrechnung stets so einrichten, daß etwa 200 ccm des Zylinders oder mehr mit Gas gefüllt werden, so daß die Volumbestimmung auf etwa $\frac{1}{4}\%$ genau ist und mit dem Grade der Berücksichtigung von Druck und Wärme in Einklang steht. Obgleich die Versuche zeigen, daß beim Fernhalten von Erwärmungen durch den chemischen Vorgang sowie die Umgebung die Wärme des Meßzylinders nur unwesentlich geändert wird, ist zur Messung der Temperatur des eingetretenen Gases ein Thermometer *T* im Gummistopfen des Zylinders *C* angebracht. Es ist in dem *T*-Rohr durch ein festgebundenes Schlauchstück befestigt, dessen Seitenarm den sehr guten, nicht zu weiten Schlauch trägt, der zum Entwickler führt. Der Gummistopfen ist stets, am konischen Teil mit Wasser benetzt, fest einzudrehen. Das lange Abflußrohr des Meßzylinders ist am besten aus 2 Teilen ungleichen Kalibers hergestellt und der weitere, rechtwinklig umgebogene in den Kork hineingedreht, den man zunächst allein fest in den Bodentubus einschob. Dieses Rohr hat nach dem Herabdrehen zur Einstellung des Druckes, unter dem das Gasvolumen abgelesen wird, einen durchaus festen Halt. Beim Gebrauche zu den verschiedensten gasometrischen Versuchen zeigte sich dieses neue konstruktive Element dem in ähnlichen Vorrichtungen gebräuchlichen Abflußrohr mit Hahn und Steigrohr durch Bequemheit und Zuverlässigkeit überlegen. Nur nach monatelangem Stehen des Zylinders im wassergefüllten

Zustande läßt die Festigkeit des Korkes etwas nach, so daß er vor dem Gebrauche weiter hineinzuschieben oder zu erneuern wäre, was bei trockener Aufbewahrung nicht nötig ist. Ein Aluminiumblechmantel als Strahlungsschutz für den Zylinder ist unter 6. erwähnt.

2. Die Ausführung der Bestimmung. Genaue Messungen verlangen eine gleichmäßige Temperatur des ganzen Apparates, die man am einfachsten durch voraufgehendes Stehenlassen am Orte der Bestimmungen erhält. Man beschickt den Entwickler mit der Säure, die man aus der genauen Pipette durch den seitlichen Halsansatz bis in den Bauch des Entwicklers hinabrinne läßt, nötigenfalls in das ebenso schon vorher hineingebrachte verdünnende Wasser. Von diesem benutzt man etwa so viel, daß 10—30 ccm Flüssigkeit im Entwickler sind. Ohne den weiter unten zu erwähnenden beschleunigenden Zusatz kann man nur etwa bis zum Gehalte von Normalsäuren verdünnte Säuren in ungefähr derselben Zeit untersuchen, die für eine genaue acidimetrische Titration erforderlich ist. Man fügt 1—2 Tropfen Phenolphthaleinlösung hinzu; sind Ammoniumsalze zugegen, so wendet man Methylorange, Cochenille, Kongorot oder dergl. an. Von den letzteren Indikatoren ist etwas mehr als beim Titrieren zu benutzen. Das Entwicklerrohr wird mit dem Gasmeßzylinder verbunden und der mit einem kleinen Überschuß an Magnesiumspänen versehene, vorher mit Lappchen und Glasstab gut ausgewischte Hohlstopfen in den Seitenhals eingesetzt. Die von der Magnesiumfabrik Hemelingen bei Bremen bezogenen Späne sind größtenteils etwa 1 cm lang; die geringe Menge pulverförmiger Teilchen fällt auf den Boden der Vorratsflasche. Für die geeignete Bemessung der aufeinander wirkenden Stoffe bemerke ich gleich hier, daß 1000 mg Magnesium fast genau 1000 ccm feucht gesättigten Wasserstoff von Zimmerwärme liefern; unter Berücksichtigung der Molekulargewichte wählt man die zu verwendende Säuremenge so, daß das Volumen des Gasmeßzylinders gut ausgenutzt wird. Bringt man etwa 1 g Magnesium in den Hohlstopfen, so verfügt man schon über einen den Prozeß beschleunigenden reichlichen Überschuß. Vor dem Einsetzen des Hohlstopfens wird dessen Schlifffläche mit einem Tropfen Wasser benetzt. Es ist selbstverständlich, daß man den Entwickler zunächst so geneigt hält, daß die Höhlung des Stopfens schräg aufwärts gerichtet ist, damit nicht zu früh Metall in die Säure fällt. Um beim Festhalten des Entwicklers nur eine verschwindende Erwärmung seines Luftinhaltes eintreten zu lassen, faßt man ihn vor dem endgültigen Abschluß des Stopfens stets nur oben am Glasrohre. Einen etwaigen durch Einsenken des Entwicklerbauches in das Kühlwasser hervorgerufenen Temperaturunterschied bemerkt man an einer in den nächsten Sekunden erfolgenden Bewegung des Wasserstandes in der senkrechten Abflußröhre am Zylinder. Zum Ausgleich des Druckes dreht man den Hohlstopfen so, daß dessen Ventilöffnung unter dem Luftloche am Halse ist, und tupft nötigenfalls hier mit dem Finger auf, falls ein Wasserhäutchen den Zugang schließen sollte. Hierauf dreht man zum endgültigen Abschluß den Stopfen weiter herum.

Als dann wird das Ende des Abflußrohres am Zylinder bis über ein genügend niedriges Auffanggefäß herabgedreht und der Entwickler so gehalten und leicht erschüttert, daß die Magnesiumspäne den Entwicklungsvorgang einleiten. Man senkt den Entwickler wieder in das Kühlwasser ein. Sobald (nach 1—2 Minuten) die anfangs lebhaft Gasentwicklung sich bis zum langsamen Abrinnen der einzelnen Wassertropfen verlangsamt hat, fängt man an, den Entwickler im Kühlwasser kreisend zu bewegen. Das geänderte Tempo des Wasserabflusses zeigt dabei die ungleiche Wärmeverteilung im Entwickler an. Zuletzt spült man unter Herausnehmen aus

dem Kühlwasser mit der jetzt ganz verdünnt gewordenen Säure im Entwickler die feinen Säuretröpfchen von der oberen Gefäßwandung herab, was man wiederholt, wenn noch einige ccm Wasser abtropfen. Das Niveau des Wassers in der Abflußröhre wird hierauf mit demjenigen im Zylinder gleich hoch gestellt, was die Spitze eines Vertikalmaßstabes *M* sehr bequem und anschaulich erkennen läßt. Der plötzliche Umschlag der Farbenreaktion im Entwickler wird am besten während beständiger drehender Bewegungen beobachtet und beim ersten Anzeichen davon der Hahn geschlossen. Bei Phenolphthalein kommt eine Täuschung in der Färbung nicht vor; bei Methylorange ist sie nicht unmöglich. Man hat dann natürlich den Hahn nochmals zu bewegen und kann sehen, daß (ohne beschleunigenden Zusatz) die Wasserstoffentwicklung beim Neutralisationspunkte so langsam geworden ist, daß kaum noch ein Tropfen beim Fortschreiten der Farbänderung von rötlich zu gelblichrot heraustritt.

Für die Erleichterung der Anstellung mehrerer Messungen hintereinander können die folgenden Bemerkungen dienlich sein. Wird das Kühlwasser langsam wärmer, so ist es zweckmäßig, nach Angabe eines Thermometers von dem meistens etwas kälteren Wasser der Leitung die geeignete Menge beizufügen. Bei Entwicklung von $\frac{1}{4}$ l Gas werden 2 l Kühlwasser um je etwa $0,3^\circ$ erwärmt. Sehr bequem ist es, für die erneute Füllung des Gasmeßzylinders das vorher verdrängte Wasser wieder zu benutzen. Den hineingestellten Trichter zieht man im richtigen Augenblicke wieder empor und hat dann den Meßzylinder wieder genau gefüllt, wenn man aus einer Pipette noch einige Tropfen Wasser als Ersatz des verdunsteten hinzubringt. Sollte dabei doch etwas Wasser auf die äußere Zylinderwand gelangt sein, so ist diese sorgfältig abzutrocknen.

Enthält der Entwickler nur lösliche Salze und Magnesiumspäne, so ist seine Reinigung unter dem Strahle der Wasserleitung sehr schnell getan. Die Späne adhärieren zwar an der benetzten Wand eines sonst leeren Entwicklers so stark, daß Schütteln sie kaum bewegt. Aus dem ganz voll Wasser gegossenen Gefäße lassen sich die Späne aber durch schnelles Umkehren zur weiten Halsöffnung so leicht mit ausgießen, daß schon nach zweimaliger Wiederholung kaum ein Spänchen zurückbleibt. Man läßt dann noch durch das Hahnrohr Wasser laufen. Bei zahlreichen Versuchen kann man auf ein großes Filter entleeren, um die Spanreste für qualitative Versuche zu sammeln. Die reinen Magnesiumspäne sind auch von Dr. Herm. Rohrbeck, Berlin NW., Karlstr. 20a, und Gustav Müller, Ilmenau, preiswert zu beziehen.

3. Abmessung und Reduktion des Gasvolumens. Durch Herabdrehen der Wasserablaßröhre des Meßzylinders war der Druck in diesem zuletzt nahezu gleich dem atmosphärischen gemacht worden. Ein Fehler von 1 cm Wassersäule würde das abzulesende Volumen nur um 1‰ falsch machen. Ist der Barometerstand etwas unterhalb des Normaldruckes gelegen, so kann man die Reduktion des Gasvolumens von dem Apparate selbst besorgen lassen, indem man durch entsprechendes Aufwärtsdrehen des Abflußrohres auf je 0,75 mm Abweichung des Barometerstandes von 760 mm je 1 cm Wassersäule auf das Gasvolumen einwirken läßt. Man verschiebt hierzu den Zeiger des Vertikalmaßstabes um die sofort ersichtliche Strecke und stellt das Niveau in der schrägen Abflußröhre danach ein. Andernfalls führt man die Reduktion schnell in der in ds. Zeitschr. XVIII 281 angegebenen Weise aus. Erst für Orte von 400 m Höhenlage an wird bei ausnahmsweise geringem Luftdrucke die zulässige Fehlergrenze (etwa $\frac{1}{1000}$ des Volumwertes) infolge dieser vereinfachten Reduktion etwas überschritten.

In Rücksicht auf die Genauigkeit des acidimetrischen Verfahrens sei den a. a. O. gegebenen, vereinfachenden Anweisungen hinzugefügt, daß die Reduktion auf Trockenheit durch Subtraktion von $\frac{1}{50}$ des Volumwertes genau ist für $17,7^{\circ}$; die Reduktion auf 0° (Subtraktion von $\frac{1}{15}$ des Volumens) ist genau für $19,5^{\circ}$; die vereinigte Anwendung beider Rechnungen ist genau für sehr nahe 19° . Die ferner angegebene Reduktion auf 19° bei erheblicher abweichendem Wärmegrade wird erst unter 13° und oberhalb 25° Ursache eines $\frac{1}{1000}$ überschreitenden Fehlers. Während der Heizperiode gehört bei guter Benutzung der Heizung eine erheblichere Abweichung der Zimmerwärme von 18° — 19° zu den Ausnahmen¹⁾.

4. Berechnung der Säuremenge. Bei Einwirkung des Magnesiums liefern 2 g Molekulargewichte einer einbasischen Säure 1 g Molekulargewicht Wasserstoff. Aus dem Gewichte eines ccm Wasserstoff: 0,00008988 g (*Dammer, Handbuch IV 7*) ergibt sich bei Zugrundelegung des didaktischen Atomgewichtes $H = 1$ das Volumen von 2 g Wasserstoff zu 22 250 ccm. Rundet man obige Dichtezahl auf 0,00009 g ab, so ist das „Normalvolumen“ gleich 22 222 ccm. Diese leicht zu merkende Zahl, die also dem Werte $H = 1$ entspricht, weicht nur für die allerschärfsten Messungen vom genauen Werte ab. Aber die Wasserstoffmessung macht Abweichungen vom Normalvolumen, dessen Zahlenwert aus lauter Zweien besteht, bemerkbar, wenn die internationalen Atomgewichte ($O = 16$) zugrunde gelegt werden, da dann $H = 1,008$ und 2.1,008 g Wasserstoff ein Volumen von 22 430 ccm haben.

Zur Berechnung der Säuremenge, die v ccm (red.) Wasserstoff lieferten, kann man von der Angabe des Normalvolumens oder auch vom Dichtewert des Wasserstoffes ausgehen. v ccm des Gases wiegen $v \cdot 0,00009$ g und entsprechen

$$v \cdot 0,00009 \times \frac{2 \text{ g Molgew. der einbasischen Säure}}{1 \text{ g Molgew. Wasserstoff}}$$

oder für $H = 1$ der Säuremenge:

$$9 v \times \frac{1 \text{ g Molgew. der Säure}}{100\,000}$$

Von Chlorwasserstoff ergibt sich die v ccm Wasserstoff liefernde Menge zu $9 v \cdot 0,0003618 = 0,003256 \cdot v$ g.

Das Molekulargewicht einer 2 basischen Säure liefert die doppelte Wasserstoffmenge. Bei Schwefelsäure rühren v ccm Wasserstoff von $\frac{9}{2} v \cdot 0,0009735 = 0,004381 v$ g dieser Säure her. Die Faktoren von v in diesen Ausdrücken geben an, wieviel Säure zur Erzeugung von 1 ccm des Gases erforderlich ist, und haben natürlich beim Zugrundelegen der internationalen Atomgewichte den gleichen Zahlenwert, da der Bruch $\frac{2 \text{ g Molgew. der einbasischen Säure}}{1 \text{ g Molgew. Wasserstoff}}$ bei Wahl dieser Atomgewichte unverändert (nur mit 1,008 erweitert) bleibt.

In Rücksicht auf weitere, z. B. alkalimetrische Anwendungen der Wasserstoffmessung zur Bestimmung der Stoffmenge p g, die der v ccm Wasserstoff liefernden Säuremenge äquivalent ist, empfiehlt sich die Hervorhebung der für $H = 1$ geltenden Formeln:

¹⁾ Es ist vielleicht nicht überflüssig, hierbei daran zu erinnern, daß im Binnenlande für meteorologische Zwecke gekaufte Aneroids vielfach nicht den wahren Barometerstand angeben, sondern für dessen Reduktion auf Meeresebene eingestellt sind.

$$\rho = 9 v \frac{1 \text{ g Molgew.}}{100\,000} \text{ für einbasische Säuren 1)}$$

$$\text{und } p = \frac{9}{2} v \frac{1 \text{ g Molgew.}}{100\,000} \text{ für zweibasische Säuren 2)}$$

worin für die Berechnung der äquivalenten Stoffmengen das g Molgew. der Säure durch das äquivalente Gewicht des Stoffes zu ersetzen ist.

Für $O = 16$ gelten die entsprechenden Formeln:

$$\rho = \frac{9 v}{100\,000} \times \frac{2 \text{ g Molgew. der einbas. Säure}}{1 \text{ g Molgewicht Wasserstoff (2. 1,008)}} \text{ I)}$$

$$\text{und } p = \frac{9 v}{100\,000} \times \frac{1 \text{ g Molgew. der zweibas. Säure}}{1 \text{ g Molgew. Wasserstoff (2. 1,008)}} \text{ II)}$$

5. Reinheit der Magnesiumspäne. Nach Angabe der Fabrik enthalten diese höchstens 0,3% Beimengungen, darunter besonders Eisen; von Oxyd seien sie frei. Der letztere Umstand ist natürlich die Grundlage der acidimetrischen Wasserstoffmessung. Folgende Versuche überzeugten davon, daß nicht schon durch vorhandenes Oxyd Anteile der Säure ohne Wasserstoffentwicklung neutralisiert werden. Ich schicke voraus, daß die benutzten Späne (250 g) über ein halbes Jahr vorher zu qualitativen Versuchen bezogen waren und so lange in Papierdüte im chemischen Arbeitsraum lagerten; öfters wurden Anteile davon mit den Fingern herausgenommen. Erst später in ein Pulverglas gebracht, haben die Späne trotz der unvorsichtigen Aufbewahrung ihren reinen Glanz anscheinend unvermindert bewahrt. Zur Prüfung wurden genau abgewogene Spanmengen vom Hohlstopfen des Entwicklers aus in die überschüssige verdünnte Schwefelsäure fallen gelassen und durch Umschwenken des Entwicklers zuletzt für die völlige Auflösung der Späne gesorgt. Aus dem bei 19° gemessenen Volumen v' entsteht das reduzierte Volumen v durch die verkürzte Rechnung nach 3; die allgemeine Beziehung dieser Werte ist ausdrückbar durch:

$$v = v' \frac{14}{15} \cdot \frac{49}{50}$$

Durch Einsetzen dieses Wertes von v in die Formel 2) oder II) und Ersetzen von 1 g Molgew. Schwefelsäure durch 1 g Atomgewicht (die äquivalente Menge) Magnesium erhält man $p = 0,000995 v'$ (abgerundet). Darnach sind die Maßzahlen von p in Milligrammen und v in ccm fast gleich; die letzteren sind um $\frac{1}{2}\%$ größer. Mit diesem Ergebnis gestaltete sich die Berechnung zahlreicher Versuche besonders einfach. Die folgenden Versuche geben zugleich Beispiele für die Reduktionsrechnung.

Versuch 1. 0,2478 g Mg entwickelten 254 ccm H vom Atmosphärendrucke 742 mm bei 18°.

Reduktion auf 19°: 254 ccm + $\frac{1}{3}\%$ = 0,85 " + $1\frac{0}{100}$ = 0,25 " <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> 255,1 ccm	Reduktion auf Normaldruck: 255,1 ccm - $18 : \frac{3}{4}$ = - 24 $\frac{0}{100}$ = $\left\{ \begin{array}{l} 5,1 \text{ "} \\ 1,0 \text{ "} \end{array} \right.$ <hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> - 249,0 ccm
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Die Addition von $\frac{1}{2}\%$ des Zahlenwertes zur Anzahl der aufgelösten mg Magnesium liefert das berechnete Wasserstoffvolumen bei 19° und Normaldruck: $247,8 + 1,2 = 249,0$ ccm. Das Ergebnis der Messung ist etwas zu groß, da die verunreinigenden Metalle weniger H liefern als Mg .

Versuch 2. 0,2399 g Mg entwickelten unter den gleichen Umständen 245,5 ccm H . Auf 19° und Normaldruck reduziert, sind es 240,7 ccm. Die Berechnung ergibt 241,1 ccm.

Versuch 3. 0,2500 g Mg entwickelten 248 ccm H von 17,5° und Normaldruck, der bei 749,5 mm Barometerstand durch $10,5 \cdot \frac{3}{4} = 14$ cm Wassersäule am Gasmeßzylinder hergestellt wurde.

Reduktion auf 19°:

$$\begin{array}{r} 248 \text{ ccm} \\ + \frac{1}{2} \frac{0}{0} = 1,2 \text{ " } \\ + \frac{2}{00} = 0,5 \text{ " } \\ \hline 249,7 \text{ ccm} \end{array}$$

Die berechnete Gasmenge beträgt:
 $250 + 1,2 = 251,2$ ccm.

Aus diesen und anderen Wasserstoffmessungen geht hervor, daß nur verschwindende Oxydmengen in den benutzten Magnesiumspänen vorhanden sind. Auch durch Auflösen gewogener Mengen in bestimmten Quantitäten von Normalschwefelsäure und Zurücktitrieren des Überschusses der letzteren konnte die Reinheit des Materials beurteilt werden. Auf diese Bestimmungen ist weiter unten (10.) eingegangen.

6. Weitere Erwägungen über die Genauigkeit der Wasserstoffmessung. Die Gasmeßzylinder sind natürlich auf Ausguß geeicht. Behufs Nachkalibrierens versieht man das freie Ende des Wasserablaufrohres mit einem Bürettenverschluß und wägt die Wassermengen, die nach Einstellen auf verschiedene Teilstriche der Skale aus dem herabgedrehten Rohre bei geöffnetem Quetschhahne ausflossen. Spuren von Beimengungen des Wasserstoffes beeinflussen die Adhäsion an den Glaswänden bedeutend (ca. 1 ccm Unterschiede hervorrufend) und machen gelegentliches Ausbürsten des Zylinders erforderlich.

Zur Untersuchung erwärmender Einflüsse wurden 2 Meßzylinder mit 200 ccm Luft abgeschlossen und die Veränderungen des Wasserstandes im Abflußrohre beobachtet, während der eine Zylinder erwärmenden Einflüssen ausgesetzt wurde. Das Entzünden zweier Auerflammen in etwa 2 m Entfernung kann die Temperatur des zu messenden Gases um $\frac{1}{2}$ Grad erhöhen. Wenn man während der Handhabung des Entwicklers nur einigermaßen unnötiges Heranbringen von Körper oder Händen an den Zylinder vermeidet, so ist eigentlich der Schutzmantel aus dünnem Aluminiumblech, der übrigens die Wirkung minutenlanger Strahlung bis auf ein Zehntel verkleinert, überflüssig. Bei der Messung darf der Zylinder natürlich nur an Fuß oder Hals mit den Händen angefaßt werden. Es wurde weiter die Frage beachtet, ob nicht der zur Erkennung des Zeitpunktes der Neutralisation zugesetzte Farbindikator durch Wasserstoff teilweise reduziert und dadurch die Menge des letzteren verkleinert werde. Die Änderung der Farbentiefe, die alle benutzten Indikatoren zeigten, scheint indessen nicht von einem störenden Verbrauche an Wasserstoff begleitet zu sein, da besondere Versuche mit genau gleichen Säuremengen und den verschiedensten reichlich zugesetzten Indikatoren nur Unterschiede der Gasmengen von etwa $\frac{1}{4}$ ccm Wasserstoff ergaben. Auch andere Umstände, z. B. ein Gehalt an gelöster Luft in der verdünnten Säure, die bei der Gasentwicklung infolge Verkleinerung ihres Partialdruckes ausgetrieben wird, sind bei den Umständen der Versuche mit geringen Flüssigkeitsmengen im Entwickler ohne Nachteil für die Genauigkeit der Volumbestimmung des Gases, die bis auf etwa $\frac{1}{2}$ ccm richtig werden dürfte.

7. Acidimetrische Bestimmungen. Für den Unterricht wäre es erwünscht, Mengen von Säuren so bequem und kontrollierbar zur Verfügung zu haben, wie dies für die grundlegenden Versuche über Atomgewicht und Wertigkeit (*a. a. O.*) bei Metallen möglich ist, die in Gestalt von Röllchen aus den reinen Blechen benutzbar sind. Bei Säuren (nur HCl und H_2SO_4 kommen für elementare Versuche in Betracht)

ist es nicht möglich, ohne voraufgehende Dichtebestimmung anzugeben, wieviel Säurewasserstoff aus einer mit der Pipette abgemessenen Menge entwickelt werden kann. Die acidimetrische Wasserstoffmessung nun kann in mehreren verschiedenen Weisen beim Unterrichte klare und genaue Einsicht in die stöchiometrischen Verhältnisse verschaffen. Von Versuchen, die zugleich ein Bild von der Genauigkeit der Wasserstoffmessung geben, sei zunächst ein solcher angeführt, bei dem man von dem Gehalte der Normalsäuren ausgeht. 20 ccm einer solchen enthalten $\frac{1}{50}$ g Molgew. einer einbasischen Säure, müßten also $\frac{1}{100}$ Normalvolumen Wasserstoff liefern. Den Zahlenangaben schicke ich voraus, daß meine Normallösungen, nach eigener Urprüfung eingestellt, mit Normalflüssigkeiten von Dr. Göckel in Berlin W. verglichen waren.

Versuch 1. 20,00 ccm Normalschwefelsäure (für $H = 1$) lieferten mit einem Magnesiumüberschuß (ca. 1 g) 244 ccm Wasserstoff von $20\frac{1}{2}^{\circ}$ und Normaldruck, der bei 748,5 mm Barometerstand durch $11,5 : \frac{3}{4} = 15$ cm Wassersäule am Meßzylinder hergestellt wurde.

Reduktion auf 19° :	Reduktion auf 0° :
244 ccm	242,3 ccm
- $\frac{1}{2} \%$ = 1,2 "	- $\frac{1}{15}$ = 16,2 "
- 2% = 0,5 "	226,1 ccm
242,3 ccm	- $\frac{1}{50}$ = 4,5 "
	221,6 ccm

Die bei anderen Versuchen fast genau ebenso gefundene Gasmenge ist nahezu gleich der berechneten von $\frac{1}{100}$ Normalvolumen ($H = 1$), d. h. 222,2 ccm.

Versuch 2. Ausgegangen wurde von reiner Salzsäure, deren relatives Gewicht mittels des Differential-Ärö-Pyknometers (ds. Zeitschr. XVII 339) während des Unterrichtes bei Ablesung von Skale und Anhängengewichten durch einen Schüler wohl anders nicht so schnell, bequem und genau bestimmt werden konnte und den Zahlenwert 1,1225 bei 15° ergab (Säureflasche und Ärömeterzylinder nebst Pyknometer standen vorher in einem etwas kälteren Raum). Die Tabelle (Dammer, I 489) ergibt für diese Säure einen Gehalt von 24,85% HCl und daher für die im Entwickler zersetzten 2 ccm derselben, d. h. $2 \cdot 0,99913 \cdot 1,1225 = 2,243$ g eine Menge von 0,5574 g HCl . Diese Säuremenge lieferte 186 ccm Wasserstoff bei 19° und Normaldruck, der wegen des 745 mm betragenden Barometerstandes 20 cm Wassersäule am Zylinder erforderte. Die Reduktion auf 0° und Trockenheit ergibt 169,3 ccm. Durch Multiplikation mit dem Faktor 0,003256 (s. unter 4.) erhält man 0,5512 g HCl . Eine Titration lieferte den Gehalt an HCl in 2 ccm der Säure zu 0,5547 g.

Versuch 3. Von konzentrierter Schwefelsäure ist etwa 0,5 ccm die für den Meßzylinder zu 250 ccm passende Säuremenge. 10 ccm derselben wurden im 100 ccm-Meßkolben verdünnt, unter dem Strahle der Wasserleitung gekühlt und bis zur Marke aufgefüllt. Nach dem spez. Gew. dieser verdünnten Säure: 1,1070 und der Tabelle (Dammer, Handbuch I 641) waren in 5 ccm: 0,8389 g H_2SO_4 enthalten. Im Entwickler machte diese Säuremenge 210 ccm Wasserstoff von 19° und Normaldruck oder reduziert $210 - 4,2 - 13,7 = 192$ ccm frei. Der Faktor für Schwefelsäure: 0,004381 ergibt die Menge von 0,8412 g H_2SO_4 .

Viele Vergleichsversuche wurden mit je 20 ccm einer Salzsäure angestellt, die aus je etwa 33 ccm konzentrierter Säure durch Verdünnung bis 250 ccm bereitet war.

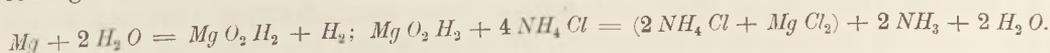
8. Zeitdauer der Bestimmungen. Ihre Beschleunigung. Das Ausspülen und Neufüllen von Entwickler und Meßzylinder kann in etwa 5 Minuten ausgeführt werden. Die Entwicklung von $\frac{9}{10}$ der Gasmenge geschieht in etwa einer Minute, der Abschluß bis zur Neutralisation dauert je nach Konzentration und Wärme-grad eine verschieden längere Zeit. Es wäre nicht ratsam, gar zu starke, ebenso wie

sehr verdünnte, z. B. $\frac{1}{10}$ normale Säuren ohne weiteres in der beschriebenen Weise bestimmen zu wollen. Erstere sind zu verdünnen, damit nicht schon nach weniger als etwa 2 Minuten neutralisiert ist, wenn das Gas im Entwickler noch vielleicht um 10 Grad wärmer als das Kühlwasser ist. Die Neutralisation verdünnterer Säuren kann man durch verschiedene Mittel beschleunigen.

Sobald die Neutralisation der reagierenden Flüssigkeit herannaht, wird der Wasserstoff größtenteils durch die langsamere Einwirkung des Magnesiums auf das neutrale Salz frei; das entstehende Hydroxyd, besonders aber Molekeln basischer Magnesiumsalze neutralisieren alsdann den Rest der Säure. Man kann sich leicht überzeugen, daß die geringe Geschwindigkeit der Wasserstoffentwicklung bei der Auflösung von Magnesiumspänen in neutralen Magnesiumsalzlösungen mit der Konzentration der Lösung, aber viel langsamer als diese, zunimmt. Aus solchen Versuchen ging u. a. hervor, daß konzentrierte Chloridlösungen anfänglich etwas schneller entwickeln als Sulfatlösungen (natürlich vom gleichem molekularen Gehalt); bei größeren Verdünnungen lösen die letzteren schneller und insbesondere erheblich länger ganz gleichmäßig, während besonders in verdünnteren Chloridlösungen mit zunehmender Alkalität eine starke Verlangsamung des Prozesses sich einstellt. 1 g des Magnesiums entwickelte in 2 fach normalen Chloridlösungen 1 ccm Wasserstoff in $1\frac{1}{4}$ bis 5 Minuten. Regelmäßiger als bei den Salzen sind die Unterschiede in den Lösungsgeschwindigkeiten bei den Säuren. Die Zeiten für die Entwicklung gleicher Raumteile Wasserstoff waren bei sehr verschiedenen Konzentrationen bei Schwefelsäure etwa 1,8 mal so groß als bei Salzsäure.

Die Zeitdauer aller Wasserstoffmessungen kann man dadurch abkürzen, daß man in der Zeit bis zur sehr bedeutenden Verlangsamung des Abtropfens am Meßzylinder den Entwickler zwar wenigstens zeitweise in das Kühlwasser gesenkt hält, es aber vermeidet, die Flüssigkeit durch heftige kreisende Bewegung zu früh sehr abzukühlen. Dies ist erst zuletzt erforderlich. Um zu beurteilen, welche Zeit des Kühlens nötig ist, um Fehler durch noch zu große Gaswärme im Entwickler auszuschließen, wurde beobachtet, daß 20 ccm Flüssigkeit im Entwickler sich in Kühlwasser von 18° in $\frac{1}{2}$ Minute von 38° bis auf 22° , in 1 Minute bis auf 19° abkühlen ließen; der die obere kältere Wandung berührende Gasinhalt ist dabei noch etwas mehr abgekühlt. Für besonders genaue Bestimmungen wird es nicht auf einige Minuten Zeit ankommen; man verdünnt ein wenig stärker oder kühlt mit etwas früherem Beginn.

Die Wasserstoffentwicklung bis zur Neutralisation läßt sich ferner durch Vergrößerung des Magnesiumüberschusses und andere chemische Mittel beschleunigen. Man kann hierfür die interessante Zersetzung der Ammoniumsalze durch Magnesium verwenden. In dreifach normaler Salmiaklösung (10 ccm) entwickeln 0,5 g Magnesiumspäne je 1 ccm Wasserstoff in etwa $7\frac{1}{2}$ Sekunden; in gleich konzentrierter Ammoniumsulfatlösung in etwa halb soviel Zeit; Acetatlösung wird noch schneller zersetzt. In der physikalisch-chemischen Literatur sucht man vergeblich nach Bearbeitungen dieser Umsetzungen. Nach Dammer, *Handbuch IV 515* wirke Magnesium auf Salmiaklösung nach den Gleichungen:



Das Freiwerden des Ammoniaks nimmt man wahr, wenn man Magnesium in Salmiaklösung bringt. Der Geruch ist bald so stark, als hätte man Kalilauge zugesetzt. Es sei hier hinzugefügt, daß in reiner Ammoniakflüssigkeit durch Magnesium

auch in längerer Zeit keine sichtbaren Wasserstoffmengen freigemacht werden, daß aber eine Gegenprobe, der wenige Tropfen verdünnter Säure beigefügt waren, nach einigen Minuten des Stehens beim Rütteln sehr deutlich Bläschen aufsteigen läßt — ein Mittel, sehr kleine Mengen elektronegativer Stoffe in Salmiakgeist nachzuweisen. Ferner sei erwähnt, daß die Zersetzung der Ammoniaksalze durch obige Gleichungen keineswegs völlig dargestellt wird. Man müßte danach erwarten, daß die Wasserstoffentwicklung in Salmiaklösungen von bekanntem Gehalt dann eine Verlangsamung erführe, wenn etwa die Hälfte des Ammoniumchlorids zersetzt wäre. Läßt man z. B. in 5 ccm einer dreifach normalen Salmiaklösung einen kleinen Überschuß an Magnesiumspänen fallen, so wäre der nach obigen Gleichungen verlaufende Vorgang beendet, wenn $\frac{3 \cdot 5}{2} = 7,5$ ccm (red.) Wasserstoff in den Gasmeßzylinder übergetreten wären. Es ist hingegen zu beobachten, daß in dieser Lösung sowie in eben soviel gleichmolekularer Sulfatlösung eine schnelle Zersetzung fortschreitet, bis anscheinend von je 4 Ammoniumsalzmolekeln dreien das Chlor durch Magnesium entzogen ist. Die Entwicklung der entsprechenden Wasserstoffmenge erfolgt in etwa 6 bzw. 8 Minuten, schneller bei größerer Konzentration der Lösung sowie bei Anwendung größerer Mengen der reagierenden Stoffe, so daß infolge relativ geringerer Wärmeverluste die Temperatur höher ist. Der geschilderten Umsetzung folgt bei Sulfat- sowie Acetatlösungen die langsame Zersetzung des Wassers durch den Magnesiumüberschuß, die nach einer Anzahl von Tagen mit der Entwicklung des ganzen, der benutzten Magnesiummenge äquivalenten Wasserstoffes zu Ende geht. Anders ist es überraschenderweise bei Salmiaklösung. In kleinen Mengen einer 3 fach normalen Lösung tritt nach einigen Minuten des fast völligen Aufhörens der ersten, ziemlich lebhaften Umsetzung eine erneute Wasserstoffentwicklung, bald stürmisch werdend, so schnell ein, daß sie bei geringen Stoffmengen in etwa einer halben Stunde mit der völligen Umsetzung abschließt. Daß hier eine Art katalytischer Wirkung des im ersten Teil des Prozesses gebildeten Doppelsalzes wohl unter Mitwirkung des freien Ammoniaks stattfindet, geht daraus hervor, daß man mit viel geringeren Mengen an Salmiak, als dem Äquivalenzverhältnis entsprechen würde, in kurzer Zeit alles Magnesium mit Wasser in Hydroxyd unter Entwicklung der betreffenden Wasserstoffmenge überführen kann. Je 2 g Magnesium und Salmiak liefern die erste Wasserstoffmenge mit 10 ccm Wasser in etwa 6 Minuten. Auch wenn der Entwickler durch Einsetzen in ein Kästchen mit Watte gegen größere Wärmeverluste geschützt ist, braucht die Ausbildung des zweiten Prozesses einige Minuten Zeit, während der die Umsetzung sehr langsam ist. Dann wird sie aber bis zum Sieden und Überschäumen lebhaft und geht unter diesen Umständen schon in $\frac{1}{4}$ Stunde zu Ende. Durch Herausnehmen aus der Watte wirkt man dem Überkochen in dem kleinen Entwickler entgegen. Während hierbei die Magnesiummenge viermal so groß ist, als der Äquivalenz mit dem Chlor im Salmiak entspricht, kann man mit der Herabsetzung der Salmiakmenge noch erheblich weiter gehen.

Für die Wasserstoffmessung kommt nur der erste Teil dieses Vorganges insofern in Betracht, als man durch den Zusatz von etwas Salmiak zu einer verdünnten Säure den Eintritt der Neutralisation wesentlich beschleunigen kann. Natürlich ist dann anstatt des sonst am meisten zu empfehlenden Phenolphthaleins ein durch Ammoniumsalze nicht beeinflusster Indikator zu verwenden. Man muß von demselben, wie schon unter 6. erwähnt wurde, mehr als beim Titrieren hinzufügen. Ein Teil des Indikators wird durch das überschüssige Magnesium reduziert. Ein größerer Überschuß basischen

Stoffes für eine zu reichliche Menge des Indikators ist daher zur Farbenreaktion nicht erforderlich, auch wenn etwa 5 Tropfen gesättigter Methylorange-Lösung oder eine ähnliche Menge eines anderen der meist wenig löslichen Indikatoren beigelegt war. Aus größeren Entfernungen scheint mir in der schaumigen Flüssigkeit der Farbenschlag bei Benutzung von Kongorot am besten erkennbar zu sein. Ein Überschäumen findet bei den Versuchen niemals statt. Auch der Zusatz von Platinchlorid beschleunigt den Ablauf der Reaktion, wie nach Hinzufügen einiger Tropfen der neutralen Lösung aus der Meßpipette (2 mg enthaltend) bemerkt wurde. Der Zusatz größerer Mengen dieses oder anderer Salze (Kobaltchlorür) stört die schwarzen Teilchen des ausgeschiedenen Metalles wegen der Farbenreaktion.

9. Anwendungen. Der unterrichtliche Wert dieser Wasserstoffmessung liegt darin, daß das eine gemeinsame, in einer Gruppe von Verbindungen enthaltene, noch dazu das den chemischen Charakter dieser Körper mitbedingende Element, der Säurewasserstoff, restlos zur bequemen und genauen Abmessung gebracht werden kann.

Der praktische Wert des neuen Verfahrens liegt in den folgenden Umständen. Die Säurebestimmung durch Wasserstoffmessung hängt nicht wie beim Titrieren von der Genauigkeit des Titors der Normallösungen ab. Da man die letzteren nicht nötig hat, so ist sowohl der ganze Apparat einfacher als auch die Gesamtzeit der Einrichtung und Ausführung kürzer als bei der acidimetrischen Titration, die nur bei größter Sorgfalt der Ausführung die neue Methode an Genauigkeit etwas übertrifft, wenigstens wenn nicht genauere als die beschriebenen Meßflaschen benutzt werden. Für einfache Verhältnisse und nur selten auszuführende Bestimmungen hat wohl das neue Verfahren diese erkennbaren Vorzüge.

Die Ausführung einer alkalimetrischen Bestimmung sei nur skizziert. Durch Verdünnen bereitet man sich eine größere Menge Säure, von der etwa mit der 10 ccm-Pipette genommene Mengen durch Wasserstoffmessung bestimmt werden. Diese liefern mit fast nicht erkennbaren Abweichungen die gleiche Menge Wasserstoff (v ccm, red.). Alsdann bringt man die gewogene oder gemessene Quantität des basischen Stoffes in den Entwickler, fügt einen Indikator und hierauf so viele (a) Pipetten der Säure hinzu, als bis zur sauren Reaktion nötig sind. Dann wird mit oder ohne Salmiakzusatz die Wasserstoffmessung ausgeführt, die r ccm Gas ergeben möge. Der alkalische Stoff ist danach mit so viel Säure äquivalent, als nötig wäre, um $a \cdot v - r$ ccm Gas zu entwickeln. Die Maßzahl dieses Volumens setzt man für v in eine der Formeln (unter 4.) ein, worin man zugleich das g Molgew. der Säure durch die äquivalente Größe des vorliegenden basischen Stoffes ersetzt.

10. Anhang: Die Urprüfung von Normalsäuren mittels der Magnesiumspäne. Für den Gebrauch zu genauen analytischen Zwecken werden bisher natürlich Magnesiumspäne noch nicht hergestellt; schon die jetzt beziehbar sind aber wohl reiner, als z. B. oft die sorgfältig umkristallisierte Oxalsäure ist. Wo es nicht auf allergrößte Genauigkeit ankommt, wie in den bei weitem meisten Fällen, ist die Verwendung der Magnesiumspäne für schnelles Arbeiten mit einfacheren Mitteln aber sehr zu empfehlen, da man nicht nötig hat, mit Tiegel, Exsikkator und Trockenschrank zu arbeiten. Zur Titerprüfung von Normalsäuren schüttet man in 20 oder 40 ccm derselben eine gewogene Menge der Magnesiumspäne, die noch einen geringen Überschuß an freier Säure darin zurückläßt; letzteren titriert man mit der (mit der Säure verglichenen) Normallauge zurück. 20 ccm durch das Magnesium verbrauchter, genau richtiger Säure entsprechen $\frac{1}{100}$ g Atomgewicht des Metalles. Da es beim Zurücktitrieren des Säureüberschusses ohnehin zweckmäßig ist, für die

schnellere Lösung des zunächst ausfallenden Magnesiumhydroxyds ein Ammoniumsalz in Lösung zu haben, so kann man eine Messerspitze Salmiak gleich zu Anfang in die Säure bringen oder wenigstens dann, wenn nach etwa $\frac{1}{4}$ Stunde nur noch geringe Metallmengen ungelöst sind. Der Salmiakzusatz beschleunigt die Auflösung dieser Reste und ermöglicht es, so viel Magnesium in der abgewogenen Probe in die Säure zu bringen, daß diese nach einer Überschlagrechnung neutralisiert wird. Das Zurücktitrieren des Säureüberschusses, der auch in eine geringe Alkalität übergegangen sein kann, erfordert dann nur wenige Tropfen aus den Büretten. Man muß nur nach dem Salmiakzusatz durch mehrmaliges drehendes Bewegen der Flüssigkeit für eine gehörige Vermischung sorgen, damit nicht an der Oberfläche durch das schwimmende Metall Ammoniak frei wird. Dies ist um so mehr zu beachten, je weiter man sich durch die etwas schwerer gewählte Magnesiumprobe der Neutralisation voraussichtlich annähert. Selbstverständlich ist das Becherglas dabei stets bedeckt zu halten.

Ich empfehle die folgende Ausführung der Titerprüfung, für die vier Versuchsbeispiele beigefügt sind. Die Normalsalzsäure bzw. -Schwefelsäure wurde in mehr hohe als weite Bechergläser getan, und eine kleine Messerspitze Salmiak, meistens $\frac{1}{4}$ Stunde nach Einbringen des Magnesiums, hinzugefügt. Die gewogene Menge Magnesiumspäne wurde von einer glatten Unterlage auf einmal in die Mitte der Säure geschüttet und das Glas sofort mit dem bereit gehaltenen Uhrgläschen überdeckt. Nach $\frac{1}{4}$ Stunde wurde das Glas zum Umschütteln bewegt; zu frühes Umschütteln treibt die Späne adhärierend die Wände empor. Nach etwa einer Stunde konnte zurücktitriert werden. Als Indikator diente ein Tropfen Methylorange. Hierbei wurden nun folgende Zahlen erhalten:

1. 0,2199 g Mg hinterließen nach Auflösung in 20 ccm n.- H_2SO_4 ($H=1$) noch so viel Säure, daß 1,92 ccm n.- $NaOH$ sie neutralisierten. Das Magnesium war also äquivalent 18,08 ccm der sorgfältig eingestellten Normalsäure. $18,08 \cdot 0,01209$ ergibt 0,2186 g Mg. Unterschied der gewogenen und der bestimmten Metallmenge gleich 0,6% der ersten.

2. 0,4438 g Mg sättigten nach dem Ergebnis des Zurücktitrierens 36,49 ccm n.- HCl ($H=1$). Die bestimmte Menge Mg beträgt darnach 0,4412 g, d. h. ebenfalls etwa 0,6% zu wenig.

3. 0,4803 g Mg sättigten 39,35 der n.- HCl . Hieraus berechnen sich 0,4757 g Mg, d. h. etwa 0,9% zu wenig.

4. 0,4808 g Mg sättigten 39,46 ccm n.- H_2SO_4 . Die entsprechende Metallmenge beträgt 0,4771 g, die Differenz etwa 0,8%.

Rechnet man $\frac{3}{4}$ % des Gewichtes der Späne auf Verluste und Unreinheiten, so liefert die Benutzung des neuen Materials für die Titerstellung von Normalsäuren eine fast stets ausreichende Genauigkeit.

Neben der offenbar sehr großen Haltbarkeit der Magnesiumspäne möchte ich noch hervorheben, daß es wohl nur wenige Stoffe gibt, die sich so leicht zum bestimmten Gewichte abwägen lassen wie die sauberen Spänchen, bei denen man die Pinzette zum Abgleichen verwenden kann. Nach dem einfachen Abschütten von einer glatten Unterlage (Uhrglas, sehr bequem Mulden aus durch Beschneiden im Gewichte abgerundetem dünnen Aluminiumblech) bleibt keine Spur des Materials zurück.

Die mitgeteilten Versuche beruhen z. T. auf der großen Lösungstension des Magnesiums (Nernst). Diese veranschaulicht bequem ein Reagenzglas mit Wasser

und einem Tropfen Phenolphthalein, in das man einen Streifen Magnesiumband bis zum Auftreten roter Schlieren und schließlich völliger Rotfärbung einsenkt. Eine noch nicht abgeschlossene Untersuchung hat gezeigt, daß destilliertes Wasser Magnesium etwas schneller in Hydroxyd übergehen läßt als Leitungswasser. Während in ersterem die Gefäßwände durch Magnesiumspäne in Wochen sich mit weißem Oxydhydratbezüge versehen, bilden die Späne in unserem Leitungswasser durchsichtige farblose Prismen von etwa 2 mm Länge, während das Glas sonst ganz klar bleibt. Die Späne selbst werden im Wasser mit der Zeit ganz schwarz¹⁾.

Zum Unterricht in der Experimentalphysik auf den Universitäten.

Von

Professor **K. Schreber** in Greifswald.

Der berechtigte Wunsch, dem naturwissenschaftlichen, insbesondere auch dem physikalischen Unterricht auf den höheren Schulen eine seiner Bedeutung für die Entwicklung des Geistes entsprechende Stellung zu verschaffen, ist jetzt von neuem durch die Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zum Ausdruck gebracht worden und wird noch viel schärfer betont durch die Forderungen des Vereins Deutscher Ingenieure. Dadurch wird die Frage angeregt, ob auch die Universitäten die Lehrer für dieses Fach hinreichend ausbilden.

Jeder, der Physik studieren will, beginnt sein Studium damit, daß er gleich im ersten Semester die Experimentalphysik belegt; einmal hält er es selbst für nötig, und zweitens ist es ja auch durch die sonstigen Bedingungen vorgeschrieben bzw. empfohlen. Aber bald beginnt die Sache ihn zu langweilen. Die Vorlesungen der Experimentalphysik sind alle so eingerichtet, als ob der Besucher noch niemals etwas von der Physik gehört habe, während doch gerade derjenige, der Physik studieren will, auf der Schule in diesem Fach besonders aufgemerkt haben wird und sicherlich alles das, was die Schule bot, in sich aufgenommen hat; vielleicht, wenn er gerade einen guten Lehrer gehabt hat, noch etwas mehr, indem ihn der Lehrer bei seinen Vorbereitungen, wie das ja vielfach vorkommt, zu Hilfe herangezogen hat. Daß manche Experimente auf der Universität in größerem Maßstabe ausgeführt werden, reizt ihn nicht, denn er ist schon hinreichend naturwissenschaftlich geschult, daß er sich sagen kann, auf die Größe kommt es gar nicht an. So bleibt er denn aus den Vorlesungen, die ihn nicht interessieren, fort, und verliert dabei leider auch das für ihn Neue.

Sollen die Vorlesungen über Experimentalphysik auch für den angehenden Physiker interessant sein, so müßten sie zum wenigsten das, was auf dem Gymnasium gebracht wird, als bekannt voraussetzen; dann würden sie auch für den von der Oberrealschule Kommenden hinreichend viel Neues bringen können. Ob diese Forderung aus Rücksicht auf die Mediziner, die ja im allgemeinen den größeren Bruchteil der Zuhörerschaft bilden, durchführbar ist, will ich nicht untersuchen. Jedenfalls wird in absehbarer Zeit an der Art der Vorlesungen über Experimentalphysik nicht viel geändert werden.

Hat der Student seine 2 Semester Experimentalphysik belegt gehabt, so wird er zum Besuch des physikalischen Praktikums zugelassen. Hier bekommt er die Übung im Beobachten und die Vorbildung zum Forschen. Experimente demonstrieren lernt er hier nicht, denn die Apparate stehen meist schon versuchsbereit da, so daß der Student fast immer sofort an das Beobachten herangehen kann. Selbst wenn einmal ein Apparat noch nicht ganz versuchsbereit dasteht, so baut er ihn sich zurecht, ohne Rücksicht darauf, ob er ihn anderen in dieser Stellung vorführen kann oder nicht.

¹⁾ Die beschriebenen Apparate für die Wasserstoffmessung werden von Gustav Müller in Ilmenau geliefert.

Die Experimente, die gelegentlich in Vorlesungen der theoretischen Physik vorgeführt werden, weil sie wichtig sind und in der Experimentalphysik nicht gebracht werden konnten, sind doch zu selten, als daß sie als Vorbereitung für einen Experimentalunterricht angesehen werden können, den der Oberlehrer nachher an den Schulen geben soll.

Hier ist also im Unterricht der Physik an den Universitäten eine Lücke, welche noch fühlbarer wird, wenn die neueren Forderungen durchgeführt werden.

Um diese Lücke auszufüllen, habe ich seit einer Reihe von Semestern an der Universität Greifswald „Übungen im Demonstrieren physikalischer Apparate“ wöchentlich einmal abgehalten. Ich hatte ursprünglich die Absicht, diese Übungen jedes zweite Semester abzuhalten, aber der Besuch war trotz der schwierigen äußeren Verhältnisse sofort so rege, daß ich auf Wunsch der Studenten die Übungen jetzt für jedes Semester ankündige.

Ich stelle einem der Herren die Aufgabe, uns ein in einer Stunde bequem zu behandelndes Gebiet der Physik, ein Gesetz, eine Erscheinung u. s. w., vorzuführen und zu erläutern. Alle diese Aufgaben sind der Schulphysik entnommen. Der Student hat eine Woche Zeit, sich auf das Thema aus den ihm zur Verfügung stehenden Büchern vorzubereiten; ich mache ihn dabei auf die bekanntesten Lehrbücher für physikalische Demonstrationen aufmerksam und leihe sie ihm eventuell aus meiner Bibliothek. In der nächsten Übungsstunde wird eine in seine sonstigen Vorlesungen und Übungen hineinpassende Zeit zur experimentellen Vorbereitung festgesetzt. Es vergehen also zwischen Stellung des Themas und Vortrag 2 Wochen.

Zur besprochenen Zeit führe ich den Studenten in die Sammlung des Instituts, damit er selbst unter meiner Aufsicht die für seinen Vortrag nötigen Apparate sich aussucht. Vielfach fällt ihm hier schon der große Unterschied eines abgebildeten und eines wirklichen Apparates auf. Es sind auch durchaus nicht immer die Apparate vorhanden, welche er haben will, bzw. ich liefere sie ihm nicht aus, weil ich mich bemühe, die Verhältnisse eines schwach ausgestatteten Institutes vorauszusetzen, und so die Herren zwingen, sich mit möglichst einfachen Apparaten zu behelfen, sie gelegentlich sich sogar selbst anzufertigen.

Sind die nötigen Apparate gefunden, so werden sie in das Vorbereitungszimmer geschafft, und dort werden nun sämtliche vorzuführende Experimente durchgeprobt, was meistens, da den Herren die Behandlung der Apparate zu Vortragszwecken ganz ungewohnt ist, mehrere Stunden in Anspruch nimmt; bis dann schließlich die Versuche richtig klappen. Die Herren, die das zum ersten Male machen, wundern sich stets über die lange Vorbereitungszeit.

Je nach der Zahl der aufzubauenden Apparate werden diese 1 bis 2 Stunden vor Beginn des Vortrages in das Auditorium geschafft und dort aufgestellt. Die Anordnung der Apparate auf dem Experimentiertisch überlasse ich dem Vortragenden meist ganz allein, obgleich ich dabei bin; ich antworte ihm höchstens auf direkte Fragen. Dagegen veranlasse ich während des Vortrages die Zuhörer, die Anordnung zu kritisieren, damit auch diesen die richtige Anordnung zum Bewußtsein kommt.

Der Vortrag muß so gehalten werden, wie er in der Schule gehalten werden soll; d. h. die Zuhörer repräsentieren Schüler der Klasse, in welcher nach den Lehrplänen das Thema behandelt werden soll. Selbstverständlich ist der Vortrag frei.

Sehr auffallen ist mir, daß gerade diejenigen, die fleißig im physikalischen Praktikum gearbeitet haben, sich leicht in Beobachtung verlieren und das Demonstrieren ganz vergessen: sie machen ihre verschiedenen Ablesungen mit derselben Peinlichkeit und Genauigkeit wie im Praktikum, bekümmern sich aber nicht um ihre Klasse. Ich mache sie auf diesen Fehler aufmerksam, indem ich mit einem der Zuhörer irgend ein nicht wissenschaftliches Thema laut zu besprechen beginne. Es hat meist eine einzige Rüge dieser Art genügt, um den Fehler zu unterdrücken.

Wissenschaftliche Fehler, und diese finden sich selbst bei den einfachsten Aufgaben, rüge ich nicht, sondern ich veranlasse die Zuhörer zur Kritik; meist durch die einfache, an einen Zuhörer gerichtete Frage: Ist Ihnen, wenn Sie sich auf den Zustand in der und der

Klasse zurückversetzt denken, das klar geworden? Ich habe dabei häufig Gelegenheit zu beobachten, daß gerade die Grundbegriffe vielen Herren zwar von der Schule her geläufig sind, aber durchaus nicht so klar, daß sie sie anderen deutlich und faßbar vortragen können. Als Beispiel führe ich einen Fall an, wo ein Herr uns das Archimedische Prinzip vortrug. Ich hatte bei der Vorbereitung mit ihm die Reihenfolge besprochen: Gewichtsverlust in Wasser, Gewichtszunahme des Wassers; Gewicht des verdrängten Wassers. Daß der eingetauchte Glaskörper an Gewicht verliert, demonstrierte er uns in ganz einwandfreier Weise. Das Wort „Gewichtsverlust im Wasser“ hatte er in der Schule gelernt und gebraucht es wie etwas Selbstverständliches, so daß er den Eindruck erweckte, als sei ihm die Sache vollständig klar. Auch die Gewichtszunahme des Wassers demonstrierte er gut; das Wort „Gewichtszunahme des Wassers“ war ihm aber jedenfalls fremd geblieben, und deshalb begann er die Erscheinung uns klar zu machen, indem er sie auf andere, namentlich den Bodendruck, zurückführte. Er veranlaßte dadurch eine recht lange andauernde Debatte unter den Zuhörern, die aber schließlich zu einer Klärung der Begriffe Gewicht, Masse und Stoff bei ihm und den anderen führte. Die Übungen bieten also den Studenten neben ihrem Hauptzweck gleichzeitig noch Gelegenheit, sich zu prüfen, ob ihnen die Fundamentalbegriffe, die sie später ihren Schülern vortragen sollen, wirklich zum Verständnis gekommen sind, oder ob sie sie nur auswendig gelernt haben. Nichts ist ja für einen Lehrer gefährlicher, als wenn er selbst nicht vollständig klar ist über das, was er vorträgt.

Während der ersten Semester nahm ich die Themata regellos aus der ganzen Physik, um den Liebhabereien der Studenten entgegenzukommen. Ich habe aber die Beobachtung gemacht, daß meine jetzige Methode, der Reihe nach die Physik durchzugehen, mehr Erfolge hat für das Verständnis der Grundbegriffe. Natürlich gebrauche ich für einen ganzen Kursus der Physik eine ganze Reihe von Semestern; das schadet aber auch nichts, denn der Hauptzweck der Übungen ist, den Studenten Gelegenheit zu Experimentalvorträgen zu geben, und der wird in gleicher Weise erreicht, mag die Reihenfolge der Aufgaben so oder so sein.

Da ich aus Rücksicht auf die Vorbereitung für jede Stunde nur ein Thema stelle, also auch nur ein Herr spricht, so kommt im Laufe eines Semesters jeder durchschnittlich nur einmal zum Vortrag, nur einige öfter. Durch die rege Mitarbeit der Zuhörer und die Kritik des Vortragenden lernt aber jeder aus den Fehlern seines Kommilitonen soviel, als ob er selbst vorgetragen hat.

Vereinfachte Maßflasche und Vorlesungsapparate für die Dielektrizitätskonstante.

Von

W. Holtz.

1. Vereinfachte Maßflasche.

Eine Maßflasche, d. h. eine Flasche, mit der man die Ladung einer anderen Flasche mißt, muß vor allem eine Vorrichtung zur Selbstentladung haben. Aber auch die Flasche, deren Ladung gemessen wird — sie heiße kurz Ladeflasche — muß eine solche Vorrichtung haben, wenn sie sich von selber entladen soll. Formell sind dann beide gleich, nur daß man die Ladeflasche gewöhnlich größer nimmt. Sind sie gleich groß, so muß wenigstens die Schlagweite derjenigen, welche als Maßflasche dient, erheblich kleiner sein.

Die fragliche Vorrichtung kann sehr vereinfacht werden, wenn man die Flasche auf ein längliches, wohl verrundetes, gut 1 mm dickes Zinkblech stellt, in dessen eines Ende ein starker, oben gebogener und mit einer 11 mm großen Kugel abschließender Draht gelötet ist. Solche Kugeln und auch größere, mit einer Holzschraube versehen, werden im Handel sehr billig als Kugelfüße verkauft. Man erwärmt sie mit Hilfe einer Zange, bis sich die

eingelötete Schraube löst, worauf statt deren der eben besprochene Draht eingelötet wird. Die Vereinfachung besteht darin, daß man die Flasche auf dem Zinkbleche nur zu verschieben braucht, um die Schlagweite zu ändern, und daß man sie, von der Entladungsvorrichtung getrennt, ohne weiteres auch zu andern Zwecken gebrauchen kann.

Gebraucht man beide Flaschen, so isoliert man gewöhnlich die Ladeflasche, indem man sie auf eine $1-1\frac{1}{2}$ cm dicke Ebonitplatte stellt, während man einen Draht von ihrem Knopfe zur Elektrisiermaschine und einen zweiten von ihrem äußeren Belage zum Knopfe der Maßflasche führt (Fig. 1). So läßt man die Ladeflasche der Maßflasche voraufgehen. Aber man kann auch umgekehrt die Maßflasche auf Ebonit stellen und ihren Knopf mit der Elektrisiermaschine und ihren äußeren Belag mit dem Knopfe der Ladeflasche verbinden. Letztere Anordnung, bei welcher die Maßflasche voraufgeht, bedarf aus erklärlichen Gründen einer besseren Isolierung der Zinkplatte und Zuleitungsdrähte, wenn die Ladeflasche längere Funken geben soll. Sind beide Flaschen gleich groß, so gewinnt man die Umkehrung aus Fig. 1 am einfachsten so, daß man die Schlagweite der rechten Flasche kleiner und die der linken größer macht.

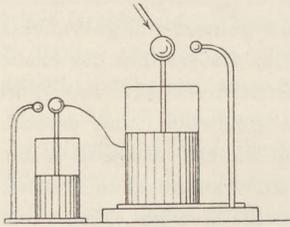


Fig. 1.

2. Vorlesungsapparate für die Dielektrizitätskonstante.

a) Nach dem Prinzip der Maßflasche. Ein hierher gehöriger Apparat wurde 1883 von E. MACH in einem Vortrage über die Grundbegriffe der Elektrostatik (*Zeitschr. d. elektrot. Vereins in Wien I, S. 341*) skizziert und später von L. PFAUNDLER verbessert und in seinem Lehrbuche der Physik (*9. Auflage III, S. 257*) beschrieben und abgebildet. Als Maßflasche wird hier ein Kondensator benutzt, dessen Platten mit Hilfe zweier Glassäulen über einer Leydener-Flasche angebracht und so mit dieser und der Elektrisiermaschine verbunden sind, daß die Maßflasche der Ladeflasche voraufgeht, also in der Anordnung, welche ich eben als Umkehrung bezeichnet habe. Der Apparat ist sehr hübsch, so daß derjenige, den ich beschreiben will, höchstens das voraus hat, daß er leichter herstellbar ist.

Ich habe die Anordnung gewählt, in welcher die Maßflasche der Ladeflasche folgt. Als Maßflasche fungiert auch hier ein Kondensator, zu dem man am einfachsten die unlackierten Platten des ersten Voltaschen Fundamentalversuches wählt, da die Natur der Metalle ja gleichgültig ist. Die eine liegt (Fig. 2) auf einer Holzscheibe mit Loch, damit das Gewindestück der Platte in dieses Eingang finden kann; auf diese setzt man zunächst einen Ebonitring, der bei 1 cm Höhe etwa 8 cm Durchmesser und 1–2 mm Wandstärke hat; auf diesen legt man die zweite Platte. Den Ring gewinnt man, indem man von einer Platte mit Hilfe eines Lineals und eines geeigneten Stichels einen Streifen trennt und diesen erwärmt und entsprechend biegt. Statt des Ringes legt man später eine gleich dicke, aber den Kondensator um mindestens 1 cm überragende Glas- oder Ebonitplatte hin.

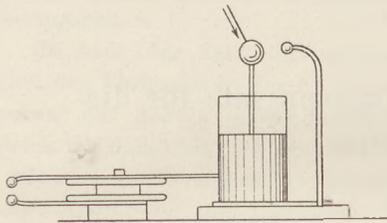


Fig. 2.

Für die Selbstentladung des Kondensators dienen zwei gut 1 mm dicke wohlverrundete Zinkstreifen, die, soweit sie den Platten anliegen, 3–4 cm breit sind und für den Eingang der Gewindestücke passende Öffnungen haben, soweit sie überragen, aber so verjüngt sind, daß man ihre Enden in Kugeln von 11 mm Durchmesser löten kann. Der eine wird über die obere, der andere unter die untere Platte gelegt, und ihre äußersten Enden werden so gebogen, daß der Abstand der einander zugewandten Kugelflächen etwa 7 mm beträgt. Sollten bei diesem Abstände die Entladungen eher von Platte zu Platte gehen, so müßten die Kugeln etwas weiter angenähert werden. Damit die obere Platte mit dem äußeren Belage der Ladeflasche kommuniziere, muß der obere Streifen entsprechend länger sein.

Benutzt man die Influenzmaschine, so muß man sehr langsam drehen, weil die Kondensatorentladungen bei Luft sonst einander so schnell folgen, daß man sie nicht zählen kann. Die Schlagweite der Ladeflasche wählt man am besten so, daß man etwa 30 jener Entladungen zwischen zweien der Ladeflasche zählt. Bei einer Ebonitplatte wird man dann etwa 15, bei einer Glasplatte etwa 10 zu vermerken haben. Sollte der Ebonitring nach Jahren vielleicht leitend werden, so würde man ihn durch einen neuen ersetzen müssen.

b) Nach der elektroskopischen Wirkung. Ein diesbezüglicher Apparat findet sich in dem Buche von F. RICHARZ: Neue Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrizität, 2. Aufl., S. 98 skizziert. Ein Elektroskop ist durch einen Draht mit einer größeren Metallplatte verbunden, unterhalb deren mit der Erde verbunden in gewissem Abstände eine zweite eben solche liegt, wobei der Ausschlag des geladenen Elektroskops sich verringert, wenn man eine Ebonitplatte zwischen die Metallplatten schiebt. Es ist nur eine Skizze, und es ist deshalb auch nicht gesagt, wie die obere Metallplatte zu befestigen und wie die Ebonitplatte anzufassen sei; nebenbei ist die Wirkung eine indirekte. Da ich lieber eine direkte wünschte, stellte ich folgenden Apparat zusammen.

Eine 2–3 cm dicke und 53 cm lange Ebonitstange ist in einen 21 cm großen und 3–4 cm dicken Holzfuß gesetzt (Fig. 3). Es könnte auch eine Glasstange sein, wenn sie hinreichend rund wäre, oder eine Messingröhre, da ihr Leitungsvermögen hier keine Rolle weiter spielt. Auf der Stange sind drei kurze, 5 cm dicke Ebonithülsen verschiebbar, deren untere und obere durch Druckschrauben feststellbar sind, wobei die untere der mittleren, welche drehbar bleiben soll, als Unterlage dient. An der mittleren sitzen horizontal vier 1½ cm dicke Ebonitstangen, an deren Enden 12½ cm große und 2½ cm dicke Scheiben befestigt sind, die eine eine Hohl-scheibe von Blech, die andern aus Ebonit, Wachs und Paraffin, alle mit verrundeten Kanten versehen. In der obersten Hülse steckt gleichfalls ein horizontaler Ebonitstab, an dessen freiem Ende ein ebensolcher dünnerer sitzt, welcher herabhängt und an seinem unteren Ende eine 5 cm große Messingkugel trägt. Eine ebensolche ist auf ein Elektroskop gesteckt, das genau unterhalb jener neben dem Stativ steht. Zwischen Kugeln und Scheiben mag unten und oben ein 1 cm großer Spielraum gelassen werden.

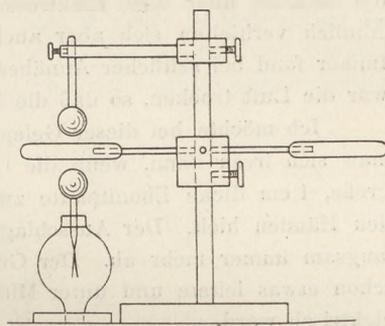


Fig. 3.

Zunächst nimmt man die Metallscheibe ab und sieht zu, indem man die andern Scheiben nacheinander über das Elektroskop bringt, ob sie etwa elektrisch sind. Wären sie es, so müßte man sie mit einem angefeuchteten Tuche abwischen und erst wieder trocken werden lassen. Bei Paraffin konnte ich die letzten Spuren von Elektrizität nur dadurch beseitigen, daß ich die Scheibe längere Zeit in Wasser liegen ließ. Dann stellt man das bewegliche System so, daß keine der Scheiben über dem Elektroskope ist, und teilt der oberen Kugel, etwa mit einem Probekügelchen, das man an der Maschine ladet, eine kleine Ladung mit, so daß das Elektroskop einen nicht zu großen Ausschlag macht. Führt man hiernach die Scheiben über letzteres nacheinander fort, so sieht man, daß der Ausschlag dann allemal größer wird. Mehr läßt sich nicht zeigen, da zwischen den Kugeln oberhalb und unterhalb der Scheiben ja immer noch Luft vorhanden ist. Auch wird man bei genannten Scheiben, deren Dielektrizitätskonstante nicht sehr differiert, keinen großen Unterschied konstatieren können, weshalb man auch auf die Ebonitscheibe, zumal sie nicht billig ist und an ihrer Oberfläche mit der Zeit leitend wird, verzichten mag. Zuletzt steckt man die Metallscheibe auf und zeigt, daß bei dieser der Ausschlag am größten ist.

Ich nahm statt der Kugeln anfangs unlackierte Kondensatorplatten von gleicher Größe, wie ich sie für die Scheiben angegeben habe, aber die Wirkung war nur gering. Der Grund war wohl, weil sich die Elektrizitäten vorzugsweise am Rande ansammelten und die Kraftlinien sich biegender gar nicht durch die interpolierten Scheiben gingen. Ich hätte letztere also

entsprechend größer nehmen müssen, was ich aber des größeren Gewichtes halber lieber unterließ.

Mit der Konstruktion des Apparates verfolgte ich noch einen anderen Zweck. Ich hatte gesehen, daß eine längere isolierte Metallplatte zwischen eine elektrische Kugel und ein Elektroskop gestellt den Ausschlag des letzteren kleiner macht, was sich so erklärt, daß die Kugel die gleichnamige Elektrizität von der dem Elektroskop gegenüber befindlichen Mitte nach den Enden der Platte treibt. Ich wollte nun versuchen, ob ein Ähnliches auch bei einer längeren isolierenden Platte möglich sei, da bei solcher, wenn auch keine Verschiebung der Elektrizitäten von Molekül zu Molekül möglich, doch eine solche innerhalb der Moleküle eine analoge Wirkung haben konnte. Als ich statt der runden metallischen Hohlplatte eine solche von doppelter Länge aufsteckte, fand ich wieder, daß der Ausschlag kleiner war, als wenn sich zwischen beiden Kugeln nur Luft befand. Als ich dann eine längere Ebonitscheibe aufsteckte, fand ich zwar einen vergrößerten Ausschlag, aber einen kleineren, als die runde Ebonitscheibe gab. Die fragliche seitliche Verschiebung resultierte also auch hier und beeinträchtigte den Haupteffekt. Dasselbe lehrten auch folgende Wahrnehmungen. Wenn ich die runde Metallscheibe dem Elektroskop annäherte, so wurde anfangs der Ausschlag kleiner, weil sich ein Teil der Influenzwirkung nach der Seite hin verlor. Erst wenn die Scheibe über dem Elektroskope lag, war der Ausschlag erheblich größer wie sonst. Ähnlich verhielten sich aber auch die runden Scheiben von Ebonit, Wachs und Paraffin. Immer fand bei seitlicher Annäherung erst eine Verkleinerung des Ausschlages statt. Dabei war die Luft trocken, so daß die Oberflächen nicht etwa leitend waren.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch einen Versuch anführen, der zeigt, wie leicht man sich irren kann, wenn die Oberflächen nicht ganz isolierend sind. Ich brachte eine große, 1 cm dicke Ebonitplatte zwischen beide Kugeln, indem ich sie am einen Ende mit den Händen hielt. Der Ausschlag vergrößerte sich nicht, wie ich erwartet, sondern nahm langsam immer mehr ab. Der Grund war, daß die 8 Jahre alte Platte an ihrer Oberfläche schon etwas leitete und unter Mithilfe meiner Hände unterhalb der Kugel entgegengesetzt elektrisch ward.

Über die Messung des Potentials im elektrischen Felde.

Von

Hermann Wolff in Bonn.

Es gelingt verhältnismäßig leicht, dem Schüler die Wichtigkeit des Potentialbegriffes fühlbar zu machen, wenn man im Anschluß an POSKE, NOACK u. a. diesen Begriff als elektrischen Zustandsgrad geladener Leiter einführt. Während aber diese Charakterisierung des Potentialbegriffes auf der Unterstufe im wesentlichen ausreicht, wird man bei der Erweiterung des Lehrgebäudes auf der Oberstufe, um begriffliche Schwierigkeiten zu vermeiden, darauf hinweisen müssen, daß diese Analogiebetrachtungen nicht auf dem ganzen Gebiete der Elektrizitätslehre durchführbar sind. Hierhin gehört besonders die Tatsache, daß das Potential auch in dem den geladenen Leiter umgebenden Dielektrikum eine wohl definierte Größe ist, eine Feststellung, die auf dem Gebiete der Wärmeerscheinungen nicht ihresgleichen hat.

Die hier bezeichneten Verhältnisse ließen es mir wichtig erscheinen, dem Schüler die Meßbarkeit des Potentials im Raume vor Augen zu führen. Ich wählte dazu folgende Versuchsanordnung (Fig. 1).

Auf ein Glasstativ von etwa 70 cm Höhe wurde ein mit Stanniol beklebter Rundkolben von 7,6 cm Radius aufgesetzt. Das Stativ steht auf einer Hartgummiplatte. Ein dünner Draht D ist horizontal so ausgespannt, daß seine Verlängerung den Kugelmittelpunkt passieren würde. Um das Feld durch Leiter nicht unnötig zu stören, wurde das Drahtende, welches der Kugel zunächst war, nicht in ein Stativ eingespannt, sondern folgendermaßen

verfahren. Ein dünner Eisendraht wurde von dem über dem Experimentiertische befindlichen Gasarm herabgelassen und durch ein angehängtes Gewicht gespannt. Der vertikale Draht besteht aus zwei Teilen, die durch eine Schwefel- oder Hartgummistange *S* verbunden sind. Diese dient als Anknüpfungspunkt des Drahtes *D*, dessen anderes Ende in 1,50 m Entfernung mittels Schwefelisolierung *S* von einem Eisenstativ gespannt wird. Der Draht wird in leitende Verbindung mit einem Elektrometer gesetzt und die Kugel durch unablässiges Arbeiten einer entfernt aufgestellten Influenzmaschine auf konstantes Potential geladen. Ich benutzte nun die Erfahrung, daß ein in einem elektrischen Felde befindlicher Leiter, der an einer Stelle von einer Flamme bespült wird, das Feldpotential dieser Stelle annimmt. Bringt man daher an einem Punkt *P* des Drahtes *D* die Flamme einer Kerze (deren Stearin gleichzeitig genügend isoliert) und *P* in leitende Verbindung mit dem Elektrometer, so zeigt dieses das von der Kugel in *P* erzeugte Potential an.

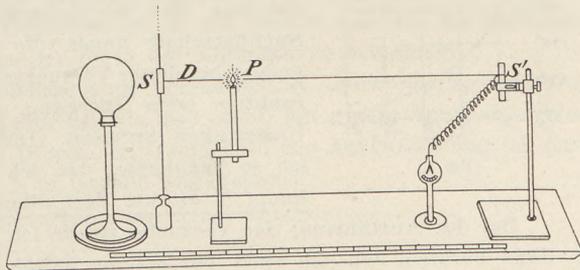


Fig. 1.

Diese Methode wird bekanntlich seit längerer Zeit von ELSTER und GEITEL zur Bestimmung der in der irdischen Atmosphäre herrschenden Potentiale benutzt und ist auch deshalb der Vorführung wert. Trägt man die Abstände der Potentiale als Abszissen, die abgelesenen Potentialwerte als Ordinaten eines rechtwinkligen Koordinatensystems auf, so ergibt sich angenähert eine gleichseitige Hyperbel als Bild der Versuchsergebnisse, wie es die Formel $V = M/r$ verlangt (Fig. 2). Die Kurve senkt sich nach rechts etwas stärker, als der theoretischen Kurve entspricht. Dies rührt von der Störung des Feldes durch die Tischplatte her, die eine Nullfläche darstellt.

Ich änderte den Versuch noch in der Weise ab, daß ich als Quelle konstanter Spannung das Stromnetz des Bonner Elektrizitätswerkes benutzte. Der Vorteil dieser Abänderung liegt darin, daß die Kugel ein absolut konstantes Potential von 238 Volt annimmt, und daß infolge der Kleinheit der Spannung Spitzenwirkungen fortfallen. Eine Flamme war zum Fixieren des Feldpotentials hier jedoch unbrauchbar, dagegen leistete eine Quecksilbertropfvorrichtung gute Dienste. Der eine Pol der städtischen Spannung ist geerdet, der andere wurde an die Kugel gelegt. Die Potentiale wurden an einem sehr empfindlichen Aluminiumblattelektrometer von Günther und Tegetmeyer in Braunschweig abgelesen, welches noch Spannungen von 62,74 Volt anzeigt. Bei seiner Benutzung ist ein starker elektrolytischer Vorschaltwiderstand zu verwenden, um Kurzschluß zwischen den Blättchen und dem geerdeten Gehäuse zu vermeiden.

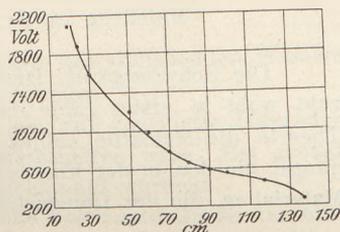


Fig. 2.

Die Tropfvorrichtung (Fig. 3) bestand aus einem kleinen Trichter, dessen Röhre durch ein Stückchen Schlauch mit einer feinen Kapillare verbunden wurde. Mittels eines Drahtgehänges wurde der Trichter an dem Drahte *D* aufgehängt und mit ihm das Quecksilber des Trichters in leitende Verbindung gebracht. Die Höhe des Drahtes *D* ist jetzt so zu bemessen, daß die Mündung der Kapillare sich mit dem Kugelmittelpunkt in gleicher Höhe über der Tischplatte befindet. Das Quecksilber tropft in schnellem Strahle, der an der Mündung der Kapillare zerreißen muß, in eine flache, auf dem Tische befindliche Wanne, die auf dem Potential der Erde gehalten wird. Der Draht *D* nimmt dabei das Potential der Stelle des Feldes an, wo der Strahl zerreißt. Die Aufladung erfolgt langsam und ist vor zehn Minuten nicht beendet. Währenddessen kann jedoch der Unterricht seinen Fortgang nehmen.

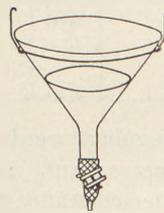


Fig. 3.

Es war überraschend, bei der schwachen Ladung der Kugel noch eine elektrostatische Wirkung in $\frac{1}{2}$ m Entfernung vom Kugelmittelpunkte nachweisen zu können. Dieser Meßbereich ließe sich noch beliebig vervielfachen durch die gleiche Vervielfachung des Kugelradius. Die Meßresultate sind in Figur 4 dargestellt. Die ausgezogene Kurve ist eine wirkliche Hyperbel, die aus fünf beobachteten Werten interpoliert wurde. In ihrer Nachbarschaft liegen die beobachteten Punkte. Besonders schön gelang bei dieser Versuchsanordnung der Nachweis, daß die Potentialfunktion beim Übergang von der Umgebung auf die Kugel keine Unstetigkeit aufweist. Dies zeigt der Punkt 38 cm, 238 Volt, den ich so bestimmte, daß ich den Kugelbelag mit dem Elektrometerknopf in direkte Verbindung setzte.

Bei der Ausführung der Versuche wurde ich vielfach von Herrn cand. phil. HOFFMANN in Bonn beraten, dem ich auch hier meinen besten Dank ausspreche.

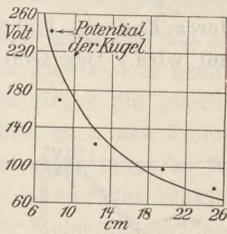


Fig. 4.

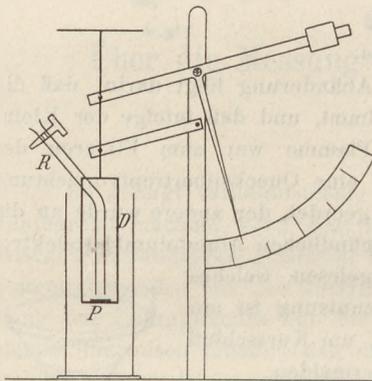
Ein Vorlesungsversuch zur kinetischen Gastheorie.

Von

Dr. W. Heuse in Frankfurt a. M.

(Mitteilung aus der Physikalischen Abteilung des Physikalischen Vereins.)

Die Schwierigkeit, Demonstrationsversuche zur kinetischen Gastheorie zu finden, beruht wohl in erster Linie darauf, daß es nicht möglich ist, das Ausgangsmaterial dieser Theorie, die Moleküle, subjektiv oder objektiv als solche zu zeigen. Man kann jedoch Vorgänge, die den in der kinetischen Gastheorie behandelten analog sind, unter Benutzung von Materialien, die der Demonstration zugänglich sind, verlaufen lassen¹⁾.



Nach den Anschauungen der kinetischen Gastheorie wird der Druck, den ein Gas ausübt, hervorgerufen durch den Anprall der Moleküle auf die einschließenden Wände. In analoger Weise übt ein Wasserstrahl, der auf eine zu seiner Richtung senkrechte Platte aufprallt, auf diese einen Druck aus.

Eine gemessene Wassermenge (5 l) trat aus einem etwa 2 m hoch gelegenen Reservoir durch eine ca. 1 cm weite, möglichst reibungsfreie Zuleitung (Gummischlauch mit harter Einlage) aus einer Öffnung von bekanntem Querschnitt (0,2 qcm) aus. Die hierzu erforderliche Zeit t wurde gemessen; daraus ergab sich die Geschwindigkeit des Strahles, die vermittelt eines Hahnes R (s. Fig.)

reguliert werden konnte. Der Wasserstrahl prallte auf eine Metallplatte P von 18 mm Durchmesser auf. Der auf die Platte ausgeübte Druck wurde mit Hilfe einer empfindlichen Demonstrationszeigerwaage (ein Instrument, das vielfache Verwendung in der Vorlesung erlaubt, wird hergestellt von Herrn Mechaniker W. Schmidt in Gießen, Goethestraße), unter deren Schale an einem Drahtgestell D die Platte befestigt war, gemessen. Der Druck, den ein Gas auf die einschließenden Wände ausübt, beträgt

$$1) \dots \dots \dots p = \frac{1}{2} \rho \cdot u^2,$$

wo ρ die Dichte des Gases ist.

¹⁾ Vergl. auch L. Pfandler, Boltzmann-Festschrift, S. 71, 1904.

Bei dem betrachteten Analogieversuch ist

$$1a) \quad p = c \cdot \text{Dichte} \times \text{Geschwindigkeit} \times \text{Geschwindigkeit} \times \text{Querschnitt des Strahles},$$

wo c eine Konstante ist, deren Wert von der Geschwindigkeit abhängt, mit der das Wasser die Platte verläßt. Sie würde 1 sein, wenn diese Geschwindigkeit gleich Null wäre, der Strahl also seine ganze kinetische Energie abgäbe. Praktisch trifft dies nicht zu, vielmehr verläßt das Wasser die Platte mit einer Geschwindigkeit, die etwa $\frac{1}{3}$ von der des auffallenden Strahles ist. (Dieser Wert wurde aus der Form der Abflußkurve berechnet.)

Die folgende Tabelle gibt die Ergebnisse einer Versuchsreihe. Ist $u^2 \sim p$, so muß p/u^2 oder, was dasselbe ist, $t^2 p$ konstant sein; dies ist, wie man sieht, mit großer Annäherung der Fall. Der Durchmesser der Platte betrug 18 mm, der Querschnitt der Ausflußöffnung 0,2 qem, die Wassermenge 5 l. t ist in Sekunden, p in Gramm angegeben.

t	p	$t^2 p$
43	51,1	$9,4 \cdot 10^4$
58	27,6	$9,3 \cdot 10^4$
74,5	17,6	$9,8 \cdot 10^4$

Wir können nun noch sehen, welcher Wert für c sich aus diesen Zahlen ergibt; wir erhalten aus Gleichung 1a) im C.G.S.-System

$$51,1 \times 981 = c \times \left(\frac{5000}{0,2 \times 43} \right)^2 > 0,2$$

$$c = 0,74.$$

Dieser Wert von c ist größer, als sich aus der Schnelligkeit des abfließenden Wassers ergab; der Unterschied erklärt sich durch die folgenden Fehlerquellen.

Eine Fehlerquelle bei dieser Methode rührt her von dem auf der Platte lagernden Wasser, dessen Gewicht von dem beobachteten Druck zu subtrahieren wäre. Bei großen Geschwindigkeiten des Strahles kann dieser Fehler aber vernachlässigt werden.

Ein weiterer Fehler entsteht dadurch, daß zu der für eine bestimmte Größe der Ausflußöffnung berechneten Geschwindigkeit des Strahles die durch den freien Fall von der Öffnung bis zur Platte (ca. 1 cm) entstehende Geschwindigkeit zu addieren ist. Auch dieser Fehler kommt bei großer Geschwindigkeit nicht in Betracht.

Um diesen letzten Fehler zu einem konstanten, also leicht zu berücksichtigenden zu machen, benutze ich bei den Messungen eine Kompensationsmethode. Ich bestimme den Ausschlag für maximale Geschwindigkeit des Strahles; bei geringeren Geschwindigkeiten stelle ich durch Zulegen von Gewichten denselben Ausschlag her; dadurch bleibt der Abstand Ausflußöffnung — Platte konstant. Außerdem hat diese Anordnung für Vorlesungszwecke den Vorteil, daß sie bei Änderung der Ausflußgeschwindigkeit eine Neujustierung von Öffnung und Platte unnötig macht.

Praktische physikalische Schülerarbeiten.¹⁾

Von

L. Wunder in Bieberstein i. d. Rhön.

Die nachstehenden Arbeiten wurden von den Schülern des Deutschen Landerziehungsheims Schloß Bieberstein bei Fulda im physikalischen Praktikum ausgeführt. Auf diese

¹⁾ Anmerkung der Redaktion. Die Erfahrungen in Amerika wie bei uns haben dazu geführt, den Apparatenbau als Bestandteil des physikalischen Unterrichts fallen zu lassen, da er zu zeitraubend ist. Für die Ausbildung der Lehrer in den Lehrerseminarien jedoch sowie für die private Beschäftigung der Schüler werden solche Übungen immer wertvoll bleiben. Wir räumen deshalb den obigen Mitteilungen gern in dieser Zeitschrift eine Stelle ein.

praktische Tätigkeit wurde die Hälfte der für den ganzen Physikunterricht verfügbaren Zeit verwendet¹⁾.

1. Elektromotor mit T-Anker.

Auf dem Vorbereitungstisch liegen: Einige Streifen Schwarzblech (Eisenblech) von 1 mm Stärke, Weißblech 1 mm, Schablonenkupferblech $\frac{1}{2}$ mm hartblank, Stricknadeln, Korke, kleine Nägel, Kupferdraht $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ mm, doppelt mit Baumwolle besponnen (Draht für Klingelmagnete), 1 Blechschere, Lötmetall in kleinen Stücken, eine Flasche Lötwater, einige roh gesägte Grundbrettchen $6 \times 10 \times 2$ cm für die Elektromotoren.

Die Schüler brauchen: 1 LötKolben (Hammerform), 70 g schwer, 1 Spirituslampe mit Schornstein (aus Blech) zum Erhitzen des Kolbens, 1 Brettchen in Quartformat als Lötunterlage, 1 Flachzange, 1 Dreikantfeile.

Schwarzblechstreifen von 3×16 cm werden mit Hand und Flachzange in die Form der Schenkelnmagnete gebogen (Fig. 1). Ein zweiter Schwarzblechstreifen von 3 cm Breite wird in die Form des Doppel-T-Ankers gebogen und (ohne Kolben, bloß über der Flamme) auf ein 7 cm langes Stück Stricknadel als Achse (A, Fig. 1 u. 2) gelötet. Man läßt die Stricknadelachse nach der einen Seite, auf welche später der Kommutator kommt, etwas weiter herausragen als nach der anderen.

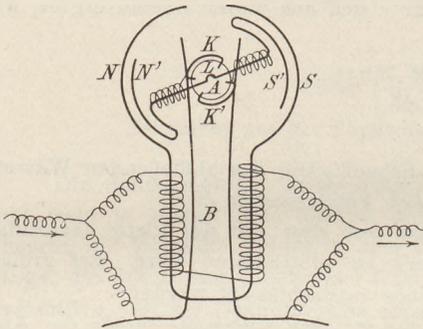


Fig. 1.

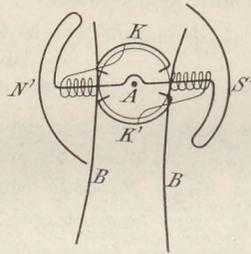


Fig. 2.

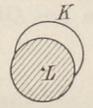


Fig. 3.

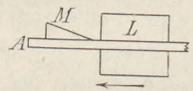


Fig. 4.

Nun schneidet man 2 Stücke isolierten Kupferdrahts von 8—10 m Länge ab. Das eine wird auf die Schenkelnmagnete gewickelt (Papierunterlage!), das andere auf den mittleren Abschnitt des Ankers. Man vergesse nicht, die Enden des aufgewickelten Drahtes durch eine Schleife festzubinden.

Der Kommutator besteht aus einem Stück Kork L (Fig. 3 u. 4), welcher auf den längeren Abschnitt der Stricknadelachse A gesteckt wird. Damit er sich nicht dreht, lötet man vorher auf die Achse ein keilförmiges Weißblechstückchen M, auf welches der Kork geschoben wird.

Auf dem Kork werden 2 Kupferblechsegmente K und K' befestigt (Fig. 1 u. 2), welche mit den beiden Enden der Ankerbewicklung zu verlöten sind. Die Segmente werden in folgender Weise befestigt: Man schneidet aus hartblankem (ungeglühtem) Schablonenkupferblech einen rechteckigen Streifen, der so breit ist als der Kork L lang und nicht ganz so lang als der Umfang des Korkes L. Dieser Streifen wird quer entzweigeschnitten und jede Hälfte zu einem Halbzylinder gebogen wie K in Fig. 3, der mit einwärts gekrümmten Rändern den Kork umklammert. Wird dieser Halbzylinder federnd auf den Kork gedrückt, so haftet er sehr fest. Die beiden Segmente dürfen einander nicht berühren; die Verbindungslinie der Unterbrechungsstellen steht in der Richtung des bewickelten Ankers.

Jetzt wird der Motor montiert. Durch den unbewickelten Basisteil der Schenkelnmagnete schlägt man mit einem großen Nagel drei Löcher und befestigt mit Schrauben oder

¹⁾ Die Anstalt umfaßt die Klassen IIb — Ia und ist seit zwei Jahren eröffnet (Gründer und Besitzer Dr. HERMANN LIETZ, Lic. theol.).

langen dünnen Nägeln die Feldmagnete auf dem Grundbrett, das vorher mit der Feile geglättet wird. Aus Weißblech schneidet man 2 Streifen als Lager für die Enden der Achse, welche in zwei mit dem Nagel geschlagenen Löchern läuft. Die Lager können durch Umkrepeln der seitlichen Ränder versteift werden. Sie werden gleichfalls auf das Grundbrett geschraubt oder genagelt. Seitliches Verschieben der Achse verhindern wir durch aufgesteckte Korkscheibchen oder aufgelötete Blechscheibchen.

Zuletzt nagelt man auf das Grundbrett die beiden 5 mm breiten Schablonenkupferstreifen *BB*, welche als Bürsten auf den Kommutatorsegmenten schleifen. Die Maschine funktioniert bei den verwendeten Drahtdimensionen am besten als Nebenschlußmaschine, daher verlötet man die Enden der Ankerbewicklung mit den Bürsten.

Ein in dieser Weise hergestellter Motor läuft, auch wenn er gar nicht sorgfältig gebaut ist, mit einem einzigen Chromsäuretauchelement recht schnell. Da dabei die freien Enden *N* und *S* der Feldmagnete merklich zusammengezogen werden und dadurch den Anker festklemmen können, ist es zweckmäßig, sie durch ein aufgelötetes, den Zwischenraum überbrückendes Kupferstreifchen dauernd in gleichem Abstand zu halten. Der Motor wurde von einem Schüler in 1 1/2, von sieben weiteren in 2 1/2 Stunden angefertigt.

2. Chromsäuretauchelement.

Eine dicke Bogenlampenkohle (1 1/2—2 cm), Fig. 1, wird in einen Kork (3—5 cm) gesteckt und am oberen, wenig herausragenden Ende mit 3—4 Windungen dicken (1 1/2—2 mm) blanken Kupferdrahts umwickelt, an den man einen Klingeldraht als Ableitung anlötet. Dieser wird um einen Bleistift spiralig gerollt. Um den Kork legt sich federnd das zylindrisch gerollte Zink (Fig. 2). Dieses System taucht man in ein Glas (Becherglas oder eine mit Bindfaden abgesprengte Weinflasche), das mit Chromsäure (1 l Wasser, 104 ccm Schwefelsäure, 100 g Kaliumbichromat, 6 g Quecksilberoxyd) gefüllt ist. Das Element bringt eine 2 Volt-Lampe zum hellen Leuchten und gibt an einer Feile sprühende Funken.

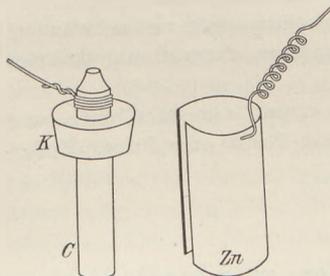


Fig. 1.

Fig. 2.

Noch größere Stromstärken liefert die Konstruktion Fig. 3. Darin ist *Z* das federnde Zink, *aa* sind 2 Holzleistchen die das daran geschraubte Zink von der Kohlenplatte *K* isolieren. Diese ist für 25 Pf. zu beziehen von Dr. A. Lessing, Fabrik galvanischer Kohlen, unter der Bezeichnung: Kohlenplatte *G*, Form *A*, Größe 2.

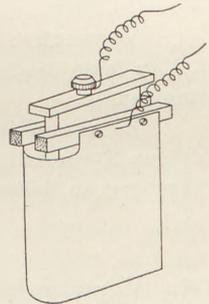


Fig. 3.

Die erste Konstruktion ist vorzuziehen, da alle Teile billig, leicht auswechselbar und einfach sind. Jeder

Schüler muß ein selbstgebautes Chromsäuretauchelement besitzen. Zur Anfertigung darf nicht mehr als 1/2 Stunde verwendet werden. Die Kosten einer Chromsäurefüllung sind 5 Pf. (für 1/4 l).

3. Telephon.

Das zu beschreibende Telephon, dessen starke Wirkung bei jedem Knaben Staunen und Arbeitseifer erregt, kann auch von ungeübten Knaben in 1 1/2—2 Stunden mit einem Kostenaufwand von weniger als 20 Pf. hergestellt werden.

Auf dem Vorbereitungstisch liegen: Eisenstäbchen, 4—6 mm dick, 10—12 cm lang (Nägel genügen!), Weißblech, Kupferdraht wie bei 1., etwas Klingelleitungsdraht, Pergamentpapierstücke 12×12 cm, in Wasser liegend, Bindfaden, Eisendraht 1 mm, etwas Schwarzblech, Siegellack, Vaseline, zylindrische Korke von 2 cm Dicke, Blechschere, Lötmetall, Lötwasser.

Ein Nagel wird, vom spitzen Ende angefangen, zu 3/4 seiner Länge mit 10 m dünnen, isolierten Kupferdrahts bewickelt (*a*, Fig. 1). Das frei gebliebene Ende wird mit abermals 10 m

von demselben oder besser noch von dünnerem ($\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$ mm) Kupferdraht bewickelt (*b*). Die Enden werden zunächst durch eine Schleife gezogen und so vor Auflockerung geschützt; da aber die dünnen Drähte bei jeder herzustellenden Verbindung leicht abreißen, tut man gut, sie mit kurzen Enden dicken Kupferdrahts zu verlöten und diese nach Fig. 2 durch die Hälften eines entzweigteschnittenen Korkes zu stecken, welche man dann mit Eisendraht um den Elektromagneten festbindet.

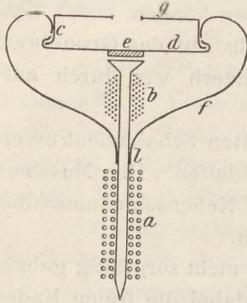


Fig. 1.

Ein 1 cm breiter Weißblechstreifen wird zu einem Ring gebogen und verlötet; Durchmesser 5—7 cm. Der untere Rand dieses Ringes *c* (Fig. 1) wird mit der Flachzange ganz schmal, 2 mm breit, nach außen umgekrempelt und darüber das feuchte Pergamentpapier *d* mit Bindfaden gespannt. Zur Sicherheit kann man auch noch



Fig. 2.

2 Windungen Eisendraht herumlegen. Nach dem Trocknen ist die Membran *d* sehr steif gespannt; jetzt befestigt man auf ihrer Mitte mit stark erhitztem Siegelack das Eisenplättchen *e* (aus Schwarzblech roh geschnitten). Zwei Weißblechstreifen *f* von 1 cm Breite werden rasch an den Ring *c* angelötet, nach unten gebogen und am Nagel bei *l* angelötet oder mit Eisendraht angebunden. Es ist nicht nötig, aber von schallverstärkender Wirkung, eine median gelochte Weißblechplatte *g* zu oberst auf die Membrankapsel zu löten. Die Membran *d* wird, um gegen Luftfeuchtigkeit unempfindlich zu bleiben, mit Vaseline geölt.

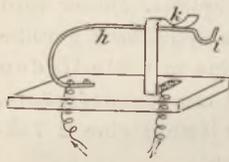


Fig. 3.

Die Windungen *a* werden mit 3—4 Leclanché-Elementen gespeist. Die Windungen *b* werden mit 2 Leclanché-Elementen und dem Mikrophon hintereinander geschaltet. Damit der Ruhestrom in *a* nur während des Telephonierens gebraucht wird, kann man das Telephon an einen federnden Blechhebel *i* (Fig. 3) hängen und so verbinden, daß der Ruhestrom durch *a* nur dann fließt, wenn *i* den Kontakt *K* berührt, d. h. beim Abheben des Telephons.

Versuche: 1. Man wähle für *a* schwächere Ströme (das Telephon wirkt viel schwächer).
2. Man lasse die Ströme durch *a* und durch *b* einmal in gleichem Sinn, dann im umgekehrten Sinn laufen.

Es empfiehlt sich, dieses Telephon in Verbindung mit einem der käuflichen sehr billigen Körnermikrophone zu verwenden, wie sie bei Mix u. Genest-Berlin oder Friedr. Heller-Nürnberg zu haben sind. (Preis ca. M 1,50.)

Die Verwendung von Fahrrad und Fahrradteilen zu physikalischen Demonstrationen.

Von

O. Frey in Annaberg i. E.

Die Bemühungen, eine noch unvollständige physikalische Sammlung durch improvisierte Apparate zu ergänzen, haben den Verfasser veranlaßt, von den in Fahrradhandlungen käuflichen, überraschend billigen und exakten Fahrradteilen Gebrauch zu machen. Die in sehr verschiedener Größe und Güte käuflichen Stahlkugeln, die Kugellagerachsen von Pedal und Hinterrad, aber auch die Fahrräder selbst haben sich als sehr brauchbares Material erwiesen, umso mehr als durch die persönliche Färbung, die der Unterricht mit selbstersonnenen oder selbstgebauten Versuchsanordnungen erhält, das Interesse der Schüler wenigstens auf der Mittelstufe mehr gefesselt wird als durch die exaktesten Versuchsergebnisse.

Die Verwendung von Stahlkugeln zu Versuchen aus der Elastizitätslehre ist wohl schon mehrfach beschrieben. Es seien hier aber folgende Versuchsanordnungen empfohlen.

1. Umwandlung der kinetischen Energie des fallenden Körpers in elastische Deformation (Abplattungskreise). Die Kugel hängt an einem Elektromagneten und fällt auf einen Glasblock ($10 \times 6 \times 2,5$ cm), der auf Quecksilber gelegt ist. Die damit erreichte Horizontalstellung erwies sich als so zuverlässig, daß es in vielen Fällen gelang, die aufsteigende Kugel wieder an den Elektromagneten zu fesseln. Bei einer Fallhöhe von 1,5 m an zeigten sich (mit Kugeln von 6 mm Durchmesser) kleine Abplattungskreise als eine Reihe kreisförmig angeordneter Sprünge. Die obige Versuchsanordnung erlaubte mit einiger Vorsicht durch Verschiebung des Elektromagneten an einer genau vertikal gerichteten Stange die Kreise von 1,5 m, 2 m, 2,5 m Fallhöhe nahe nebeneinander anzuordnen. Wurde die Oberfläche des Glasblockes mit feinem Staube (Aluminiumbronze) eingerieben, so ließ sich die verschiedene Größe der Abplattungsringe mit einem gewöhnlichen Projektionsobjektiv sichtbar machen. Bei Verwendung eines Objektivs für Mikroprojektion und photographisch verkleinerter Maßstäbe würde jedenfalls auch eine Ausmessung der Kreise im Unterricht möglich sein.

2. Stoßrinne und Fallrinne. Zur Demonstration des gradlinigen Stoßes wurden Stahlkugeln von 14 mm Durchmesser verwendet. Die Stoßrinne wurde aus zwei gleichen Glasstäben hergestellt, die mit den Enden in Holzklötzchen befestigt waren. (Die Holzklötzchen werden aus einem, genau im Winkel gearbeiteten Stück hergestellt, das parallel zu einer Seitenkante dicht nebeneinander zwei der Stärke der Glasstäbe entsprechende Durchbohrungen erhält und rechtwinklig zur Bohrriichtung zerschnitten wird.) Die Klötzchen wurden auf Quecksilber gelegt, und zwar so, daß eines derselben die in der Stoßrichtung gelegene Wand eines Troges berührte. Durch untergeschobene Pappen ließ sich leicht eine sehr genaue Einstellung erzielen. Bequemer wäre natürlich, wenn einer der Quecksilbertröge mit Zahn und Trieb vertikal verstellbar wäre. Gibt man dem Apparate kleinere Dimensionen (mit Kugeln von 14 mm Durchmesser wird es vielfach auch noch möglich sein) so kann man denselben in den Bildraum des Projektionsapparates bringen. Die Beobachtung der Fortpflanzung des Stoßes durch die Kugelreihe wirkt bei starker Vergrößerung außerordentlich überzeugend.

In etwas größerer Ausführung (mittelstarke Glasröhren statt der Glasstäbe) gibt der Apparat eine sehr brauchbare Fallrinne. Die Kugeln sind auch für größere Lehrräume deutlich sichtbar, wenn man in der Richtung der Bahn Licht auf die Kugeln fallen läßt. Gut polierte Kugeln geben einen starken Reflex, der bei der Bestimmung der Zeitmarken gute Dienste leistet, wenn man vertikale Stäbchen vor der Schiene aufstellt. Das Auslösen des Reflexes erlaubt eine genaue Bestimmung der Zeitmarken, außerdem kompensiert diese Anordnung den bei einer längeren Schiene für die nahesitzenden Schüler merklichen paralaktischen Fehler. Verwendet man Messingröhren von 15 bis 20 mm Durchmesser, so kann man der Fallrinne leicht eine Länge von 2–2,5 m geben. Es empfiehlt sich aber dann, die Röhren an den Enden und in der Mitte auf leichte Brettchen aufzukitten (Wachs-Kolophoniumkitt). An diese Brettchen werden die auf dem Quecksilber stehenden Klötzchen (oder Kästchen) angeleimt. Wählt man Röhren von 0,5 mm Wandstärke, so läßt sich durch die Quecksilberunterstützung in der Mitte ein Durchbiegen vollständig verhüten. Die improvisierte Fallrinne gibt in dieser Gestalt sehr genaue Resultate.

3. Fallröhre. Die Behandlung der Pendelbewegung als Fall auf einer kreisförmigen Bahn drängt dazu, statt der an einem Faden aufgehängten Ösenkugel die an der Fallrinne benutzte Kugel zu verwenden, die erste Behandlung des Stoffes also an die in einer kreisförmigen Rinne pendelnde Kugel anzuknüpfen.

Man bedarf auch keiner besonderen Metallrinne, um die für die Schüler überraschende Tatsache der isochronen Schwingungen zu demonstrieren. Eine mit der Umrandung horizontal gestellte Kristallisationsschale von 20 cm Durchmesser und eine Stahlkugel von 15 mm Durchmesser genügen. Legt man in den von den Wänden der Schale gebildeten Hohlzylinder Streifen von glattem und rauhem Papier, so kann man an der Anzahl der Schwingungen, die die Kugel ausführt, wenn sie von einer genau angegebenen Höhenmarke herabrollt, den Einfluß der rollenden Reibung erkennen.

Wenn die Schüler bekannt gemacht worden sind mit der Tatsache, daß die Schwingungen in einem Zylinder isochron sind, so sind sie auch imstande, die Verhältnisse zu übersehen, die in einem geneigten Glaszylinder eintreten, wenn eine Kugel, während sie diesen durchläuft, gleichzeitig Schwingungen senkrecht zu seiner Längsachse ausführt. Sie erfassen sofort, daß die Punkte größter seitlicher Ausweichung von der Kugel in gleichen Zeitintervallen erreicht werden, und daß es möglich sein müßte, das Weg-Zeitgesetz an einer geneigten Glasröhre zu prüfen, wenn man den Weg der schwingend hindurchrollenden Kugel sichtbar machen könnte.

Der Verfasser benützte zu diesem Zwecke Aluminiumbronze. Es wurde eine kleine Menge in die geneigte Röhre gefüllt und darauf die Röhre in der Ebene der Neigung aufgerichtet. Das Pulver glitt hindurch und hinterließ, wenn die Röhre gut gereinigt und getrocknet war, einen dünnen Faden, der sich durch Klopfen an die horizontal gehaltene Röhre beliebig zu einem breiten Bande ausziehen ließ, so daß die Hälfte der Röhre versilbert erschien.

Wurde die Kugel in die geneigte Röhre gebracht (die Kugel wird mit Daumen und Mittelfinger gefaßt und an den Rand der Röhre gebracht, dort durch einen Druck mit der Spitze des Zeigefingers festgehalten und um $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{6}$ des Umfanges der Röhre aus der Mittellage seitlich weggerollt; beim Heben des Zeigefingers vermeide man jeden Stoß), so beschrieb sie die erwartete Kurve deutlich in den Aluminiumüberzug. Eine Röhre von 1,2 m Länge und ca. 4 cm Weite ergab mit einer Kugel von 14 mm Durchmesser 5–6 Schwingungen bei etwa 20° Neigung. Die Abstände der Punkte größter Elongation entsprachen bis zur fünften Schwingung bei einigen Versuchen bis zu einer Genauigkeit von 1 mm bei 92 cm Entfernung (also ca. 0,1 Proz.) den berechneten Beträgen. In dieser Form ist die Röhre ein vorzüglicher Apparat für physikalische Schülerübungen. Um die Kurven bei der Demonstration im Unterricht besser sichtbar zu machen, wurde ein Papierrohr gewickelt, bestäubt und nach dem Durchrollen der Kugel aufgeschlitzt. Die Ergebnisse waren fast ebenso genau. Es genügte sogar, die beim Aufschlitzen der mehrfach gewickelten Röhre entstandenen halbzyklindrischen Papierstreifen zu bestäuben, um genügende Resultate zu erhalten. Die Bahn der Kugel kann bei schräger Beleuchtung deutlich sichtbar gemacht werden.

Von den zahlreichen Anwendungen, die von den vorzüglich laufenden Kugellagerachsen gemacht wurden, seien hier nur zwei erwähnt, die man sich ohne Beihilfe des Mechanikers selbst herstellen kann.

4. Konisches Pendel und ebenes Pendel (Fig. 1). Die Staubkappe einer Pedalachse wird zentral durchbohrt. In der Durchbohrung wird der Faden des ebenen Pendels befestigt, der des konischen Pendels an der Angel der Pedalachse. (Besser ist es, das ebene Pendel an der Spindel zentrisch zu befestigen. Das läßt sich aber, da die Spindeln gehärtet sind, meist nicht leicht ausführen.) Die Pedalachse wird mit dem Schraubenkopfe in ein Holzklötzchen eingeschraubt und an dem Deckenhaken befestigt. Damit die Spindel genau senkrecht hängt, werden zunächst beide Pendelkörper zur Belastung des zentralen Fadens benützt. Wählt man als Pendelkörper für das konische, an der Angel befestigte Pendel (ca. 5 cm kürzer als das andere) ein Kilogrammgewicht, so die Angel ohne folgt Rucken den Bewegungen des Pendels.

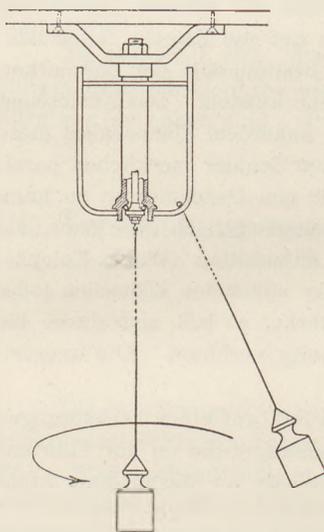


Fig. 1.

Man gibt der Bahn möglichst genau die Gestalt eines Kreises, indem man an den Stellen größerer Elongation das Hinausschwingen über die Kreisbahn durch einen vorgehaltenen Pinsel verhindert. Mit Hilfe zweier Stative markiert man zwei Punkte der Bahn, die 90° voneinander entfernt sind, bringt das ebene Pendel an einen dieser Punkte und

läßt los, wenn das konische Pendel die andere Marke erreicht hat. Während der folgenden 15–20 Schwingungen ist kaum eine Veränderung zu merken, die Pendelkörper erreichen gleichzeitig die beiden Marken.

5. Schalenkreuz (Fig. 2). Auf den Schraubenkopf einer Pedalachse ist ein Holzkonus aufgesetzt mit zwei rechtwinkligen Durchbohrungen, in denen dünne Messingröhren stecken.

Die Länge der Röhren beträgt $\left(\frac{100}{\pi} + d\right)$ cm (d = Durchmesser einer Schale), so daß die

Schalenmitten bei einer Umdrehung einen Weg von 1 m zurücklegen. Als Schalen wurden die Hälften zweier Hohlkugeln benutzt, die in einem Spielzeugladen gekauft waren (6,5 cm Durchmesser). Die Angeln der Achse wurden mit Schraubzwingen am oberen Ende einer senkrechten Latte befestigt. An den unteren Kerner der Spindel wurde ein Tourenzähler angehalten. Kräftige Zugluft im Zimmer genügte, um den Apparat in Gang zu setzen. Das Andrücken des Zählwerkes hatte keinen merklichen Einfluß auf die Geschwindigkeit. Soll der Apparat zu den metereologischen Beobachtungen der Schüler benutzt werden, so muß das obere Kugellager vor Regen geschützt sein. Das geschieht am einfachsten, wenn man an dem Schraubenkopfe unter dem Holzkonus einen Überwurf befestigt (Deckel einer Pillenschachtel, Staubkappe).

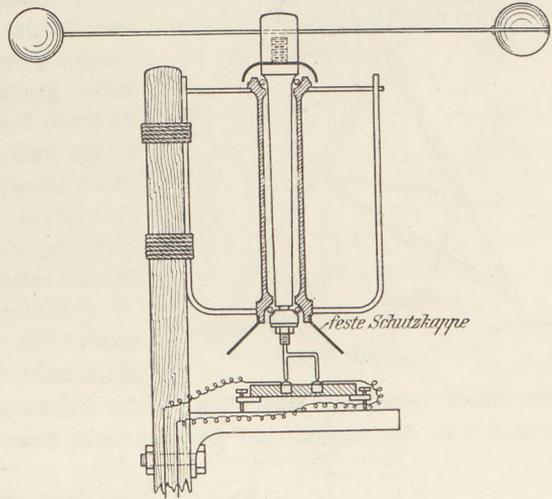


Fig. 2.

Das Zählwerk wird durch folgende Einrichtung ersetzt: In die Spindel ist zentral ein Stift eingesetzt (in eine schwache Bohrung eingelötet oder eingekeilt). Dieser trägt zwei Spitzen (Abstand 2 cm), von denen die eine in der Achse der Spindel liegt. Die Länge der Spitzen ist so bemessen, daß sie zwei Quecksilberkuppen berühren, die sich in Vertiefungen eines an der Latte befestigten Querholzes oder eines kleinen, auf das Querholz gesetzten Stelltischchens befinden. Spitzen und Stelltischchen sind durch eine zweiteilige, an Querholz und Angeln verschraubte Blechkappe geschützt. Von den Quecksilbernäpfchen führen Leitungsdrähte bis zu der Stelle des Schulgebäudes, wo die übrigen Apparate für metereologische Beobachtungen angebracht sind. Dort ist unter Verschuß auch der Morsetelegraph der Sammlung mit den nötigen Trockenelementen aufgestellt. Werden die von dem Schalenkreuz kommenden Drähte in den Stromkreis eingeschaltet, so gibt jede Umdrehung einen kurzen Stromschluß, die Anzahl der Zeichen ist gleich der Geschwindigkeit in Metern. Der beobachtende Schüler läßt das Uhrwerk laufen, schließt mit Beginn der Minute den Strom und öffnet nach 10 Sekunden. Wird der Papierstreifen mit Zentimeterteilung versehen, so gibt die auf 0,1 Länge des durchgelaufenen Streifens (Konstante des Uhrwerks) gezählte Anzahl der Zeichen die in die Tabelle einzutragende Geschwindigkeit in Metern.

Das Fahrrad als Modell eines parallaktisch montierten Fernrohres (Fig. 3). An neueren Modellen der Fahrradgestelle läuft die Lenkstange parallel der Führung für den Sattel. Wird der Sattel abgenommen, so läßt sich das Fahrrad so aufstellen, daß es auf dem Hinterrade und der herausgezogenen Sattelstange (an der ein Querstück befestigt ist) ruht. Die Radebene bekommt genau Nord-Süd-Richtung. Durch entsprechende Einstellung der Sattelstange kann dieser und mit ihr der Führung für die Lenkstange die Richtung der Weltachse gegeben werden. An den Speichen des Vorderrades sind zwei gleichhohe Klötzchen befestigt, an denen ein Messingrohr parallel einem Durchmesser des Rades angebracht ist. Etwas störend wirkt die Biegung der Gabel des Vorderrades. Wird an der Lenkstange

ein Spiegel befestigt (es gibt Radfahrerspiegel mit passenden Schraubschellen), so läßt sich das Prinzip des parallaktisch montierten Heliostaten entwickeln.

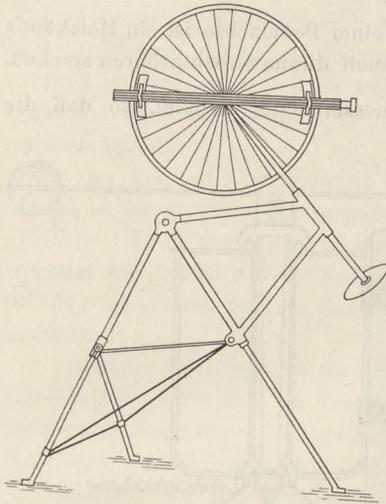


Fig. 3.

Die Umwandlung des Fahrrades in das Modell erfordert nur das Abnehmen des Sattels und die Befestigung des Fernrohrs an den Speichen des Vorderrades. Durch Versuche am Modell mit dem Tubus eines MANGSchen Quadrantenfernrohres ist der Verfasser zu der Überzeugung gelangt, daß es wohl lohnte, ein altes Fahrrad in ein Fernrohrstativ umzuarbeiten. Eine so absolut sichere Führung des Tubus, die Einstellung auf jeden gewünschten Grad der Leichtigkeit ist bei den üblichen Stativen für Schulfernrohre nicht möglich. Es müßte natürlich vor allen Dingen die Gabel des Vorderrades genau eingerichtet werden, die Befestigung des Fernrohres müßte eine Einstellung desselben in die Richtung der Gabel zulassen. Das Stativ würde die Gestalt annehmen, wie Figur 3 zeigt.

Hinterrad und Triebwerk sind entfernt. In die Gabel des Hinterrades sind zwei stabile Füße eingeschraubt, die unter sich und mit der Führungsstange des Sitzes verankert sind. Ein in die Führung des Sitzes passendes Gasrohr bildet den dritten Fuß, der zugleich die parallaktische Einstellung ermöglicht.

Kleine Mitteilungen.

Zur Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe.

Von Prof. Dr. P. Czermak in Innsbruck.

Es hat für den Anfänger immer etwas Überraschendes, daß diese Änderung des Luftdruckes mit der Höhe selbst innerhalb der Dimensionen eines Hörsaales nachgewiesen werden kann. Überlegt man sich aber den Betrag derselben und vor allem, daß dieselbe bereits auf jeder Höhenänderung vorhanden sein muß, so ist es nicht zu verwundern, daß dieselbe jetzt wohl in jeder Vorlesung durch einen mehr oder weniger subtilen Versuch demonstriert wird. Noch vor kurzem ist in dieser Zeitschrift (*XIX, S. 24*) wieder von P. STEINDEL ein sehr instruktiver Versuch mitgeteilt worden, der schon für einen Höhenunterschied von kaum 1 m die Verschiedenheit des Luftdruckes nachweist.

Ich mache nun schon seit einer Reihe von Jahren in meiner Vorlesung immer einen Versuch, bei welchem dieser Druckunterschied eigentlich auf der Höhe von wenigen Zentimetern zur Wirkung kommt. Wenn dies auch mehr in indirekter Weise geschieht, so ist dieser Versuch aber von solcher Einfachheit, daß er dadurch jeden anderen übertrifft. Außerdem wird ein wichtiges Moment bei einem andern Vorgange so hervorgehoben, daß dieser Versuch dadurch noch mehr Berechtigung hat. Ich lasse nämlich eine mit Wasserstoff gefüllte kleine Seifenblase aufsteigen.

Es ist ja selbstverständlich, daß jeder Versuch, der den Auftrieb in der atmosphärischen Luft zur Anschauung bringt, auch ein Beweis für die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe sein muß, und zwar auf eine Strecke, welche mindestens durch den höchsten und tiefsten Punkt des Körpers gegeben ist, der den Auftrieb erfährt. Dies ist auch das Moment, welches bei den Betrachtungen über den Auftrieb meist zu wenig hervorgehoben wird. Ein Auftrieb kann ja doch nur in einem Medium zustande kommen, welches ein Druckgefälle besitzt, und die Richtung des Gradienten wird dann auch die des Auftriebes sein, gleichgültig, durch welche Kräfte das Gefälle hervorgebracht ist.

Bei der Besprechung des Auftriebes in gasförmigen Medien knüpfte ich daher im Vortrage immer an die Druckverteilung in einer Flüssigkeitsmasse an, die der Wirkung der Schwerkraft unterliegt und sich in einem hohen zylindrischen Gefaße befindet.

Das Druckgefälle, welches schon beim archimedischen Prinzip besprochen wurde, stelle ich stets graphisch in seinem linearen Verlaufe an der Gefäßwand (Fig. 1) als Ordinatenachse und im Niveau des Bodens als Abszissenachse dar; jetzt beziehe ich das lineare Gefälle nicht auf das Flüssigkeitsniveau O als Anfangspunkt des Koordinatensystems, sondern verschiebe diesen in das Niveau des Bodens nach O' . Bedeutet f die gedrückte Fläche, s das Gewicht der Volumeinheit der Flüssigkeit und p_0 die Größe des hydrostatischen Druckes am Boden, so erhalte ich aus der Beziehung: $p = fs (H - h)$ auch die Form:

$$h = H - \frac{p}{fs}$$

oder
$$h = \frac{p_0}{fs} - \frac{p}{fs} = H - ap \dots \dots \dots 1)$$

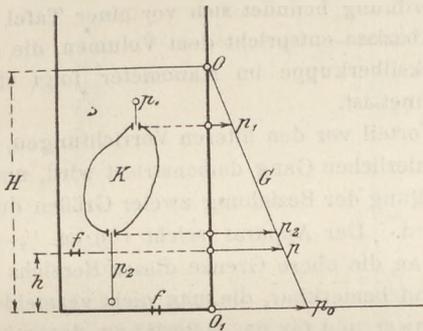


Fig. 1.

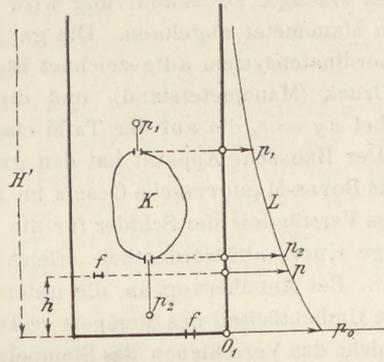


Fig. 2.

Nach Entwicklung der einfachen Barometerformel, wo noch die Temperatur der Luftsäule als konstant vorausgesetzt ist, stelle ich dann aus der Beziehung:

$$h = 18\,450 \lg \frac{p_0}{p}$$

die Form her:
$$h = 18\,450 \lg p_0 - 18\,450 \lg p = H' - a' \lg p \dots \dots \dots 2)$$

so daß sich in analoger Weise wie für das Druckgefälle in der inkompressibeln Flüssigkeit das Gefälle in der sehr hohen (H') Luftsäule vom Boden aus gemessen darstellt, und nur statt der geraden Linie G die logarithmische L (Fig. 2) auftritt.

Für einen eingetauchten Körper K sieht man dann gleich aus dem daneben angebrachten Maßstabe für die hydrostatischen Drucke die Größe derselben auf jeden Teil der Oberfläche und kann so leicht den größten p_2 und den kleinsten p_1 finden. Daß die Resultierende aller dieser Oberflächendrucke nach aufwärts gerichtet sein muß und ihren Angriffspunkt im Schwerpunkte des Körpervolums hat, folgt auch unmittelbar.

Daß dieser Unterschied der Drucke an den obern und untern Flächenstücken, der ja den Auftrieb bedingt, nicht immer genügend vor Augen gehalten wird, dürfte daher kommen, daß die drei Fälle, die beim Untertauchen eines Körpers in eine Flüssigkeit auftreten können, oft nur so ausgedrückt werden, als ob es allein auf die Verschiedenheit der spezifischen Gewichte von Körper und Flüssigkeit ankäme. Es wird gesagt, es kann das spezifische Gewicht des Körpers größer, gleich oder kleiner sein als die Flüssigkeit. Dabei wird natürlich stillschweigend der Körper als homogen oder, wenn dies nicht der Fall ist, sein mittleres spezifisches Gewicht vorausgesetzt. Dies allein würde aber nie genügen, wenn in dem umgebenden Medium kein Druckgefälle vorhanden wäre. Es ist daher gewiß richtiger, wenn man sagt, das absolute Gewicht des Körpers kann größer, gleich oder kleiner sein als der Auftrieb, den er in der Flüssigkeit erleidet, denn ein Auftrieb kann eben nur statthaben, wenn ein Druckgefälle vorhanden ist.

Zur Demonstration des Boyle-Mariotteschen Gesetzes.

Von Hermann J. Reiff in Wetzlar.

Zum experimentellen Nachweis, daß das Produkt aus Druck und Volum eines Gases — bei gleicher Temperatur — konstant ist, pflegt man im Unterricht einen U-förmigen Glasapparat zu verwenden, in dessen einem Schenkel man eine bestimmte Luftmenge durch eine im andern Schenkel befindliche höhere oder kürzere Quecksilbersäule auf verschiedene Volumina bringt; für die jeweiligen Drucke und Volumina ergibt sich dann das konstante Produkt. (Vergl. z. B. Weinhold, *Demonstrationen*, IV. Aufl., p. 183; Müller-Pouillet, 1902. p. 503.)

Im Gegensatz zu dieser Art der Demonstration, bei der zu sprungweis verändertem Druck das jeweilige Volum festgestellt wird, steht ein von U. BEHN angegebenes Verfahren (*ds. Zeitschr.* XVI, p. 131; 1903). BEHN verändert das Volum einer abgeschlossenen Luftmenge durch Verschieben eines Stempels in einem horizontalen Glasrohr kontinuierlich, die dadurch erzeugte Druckänderung wird an einem vertikalen, mit dem Stempel sich verschiebenden Manometer abgelesen. Die ganze Anordnung befindet sich vor einer Tafel, auf der ein Koordinatensystem aufgezeichnet ist, die Abszisse entspricht dem Volumen, die Ordinate dem Druck (Manometerstand), und die Quecksilberkuppe im Manometer folgt dann der Hyperbel $xy = c$, die auf der Tafel eingezeichnet ist.

Der BEHNsche Apparat hat den großen Vorteil vor den älteren Vorrichtungen, daß einmal das BOYLE-MARIOTTESCHE Gesetz im kontinuierlichen Gang demonstriert wird, und außerdem das Verständnis der Schüler für die Darstellung der Beziehung zweier Größen durch eine derartige Kurve außerordentlich erleichtert wird. Der Apparat reicht von ca. $\frac{1}{2}$ —2 Atmosphären. Bei Annäherung an die untere und an die obere Grenze dieses Bereichs machen sich die Undichtheiten des Stempels recht störend bemerkbar, die man nicht vermeiden kann, wenn nicht das Verschieben des Stempels zu schwer und für das meterlange, daran befestigte Manometer zu gefährlich werden soll.

F. KIEBITZ hat neuerdings eine Abänderung dieses Apparats angegeben, die sicherer zu bedienen ist, aber nur von $\frac{3}{4}$ bis $\frac{3}{2}$ Atmosphären reicht (*vergl. ds. Zeitschr.* XIX, p. 24; 1906).

Im folgenden ist eine Anordnung beschrieben, die ebenfalls den ununterbrochenen Verlauf der Volumänderung mit der Druckänderung zu demonstrieren gestattet, und zwar auch dadurch, daß ein Quecksilbermeniskus der Kurve $p v = c$ folgt. In Figur 1 ist die Vorrichtung dargestellt unter Verwendung der wohl in jedem physikalischen Lehrzimmer vertikal verschiebbaren Wandtafel zum Zeichnen des Koordinatensystems und der Kurve. Soll das Demonstrationsbereich des Apparates groß sein, also etwa von $\frac{1}{4}$ bis 3 oder 4 Atmosphären, so kann die Wandtafel-(Ordinaten-)Verschiebung der vertikalen Bewegung des Quecksilbergefäßes, durch welche die Druckänderung hervorgerufen wird, nicht gleich sein, sondern sie muß ihr irgendwie proportional gemacht werden. Dies geschieht auf folgende Art. Es ist an der Tafel und an der Decke (oder am oberen Rahmen des Tafelgestells) ein Flaschenzug, wie in der Figur 1 gezeichnet, befestigt und an ihm mit Rollenübertragung ein Quecksilbergefäß *G*. Wird die Tafel nach oben geschoben, so sinkt dieses Gefäß herab, es hebt sich bei umgekehrter Tafelbewegung, aber immer so, daß Gefäßweg zum Tafelweg wie 4:1 sich verhält. Der Flaschenzug dient natürlich ausschließlich dazu, dieses Wegeverhältnis zu bewirken, und keineswegs etwa zur Hebung oder Senkung der Tafel oder zum Aufziehen des Gefäßes (das ja 4 mal schwerer zu heben wäre), dies wird vielmehr durch Ziehen oder Heben des Seils *GR* oder eines — nicht gezeichneten — Hilfsseils bewirkt.

Man erkennt nun leicht, daß eine Verschiebung der Tafel um ein Viertel des Barometerstandes auf- oder abwärts eine Druckänderung von 1 Atmosphäre, ausgeübt durch die in *G* befindliche Quecksilbersäule, bewirkt. Diese Druckänderung ruft die zu demonstrierende Volumänderung eines Gases hervor, welches sich in einem horizontalen, vor der Tafel befindlichen Kapillarrohr *CC*, 3—5 mm licht, befindet. Diese Kapillare ist neben der Tafel an der Wand befestigt und enthält eine Luftsäule, die bei Atmosphärendruck gleich der Ein-

heit des Koordinatensystems ($\frac{1}{4}$ des Barometerstandes) gemacht wird. Kapillarrohr und Quecksilbergefäß kommunizieren durch einen Gummischlauch.

Es ist demnach die Wirkungsweise der ganzen Anordnung die folgende, wenn von der in Figur 1 gezeichneten Stellung ausgegangen wird. Vom Ursprung O des gezeichneten Koordinatensystems aus sind auf der Ordinate und Abszisse die Einheiten 1, 2 u. s. w. je gleich $\frac{1}{4}$ Barometerstand abgetragen, und es ist ersichtlich, daß die im Kapillarrohr abgeschlossene Luft immer unter dem der jeweiligen Ordinate der Kapillare entsprechenden Druck sich befindet, der in oben geschilderter Weise mit der Tafelverschiebung sich ändert. Das Luftvolum wird gemessen durch den Abstand des Quecksilbermeniskus vom Rohrende, das letztere befindet sich aber bei jeder Tafelstellung auf der Ordinate. Deshalb wird das Volum stets die Abszisse der $p v$ -Kurve sein müssen, und der Meniskus in der Kapillare folgt bei der Druckänderung dieser Kurve.

Das Kapillarrohr trägt zur bequemen Bedienung des Apparates an der Stelle der Ordinate einen Hahn, der bei der Demonstration selbst geschlossen bleibt, so daß die gegebene

Beschreibung noch zutrifft; er dient dazu, das Einheitsvolum der Luft einzulassen, was in der in Fig. 1 gezeichneten Stellung durch sehr geringes Heben oder Senken des Gefäßes G leicht bewirkt wird. Eine neben G aufgestellte Skala in ca. $\frac{1}{4}$ Atmosphären (19 cm) Intervallen erleichtert die Demonstration des Verhältnisses des wahren Drucks zu dem auf der Tafel dargestellten (4:1).

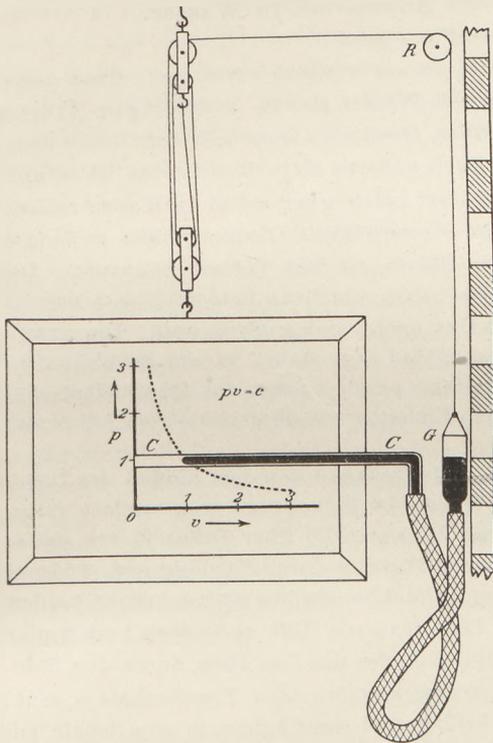


Fig. 1.

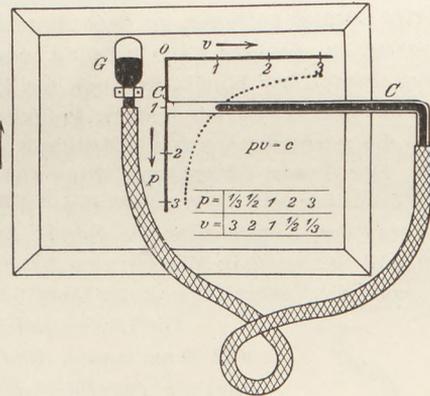


Fig. 2.

Man kann aber auch bei Drucken von einer und mehr Atmosphären die bisher übliche Art der Demonstration verwenden und bei sehr kleinen Drucken, etwa von 5—50 cm Quecksilbersäule, den kontinuierlichen Verlauf zur Darstellung bringen. Dies bedingt einen ungleich einfacheren Apparat, wenn wieder die Wandtafel dazu verwendet wird. An der Tafel wird das Quecksilbergefäß G — Figur 2 — angeschraubt, welches diesmal oben geschlossen ist und durch einen Schlauch wieder mit dem Kapillarrohr CC kommuniziert. Das Kapillarrohr wird vor dem Versuch durch den oben beschriebenen Hahn evakuiert, z. B. auf 10 cm Druck. Die Einheit des Koordinatensystems, das von O aus auf die Tafel zu zeichnen ist, ist dann offenbar die Länge der Quecksilbersäule, die ein ihr an Länge gleiches Volum im Kapillarrohr erzeugt, wenn die Kapillare senkrecht neben G so gehalten wird, daß das Ende der Kapillare mit dem Quecksilberspiegel im Niveau steht. Aus Figur 2 ist ersichtlich, daß das

Koordinatensystem mit abwärts gerichteter Ordinate (will man den positiven Sinn der Ordinate nach oben gerichtet haben, so benützt man eine einfache Rolle zur Übertragung der Tafelbewegung auf das Gefäß G , oder noch einfacher, man befestigt G^*) von Anfang an an der andern Tafelhälfte, die aufwärts steigt, wenn die Tafel mit der Kurve herabgezogen wird) zu zeichnen ist, da mit dem Heben der Tafel der Druck steigt, und hierbei das (feste) Kapillarrohr, das durch seinen Meniskus die Abszissen darstellt, an der Ordinate scheinbar abwärts geht. Es ist ohne weiteres klar, daß der Quecksilberfaden in der Kapillare wiederum die $p \cdot v$ -Hyperbel beschreiben muß.

Selbstverständlich kann an Stelle der Wandtafel auch eine besondere Kurventafel zum Apparat verwendet werden, dieser ist dann ein für allemal fertig montiert, indessen ist das Anbringen der Vorrichtung an der Wandtafel auch nicht viel mühevoller, als bislang die Aufstellung und das Füllen der üblichen Apparate war. Die Firma Arthur Pfeiffer in Wetzlar hat die Apparate durch Gebrauchsmuster schützen lassen und die Anfertigung und Lieferung derselben übernommen.

Versuche über die Auflösung von Ammoniak in Wasser.

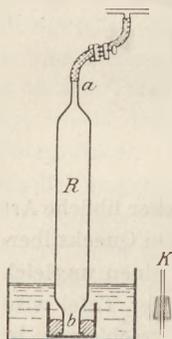
Von Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Nach FR. C. G. MÜLLER (*ds. Zeitschr. XIV 330*) ist es vielfach vorteilhaft, Gase durch Einleiten in tubulierte Glocken, die in Zylindern mit Wasser stehen, aufzufangen. Dieses Verfahren sei selbst bei schweflicher Säure anwendbar, wenn man innerhalb der Glocke einen großen Kork auf dem Wasser schwimmen lasse. Auch anderen Experimentatoren ist es aber wohl bisher unbemerkt geblieben, daß man mit größter Leichtigkeit selbst in Wasser reißend schnell lösliche Gase durch Einleiten von oben in wassergefüllte Glockengefäße auffangen kann, falls der wässerigen Lösung eine geringere Dichte als dem Wasser zukommt. Das Gas und das reine Wasser bleiben dann durch eine kaum mm-dicke Schicht höchst konzentrierter Lösung getrennt, bis auch diese durch das Gas nach unten entfernt wird. Die untere, zweckmäßig weniger weite Öffnung des Auffangegefäßes ragt dabei in ein Schälchen mit etwas Quecksilber hinein, wodurch die Füllung Bestand erhält. Steht das Quecksilberschälchen in einer Schale mit Wasser, so findet auch beim Einleiten von überschüssigem Ammoniak nicht die geringste Geruchsbelästigung statt.

Der diesem Füllungsverfahren zugrunde liegende Gedanke von dem Einfluß der Dichte der Gaslösung auf die Ausbreitung des Gases im Wasser ist keineswegs neu, sondern führte z. B. bei den Untersuchungen von E. ARDELT (*Diss. Münster 1903*) über Diffusion von Sauerstoff und Stickstoff in Wasser zum Ersatze des reinen Wassers durch Salzlösungen, wodurch die sonst die Verbreitung dieser Gase bewirkenden Konvektionsströme eingeschränkt werden.

Die Löslichkeitsversuche führt man mit Hilfe einer etwa 4 cm weiten und 50 cm langen Röhre R (s. Fig.) aus, der das Gas oben durch den Rohr- ansatz a zugeführt wird. Den unten angebrachten Flaschenhals b senkt man in ein Schälchen mit Quecksilber und stellt beides in eine Schale mit Wasser, das Rohr in einer Stativklemme befestigend. Wie so oft bei Versuchen mit belästigenden Gasen, verwendet man auch hier die Rohrver- zweigung, indem man ein T-Rohr in die Schlauchverbindung einschaltet, von dem der Schlauch zum Absorptionsapparate führt. Ist dieser Schlauch durch einen (Schrauben- oder feststellbaren Feder-) Quetschhahn ge- schlossen, so läßt man für die Dauer dieser Versuche das Gas durch eine in Quecksilber im Zylinder stehende Glasröhre heraustreten; oben auf- geschichtetes Wasser löst die unter Druck herausgepreßten Gasmengen auf.

Bei offenstehendem Quetschhahn verdrängt das Gas die Luft im Absorptionsrohr. Nach einiger Zeit hat sich der Inhalt des Rohres von winzigen Luftresten so weit gereinigt, daß die großen, aus dem Quecksilber hervorgedrängten Blasen (bis $2\frac{1}{2}$ cm groß) nach ihrem Auf- tauchen gänzlich verschwinden. Das Rohr hat man zweckmäßig in der Klemme etwas höher



*) Mittels einer überhängenden Klammer $o \ddot{a}$.

befestigt. Schließt man nunmehr den Quetschhahn, so ist das Absorptionsrohr für den Versuch mit reinstem Gase gefüllt. Würde man jetzt das Rohr anheben, ohne das Schälchen mit dem Quecksilber mit der anderen Hand gegen den Schalenboden zu drücken, so wird der Eintritt des Wassers durch das vom Luftdruck emporgedrückte Schälchen verlangsamt. Bei richtiger Ausführung geschieht die Absorption fast augenblicklich, und das oben anschlagende Wasser würde einen nicht festgebundenen Schlauch vom Röhrchen fortschleudern. Man hat nun das Rohr für einen zweiten, den oben zuerst angedeuteten Füllungsversuch voll Wasser. Nach Zuführen des Gases bildet sich die schützende gesättigte Lösung über dem Wasser als von der Schattenseite her glitzernd erscheinende Flüssigkeitsschicht aus, und die Füllung ist schneller erledigt, als das vollständige Entfernen der Luftspuren vorhin an Zeit in Anspruch nahm. Nach Wiederholung des Versuches, bei dem man auch beachten läßt, wie Quecksilbertröpfchen emporgerissen werden, hebt man das Absorptionsrohr im Wasser der Schale etwas weiter empor und setzt auf die Halsöffnung einen Kork *k* mit Glasrohr, dessen etwa 2 mm weite Öffnung in der Achsenrichtung einige cm weit hineinragt. Man kann jetzt das offene Ende des Glasrohres in das Quecksilber hineinragen lassen und wie vorhin in nicht viel mehr Zeit das Wasser durch den Gasstrom her austreiben. Hebt man das Rohr aus dem Quecksilber heraus, so erhält man den bekannten Wasserstrahlversuch, wobei freilich der Strahl bald durch eine Bodenschicht Wasser hindurch muß. Schüttelt man, ohne die Rohröffnung aus dem Quecksilber emporzuziehen, so stürzt auch der größte Teil des glänzenden Metalles in das Rohr hinein. Gustav Müller in *Ilmenau* liefert das Absorptionsrohr.

Versuche mit einfachen Mitteln.

5. P. Czermak in Innsbruck. Ein Versuch über die Reflexion der Wärmestrahlung. Bei der Anfertigung eines Schutzkastens für ein Elektrometer aus Pappendeckel, den ich mit Stanniol auskleidete, fiel es mir auf, daß ich, so oft ich den Kopf in den Kasten steckte, die Empfindung hatte, als ob es in demselben viel wärmer sei als außerhalb desselben. Der Unterschied ist noch auffallender, wenn man den Versuch in einem etwas kühleren Lokale ausführt. Das Gesicht, welches gegen Strahlung sehr empfindlich ist, strahlt in einem kühlen Raume ziemlich stark gegen die kalten Wände aus. In dem mit Stanniol ausgekleideten Pappkasten jedoch wird fast die ganze ausgestrahlte Wärme dem Gesichte wieder zurückgestrahlt. Der Raum wirkt wie das Innere eines absolut schwarzen Körpers. Führt man die Hand ein, so ist die Empfindung eine viel schwächere, sowohl weil der strahlende Körper viel kleiner ist, als auch weil die Hand für die Wärmestrahlung nicht so empfindlich ist als das Gesicht. Man müßte für diesen Fall einen entsprechend kleineren reflektierenden Hohlraum herstellen¹⁾.

Für die Praxis.

Ein Versuch mit Magnesiumspänen. Von H. Rebenstorff in Dresden. Es ist eine oft zu beobachtende Erscheinung, daß kleinere feste Körper, die unter Gasentwicklung sich in Flüssigkeiten lösen, hierbei auf- und niedersteigen. Mit Magnesiumspänen kann man diese Bewegung, wie folgt, zu einer kleinen Sehenswürdigkeit werden lassen.

Ein Reagenzglas wird bis über die Hälfte mit reinem Wasser gefüllt und alsdann mittels einer Pipette eine Bodenschicht starker Salzsäure vorsichtig darunter gebracht. Die Adhäsion von etwas Luft, die zunächst die Spänchen schwimmend erhalten würde, beseitigt man, indem man eine Schicht Alkohol (es genügt Brennspritus) obenauf gießt. Die Spänchen sinken alsbald und steigen wieder empor. Am besten macht man den Versuch mit einem einzelnen oder wenigen Spänen von etwa 1 cm Länge. Vielfach gelingt es den Spänchen anfangs nicht, bis zu der verzehrenden Bodenschicht herabzusinken. Bald aber lösen

¹⁾ Anmerkung der Redaktion: Über ähnliche Versuche vergl. Mach, *ds. Zeitschr.* VII 113, und Höfler, XV 26.

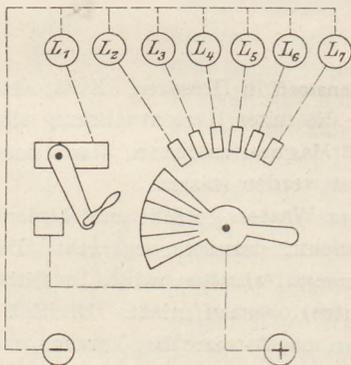
sich die Gasbläschen einmal gründlicher los, und das Spänchen berührt die starke Säure, aus der es mit schwachem Geräusch und explosionsartig entwickelten Blasen sich wieder emporflüchtet. Diese Bewegung von der Säure bis zum Alkohol wiederholt sich dann in schneller Folge so lange, bis das Spänchen entweder fast ganz verzehrt oder nach längerer Zeit eine gründlichere Vermischung der Flüssigkeiten eingetreten ist.

Außer diesem schnellen und schönen Aufundnieder zwischen der Säure und dem Alkohol, der die Spänchen ihren Halt immer wieder verlieren läßt, ist bemerkenswert, daß die Wasserschicht von einer Unzahl winziger Gasbläschen durchsetzt erscheint, während durch den Alkohol nur Bläschen nach oben steigen, die eine bestimmte Größe überschritten haben. Dabei erscheint ein bis 3 mm breites Grenzgebiet ziemlich blasenfrei, was wohl durch eine schnellere Bewegung der Bläschen infolge des Wechsels der Oberflächenspannungen herbeigeführt wird; die totale Reflexion an der Grenzfläche, die sich in beständigem Wogen befindet, trägt aber jedenfalls zur Ausbildung des scheinbar blasenarmen Gebietes bei.

Eine ähnliche Verzögerung des Emporsteigens von Blasen an der Grenze zweier Flüssigkeiten beobachtet man, wie folgt. Bringt man in ein Reagenzglas höchstkonzentrierte Ammoniakflüssigkeit und schichtet Äther darüber, so erhält man mit Kork und spitzem Glasrohr ein Ätherthermoskop, das schon unmittelbar von der Zimmerwärme an wirksam ist, da man nach kurzem Anlegen der Hand bereits ein Flämmchen entzünden kann, das darauf lange weiter brennt und bei der geringsten Verstärkung der Wärmezufuhr größer wird. Man sieht an der Grenzfläche der Flüssigkeit Blasen auftreten, die erst durch den Äther emporsteigen, wenn sie die Größe von mehreren Millimetern erlangt haben.

Im Vergleich zum Magnesium ist die Auflösung von Aluminium auch in stärkster Salzsäure mit Kobaltchlorürzusatz nur sehr träge, Calcium andererseits wird schon von reinem Wasser zu schnell angegriffen. Durch Nebeneinanderstellen der in der beschriebenen Weise beschickten Reagenzgläser mit den drei Metallen kann man ihre verschiedene Lösungstension gut demonstrieren. Mittels der Calciumspäne kann man übrigens auch auf den Wassergehalt des gewöhnlichen Brennspiritus aufmerksam machen, da sie unter Wasserstoffentwicklung darauf schwimmen.

Schaltvorrichtung für Glühlampenwiderstände. Von H. Voß in Bernburg. Vielfach werden die Lampenwiderstände ohne besondere Schaltvorrichtung gebaut, so daß man, um die Zahl der eingeschalteten Lampen zu ändern, jede einzelne Lampe in ihrer Fassung fest- oder lockerdrehen muß. Abgesehen davon, daß dies bei brennenden Lampen recht unangenehm ist, kann man bei offenem Stromkreise nicht erkennen, durch wieviel Lampen der Strom fließen wird. Diesen Übelständen hilft der am untern Teile des Widerstandes (s. Fig.) angebrachte Schalter ab, der den Vorteil hat, daß man ihn mit Hilfe von



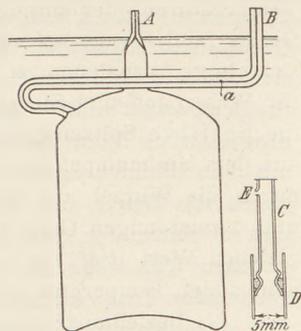
Metalllaubsäge, Feile und Bohrer aus starkem Messingblech selber herstellen kann. Seine Konstruktion ist ohne besondere Erklärung aus der schematischen Figur zu ersehen. Die Lampen sind durch die Kreise $L_1, L_2 \dots L_7$, die verbindenden Drähte durch gestrichelte Linien dargestellt. Eine Lampe, und zwar eine 16 kerzige, wird durch einen besonderen Schalter (links) unabhängig von den übrigen bedient; diese sind sämtlich 32 kerzig. In dieser Anordnung liegt ein beträchtlicher Vorteil, weil man so mit 7 Lampen 13 verschiedene Stromstärken erzielen kann, die auch vor Stromschluß aus der Zahl der bedeckten Messingtasten leicht zu erkennen sind. — Für das gute Funktionieren ist es wichtig, daß in den drehbaren Sektor

5 tiefe Schlitze eingesägt sind, so daß die dadurch entstandenen Teile ihre Federkraft unabhängig voneinander betätigen können. — Ein selbstgefertigter Widerstand in vorstehend angegebener Konstruktion funktioniert in hiesiger Mittelschule schon jahrelang ohne Störung.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein neues Pyknometer. Von R. V. STANFORD (*Phil. Mag.* 10. 269; 1905). Der Apparat hat die in der Figur dargestellte Form und läßt sich leicht in der gewünschten Größe (1 cem Inhalt und mehr) aus Glas blasen. Er wird mit der Flüssigkeit, deren Dichte bestimmt werden soll, durch ein bei *B* angebrachtes, in die Flüssigkeit tauchendes Rohr gefüllt, indem man bei *A* saugt. Ist das Pyknometer bei Zimmertemperatur gefüllt, so wird es in einen Thermostaten gestellt und der Kolben *CD* vermittelt eines Gummischlauchs bei *B* aufgesteckt. Hat die Flüssigkeit die Temperatur des Bades erreicht, so verschließt man die Öffnung *E* und drückt *C* herunter, bis der Flüssigkeitsmeniskus zur Marke α zurückgegangen ist. Dann wird der Finger entfernt, der Kolben fortgenommen, der Apparat aus dem Thermostaten herausgenommen und gewogen. Der Kolben *CD* besteht nur aus einem Stück Glasröhre von 5 mm Weite, in der eine engere Röhre vermittelt eines kleinen Kautschukringes luftdicht eingefügt ist. Die Einstellung der Marke α mit dem Stöpsel geht leichter und genauer als in der sonst üblichen Weise, und der horizontale Arm erlaubt eine Anwendung gewöhnlicher Thermostaten mit undurchsichtigen Wänden, indem die außerhalb des Bades bleibende Flüssigkeit auf ein Minimum reduziert wird.



Schk.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Zur elektrischen Entladung. Nach PASCHEN ist das Entladungspotential in einem Gase eine Funktion von $p \cdot d/T$ (p Druck, d Plattenabstand, T abs. Temperatur), d. h. für ein Gas ist das Potential nur abhängig von der Anzahl der Gasmoleküle, die sich zwischen beiden Platten befinden. M. WOLF hat das Ansteigen des Entladungspotentials proportional der Drucksteigerung bis zu 9 Atm. Druck nachgewiesen. Von CH. E. GUYE und H. GUYE wurde die Untersuchung bis zu Drucken von 80 Atmosphären ausgedehnt (*Arch. des sciences physiques et naturelles* 1905, S. 5 u. 111; *Naturw. Rdsch.* XX 589). Es zeigte sich in Uebereinstimmung mit WOLF, daß zwischen 1 und 10 Atm. das Funkenpotential linear mit dem Drucke wächst. Für höhere Drucke aber nahm das Verhältnis des Entladungspotentials zum Drucke ab; die graphische Darstellung ergab eine Kurve von parabolischem Aussehen. In allen Versuchen mit Stickstoff hatte die Kurve des Funkenpotentials ein Maximum an der Nähe des Zusammendrückbarkeitsmaximums ($p \cdot v = \text{Min.}$); auch bei Luft zeigte die Kurve für $p = 65$ m Hg eine kleine Erhebung. Mit H und O wurde nichts Ähnliches gefunden; doch lag das Minimum von $p \cdot v$ auch jenseits der Grenze der Versuche. Bei CO_2 schien eine Abnahme des Funkenpotentials an dem kritischen Punkte einzutreten; doch macht die Zersetzung des Gases die Erscheinung hier komplizierter.

Die Spitzenentladung in ein- und zweiatomigen Gasen machte P. EWERS zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung (*Ann. der Physik* 17, 781; 1905). Da geringe Verunreinigungen schon einen großen Einfluß auf die Entladung ausüben, wurde auf die Reinhaltung der Gase großer Wert gelegt. Es wurden Helium, Argon, Wasserstoff und Stickstoff in möglichster Reinheit hergestellt. Die Untersuchungen erstreckten sich zuerst auf die Bestimmung der Minimumpotentiale (d. h. der Potentiale, bei denen die Entladung aufhört) für die genannten Gase bei verschiedenen Drucken und Temperaturen. Sodann wurden die Stromcharakteristiken bestimmt, d. h. die für verschiedene Drucke und Temperaturen geltenden Beziehungen zwischen Spannung und Stromstärke. Die tiefen Temperaturen wurden durch flüssige Luft hergestellt.

Als Beziehung zwischen dem Druck p und dem Minimumpotential M bei konstanter Temperatur ließ sich bei allen Gasen sowohl für positive als für negative Entladung durch die Formel $M_a = C + (M_b - C) \sqrt{p_a / p_b}$ darstellen, wo C eine Konstante ist. Trägt man also die Wurzeln aus den Drucken als Abszissen und die zugehörigen Minimumpotentiale als Ordinaten auf, so erhält man für jedes Gas bei einer bestimmten Temperatur und für ein bestimmtes Vorzeichen der Entladung eine gerade Linie, die aber nicht durch den Koordinatenanfangspunkt geht (da für $p = 0$ nicht $M = 0$ ist). Für verschiedene Gase, andere Temperaturen oder entgegengesetztes Vorzeichen haben die Geraden andere Lagen. Dieses Gesetz fand EWERS bei negativer Spitzenentladung allgemein bestätigt, bei positiver zeigten sich einige Ausnahmen: so für Helium bei $+18^\circ$ und bei Drucken zwischen 720 — 340 mm Hg, für Wasserstoff und Stickstoff ebenfalls bei $+18^\circ$ und von 170 bezw. 150 mm Hg an. Für die positive Spitzenentladung ergab sich ferner folgendes wichtige Gesetz: „Das Produkt aus dem Minimumpotential M und der Wurzel aus der mittleren freien Weglänge L , dividiert durch die Wurzel aus der Anzahl n der Atome im Molekül hat für die untersuchten ein- und zweiatomigen Gase bei dem gleichen Druck und derselben Temperatur nahezu den gleichen Wert ($\sqrt{M \cdot L / n} = A$). Mit abnehmendem Druck nimmt A ein wenig zu, mit abnehmender Temperatur etwas ab.

Als Beziehung zwischen der übertragenen Elektrizitätsmenge i und der hierzu erforderlichen Spannungsdifferenz V ergab sich für die einatomigen Gase Helium und Argon das für alle Temperaturen und Drucke sowie für beide Vorzeichen gültige Gesetz $\sqrt{i} = cV + C''$, wo c und C'' Konstanten sind. Bei der negativen Entladung zeigten das Helium bei $+18^\circ$ und das Argon bei $+18^\circ$ und -65° ein Ausnahmeverhalten. — Bei den zweiatomigen Gasen H_2 und N_2 zeigte sich, daß die Druck- und Temperaturänderungen die Entladung in wesentlich anderer Weise beeinflussen als bei den einatomigen Gasen. Die Formel stellt gerade Linien dar, deren Neigungen sich nahezu umgekehrt proportional dem Drucke ändern; da aber auch die freie Weglänge sich umgekehrt proportional dem Drucke ändert, so wird die Konstante c^2 der freien Weglänge L direkt proportional, und man erhält, wenn man von C'' absieht, $i = kL \cdot V^2$. Daraus folgt, „daß bei normaler Spitzenentladung und bei gegebener disponibler Spannung die erhaltenen Stromstärken für die hier untersuchten ein- und zweiatomigen Gase bei Druckänderungen einfach der mittleren freien Weglänge der Gasmoleküle proportional sind“.

Andere Untersuchungen über Spitzenentladung hat F. R. GORTON angestellt; über die Ergebnisse berichtet E. WARBURG in den *Ann. d. Physik* 18, 128. Das Minimumpotential war im allgemeinen am niedrigsten an frisch angefeilten Spitzen; es ging in die Höhe durch fortgesetzte Entladung, durch Glühen in der Flamme oder durch elektrisches Glühen in feuchter Luft. Eine Bestrahlung war auf das Minimumpotential der frisch angefeilten Spitze ohne Einfluß, doch wurde der durch die erwähnte Behandlung erhöhte Wert auf den ursprünglichen geringeren herabgesetzt. Diese Wirkung war aber nur temporär und verschwand nach Aufhebung der Bestrahlung wieder; sie wurde von der ultravioletten Strahlung nur auf das negative, von der Radiumstrahlung auf das Minimumpotential beiderlei Zeichens ausgeübt. Das Empfindlichwerden durch Glühen zeigten Spitzen aus Pt, Pd, Ag, Cu, Fe, Zn, Al, die beiden letzten nur in geringem Maße. Eine durch Glühen in Luft empfindlich gemachte Kupferspitze konnte durch Glühen in Wasserstoff und durch Ablöschen in Alkohol unempfindlich gemacht werden. Danach beruht die Empfindlichkeit bei Cu auf einer Oxydhaut, die nach HALLWACHS auch lichtelektrisch beeinflußt wird. Eine nicht bestrahlte empfindliche Spitze von Pt gibt bei negativer Ladung in H unter 1600 Volt keinen Strom; bei 1600 Volt ruft die Bestrahlung durch eine Bogenlampe aus mehreren Metern Entfernung die Entladung hervor. Vom Potentialwert 1800 ab übt die Bestrahlung keinen Einfluß mehr auf die Stromstärke aus. Genauere Bestimmungen der Funkenentladung in den Halogenen ergaben verhältnismäßig hohe Werte des Minimumpotentials.

Beträge zur Kenntnis der Funkenentladung in Gasen gibt W. VOEGE (*Ann. der Physik* 18, 606; 1905). Er bestimmte zunächst die elektrische Durchschlagsfestigkeit. Bei

weitem am schwersten wird Sauerstoff durchschlagen, für größere Funken folgt dann die Kohlensäure, während die Luft den geringsten Widerstand gegen die Entladung bietet. Bei kleinen Schlagweiten steht die Luft zwischen Sauerstoff und Kohlensäure. Der Verf. untersuchte ferner die in verschiedenen Gasen erzeugten Funken, die erheblich voneinander abweichen. Die Funken in Luft sind weiß, zeigen starke Knicke und sind mit großem Geräusch verbunden. In Sauerstoff sind sie violett, ähneln aber den Luftfunken; nur fehlt eine helle Partie an der Kathode. In Kohlensäure sind die Funken blau, bei großer Stromstärke violett; sie zeigen keine Knicke und gehen fast lautlos über. In Wasserstoff bildet sich bei genügender Spannung ein roter, völlig gerader, lautloser Funke. Mit Wechselstrom war es nicht möglich, einen Funken von nur 1 cm Länge zu erhalten; hier findet eine so starke dunkle Entladung statt, daß die Elektrodenspitzen glühend werden, und das Gas sich stark erhitzt.

Waren die Gase an den beiden Elektroden verschieden, so erwies sich dieses als von großem Einfluß auf die elektrische Entladung. Dieses wurde in der Weise festgestellt, daß die eine der beiden Spitzenelektroden sich in einem Glasgefäß befand, das der Spitze gegenüber eine feine Öffnung besaß, durch welche die Funken ohne Schwierigkeit hindurchschlugen. Das Gefäß wurde dann mit verschiedenen Gasen gefüllt. Die andere Elektrode befand sich in Luft. Bei Sauerstoff war kein Unterschied gegen Luft zu bemerken. Kohlensäure an der Anode erschwerte, an der Kathode erleichterte die Funkenbildung. Wasserstoff war an der Anode ohne Einfluß, an der Kathode erleichterte er die Funkenbildung. Geringe Quantitäten Chlor an der Anode genügten, um die Funkenbildung ganz außerordentlich zu erschweren, während es an der Kathode wirkungslos blieb. Ebenso wie Chlor wirkten Brom und Jod. Die Wirkung des Chlors besonders war so intensiv, daß das Gefäß nur nach Ausspülung mit Wasser und Trocknenlassen den alten Zustand wieder erhielt.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen dienen Versuche, die derselbe Verf. über den Einfluß fremder Ionen auf die Funkenentladung angestellt hat (*Phys. Ztschr.* 1905, S. 273). Schon wenn man eine Bunsenflamme einer größeren Funkenstrecke nähert, wird diese stärker, wenn die Flamme in der Nähe der Kathode, schwächer, wenn sie bei der Anode sich befindet. Es ließ sich hier nicht feststellen, ob in der Flamme positive oder negative Ionen überwiegen. Dagegen überzeugte sich der Verf., daß von einer Nernstlampe vorwiegend negative, von einem rotglühenden Platindraht vorwiegend positive Ionen ausgesandt wurden. Mit Benutzung dieser beiden Ionenerreger konnte dann folgendes festgestellt werden. Sind die in die Nähe einer Elektrode gebrachten fremden Ionen gleichnamig mit der betreffenden Elektrode, so haben sie auf den Funkenübergang keinen besonderen Einfluß. Negative Ionen an der Anode dagegen erschweren, positive Ionen an der Kathode erleichtern die Funkenentladung.

Hieraus erklären sich auch die Erscheinungen bei Gasen. Wasserstoff, der in der Elektrolyse immer als positives Element auftritt, verhält sich auch bei der Entladung genau so wie positive Ionen. Dagegen verhalten sich die elektrolytisch ausgesprochen negativen Halogene wie die negativen Ionen. Dieser Zusammenhang läßt sich auch aus der Ionen-theorie folgern. Die Ionenenergie, d. h. die potentielle Energie, die das negative Elektron in bezug auf das positive Restatom besitzt, ist am größten bei den stark negativen, am kleinsten bei den positiven Elementen. Je größer die Ionenenergie eines Atoms ist, um so größer ist sein Sättigungsbestreben für ein weiteres negatives Elektron. Das ist der Fall beim Chlor, das, am negativen Ende der Spannungsreihe stehend, die bei der Entladung gebildeten freien Luftionen an sich zieht und daher ebenso wirkt, als wenn man direkt negative Ionen in die Nähe der Anode bringt. Ein Element dagegen wie Wasserstoff, dessen Ionen positiver sind als die Luft, gibt das negative Elektron leichter ab als diese, während der Rest als positives Ion zurückbleibt.

Auch die Glimmentladung in den Halogenen zeigt besondere Eigentümlichkeiten, wie aus Untersuchungen von G. BODE in Berlin und W. MATHIES in Erlangen hervorgeht (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 618 u. 729). Das Kathodengefälle in Chlor an Platin war sehr niedrig

(320–340 Volt), der Potentialgradient sehr groß (etwa dreimal so groß wie in O und H). Ähnliches zeigten die anderen Halogene. Der Gradient wächst mit steigendem Druck etwas schneller, dann langsamer als jener. Die normalen Kathodengefälle wachsen nahezu proportional mit dem Molekulargewicht des Halogens und sind unabhängig vom Druck und von der Stromstärke. Die Glimmentladung in den Halogenen zeigt große Ähnlichkeit mit der in den Quecksilberhaloidverbindungen; doch sind Potentialgradienten und Kathodengefälle in ersteren niedriger.

Schk.

Kanalstrahlen. 1. Das Spektrum der Kanalstrahlen. Von J. STARK (*Physikal. Zeitschr.* 1905, S. 892; 1906, S. 92, 249, 251). Das Licht der Kanalstrahlen in einem Gase liefert das Bandenspektrum dieses Gases, welches durch schnelle Kathodenstrahlen zur Emission gebracht wird; außerdem gibt es das Linienspektrum dieses Gases, und zwar um so intensiver, je größer die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen ist. Die Spektrallinien, welche von den als positive Ionen aufzufassenden Kanalstrahlenteilchen erzeugt werden, zeigen nun den Doppler-Effekt, wobei die Größe der bei den Linien eintretenden Verschiebung von der Geschwindigkeit der Teilchen abhängt. Die Kanalstrahlen wurden erzeugt in 4–5 cm weiten Glasröhren an durchlöchernten Aluminiumkathoden; zur Evakuierung diente eine Ölluftpumpe. In den Röhren befand sich Wasserstoff. Mit einem Prismenspektrographen wurden bei 3–5 stündiger Expositionszeit Aufnahmen des Spektrallichts gemacht, und zwar sowohl wenn das Kollimatorrohr senkrecht, als wenn es parallel zu der Richtung der Kanalstrahlen stand. Beide Aufnahmen wurden mit der Schichtseite aufeinander gelegt und verglichen. Die Linien des Serienspektrums von Wasserstoff zeigten dann den Dopplereffekt, indem die „bewegten“ Linien alle gleich viel nach dem Ultraviolett verschoben waren. Aus dieser Verschiebung berechnete sich die Geschwindigkeit des positiven Atomions = $5 \cdot 10^7$ cm/Sek.; aus Spannungsdifferenz, Ladung und Masse ergab sich dieselbe Größe = $6 \cdot 10^7$ cm/Sek. Die Linien des Bandenspektrums des Wasserstoffs, die sich neben den Serienlinien in großer Zahl finden, zeigten den Dopplereffekt nicht. Steigerte man die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen im Wasserstoff durch Erhöhung des Kathodenfalles, so wuchs die Verschiebung der bewegten Linien nach Ultraviolett.

Durch Beobachtung des Dopplereffektes an Kanalstrahlen läßt sich experimentell ermitteln, welche Spektren die positiven Ionenträger emittieren. Alle Linien einer Serie haben denselben Träger; derselbe Träger emittiert sogar mehrere Serien. So hat die erste Nebenserie von Duplets des Wasserstoffs einwertige positive Atomionen als Träger, d. h. Wasserstoffatome, die ein negatives Elektron verloren haben. Eine sonst nur an Sternspektren gefundene Hauptserienlinie des Wasserstoffs findet sich auch im Spektrum der Kanalstrahlen und zeigt den Dopplereffekt in derselben Größe wie die erste Nebenserie von Duplets, hat also wohl auch denselben Träger. Die Untersuchung eines Duplets der Hauptserie des Kaliums ließ ebenfalls auf einwertige positive Ionen als Träger schließen. Bei den Nebenserien von Triplets des Quecksilbers war der Dopplereffekt so groß, wie er sich bei Annahme von Zweiwertigkeit des Kanalstrahlenteilchens theoretisch berechnen würde. Dagegen haben andere Linien im Quecksilberspektrum einen kleineren Dopplereffekt; ihr Träger ist ein einwertiges positives Quecksilberion. So stellt das Spektrum des Quecksilbers ein Gemisch mehrerer Spektren seiner ein-, zwei- und vielleicht noch höherwertigen Ionen dar. Die vorstehenden Resultate und Folgerungen sind in auffallender Übereinstimmung mit den Resultaten, die RUNGES und PASCHENS Untersuchungen über den Zeemaneffekt der Linienserien ergeben haben. Hiernach zeigen die Dupletserien einerseits und die Tripletserien andererseits analoge Struktur und identische magnetische Zerlegung.

Nach STARKS Ansicht ist die Quelle der Lichtemission der Kanalstrahlen ihre kinetische Energie, wobei zwischen dieser und der Strahlungsdichte durch Vermittelung des Strahlungsdrucks ein Gleichgewicht hergestellt wird. Infolge des gleichzeitigen Vorhandenseins von Strahlen verschiedener Geschwindigkeit erhält man einen etwas breiteren Spektralstreifen, wobei der Intensitätsabfall von der „verschobenen“ nach der „ruhenden“ Linie hin ein sehr steiler ist. Daraus ist zu schließen, daß die langsamen Kanalstrahlen nur eine schwache Lichtemission

besitzen. Die Strahlungsintensität eines Kanalstrahlenteilchens wächst mit dem Quadrat der Translationsgeschwindigkeit. Bei Wasserstoff ist die Farbe des Kanalstrahlenbündels bei kleiner Geschwindigkeit (800 Volt) rot, bei großer Geschwindigkeit (8000 Volt) bläulichrot. Daraus ist zu folgern, daß mit wachsender Translationsgeschwindigkeit der positiven Wasserstoffionen die Strahlungsintensität der kürzeren Wellen schneller wächst als die der langen Wellen. Da das Minimum zwischen der ruhenden Linie und dem Streifen der verschobenen Linien um so größer ist, je kleiner die Wellenlänge ist, folgt ebenfalls, daß die Geschwindigkeit der Translation mit abnehmender Wellenlänge wächst. Bei der thermodynamischen Strahlung entspricht die absolute Temperatur dem Quadrat der Translationsgeschwindigkeit. Zur Erzeugung eines Linienspektrums muß man zunächst positive Atomionen schaffen, indem man einen Ionisator auf die neutralen Atome wirken läßt. Für Alkalien und alkalische Erden genügt hierzu die Flamme, die anderen Elemente müssen durch den Stoß der Kathodenstrahlen der negativen Glimmschicht oder der positiven Lichtsäule im Glimmstrom oder Lichtbogen ionisiert werden. Den vorhandenen Ionen muß eine große Translationsgeschwindigkeit erteilt werden, was durch Erhöhung der Flammentemperatur bzw. der Stromstärke geschieht.

Die Strahlungsintensität verschiedener Serien von Spektrallinien zeigt sich ebenfalls abhängig von der Translationsgeschwindigkeit. So zeigten die erste Dupletlinie des Quecksilbers ein sehr kleines und unscharfes, die Tripletserien ein größeres und mehr ausgeprägtes, die Linien noch höherwertiger Atomionen ein noch größeres Intensitätsminimum. Daraus folgt, daß die erste Linie bei kleiner Translationsgeschwindigkeit, die anderen erst bei immer höheren Geschwindigkeiten wahrnehmbar werden. Dem entspricht, daß die erste Linie schon in der Bunsenflamme erscheint, die anderen höhere Temperaturen erfordern. Nach Untersuchungen von HERMANN über den Dopplereffekt bei Stickstoff ist hier das Minimum breiter und schärfer als bei Wasserstoff, woraus zu schließen ist, daß für Stickstoff eine größere translatorische Energie zur merklichen Emission des Linienspektrums nötig ist als bei Wasserstoff.

2. Sekundärstrahlung und Reflexion bei Kanalstrahlen. Die Erscheinungen, welche bei Kathodenstrahlen beim Auftreffen auf Metalle eintreten, lassen ähnliche Wirkungen auch bei Kanalstrahlen vermuten. Um dieses zu untersuchen, benutzte C. FÜCHTBAUER eine Entladungsröhre mit durchbohrter Kathode, die nach hinten ein enges Metallröhrchen trug (*Phys. Zeitschr.* 1906, S. 153). Die Kanalstrahlen traten durch das Röhrchen in einen Faradayschen Zylinder, der durch ein Galvanometer zur Erde abgeleitet war. Dieses zeigte dann die wirkliche Stromstärke der Kanalstrahlen. Vor dem Loch des Zylinders befand sich eine Scheibe mit 6 Sektoren, von denen einer offen, die anderen 5 mit verschiedenen Metallen bedeckt waren. War der offene Sektor vorgeschoben, so konnten die Kanalstrahlen eintreten, war ein Metall vor dem Loche, so verließen die Sekundär- und reflektierten Strahlen den Zylinder. Die Differenz der in beiden Fällen erhaltenen Stromstärken ergab dann die Wirkung der Sekundär- und reflektierten Strahlen.

Aus den Versuchen ergab sich, daß bei hohen Spannungen und hohem Vakuum alle Metalle starke negative Sekundärstrahlen geben, und zwar ist die Reihenfolge die der Voltaschen Spannungsreihe. Silber und Kupfer stehen an gleicher Stelle, Platin zeigt den kleinsten Wert, Zink etwa 170 %, Aluminium 280–300 %; der vom Zylinder abfließende Strom war also das Vierfache des Kanalstrahlenstroms. Durch einen Magneten ließen sich die negativen Sekundärstrahlen zurückbiegen, und die reflektierten positiven Strahlen konnten beobachtet werden. Diese Reflexion betrug nicht viel mehr als 10 % des Kanalstrahlenstroms. Bei abnehmender Spannung nimmt die Sekundärstrahlung zuerst wenig, dann immer mehr ab, dagegen die Reflexion bis zu einem Maximum zu.

Vergleicht man den Kathodenfall bei verschiedenen Metallen mit der Sekundärstrahlung, so findet man, daß das Metall mit kleinstem Kathodenfall die größte negative Sekundärstrahlung zeigt. Da der Kathodenfall dadurch zustande kommt, daß der Glimmstrom, in dem Kanalstrahlen die Kathode treffen, der Partie vor der Kathode negative Ionen entzieht,

so sind die erhaltenen Ergebnisse geeignet, die Abhängigkeit des Kathodenfalls der Glimmentladung von der Art des Kathodenmetalls zu erklären.

3. Wirkung eines Magnetfeldes auf die Kanalstrahlen. Von H. PELLAT (*C. R. CXLII 1008; 1905*). Der Verf. benutzte Röhren von 1 m Länge und etwa 18 mm Durchmesser; die Anode befand sich an einem Ende der Röhre, die gitterartige Kathode 18 cm davon entfernt. Hinter dieser Kathode, in dem 77 cm langen elektrodenlosen Raum der Röhre, bildete sich ein sehr helles Bündel Kanalstrahlen. Näherte man diesem einen mit der Anode verbundenen Leiter, so wurde es abgestoßen und erzeugte auf der entgegengesetzten Röhrenwand einen grünen Fluoreszenzleck: ein Beweis, daß das Strahlenbündel aus positiven Teilchen bestand. In einem schwachen Magnetfelde (die Kraftlinien senkrecht zur Röhrenachse) wurde das Bündel nach der Richtung abgelenkt, die für positive Teilchen den Gesetzen des Elektromagnetismus entspricht; es bildete sich ein heller Lichtfaden an der Röhrenwand, ohne daß die übrige Röhre aber ganz dunkel wurde. Vergrößerte man die Feldstärke, so wurde der Lichtfaden breiter und neblig; bei einem Felde von 900 bis 1000 Gauß erfüllte ein gleichmäßig diffuses Licht die ganze Röhre. Die Erscheinung ähnelte derjenigen, die man unter denselben Bedingungen an dem Anodenlicht einer Geißlerschen Röhre beobachtet. Vermehrt man die Feldstärke noch weiter bis 2100 Gauß oder mehr, so zog sich das Strahlenbündel wieder längs der Röhrenwand zusammen, aber die Ablenkung fand jetzt in entgegengesetztem Sinne statt wie bei schwachen Feldern. Die geeignetsten Drucke für diese Versuche waren 0,05 bis 0,01 mm Quecksilber. Man kann die hier nacheinander auftretenden Erscheinungen auch gleichzeitig beobachten, wenn man zwischen den Polstücken des Elektromagneten ein starkes Feld erzeugt und nun die ganze Röhre betrachtet. In weiter Entfernung von den Polen ist dann noch gar keine Wirkung, in einer gewissen Entfernung sieht man die Ablenkung des Lichts bei schwachen Feldern, in der Nähe der Pole ist das Licht über die ganze Röhre ausgebreitet, und zwischen den Polstücken sieht man die entgegengesetzte Ablenkung. Eine Erklärung der Erscheinungen wurde von dem Verf. nicht gegeben. *Schk.*

Elektrische Wellen. Die wesentliche Wirkung des Kohärrers besteht darin, daß Strahlen elektrischer Kraft auf loses Metallpulver treffen und dieses für den elektrischen Strom leitend machen. Dasselbe wird auch durch einen Kurzschluß erreicht, den man um das Pulver herumführt, was nach MURAOKA und TAMARU durch die Selbstinduktion des Galvanometers bedingt wird; hierbei ist die Verringerung des Pulverwiderstandes um so größer, je größer der induzierende Strom und je kleiner das Volumen des Pulvers ist (*Ann. d. Phys. VII 554; 1902; Mem. college of science Kyoto I 1903*). Zur Erklärung der Kohärerwirkung nahm man an, daß entweder die zwischen den Metallstückchen entstehenden Fünkchen jene zusammenschweißen, oder daß die elektrischen Wellen Ionisation und darum eine höhere Leitfähigkeit des Dielektrikums hervorrufen. Eine bestimmte kritische Potentialdifferenz ist stets zur Herstellung der Kohärerwirkung notwendig. R. THÖLDTE untersuchte nun, ob der Widerstand auch unterhalb der kritischen Potentialdifferenz etwa durch andere Mittel verringert werden kann (*Ann. d. Physik XVII 694; 1905*). Zu dem Zwecke wurden verschiedene Kohärer den Strahlen eines Radiumpräparats ausgesetzt. Der Kohärer war mit einem Galvanometer im Nebenschluß eines Stromkreises, der ein Element und Widerstände enthielt. Die Stromstärke wurde so gewählt, daß das Galvanometer in Ruhe blieb, der Kohärer also nichtleitend war. Wurde er jetzt dem Radiumpräparat ausgesetzt, so zeigte das Galvanometer einen Ausschlag, der Kohärer war also leitend. Auch die elektrischen Schwingungen, die in den Widerstandsspulen beim Öffnen und Schließen des Stromes auftraten, wirkten auf den Kohärer, solange er den Radiumstrahlen ausgesetzt war. War der Kohärer auf irgend eine Weise leitend geworden, so trat ebenfalls die Einwirkung der Radiumstrahlung deutlich hervor. Aus den Untersuchungen folgt, daß die Leitfähigkeit des Kohärrers eine Funktion zweier Variablen, der elektrischen Schwingungen und der Ionisation, ist.

Einen „Selbstgegenfritter“ (Autoantikohärer) hat P. LOIBERG konstruiert (*Ann. d. Physik XVIII 850; 1905*). Einem Hartgummizylinder ist eine aus einem Einmarkstück

hergestellte Platte (Anode) aufgelagert, die in der Mitte etwas erhöht und rings um diese Erhöhung mit einer Aussparung versehen ist. Auf der Erhöhung wird ein Gitter aus dielektrischem Stoff (Seidengewebe), das in Glyzerin getränkt ist, befestigt. Das Gitter wird mit Chlorsilbercelloidinpapier, die Schichtseite der Anode zu, überdeckt — letzteres am Rande gespannt. Parallel zu der mit Wasser- oder Gasleitung verbundenen Anodenplatte ist die Grundplatte eines durch Mikrometer verstellbaren Tauchkolbens gelagert; nahe am Umfang der Grundplatte sind Grammophonspitzen angebracht. Dieses Kathodensystem ist in ein Schutzgehäuse aus Hartgummi eingeschlossen, das mit dem ersten Hartgummizylinder zu einem Ganzen vereinigt ist. Die Anordnung wird mit einer geringen E.M.K. (1,5 Volt), einem Rheostaten, Vertikalgalvanometer und Hufeisentelephon in Reihe geschaltet. Mit dem Mikrometer werden die Kathodenspitzen durch das Celloidin mit den strahlenempfindlichen Teilchen und die Flüssigkeitshäutchen hindurch gegen die Anode gedrückt und zurückgezogen, so daß sich hier Einzelfritter bilden, und die Nadel ausschlägt. Bei Bestrahlung mit elektrischen Wellen geht die Nadel zurück, und das Telephon spricht laut an; bei Aufhören der Bestrahlung nimmt die Nadel wieder die Anfangsstellung an. Ein Klopfen ist unnötig. Die Empfindlichkeit kann sehr groß gemacht werden; man kann mit dem Fernhörer direkt Morsezeichen abhören. Die Wirkung dürfte durch eine Wellenelektrolyse der in der Zelle befindlichen Flüssigkeit zu erklären sein.

Den Einfluß der Erde bei der drahtlosen Telegraphie hat im Drudeschen Laboratorium in Gießen J. S. SACHS untersucht (*Ann. d. Physik* XVIII 348; 1905). Sender und Empfänger waren nach dem BRAUNschen System ausgebildet. Der Geber bestand aus Primärkreis mit Funkenstrecke und Kondensator und Sekundärkreis mit Spule und Antennen; die Berechnung beider Kreise auf Resonanz wurde nach DRUDES Angaben gemacht. Der Empfänger war mit dem Geber ganz gleich gebaut, mit dem einzigen Unterschiede, daß sich an Stelle der Funkenstrecke ein mit Galvanometer verbundenes Thermoelement befand, das den Kohärer ersetzte. Vertikale Antennen waren günstiger als horizontale, die Spulenachsen waren besser parallel den Antennen zu liegen. Die Erdoberfläche wirkte bei Wellen von 31 m Länge wie ein stark absorbierendes und schwach reflektierendes Medium. Ersatz einer Kapazität durch Erdverbindung beeinträchtigte die Übertragung in hohem Maße, Isolation der Apparate gegen Erde wirkte aber günstig. Bei kurzen Wellen empfiehlt es sich daher, mit gut isolierten Apparaten möglichst hoch über die Erde zu gehen. Belaubte Bäume absorbieren und reflektieren elektrische Wellen. Das Strahlungsvermögen eines Systems mit je 2 Antennen ist etwa 3—4 mal so stark als das mit nur einer Antenne und einer Kapazität. Ein parallel zur Antenne laufender Draht schirmt die Wirkung um so mehr, je besser er geerdet ist; ein ungeerdeter Draht übt nur geringen Einfluß aus. Der störende Einfluß von Gebäuden war deutlich erkennbar, doch konnten durch Beugung auch in der Schattengrenze Wirkungen wahrgenommen werden.

Schk.

4. Unterricht und Methode.

Der Physikunterricht in Frankreich und in Preußen. Unter dem Titel die „Lehraufgaben des physikalischen und chemischen Unterrichts in den höheren Schulen Frankreichs“ hat H. HAHN eine Programmabhandlung (*Dorotheenstädt. R.-G. zu Berlin. Ostern 1906, Pr. Nr. 109*) veröffentlicht, deren erster Teil (S. 1—17) eine vergleichende Betrachtung des Physikunterrichts in Frankreich und in Preußen enthält. Er hebt hervor (S. 9), daß die Freiheit im Unterricht, der sich die Lehrer in Preußen in weit höherem Grade als die in Frankreich erfreuen, die französischen Lehrpläne für uns fruchtbarer macht als für die Franzosen selbst; wir können uns nach freiem Ermessen, freilich auf eigene Verantwortung, alles Gute, und zwar nur das Gute, aneignen, das in den Lehrplänen enthalten ist.

Frankreich hat 1902 sein Unterrichtswesen von Grund aus umgestaltet und ist dabei insbesondere den modernen Anforderungen an den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht in weit höherem Grade gerecht geworden, als dies bei uns bis jetzt der

Fall ist; man hat „einen Unterricht geschaffen, der auf einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlage ruht, der mit vollen Berechtigungen versehen ist und daher lebens- und entwicklungsfähig sein wird“.

In Frankreich ist die Vortragsform des Unterrichts die herrschende, bei uns die entwickelnde. Die französischen Lehrpläne schreiben daher, trotz geringerer Stundenzahl, eine Fülle des Lehrstoffs vor, die bei unserm Lehrverfahren nicht zu bewältigen wäre. Die Überlastung mit Lehrstoff wird selbst von den Franzosen empfunden; bei uns dagegen betonen die Lehrpläne, daß auf eine angemessene Auswahl des Stoffes die größte Sorgfalt zu verwenden sei, und auch die Lehrer, wenn sie sonst noch so weit voneinander abweichen, stimmen in der Forderung „wenig aber gut“ überein.

Die Frage der Wechselbeziehung zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Unterricht haben die französischen Lehrpläne bis ins einzelne zu lösen versucht. Während bei uns in der Regel Mathematik und Physik in einer Hand liegt, haben die Physiklehrer in Frankreich meistens neben der Physik die Lehrbefähigung in Chemie, seltener in Mathematik. So kommt es, daß die Mechanik in gewissen Schulabteilungen zweimal vortragen wird, erst vom Physiklehrer und in der folgenden Klasse vom Mathematiklehrer. Über den Unterricht durch den letzteren hat H. Poincaré interessante Bemerkungen gemacht (vergl. d. Zeitschr. *XVIII* 307), aus denen hervorgeht, daß auch in Frankreich eine starke Bewegung gegen die allzu formal-mathematische Behandlung der Mechanik vorhanden ist. In betreff der Himmelskunde wird bemerkt, daß deren Einfügung in den mathematischen Unterricht auch in Frankreich ihre Behandlung schädlich beeinflusst hat, und daß daher der Unterricht in den Anfangsgründen der Himmelskunde durchaus dogmatisch geblieben ist. In Frankreich fehlen wie in Deutschland für die Himmelskunde die rechten Grundlagen, Beobachtungen, die vor den Schülern, oder besser von den Schülern selbst gemacht werden.

In betreff der physikalischen Aufgaben wird bemerkt, daß diese in Frankreich in höherem Maße gepflegt zu werden scheinen als bei uns; auch verlangen die Lehrpläne, daß die Aufgaben stets der Wirklichkeit entlehnt werden und die Schüler mit den Größenordnungen vertraut machen, die in der Natur herrschen.

Was den „Werdegang des physikalischen Erkennens“ betrifft, so stellen sich die französischen Lehrpläne auf eine durchaus neuzeitliche Grundlage; „man muß dies gründliche Aufräumen billigen, soweit es sich auf physikalische Altertümer erstreckt, auf veraltete Apparate, auf abgestorbene Lehren, die keinen Einfluß auf die großen Entwicklungsgänge des physikalischen Erkennens ausgeübt haben. Ebenso muß man die Forderung gutheißen, daß der Unterricht nicht zu langsam und ängstlich den Fortschritten der Wissenschaft folge und beschränkt an Verfahren festhalte, die gedankenlos von Geschlecht auf Geschlecht vererbt wurden. Auch sollte man nur in den wichtigsten Fällen die Entwicklung der Apparate und der Versuchsformen mit den Schülern besprechen. Hingegen wird man der Ansicht Poincarés, erst die Tatsachen in der heutigen Auffassung vorzuführen und dann in großen Zügen ein Bild von der Geschichte der Hauptentdeckungen zu geben, bei uns nicht zustimmen können, vielmehr . . . den Unterricht so einrichten, daß sich der Werdegang des naturwissenschaftlichen Erkennens auch im Geiste des Schülers vollzieht, wobei man freilich nicht die rauhen Schlangen-, Irr- und Rückwege der geschichtlichen Entwicklung kurzzeitig durchlaufen darf, sondern mit weitem Blick auf den nunmehr gebahnten geraden Wegen den Schüler rasch und sicher zu den Höhen der heutigen Erkenntnis hinauf führen muß“.

Auf eine schwache Stelle unseres Lehrverfahrens aber wird gleichzeitig hingewiesen: „Es genügt nicht, den Schüler zu den heutigen Auffassungen der physikalischen Tatsachen hinaufzuführen; wir müssen, am Ziele angelangt, ihn bei der Verknüpfung, Zusammenfassung und Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse sich auch vollständig in die heute herrschende Naturanschauung einleben lassen“.

Dem Vorschlag der französischen Lehrpläne, einige Abschnitte aus den Arbeiten großer Physiker in der Lehrstunde vorlesen zu lassen, pflichtet der Verfasser nicht bei. „Die Darstellungen dieser Geistesfürsten sind nicht für Knaben, sondern für Männer berechnet; der

Schüler besitzt oft nicht die geistige Kraft, sofort beim Hören den schweren Inhalt zu erfassen. Zweckmäßiger ist es, den Schülern geeignete Bändchen aus Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften als häuslichen Lesestoff zu empfehlen. Doch bekommt man leider fast stets selbst von Schülern, die die Physik lebhaft fesselt, die niederschlagende Antwort: „Dazu haben wir keine Zeit, wir haben zu viel auf“. —

In der wichtigen Angelegenheit der verbindlichen Schülerübungen haben die Franzosen alle andern Völker des europäischen Festlands überholt. Doch haben die französischen Behörden den Plan zu starr eingerichtet, „es ist den französischen Lehrern nicht möglich, die Übungen organisch mit dem Klassenunterricht zu verbinden¹⁾ und so die wirkungsvollste Lehrform anzuwenden“. Außerdem können die Übungen in Frankreich nur auf der Oberstufe stattfinden, während sie gerade auf der Unterstufe unentbehrlich sind. Auch scheint die Einführung der Übungen durch Ausbildung der Lehrer und durch Anschaffung der Apparate noch nicht genügend vorbereitet zu sein. Und man verhehlt sich auch in Frankreich nicht, daß für die Durchführung Zeit und Geld erforderlich ist. Man muß eine kleine Werkstatt mit Drehbank und Hobelbank einrichten, Übungsräume beschaffen, zu große Klassen teilen. Diese Forderungen hat namentlich H. Abraham in den *Conférences du Musée pédagogique 1904* erhoben, und der Erfolg der gegebenen Vorschriften wird in hohem Maße davon abhängen, ob die französischen Behörden diesen Forderungen williges Gehör schenken.

Der Verfasser knüpft an das bisher Mitgeteilte noch einige Erwägungen und Vorschläge zunächst hinsichtlich der Prüfungen in der Physik. Angesichts der Störungen, die das Prüfungswesen bei uns wie in Frankreich (und ebenso in Amerika und England) auf den Unterricht ausübt, kommt er, lediglich das geistige Wohl der Schüler ins Auge fassend, zu dem Wunsche, daß die Physik aus den Prüfungsgegenständen bei der Reifeprüfung ausscheiden möge. Zwar schein das Ansehen des Faches das Gegenteil zu erfordern, doch sei bei der gewaltigen Bedeutung der Physik für das moderne Leben und bei dem großen Reiz, den sie auf die heutige Jugend ausübt, eine Gefahr kaum zu befürchten. Andererseits können die Behörden eine Beaufsichtigung des Unterrichtsbetriebes durch besondere Fachinspektoren sicherer und sachgemäßer als durch die Reifeprüfung feststellen; „würden diese Beamten nicht nur den Unterricht, sondern auch die Lehrmittel beaufsichtigen und zugleich den Fachlehrern Berater und Helfer in den Fragen des Unterrichts, der Verwaltung und Beschaffung der Lehrmittel sein, so könnten sie eine bedeutende Hebung des physikalischen Unterrichts in Preußen herbeiführen“.

Sehr beachtenswerte Vorschläge macht der Verfasser auch für die weitere Ausbildung der entwickelnden Lehrform; diese verlange, wenn sie sich organisch eingegliedert Schülerübungen bediene, daß der Lehrstoff zu Problemen umgeformt werde (wie dies auch vom Ref. mehrfach angeregt und in den Meraner Lehrplänen für den Physikunterricht zum Ausdruck gebracht ist). Unbedingt muß aus dem physikalischen Unterricht das hastige Vollstopfen mit Wissen verschwinden; die Unterrichtszeit und das geistige Fassungsvermögen des Schülers müssen die Anzahl und die Art der zu behandelnden Probleme bestimmen. „Wir dürfen nicht davor zurückschrecken, die heiligen Schranken, die die übliche systematische Einteilung der Physik setzt, überall da vorurteilsfrei niederzureißen, wo dies notwendig wird. Wir müssen die Stoffanordnung viel freier und lebendiger gestalten und sie dem wachsenden Fassungsvermögen und dem erwachenden Wissenstribe der Jugend auf das innigste anpassen. Doch müssen wir zugleich die Stoffanordnung so einrichten, daß wir, sobald ein Problem gelöst ist, seine Ergebnisse mit den früher gewonnenen allseitig knüpfen und bei der ordnenden Zusammenfassung der verschiedenen Ergebnisse allmählich den logischen und systematischen Aufbau des physikalischen Lehrgebäudes ausführen können. Solche Problemanordnungen sind erst noch zu schaffen; sie erfordern viel physikalische, psychologische, historische und pädagogische Arbeit. Hier liegen die großen Aufgaben des physikalischen Unterrichts der Zukunft.“

¹⁾ Vergl. H. Hahn, Schülerübungen aus der Optik, ds. Zeitschr. 17, 73; 1904.

Der zweite Teil der Abhandlung (S. 17–30) enthält die wörtliche Übersetzung der Lehraufgaben des physikalischen und chemischen Unterrichts an den höheren Schulen Frankreichs. Diesen sind auch Ratschläge für die praktischen Übungen in Physik und Chemie hinzugefügt. Auf diesen ganzen Abschnitt, der zu interessanten Parallelen mit unserem Unterrichtsbetrieb Anlaß gibt, kann hier nur kurz verwiesen werden. P

5. Technik und mechanische Praxis.

Die elektrischen Öfen, ihre Geschichte und Verwendung. Alle Mittel, deren wir uns als Wärmequellen bedienen, leuchten zugleich und werden deshalb auch als Lichtquellen benutzt; sehen wir von den Ausnahmen, den sog. nichtleuchtenden Flammen, ab, so kommt es ausschließlich auf die Zweckbestimmung an, ob man eine Vorrichtung als „Lampe“ oder als „Ofen“ anzusprechen hat. Dies gilt ganz besonders von den elektrischen Öfen.

Um mittels Elektrizität Licht und Wärme zu erzeugen, können wir 1. in einem Leiter die Stromdichte so hoch wählen, daß die erzeugte Stromwärme hinreicht, um ihn auf eine hohe Temperatur zu bringen, oder 2. irgendeinen, auch nicht leitenden, Stoff dadurch erhitzen, daß wir ihn der Einwirkung einer mit starker Wärmeentwicklung verbundenen elektrischen Entladung, wie es der Lichtbogen ist, aussetzen; man unterscheidet demnach: Widerstandserhitzung und Lichtbogenerhitzung, hat aber in beiden Fällen noch weitere Unterschiede zu machen, denn es kann entweder der Widerstand als Heizkörper ausgebildet sein, oder es kann die zu erhaltende Substanz selbst als zu erhaltender Widerstand verwendet werden, und es kann ferner der Lichtbogen zwischen besonderen Polen im Heizraume übergehen, oder es kann auch hier die zu erhaltende Substanz selbst unmittelbar in die Strombahn eingeschaltet werden, indem man aus ihr einen oder beide Pole des Bogens bildet.

Das älteste Verfahren, mit Hilfe elektrischer Ströme eine Heizwirkung hervorzubringen, ist die Widerstandserhitzung; PEPYS beschrieb nämlich 1815 folgenden Versuch. Er bog einen Draht aus reinem weichem Eisen so zusammen, daß die Enden aneinanderlagen, schnitt ihn dann mittels einer feinen Säge von der Biegung aus bis nahe den Enden der Länge nach ein, bog ihn wieder gerade, die Mittelteile aber etwas auseinander, so daß ein Spalt entstand, den er mit Diamantstaub füllte; nachdem der letzteren enthaltende Teil des Drahtes noch mit Talkblättern unwickelt war, wurden die Enden mit einer Batterie verbunden, deren Strom den Draht zur Rotglut brachte, und, als PEPYS nach 6 Minuten Stromdurchgang das Ganze auseinandernahm, fand er den Diamantstaub völlig verschwunden, das Eisen aber in Stahl verwandelt. Was PEPYS hier im kleinen ausführte, ist nichts anderes als das in der Eisenhüttentechnik so wichtige Zementieren. Fast gleichzeitig machte CHILDREN Versuche mit dem Lichtbogen als Erhitzungsmittel, und es gelang ihm, damit eine ganze Reihe von strengflüssigen Stoffen zu schmelzen, z. T. sogar, wie Wolframsäure, Molybdänsäure und Ceroyd zu verdampfen. Sehr eingehend beschäftigte sich sodann DESPRETZ mit den Wärmewirkungen des elektrischen Stroms (1849–51); namentlich mit dem Lichtbogen arbeitete er sehr viel und bedient sich dabei eines besonderen von DELEUIL angefertigten Apparates aus Eisen mit abnehmbarem Deckel und verschiedenen Tubulaturen zwecks Elektrodeneinführung, Verbindung mit einer Luftpumpe und Beobachtung. DESPRETZ variierte seine Versuche in verschiedenster Weise und benutzte dabei u. a. auch eine Anordnung, bei welcher der Lichtbogen im Innern eines kleinen, die Anode bildenden Gefäßes aus Zuckerkohle zwischen diesem und einem Kohlenstab brannte. Kurze Zeit nach DESPRETZ' Veröffentlichungen wurde nun in England (1853) ein in mehrfacher Hinsicht bemerkenswertes Patent angemeldet; als Anmelder ist nämlich ein gewisser JOHNSON genannt, dieselbe Anordnung wird aber gleichzeitig an anderer Stelle als von einem gewissen PICHON herrührend beschrieben, und ANDREOLI erklärt diesen Widerspruch damit, daß PICHON wohl der Erfinder, JOHNSON aber dessen englischer Patentanwalt war. Der in der betr. Patentschrift beschriebene Ofen muß als genial bezeichnet werden, leider aber war damals die Technik dafür noch nicht reif, der Erfinder war seiner Zeit weit voraus; der Ofen sollte nämlich in seinem

oberen Teile übereinander zwei Paare wagerecht angeordneter und in gerader Linie einander gegenüberstehender Elektroden, deren eine zur Einführung der Beschickung hohl war, enthalten, so daß in der Ofenmitte übereinander zwei Lichtbogen sich bildeten, durch welche das Schmelzgut aus einem in der Ofendecke angebrachten Trichter hindurchfallen sollte, um sich auf einem heizbaren Herde am Ofengrunde anzusammeln. In derselben Patentschrift war noch eine andere Ofenform beschrieben (JOHNSON-PICHON II), bei welcher zwei Elektroden im Winkel zueinander angeordnet waren, von je 9 Fuß Länge und 2 Quadratfuß Oberfläche (Querschnitt?) die beide, dem Abbrand entsprechend, durch Schraubvorrichtungen nachgestellt werden konnten. Beide Ofenformen erfordern sehr leistungsfähige Stromquellen, damals kannte man als solche aber nur Batterien und die schon bei geringer Leistung umfangreichen und teuren magnet-elektrischen Maschinen, dies erklärt, weshalb die wirklich vortreffliche Erfindung keine Anwendung fand. Erst aus dem Jahre 1879 ist wieder über Versuche mit elektrischen Öfen zu berichten, und zwar war es Sir CHARLES WILLIAM SIEMENS, der Bruder unseres WERNER VON SIEMENS, der nicht nur mehrere Ofenformen konstruierte, sondern auch mit ihnen eingehende Versuche anstellte (engl. Pat. 4208 v. 1878 und 2110 v. 1879). Seine Öfen waren Lichtbogenöfen; eine erste Form zeigt Fig. 1. Diese hat folgende Einrichtung: Ein Tiegel *T* aus Graphit, war in Holzkohlenpulver oder anderes die Wärme schlecht leitendes Material eingebettet, in einen mit Füßen und Handhaben versehenen Behälter *H* eingesetzt, sein Deckel in der Mitte mit einer Durchbohrung versehen und ebenso der Boden und durch letzteren ein Stab aus Eisen, Platin oder Retortenkohle als Anode eingeführt, während durch den Deckel die aus Kohle oder wie in der Figur aus doppelwandigem Kupferrohr mit Schlauchansätzen zwecks Kühlung durch fließendes Wasser bestehende Kathode hineinragte; letztere hing mittels Metallbandes an einem Ende eines Wagebalkens *B*, der an seinem anderen Ende ein Gewicht *G* sowie an einer Stange einen Eisenkern trug, welcher mit seinem oberen Ende in eine Spule *S* hineinragte. mit seinem unteren, als Dämpfungskolben ausgebildeten Ende aber sich in einem mit Glycerin gefüllten Zylinder *I* befand. Durch Einstellung von *G* wurde bewirkt, daß der Eisenkern seine tiefste Stellung einnahm, die Stromzuführungen waren am Wagebalkendrehpunkt und an der durch den Tiegelboden ragenden Elektrode angebracht, die Spule *S* dem Tiegel parallel angeschlossen; beim Einschalten erhält dann nur die Spule Strom, hebt den Kern und senkt dadurch die Kathode bis zur Berührung mit der Anode oder in dem Tiegel befindlichen leitenden Stücken, was Kurzschluß der Spule, Sinken des Eisenkernes und infolgedessen Lichtbogenbildung zur Folge hat. Im weiteren Verlauf regelt dann die Spule selbsttätig die Bogenlänge. Bei einer zweiten Form ragten zwei wagerechte Elektroden einander gegenüber seitlich in den Tiegel, eine dritte war der ersten ähnlich, nur einfacher, die Kathode als Trichter ausgebildet (1880); ferner wandte auch SIEMENS in seiner ersten Form eine gekühlte Anode im Tiegelboden und eine massive Kohlenkathode an, endlich empfahl er (1879) die Anwendung stromdurchflossener Spulen, um ein Überspringen des Bogens auf die Tiegelwand zu verhindern. SIEMENS' erste Form ist der erste elektrische Ofen mit selbsttätiger Regelung, eigentlich nichts anderes als eine einfache Nebenschlußbogenlampe, bei der man auf die Lichtwirkung verzichtet hat. Bei diesen Öfen finden wir folgende wichtige Momente: 1., die zu schmelzende Substanz fungiert selbst als eine Elektrode des Bogens (Form 1), 2., oder sie wird unabhängig von den Elektroden in

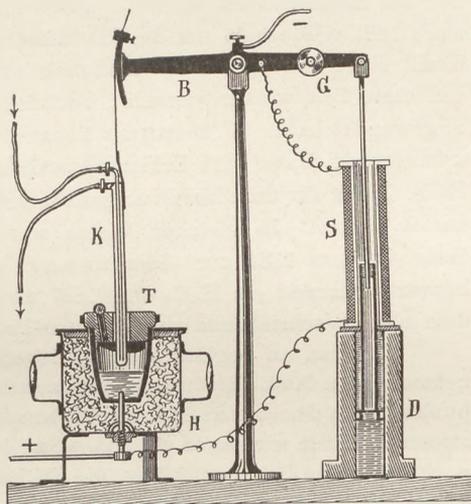


Fig. 1.

waren am Wagebalkendrehpunkt und an der durch den Tiegelboden ragenden Elektrode angebracht, die Spule *S* dem Tiegel parallel angeschlossen; beim Einschalten erhält dann nur die Spule Strom, hebt den Kern und senkt dadurch die Kathode bis zur Berührung mit der Anode oder in dem Tiegel befindlichen leitenden Stücken, was Kurzschluß der Spule, Sinken des Eisenkernes und infolgedessen Lichtbogenbildung zur Folge hat. Im weiteren Verlauf regelt dann die Spule selbsttätig die Bogenlänge. Bei einer zweiten Form ragten zwei wagerechte Elektroden einander gegenüber seitlich in den Tiegel, eine dritte war der ersten ähnlich, nur einfacher, die Kathode als Trichter ausgebildet (1880); ferner wandte auch SIEMENS in seiner ersten Form eine gekühlte Anode im Tiegelboden und eine massive Kohlenkathode an, endlich empfahl er (1879) die Anwendung stromdurchflossener Spulen, um ein Überspringen des Bogens auf die Tiegelwand zu verhindern. SIEMENS' erste Form ist der erste elektrische Ofen mit selbsttätiger Regelung, eigentlich nichts anderes als eine einfache Nebenschlußbogenlampe, bei der man auf die Lichtwirkung verzichtet hat. Bei diesen Öfen finden wir folgende wichtige Momente: 1., die zu schmelzende Substanz fungiert selbst als eine Elektrode des Bogens (Form 1), 2., oder sie wird unabhängig von den Elektroden in

einem vom Lichtbogen geheizten Raume erhitzt, 3., kühlbare Elektroden, 4., magnetische Richtungsbeeinflussung des Bogens, 5., selbsttätige Regelung, und damit hatte SIEMENS die Grundlagen für alle noch folgenden Ofenkonstruktionen mit Lichtbogenerhitzung gegeben, insofern diese wesentlich Neues nun nicht mehr zu bringen vermochten. Im Verein mit HUNTINGTON machte dann SIEMENS 1883 mit dem abgebildeten Ofen eine größere Reihe von Schmelzversuchen bei 250 bis 300 Amp.; 2,7 kg Schmiedeeisen gaben in 20 Minuten einen unschmelzbaren kristallinen Block, ebenso Nickel und Kobalt, von Stahl konnten in 1 Stunde 9 kg bei anfangs kaltem Ofen niedergebracht werden, von Nickel in 8 Minuten 450 g, von Platin in $\frac{1}{4}$ Stunde 3,5 kg, Kupfer verdampfte stark. Auf der ersten internationalen Elektrizitätsausstellung zu Paris 1881, erregte eine eigentümliche Bogenlampe, die „Soleil“-Lampe, viel Aufmerksamkeit; diese, bereits 1880 von LOUIS CLERC konstruiert und von ihm im Verein mit BUREAU weiter ausgebildet, bestand in der Hauptsache aus einem Kalkblock, der auf einer Seite eine trichterförmige Höhlung besaß und zwei in diese mündende symmetrische Bohrungen für die Kohlenstäbe, die entweder schräg von oben durch ihr Eigengewicht oder seitlich durch Federn nachgeschoben wurden; der am Boden der erwähnten Höhlung übergehende Lichtbogen erhitzt nicht nur den Block in der Nähe zum Glühen, sondern verdampft auch den Kalk z. T., wodurch das Licht dieser Lampen eine der des Bremerlichtes ähnliche gelbe Farbe erhält, und CLERC benutzte seine Anordnung auch 1881 wiederholt, um das Verdampfen von Kieselsäure und Kalk zu zeigen, ohne jedoch damit einen tiefgehenden Eindruck zu machen. — Auch die Widerstandserhitzung wurde um diese Zeit wieder versucht, nachdem sie DESPRETZ 1849 bei seinen Versuchen ebenfalls angewendet hatte; W. BORCHERS konstruierte 1880 einen derartigen Ofen, in welchem die zu schmelzende Masse den Erhitzungswiderstand bildete, und in dem ihm die Reduktion einer Reihe bisher für unreduzierbar gehaltener Oxyde gelang wie des Kalkes, wobei sich Calciumcarbid bildete. In gleicher Weise wurde die Widerstandserhitzung in einigen von den Gebr. COWLES 1884 zur Gewinnung von Zink und Aluminium angegebenen Öfen benutzt, während ein H. COWLES 1887 unter No. 4664 in England patentierter Ofen fast genau dem oben beschriebenen von JOHNSON-PICHON (Form II) gleicht.

Von nun an beginnt die Entwicklung der elektrischen Öfen ein rasches Tempo anzunehmen; man fand, allerdings im Rahmen der bekannten Grundlagen, mancherlei neue Gesichtspunkte, nach denen man Öfen der einen oder anderen Art besonders für bestimmte Zwecke konstruierte. Sehen wir davon ab, daß, wenn der zu schmelzende Körper weder den Heizwiderstand noch den einen Bogenpol bildet, die Erhitzung entweder im Schmelzraum selbst oder auch von außen durch Erhitzen des Tiegels erfolgen kann, so ist, wenn wir Lichtbogenerhitzung verwenden, die Möglichkeit gegeben, im Bogen selbst Gase zur Reaktion zu bringen, wie dies BERTHELOT 1883 durch die Synthese des Acetylens durch einen Bogen zwischen Kohlestäben in Wasserstoff zeigte, andererseits kann man bei Widerstandserhitzung auch mit elektrolytischen Vorgängen im Schmelzflusse rechnen; man kann also an die Reindarstellung verschiedener Metalle durch Elektrolyse ihrer im elektrischen Ofen vom Zersetzungsstrom selbst geschmolzenen Salze denken. Ein derartiger Ofen ist der von HÉROULT 1886 erfundene für Darstellung von Aluminiumbronze und Aluminium; eine mit solchen Öfen ausgestattete Anlage für Stromstärken von 12 000 Amp. wurde bereits 1888 zu Neuhausen am Rheinfall ausgeführt und 1889 bereits um 1500 PS. erweitert, und es ist wesentlich die Einführung der elektrischen Darstellung des Aluminiums gewesen, welche dessen Preis so verbilligt hat. Der verwendete HÉROULT-Ofen besteht aus einem würfelförmigen metallumkleideten, mit einer Höhlung versehenen Kohlenblocke, welcher die Kathode bildet, und einem die Anode bildenden Bündel von Kohlenplatten; er ist mit Abstichloch und Füllöffnungen versehen und durch einen Graphitdeckel verschlossen, wird periodisch geleert und neu beschickt und erzeugt bei 6000 Amp. in ununterbrochenem Betriebe pro Tag 3000 kg 10prozentige Aluminiumbronze oder 300 kg Aluminium. Der Elektrometallurgie des Aluminiums, an deren weiterer Ausgestaltung u. a. noch HALL und MINET sich beteiligten, folgte die durch GRABAU (1886), MINET (1890), BORCHERS (1892) geschaffene Elektrometallurgie des Natriums sowie die

des Magnesiums durch GRÄTZEL (1883 + 1884). Große Bedeutung erlangten die elektrischen Öfen sodann als Mittel zu einer für die Acetylenbereitung wichtigen ebenso bequemen wie bei Verwendung natürlicher Wasserkräfte zur Stromerzeugung auch sehr billigen Herstellung des Calciumcarbides; diese Darstellungsweise, und zwar aus Kalk und Kohle, findet sich zuerst angegeben in einem amerikanischen Patente von BOEHM 1891. Die Carbidöfen hat man ebenfalls in sehr großen Dimensionen ausgeführt; besonders bemerkenswert ist der Ofen von SIEMENS & HALSKE (1899); auch dessen Grundprinzip ist das einer Nebenschlußbogenlampe, deren obere, hohle, 1 m lange und 55 cm Durchmesser besitzende Elektrode beweglich ist, nur ist die Einrichtung etwas verwickelt, da im Nebenschluß nur ein Spannungsrelais liegt, welches, auf bestimmte Spannung einstellbar, je nachdem dieser Wert über- oder unterschritten wird, die rechte oder linke Spule eines sogen. Zwischenrelais einschaltet, wodurch weiter wieder die rechte oder linke Spule einer elektromagnetischen Kuppelung eingeschaltet wird, und damit ein dauernd umlaufender Elektromotor zu hebender oder senkender Wirkung auf die bewegliche Elektrode gebracht wird. Weitere besonders wichtige Anwendungen des elektrischen Ofens sind auf metallurgischem Gebiete die zur Erzeugung von Eisen und Stahl (STASSANO 1898, HÉROULT 1900) sowie in jüngster Zeit die zur Herstellung von Calciumcyanamid oder sogen. Kalkstickstoff (vergl. diese Zeitschr. XVII 246; 1904); unter den zu ersterem Zwecke dienenden finden sich auch Öfen mit Widerstandserhitzung, die in der direkten Form, wo das Schmelzgut selbst den Heizwiderstand bildet, wegen ihrer Einfachheit keineswegs selten Verwendung finden. Die elektrischen Öfen haben ferner in zahlreichen kleineren Ausführungsformen, vor allen Dingen in den Händen HENRI MOISSANS, des Darstellers des Fluors, uns viele wichtige und wertvolle Aufschlüsse über das Verhalten der verschiedenen Stoffe bei hohen Temperaturen gegeben und uns ganze Gruppen eigenartiger Verbindungen kennen gelehrt, wie die Metallcarbide und die -Silicide; von ersteren kennt man folgende:

In H ₂ O nicht zersetzbar			In H ₂ O zersetzbar					
Fe ₂ C	Cr ₃ C ₂	Cr ₄ C ₃	Li ₂ C ₂	K ₂ C ₂	Na ₂ C ₂	Ca C ₂	Ba C ₂	Sr C ₂
Mo ₂ C	WC	W ₂ C	Ce C ₂	La C ₄	Pr C ₂	Nd C ₂	Sa C ₂	Y C ₂
VC	Zr ₃ C	Ti C	Th ₂ C ₂	Al ₄ C ₃	Be ₂ C	Be ₄ C ₃	Mn ₃ C	U ₂ C ₃

von Siliciden sind als stabile wohldefinierte Stoffe zu erhalten: Si Fe₂ — Si Fe — Si₂ Fe, Si Co₂ — Si Co — Si₂ Co, Si Mn₂ — Si Mn — Si₂ Mn, Si Cr₃ — Si Cr₂ — Si₂ Cr₃ — Si Cr. Ferner hat man folgende Boride untersucht können: B Fe — B Ni — B Co — B₂ Ca — B₃ Ba — B₃ Sr sowie die Doppelverbindung C₄B₆Be₆. Eine neuere für Laboratoriumszwecke sehr geeignete Form sind die Kryptolöfen mit Widerstandserhitzung, bei denen ein pulverförmiger Leiter zur Verwendung gelangt.

Auf die Einrichtung der elektrischen Öfen des näheren einzugehen würde zu weit führen; die möglichen grundsätzlichen Verschiedenheiten in der Erhitzungsweise sind schon im vorhergehenden geschichtlichen Überblick mitgeteilt, weiter können die Lichtbogenöfen noch in selbsttätige und nichtselbsttätige geschieden werden, im übrigen ist dem Geschmack und Zweckmäßigkeitsempfinden des Konstrukteurs ein weiter Spielraum gelassen bezüglich allgemeiner Formgebung, Zahl und Stellung der Elektroden usw. Als bemerkenswert seien hier genannt Drehstromöfen mit 3 Elektroden, ferner die Öfen von GEARING (1895), bei welchen die exzentrisch angeordnete Anode um die senkrechte Ofenachse rotiert, um das Schmelzgut gleichmäßig zu erhitzen, und von DUCASSE mit vier parallelen exzentrischen Anoden, in welchem der Bogen allein von einer Anode zur nächsten wandert.

Was die Anwendung der elektrischen Öfen anbelangt, so dienen beide Hauptklassen im großen wie im kleinen, in der Technik wie im Laboratorium, zu den verschiedensten Zwecken; so außer den schon oben genannten zur Herstellung von Salpetersäure aus Atmosphärenstickstoff (JOHNSON 1901, BRADLEY & LOVEJOY 1902, EYDE & BIRKENLAND 1902); weiter zur Herstellung von Schwefelkohlenstoff und Phosphor, zur Graphitierung von künstlichen Kohlen für elektrische Zwecke (GIRARD & STREET 1893) sowie zum Glas-schmelzen und zum Glasieren von Porzellan- und dergl. Gefäßen. Von den metallurgischen

Anwendungen hat eine, nämlich die Erzeugung von Eisen und Stahl, namentlich da, wo billige Wasserkraft in ausreichender Menge zur Verfügung steht, ganz erhebliche Bedeutung gewonnen; aus der großen Zahl der für diesen speziellen Zweck gebauten Öfen, wie sie sich in verschiedenen größeren Anlagen bereits im Betriebe befinden, sollen hier nur einige besonders bemerkenswerte Beispiele noch kurz besprochen werden. Der Ofen von KJELLIN in Gysinge ist ein solcher mit Widerstandserhitzung für Wechselstrom, stellt aber einen großen Transformator dar, insofern das Schmelzgut, in einer kreisförmigen oder ovalen Rinne enthalten, die Sekundärspule bildet und in den Ofen ein geschlossener Kern aus unterteiltem Eisen eingesetzt ist. Der Ofen von HÉROULT ist ein der Bessemer-Birne sehr ähnlicher kippbarer und mit Deckel versehener Tiegel, in den von oben zwei gewaltige Kohlenklötze von je $\sim 35 \times 35$ cm Querschnitt hineinragen, so daß zwei Lichtbögen von je 60 V bei ~ 4000 Amp. entstehen; die Füllung besteht aus 3000 kg Gußeisen und Stahlschrott und ergibt einen guten Stahl; an einem Tage werden mehrere Chargen verarbeitet. Derartige Öfen sind u. a. in La Praz in Savoyen in

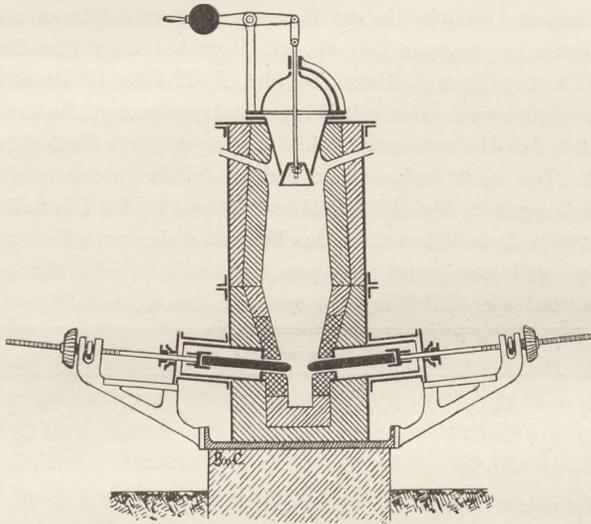


Fig. 2.

Betrieb. Schließlich sei noch das Verfahren von STASSANO (1898) geschildert. Der Ofen, dargestellt in Fig. 2, ist ein regelrechter Hochofen, in welchem sich die Elektroden etwa da befinden, wo bei den gewöhnlichen Hochofen die Winddüsen hineinragen; die Stopfbuchsen für die durch Kegelräder und Schrauben mittels Handrades oder durch Preßwasser bewegten Elektrodenstangen sind durch Wasser gekühlt; zur Speisung dient Wechselstrom von ~ 200 Volt bei 2000 Amp. Das Bemerkenswerte des STASSANO-Verfahrens ist nun, daß mittels desselben unmittelbar aus den Erzen ein dem SIEMENS-MARTIN-Stahl analoges Produkt erzeugt werden kann, nur muß dazu das zur Verwendung gelangende Erz genau analysiert, und die Zuschläge müssen nach Menge und Beschaffenheit vorher genau berechnet sein. Eine Charge beträgt 100 kg Erz nebst $\sim 12,5$ kg der nötigen Zuschläge und 23 kg Kohle; der Arbeitsgang ist dann folgender:

Zeit in Minuten	Spannung Volt	Stromstärke Amp.
0	0	0
20	80	800
40	100	1000
70	70	600
100	50	500
20	100	1000

Der Bogen hat bei ~ 170 Volt ungefähr 1 m Länge und gibt ein laut knatterndes Geräusch von sich. Der Kraftverbrauch stellt sich auf etwa 3800–4000 Pferdekraftstunden, die Kosten für 1 t Stahl betragen, billige Wasserkraft vorausgesetzt, M 75,—.

Wie aus dem Vorgetragenen ersichtlich, ist der elektrische Ofen bereits heute eine Vorrichtung von weitgehender praktischer Bedeutung in mehr als einer Hinsicht; abgesehen von der Bequemlichkeit, die er als Erhitzungsmittel bietet, und die ihm schon allein eine vielseitige Anwendbarkeit verbürgen würde, hat er sich als außerordentlich anpassungsfähig erwiesen, und so ist die Zahl der z. T. allerdings nicht ausgeführten Konstruktionen überaus groß.

Biegen von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1905—1906. Einundzwanzigster Jahrgang, unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 22 Abbildungen. Freiburg i. B., Herdersche Verlagsbuchhandlung, 1906. 501 S. M 6,—; geb. in Leinwand M 7,—.

Der neue Jahrgang reiht sich den vorausgegangenen würdig an, die Physik umfaßt diesmal nicht weniger als 80 Seiten und bietet namentlich auch eine übersichtliche Darstellung der neuen Forschungen auf dem Grenzgebiet von Licht und Elektrizität. Auch die Astronomie, von J. Plasmann bearbeitet, bietet eine recht reichhaltige Übersicht, an die sich eine ausführliche Zusammenstellung der Himmelserscheinungen in Mitteleuropa, vom 1. Mai 1906 bis 1. Mai 1907, anschließt. Aus der Technik sind besonders elektrische Kraftübertragung und Schiffsturbinen hervorzuheben. Die übrigen Gebiete sind in ähnlichem Umfange wie früher berücksichtigt. Als Anhang ist beigegeben ein 216 Seiten umfassendes Totenbuch und ein ausführliches alphabetisches Personen- und Sachregister. P.

Handbuch der Physik, herausgegeben von Prof. Dr. A. Winkelmann. Dritter Band. 1. Hälfte: Wärme. 2. Auflage. Leipzig 1906. 536 S. Preis M 16,—.

Zehn Jahre nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses auf möglichste Vollständigkeit abzielenden, in jeder physikalischen Bibliothek wohl bekannten Handbuches liegt die Hälfte der zweiten Auflage vor, welche in 6 Bänden das ganze Gebiet der Physik darstellen soll. In der Neubearbeitung des Abschnittes „Wärme“, von welchem die erste Hälfte erschienen ist, während die zweite für das Jahr 1907 versprochen wird, ist nicht nur eine wesentliche Erweiterung des Stoffes eingetreten, sondern auch eine andere Gruppierung der einzelnen Kapitel vorgenommen worden. So folgt jetzt auf Thermometrie und die Ausdehnung der Körper durch Wärme, dargestellt von J. Pernet und A. Winkelmann (S. 1—142), ein neuer, eigener Abschnitt über Temperatur-Bestimmung mit Hilfe von Thermoelementen und durch Messung von Widerstands-Änderungen (S. 144—149) und die Darstellung der spezifischen Wärme (bearbeitet von A. Winkelmann); dagegen ist mit Recht das Kapitel über das Wärme-Äquivalent jetzt in die zweite Hälfte des dritten Bandes verlegt, und es folgt in der ersten Hälfte direkt die von L. Grätz verfaßte, ausführliche Darstellung über Wärmestrahlung (S. 241—435) und Wärmeleitung (S. 435—536). Die hauptsächlichste Erweiterung entfällt auf diese beiden letzteren Kapitel, deren Umfang gegen früher um nahezu die Hälfte gewachsen ist. In ihnen ist die Literatur bis 1904 berücksichtigt und sorgfältig zitiert. Wichtige neuere Arbeiten sind in vorzüglicher Weise und in der wünschenswerten Ausführlichkeit wiedergegeben. In dem von A. Winkelmann behandelten Kapitel über das Gas-Thermometer vermißt man die Berücksichtigung neuerer Arbeiten über das Helium- und Wasserstoff-Thermometer, die von Callendar 1901, von M. W. Travers im Jahre 1902 und in dem Leidener Laboratorium von Kammerlingh Onnes in den letzten Jahren ausgeführt wurden. Möglicherweise bringt die zweite Hälfte des Bandes über Wärme in dem Abschnitt über Gas-Verflüssigung noch einiges nach. Das Winkelmannsche Handbuch der Physik ist das einzige seiner Art und darum als Nachschlagewerk kaum entbehrlich.

K. T. Fischer-München.

Technische Wärmelehre (Thermodynamik). Von K. Walter und M. Röttinger, Diplomingenieuren. Leipzig, Göschensche Verlagsbuchhandlung, 1905. 144 S. M 0,80.

Das Werkchen will in erster Linie Ingenieuren dienen, und es bietet in der Tat allen denen viel Interessantes, die sich ohne viele Kosten mit der Betrachtungsweise der Ingenieure bekannt machen wollen. Charakteristisch für dieselbe ist die eingehende Behandlung der Lehre von den Dämpfen, welcher der dritte Abschnitt (S. 80—142) gewidmet ist, und welche durch zahlreiche Diagramme ein treffliches Bild der technischen Behandlung von Problemen der Wärmelehre, insbesondere des gesättigten und überhitzten Dampfes bietet. Auf den wissenschaftlichen Leser wirkt es aber störend, daß bei den Zahlenangaben neuere Untersuchungen nicht berücksichtigt sind; so ist zum Beispiel, wie leider noch immer in vielen technischen Werken, das mechanische Wärme-Äquivalent noch mit 424 statt 427,2 kgm zugrunde gelegt; die Ausdehnungs- und Spannungs-Koeffizienten für Wasserstoff sind zu $\frac{1}{273,15}$ und $\frac{1}{272,70}$ statt zu $\frac{1}{273,22}$ und $\frac{1}{273,04}$ angegeben. Gerade der letztere Wert verdient um so größere Beachtung, als er für die in allen Rechnungen benützte absolute Temperatur maßgebend ist. Die zwei Seiten über Verflüssigung der Gase sind sehr unbefriedigend, und der Prozeß, auf welchem die Lindesche Luftverflüssigungs-Maschine beruht, ist unverständlich dargestellt. Bei einer Neuauflage werden sich diese Mängel im einzelnen leicht beseitigen lassen.

K. T. Fischer, München.

Physikalische Aufgaben aus dem Gebiet des Magnetismus und der Elektrizität für die Oberklassen höherer Lehranstalten. Von Fr. Junker. Ulm 1904, Kommissionsverlag von B. G. Teubner, Leipzig. 48 S. M —,80.

In Lehranstalten, die sich des Besitzes physikalischer Schülerübungen erfreuen, knüpft sich ganz naturgemäß an die Laboratoriumsarbeit die mathematische Auswertung der Versuchsergebnisse. Eigentliche physikalische Aufgaben löst der Schüler in der Tat nur bei der Verarbeitung eigener Beobachtungen, mögen sie nun mehr zufällig im täglichen Leben oder planmäßig in der Schule angestellt sein. Wo ein Schülerpraktikum noch fehlt, müssen für diese zweite Gruppe geeignete Demonstrationsversuche des Lehrers eintreten, um daran Aufgaben zur Vertiefung der Auffassung und zur Erzielung einer gewissen Fertigkeit in der Handhabung neu gewonnener Begriffe zu knüpfen. Die vorliegende Sammlung enthält eine ganze Reihe von Aufgaben, denen dieser Charakter sichtlich zukommt, und wird daher als wegweisend gewiß vielen Kollegen willkommen sein.

Keferstein, Hamburg.

Wann und warum sehen wir Farben? Von Karl Weidlich. Hildesheim 1904. 44 S. M 2,—.

Der Verfasser hofft durch seine Schrift die Anerkennung der Goetheschen Farbenlehre zu bewirken, und zwar in der Form, „daß jede Farbe aus einem Verhältnisse von Hell und Dunkel, und zwar dann entsteht, wenn das Auge das räumliche Hintereinander von Licht und Nichtlicht oder Hell und Dunkel unter einer Empfindung wahrzunehmen vermag“ (S. 14). Da sich jedoch seine Kritik, statt die heute gültigen wissenschaftlichen Anschauungen zu treffen, nur gegen das völlig unzulängliche Bild richtet, das er selbst von diesen Anschauungen besitzt, da er ferner im positiven Teile seiner Arbeit die Verschiedenheit der Formänderungen von Stäbchen und Zapfen bei Reizung der Netzhaut als wesentlichsten Erklärungsgrund der Farbenempfindungen hinstellt, während bekanntlich die Farbenempfindung hauptsächlich gerade an die nur Zapfen enthaltende Netzhautmitte geknüpft ist, wird sich seine Hoffnung schwerlich erfüllen.

Keferstein, Hamburg.

Die Mechanik fester Körper. Lehrbuch für höhere technische Fachschulen u. s. w. Von Ernst Blau. 210 Abbildungen. Hannover, Jänecke, 1905. 263 S. geb. M 6,60.

Wer gewöhnt ist, mit der destillierten und sublimierten Physik zu arbeiten, die den Schülern unserer höheren Lehranstalten dargeboten wird, den muß ein Buch wie das vorliegende, das ganz auf dem derben, festen Boden der Technik steht, ganz eigenartig anmuten. Erstaunt sieht man die Begriffe, mit deren methodischer Durcharbeitung man sich so viel Mühe zu geben pflegt, unvermittelt vor sich stehen und nun auch schon mitten hinein versetzt in das Getriebe der Maschinenräder, das Hin und Her der Kolben und Schubstangen, das Heben der Lasten, den Aufbau von Dachstühlen u. s. w. Es geht ein frischer Erdgeruch von den 250 aufgelösten Beispielen aus, die das Buch enthält und die seinen eigentlichen Kern und Wert ausmachen. Formale Bildung zu geben, ist eben nicht die Sache einer Fachschule, für sie ist die Theorie wirklich grau, der Schüler muß das Wo und Wie so bald wie möglich sehen lernen. Wenn sonst diese Mechanik ihrem eigentlichen Zwecke sicher gut angepaßt ist, so wird sie doch auch darüber hinaus für den Unterricht an den höheren Bildungsanstalten reiche Anregung geben können. Wir suchen ja gern die Physik durch Hinweise auf ihre Bedeutung für die Technik zu beleben, aber was in den Lehrbüchern von Anwendungen der Hebel und Schrauben, der Rollen und Seile, der Zusammensetzung von Kräften und Drehmomenten, von praktischer Ausnutzung der Begriffe Bewegungsgröße, Antrieb, Energie gegeben zu werden pflegt, ist meist wieder so schematisiert, daß doch von einem Hinabsteigen in die Wirklichkeit eigentlich keine Rede ist. Ein Buch wie das vorliegende ist darum besonders wertvoll, weil es dazu verhilft, die belebende Fühlung des physikalischen Unterrichts mit der Technik zu erhalten.

Keferstein, Hamburg.

Grundrifs der Naturlehre für Werkmeisterschulen. Von Josef Keßler. 201 Abbildungen. Wien und Leipzig, Franz Deuticke, 1905. 199 S. Geb. M 2,80.

Das Buch ist für den Gebrauch in österreichischen Werkmeisterschulen mechanisch-technischer und elektrotechnischer Richtung bestimmt. Es enthält einen vollständigen Abriß der anorganischen Chemie mit Technologie und der Physik. Dem Zweck entsprechend sind namentlich in der Physik die verschiedenen Gebiete durchaus nicht gleichmäßig behandelt, hinter Mechanik und Elektrizitätslehre treten Wärmelehre, Optik und ganz besonders die Akustik stark zurück. Überall aber ist der Verfasser mit Glück bestrebt, sich einer prägnanten Kürze zu befleißigen; die gut gezeichneten Figuren haben die Aufgabe, ausführliche Textbeschreibungen zu ersetzen.

Schon hieraus geht hervor, daß das Buch nur der Wiederholung bestimmt sein kann, nachdem ein wirkungsvoller Unterricht vorangegangen ist. Und zwar ist dabei weniger an die begleitende Wiederholung von Stunde zu Stunde als an umfassende Schlußrepetitionen zu denken. Andernfalls dürfte die systematische Anordnung, die besonders in der, mit den allgemeinen Eigenschaften der Körper und den Molekularkräften sich beschäftigenden Einleitung, ferner in den ganz theoretisch gehaltenen Einführungen in die verschiedenen physikalischen Gebiete und schließlich auch in der Einteilung des chemischen Lehrstoffs deutlich hervortritt, in den Köpfen der künftigen Werkmeister wohl mehr Verwirrung als Nutzen stiften. Ob nicht auch der dargebotene Stoff für solche Schüler noch manchen Abstrich erfahren könnte (absoluter Nullpunkt der Temperatur, kritische Temperatur u. dergl.), läßt sich ohne nähere Kenntnis der Organisation und des Materials der österreichischen Werkmeisterschulen nicht entscheiden.

Keferstein. Hamburg.

Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Mittelschulen und verwandter Lehranstalten. Von Ignaz G. Wallentin. Ausgabe für Realschulen. 11. Aufl. 234 Abbildungen u. 1 Spektraltafel. Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1905. 316 S. Kr 3,50.

Grundzüge der Naturlehre für die unteren Klassen der Realschulen. Von demselben. 216 Abbildungen. 4. geänderte Aufl. Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1905. 178 S. Geb. Kr 2,20.

Eine eingehende Besprechung eines bereits in 11. Auflage vorliegenden Lehrbuches dürfte überflüssig sein, zumal wenn es für Österreich bestimmt ist, das Deutschland mit vortrefflichen Instruktionen für den naturwissenschaftlichen Unterricht lange vorangegangen ist. Bei prinzipieller Anerkennung der Ordnung und Behandlung des Stoffes seien hier wenige Bedenken hervorgehoben. Bei Besprechung der Interferenz von Wellen (S. 113) wäre wohl das benutzte Prinzip der Superposition ausdrücklich hervorzuheben. Die lehrreiche Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen durch die Kundtschen Staubfiguren ist nicht erwähnt. Die Intensität des elektrischen Feldes wird durch die Anzahl der Kraftlinien nicht „gemessen“ (S. 179), sondern nur veranschaulicht. In der Optik, die erfreulicherweise die Perntersche Darstellung der Airyschen Theorie des Regenbogens enthält, muß die Bestimmung des Gesichtsfeldes für Mikroskop und astronomisches Fernrohr beanstandet werden. Die Größe ihres scheinbaren Gesichtsfeldes hängt von dem Winkel ab, unter dem die am Orte des vom Objektiv erzeugten reellen Bildes befindliche Blende durch das Okular hindurch vom Augenort aus erscheint; beim Galileischen Fernrohr schwacher Vergrößerung tritt an Stelle jener Blende, das vom Instrument erzeugte Objektivbild.

Das „Lehrbuch“ für die oberen Klassen setzt natürlich die „Grundzüge“ für die unteren voraus. Manches, was dort unvermittelt erscheint, wie z. B. das Drehmoment einer Kraft, hat hier seine ausreichende Begründung gefunden. Während dort die Deduktion ihr Recht beansprucht, tritt uns hier überall das auf den Versuch gestützte induktive Verfahren entgegen. *Keferstein, Hamburg.*

Die Entwicklung der elektrischen Messungen. Von Dr. O. Frölich. („Die Wissenschaft“, Heft V.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1905. XII und 192 S., 124 Abb. Geh. M 6,—; geb. M 6,80.

Der Verf. geht von der zweifellos richtigen Ansicht aus, daß „sowohl für den selbstschaffenden Physiker und Techniker als für den mehr reflektierend arbeitenden und in pädagogischem Sinne auswählenden Lehrer nichts nützlicher ist als die Darstellung des Werdeganges auf einem Gebiete der Physik“; es wird der „Geist, der dem betreffenden Gebiete innewohnt, erst klargelegt und richtig empfunden, wenn wir die Entwicklung des Gebietes übersehen“. Demgemäß hat der Verf. in vorliegendem Werke versucht, auf historischer Basis eine systematische Übersicht der verschiedenen Meßinstrumente und Meßmethoden zu geben, nach ihrer Zusammengehörigkeit in Gruppen geordnet und diese aneinander gereiht in der Folge, wie sie der Zeit nach aufgetreten sind. Eine derartige Behandlung eines Gebietes ist nur mit Beifall zu begrüßen, und die hier vorliegende erscheint recht geeignet, etwaige Bedenken gegen die Zulässigkeit einer solchen Verquickung zweier sich scheinbar widersprechender Prinzipien zu widerlegen. Der gerade auf dem hier behandelten Gebiete besonders kompetente Verf. hat zwar keine erschöpfende Darstellung geben, sondern nur die Linien der Entwicklung aufzeigen wollen, hat sich jedoch dabei bemüht, alle Arbeiten zu besprechen, die auf die Entwicklung der elektrischen Messungen einen erheblichen Einfluß gehabt haben; so ist eine trotz ihres verhältnismäßig geringen Umfanges recht vollständige Übersicht über dieses für Physiker wie Elektrotechniker gleich wichtige Gebiet entstanden. Eine wertvolle und dankenswerte Beigabe sind zahlreiche Literaturnachweise; die Abbildungen sind zweckmäßig gewählt, nur ist bei den schematischen Darstellungen die Perspektive nicht immer einwandfrei, z. B. in Fig. 57 S. 82, die einen leider ziemlich häufig vorkommenden Fehler zeigt.

Biegion von Czudnochowski.

Die drahtlose Telegraphie und ihr Einfluß auf den Wirtschaftsverkehr unter besonderer Berücksichtigung des Systems „Telefunken“. Von Dr. Eugen Nesper. Berlin, J. Springer, 1905. VI und 157 S., 29 Abb. Geh. M 3,—.

Der noch immer das Interesse weitester Kreise in Anspruch nehmende Gegenstand ist hier einmal in ganz anderer Weise behandelt, als in den zahlreichen schon darüber erschienenen Veröffentlichungen; es soll gezeigt werden, in welchem Umfange die Funkentelegraphie schon Verwendung findet, und durch Aufschlüsse über das in den verschiedenen mit ihrer Ausbeutung sich befassenden Firmen investierte Kapital die wirtschaftliche Bedeutung der Funkentelegraphie nachgewiesen werden. Das Buch zerfällt in folgende Teile: A. Technik (S. 1÷8), B. Geschichtliche Entwicklung (9÷13), C. Absatzverhältnisse, Wirtschaftsverkehr und technische Einzelheiten der verschiedenen Systeme (14÷68), D. Assekuranz (69÷71), E. Gesetzgebung (72÷86), F. Die drahtlose Telegraphie im Heeresdienst, Kriegsberichterstattung (87÷99), G. Die Zukunft der drahtlosen Telegraphie (100÷101), H. Stationenzusammenstellung (102÷106), I. Literatur und Patentverzeichnis (107÷157). Es ist nicht in Abrede zu stellen, daß eine solche Behandlung des Gegenstandes eine wertvolle Bereicherung unserer bezüglichen Literatur zu bilden geeignet ist, nur läßt die Ausführung mehrfach zu wünschen übrig. In Abschnitt C konnten die finanziellen Verhältnisse der verschiedenen Gesellschaften etwas übersichtlicher dargestellt und alle Werte in deutscher Währung angegeben werden, ferner hätten in dem ausführlichen Bericht über die Marconi-Gesellschaft die wohl den meisten Lesern unverständlichen Titel der verschiedenen Beamten (Auditors, Solicitors) verdeutscht werden müssen, dagegen wäre in allen Fällen, wo eine direkte Bezugnahme auf die Geschäftsberichte dem Verf. notwendig erschien, eine wortgetreue Wiedergabe des Originaltextes richtiger gewesen. Was die technische Seite anbelangt, so sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die beigegebenen Figuren nichts als „Bilder“, aus denen wenig zu ersehen ist, namentlich wenn sie Bezeichnungen tragen wie „H.Z.M.-Apparat“ oder „Torpedoerregergestell“ und in der zugehörigen „Erklärung“ von je 3÷4 Zeilen gerade für diese Bezeichnung keine Erklärung gegeben ist; ganz nichtssagend sind Fig. 1 (die einzige Figur zum System Marconi) und 14. Das recht umfangreiche Literaturverzeichnis ist zwar recht verdienstlich, aber unvollständig, denn es fehlen u. a. wichtige Arbeiten von R. Apt, Dessau, Toepler; daneben enthält es schlimme Druckfehler, wie z. B. Ciomo statt richtig Ciomme, Cerebonani statt Cerebotani, Domacip statt Domalip, Nareari statt Naccari, Priesley statt Priestley. *Biegen von Czudnochowski.*

Grundriß der Elektrochemie. Von Dr. Hans Jahn, Professor an der Universität Berlin. Zweite, umgearbeitete Auflage. Wien, Alfred Hölder, 1905. gr. 8. 549 S. Preis M 17,20; geb. 19,70.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage (1894) hat die Elektrochemie eine so erhebliche Erweiterung erfahren, daß die vorliegende Umarbeitung wie ein neues Buch aussieht. Es ist zu einer selbständigen, umfassenden und fließend geschriebenen Darstellung der heutigen Elektrochemie geworden. Da von der Differential- und Integral-Rechnung in umfangreichem Maße Gebrauch gemacht werden muß, und eingehendere Kenntnisse in derselben bei vielen Interessenten des Buches nicht vorausgesetzt werden können, so werden die in den theoretischen Ansätzen verwendeten Begriffe (Potential, elektrische Leitfähigkeit, Entropie etc.) vom Verfasser von Grund aus entwickelt; es wird damit dem Chemiker, der mit den Begriffen und Sätzen der theoretischen Physik nicht vertraut ist, ein großer Dienst erwiesen. Der erste Abschnitt enthält die Grundgesetze der Elektrochemie (Eigenschaften des Potentials, Ohmsches, Faradaysches Gesetz und die Lehre von der Wanderung der Ionen mit dem Kohlrauschschen Gesetz). Die Arrheniussche Dissoziations-Hypothese, deren Wert bis vor wenigen Jahren vielleicht überschätzt wurde, ist in maßvoller Weise zu Nutzen gezogen, und mangels einer wirklich befriedigenden mechanistischen Erklärungsmöglichkeit wird den theoretischen Überlegungen das sichere, wenn auch der Anschauung nicht förderliche Fundament der beiden Hauptsätze überall zugrunde gelegt. Dieselben werden auf Seite 99—112 in der üblichen Weise besonders abgeleitet, und mit ihrer Hilfe die Bedingungen für das Gleichgewicht innerhalb eines beliebigen Massensystems gewonnen. Im dritten Abschnitt über „Wandlungen der Energie bei elektrochemischen Vorgängen“ werden die verschiedenen elektrischen Ketten und die Theorie des galvanischen Elementes behandelt. Die galvanische Polarisation und Depolarisation sind für das Schlußkapitel S. 466—533 aufgespart. Das ausführliche Autoren- und Sachregister sowie die höchst wertvollen reichlichen Literaturnachweise und Zahlenangaben lassen den Titel „Grundriß“ eigentlich als zu bescheiden erscheinen; denn sie machen das Jahnsche Buch zu einem vortrefflichen Nachschlage-Werk. Es wird daher einen vielbenützten und geschätzten Bestandteil der Bibliothek des Physikers und Chemikers bilden.

K. T. Fischer, München.

Grundbegriffe der höheren Mathematik für Chemiker. Von Dr. Kurt Arndt, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 11 Figuren im Text. Berlin, Mayer & Müller, 1905. 60 S. Karton. M 1,60.

Der Verf. bemüht sich, auf wenige Seiten das Mindestmaß an mathematischen Kenntnissen zusammenzudrängen, das ein moderner Chemiker benötigt. Es fehlt in der Tat nichts Wesentliches, aber die Art der Behandlung ist bei dem Bestreben nach möglichster Kürze zu knapp und trocken geworden. So ist es doch nicht angängig, den Begriff des „Differentialquotienten“ in einer Anmerkung mit den zwei Zeilen abzutun: Den Quotienten zweier Differentiale, wie z. B. $\frac{dy}{dx}$, bezeichnet man als „Differentialquotient“. Hätte der Verf. an einem möglichst sinnfälligen Beispiel, etwa einem fallenden oder sonstwie ungleichmäßig sich bewegenden Körper, den Begriff $\frac{dy}{dx}$ schrittweis abgeleitet und gezeigt, wie das Verhältnis $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ beim Zur-Grenze-Gehen nicht der Null, sondern einem bestimmten Wert zustrebt, so hätten alle Begriffsbestimmungen an Schärfe gewonnen, und der Verf. hätte im folgenden leichteres Spiel gehabt.

Bei der Behandlung der monomolekularen und bimolekularen Reaktionen vermißt der Ref. ein, wenn auch kurzes Zahlenbeispiel und eine kurze Ableitung der Formeln, die direkt aus beobachteten Daten die Reaktionsordnung ergeben. Dem praktischen Chemiker ist nur mit anschaulichen, praktischen Daten gedient!

W. Roth.

Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe. Von Dr. F. Ritter v. Höhnel. 2. Auflage. A. Hartleben, Wien u. Leipzig 1905. Gr. 8°. Geb. M 7,50.

Von diesem bewährten Lehr- und Handbuch der mikroskopischen Untersuchung der Faserstoffe, Gewebe und Papiere liegt die zweite vielfach umgearbeitete und stark vermehrte Auflage vor. Der Umfang des Werkes ist von 163 Seiten mit 69 Abbildungen (im Jahre 1887) auf 248 Seiten mit 94 Abbildungen gestiegen. Diese Vermehrung war bedingt einmal durch die vielen neu aufgefundenen natürlichen pflanzlichen und tierischen Fasern, durch die Verwendung der immer mehr an Bedeutung gewinnenden merzerisierten Baumwollen und der verschiedenen Kunstseiden, andererseits aber auch durch die Verbesserung der Untersuchungsmethoden. Obgleich in erster Linie für den Techniker und Untersuchungschemiker von unschätzbarem Wert, wird das gediegene Buch auch jedem Lehrer der Naturwissenschaften auf diesem schwierigen und doch so überaus wichtigen Gebiete ein willkommener Berater sein.

A. Krause.

Hauschatz des Wissens, Abt. III, Die Chemie. Von Dr. Max Vogtherr. Mit 420 Abb. u. 5 farb. Taf. Neudamm, J. Neumann, ohne Jahreszahl. 847 S. Preis geb. M 7,50.

Das vorliegende, außerordentlich reichhaltige Buch ist eine glückliche Darstellung der anorganischen und organischen Chemie in populärem Gewande aber auf wissenschaftlicher, auch die neueren Theorien berücksichtigender Grundlage. Das Hauptgewicht ist auf die Technik gelegt, deren sorgfältige Behandlung durch die zahlreichen vortrefflichen Abbildungen sehr belebt wird. Auch die Beigabe vieler Forscherporträts sowie die bildliche Wiedergabe vieler neuerer Apparate und Versuche, z. B. des Pyrometers von Le Chatelier, des Clarkeschen Normalelements, der Moissanschen Fluordarstellung, der Gewinnung künstlicher Rubine (mit farbigen Figuren), ist lobend hervorzuheben. Einzelne der Farbendrucktafeln sind kleine Kunstwerke. Für eine Neuauflage würde es sich empfehlen, in der chemischen Zeichensprache die früher mehr üblichen Potenzexponenten durch die gebräuchlicheren Indices zu ersetzen. Das Buch ist zur Anschaffung für den Handgebrauch, als Ersatz einer chemischen Technologie, sowie für die Anstaltsbibliotheken zu empfehlen.

O.

Lehrbuch der anorganischen Chemie nebst einer Einleitung in die organische Chemie. Von Dr. P. Bräuer, Prof. am Realg. I zu Hannover. Mit 142 Abb. und 1 Taf. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1905. XIII u. 270 S. Preis geb. M 3,—.

Das Hauptkennzeichen des Buches ist die weitgehende Berücksichtigung der modernen physikalischen Chemie. Daß die Lehren der letzteren in gewissem Umfang auch in den Mittel-schulunterricht finden müssen, ist eine mehr und mehr zugestandene Forderung; aber die bis jetzt beschrittenen Wege erscheinen noch keineswegs als die zum rechten Ziele führenden. Die nötigen Lehren anhangsweise zu geben, wie dies mehrfach, z. B. im Lorscheidschen Lehrbuche, geschieht, ist wohl ebenso wenig das Richtige, wie dieselben so in extenso zu bieten, wie etwa im Rüdorff-Lüpkeshen Buche. Auch im vorliegenden Lehrbuche — dem gleich im Anfang die Anerkennung einer an sich gediegenen Arbeit nicht vorenthalten sein soll — erscheint der richtige Weg noch nicht gefunden. Es werden die bezüglichen Lehren — z. B. über die elektrolytische Dissoziation, die Be-

stimmung des Molekulargewichtes gelöster Stoffe, die elektrische Ladung der Ionen, die Entstehung der elektromotorischen Kraft in den galvanischen Ketten u. s. w. — zu sehr in fachwissenschaftlich üblichem Gepräge geboten, so daß der Standpunkt des Mittelschulunterrichts nicht genügend gewahrt ist. Konnte man vor dem Einsetzen der methodischen Bewegung den systematischen Lehrbüchern vielfach den berechtigten Vorwurf machen, daß sie im wesentlichen nur Exzerpte der akademischen Handbücher darstellten, so liegt jetzt die Gefahr nahe, daß wir durch zu enge Anlehnung an die Handbücher der modernen Richtung in einen ähnlichen Fehler verfallen. Das vorliegende Buch schließt sich in mancher Beziehung an Ostwalds „Grundlinien“ an, z. B. wird wie dort auf S. 5—9 eine Einteilung und Übersicht der wichtigsten Elemente gegeben; für ein Schulbuch halten wir dieses Vorgehen nicht für gerechtfertigt — denn eine „Übersicht“ ist erst am Platze, wenn das, was übersehen werden soll, wirklich durchgenommen ist. Andererseits hätten wir gewünscht, daß das Buch gerade bei einer Hauptsache, bei der Einführung des Ionenbegriffs, mehr dem Vorgange Ostwalds gefolgt wäre. Statt dessen geschieht die Einführung des genannten Begriffes wieder von der Elektrolyse aus. Auch sonst erscheinen gewisse didaktische Grundsätze, z. B. der der Einfachheit im Anfange, ziemlich außer acht gelassen. So wird auf S. 3 bereits mit oxalsaurem Eisen, auf S. 4 mit Silberoxyd operiert. Auch werden gewisse fundamentale Begriffe nicht mit dem genügenden Nachdruck eingeführt. Ein hervorstechendes Beispiel, das zugleich zeigt, in welcher konzentrierten Form der Lehrstoff vielfach geboten wird, befindet sich in dieser Beziehung auf S. 13. Dort wird an der Zersetzung des Kaliumchlorates das Gesetz der festen Gewichtsverhältnisse zuerst erörtert, indem noch auf Silber- und Quecksilberoxyd exemplifiziert wird — alles nur theoretische Auseinandersetzungen, kein greifbarer, überzeugender Versuch leitet die wichtige Tatsache ein. Vergleicht man hiermit, welche große Sorgfalt in anderen, besonders methodischen Büchern diesem überaus wichtigen Punkt gewidmet wird, so erscheint der hier eingeschlagene Weg geradezu als ein bedenklicher Rückschritt. Aber nicht genug, daß bis zur Zersetzungsgleichung „100 g chlorsaures Kalium = 39 g Sauerstoff + 61 g Chlorkalium“ vorgedrungen wird, es wird auch noch das Thermochemische des Vorganges herangezogen und die genannte Gleichung durch den Zusatz „+ 7000 g cal“ erweitert — wahrlich eins der unzweckmäßigsten Beispiele, um das Exothermische bei chemischen Vorgängen klar zu machen! Daß das Antimon sich „in der Natur nicht in gediegenem Zustande“ (S. 103) finde, ist unzutreffend. Bei der Zusammensetzung des Leuchtgases (S. 114) findet das Wasserstoffgas überhaupt keine Erwähnung. Daß die böse Schreibweise „Kationen“ (S. 51 usw.) durchgeführt ist, ist wohl mehr ein Versehen; daß Faraday selbst einmal irrtümlich so schrieb, ist im Buche jedenfalls nicht als Motivierung angeführt, denn auch sonst ist — wiederum im Gegensatz zu Ostwald — das historische Moment fast ganz vernachlässigt. Zu beanstanden ist ferner, daß die Amalgame als Verbindungen statt als Lösungen hingestellt werden, sowie daß bei den thermochemischen Gleichungen die 100 g-Kalorie — deren wissenschaftlichen Wert wir nicht verkennen wollen — angewendet wird; denn Schulbücher müssen sich an das zumeist Angenommene halten, auch mit dem, was im physikalischen Unterricht gelehrt wird, möglichst harmonieren. Andererseits ist lobenswert z. B. die Klarheit, mit der das Wasser als Nichtelektrolyt, d. h. als Fast-Nichtelektrolyt, hingestellt wird, und mit der ferner von der „Elektrolyse der Schwefelsäure“ (nur hieße es besser der „verdünnten“) statt von der Elektrolyse des Wassers gesprochen wird. Auch das Bestreben, den neuen Lehren Eingang zu verschaffen, soll anerkannt werden, wenn auch durch die Art, wie dies versucht wird, die Mittelschulmethodik wenig gefördert erscheint. Vielleicht wird in einer zweiten Ausgabe, die wir dem Buche trotz der ange-deuteten, z. T. schwerwiegenden Mängel wünschen, den eigentlichen Zwecken des Mittelschulunterrichts besser Rechnung getragen werden können.

()

Sammlung Götschen. Elektrochemie, I. Theoretische Elektrochemie, von Dr. H. Danneel. 197 S. — Chemie, Organischer Teil, von Dr. Jos. Klein. 194 S. — Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe, von Dr. E. Leher. 124 S. — Analytische Chemie, I. Theorie und Gang der Analyse. II. Reaktionen der Metalle und Metalloide, von Dr. Joh. Hoppe. 124 bezw. 137 S. — Leipzig, G. J. Götschen, 1905. Jedes Bändchen M 0,80.

Von den vorliegenden Bändchen der trefflichen Sammlung gelten im allgemeinen dieselben Urteile, wie sie bei der Anzeige früherer Nummern ausgesprochen wurden (diese Ztschr. *XVIII* 252); es sind verlässliche, die neueren Forschungen wahrende Darstellungen. Insbesondere ist die „Elektrochemie“ eine ausgezeichnete Zusammenfassung der modernen Theorien, während „Das Wasser“ ein Bändchen darstellt, das wegen seiner vielseitigen Behandlung des Gegenstandes — beispielsweise sind auch die Wasserversorgung, die biologische Untersuchung des Wassers, das Grundwasser, die Abwässer, die Mineralwässer und ihre fabrikmäßige Herstellung berücksichtigt — gerade für Unterrichtszwecke warm empfohlen werden kann.

()

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen in Göttingen.

Vom 19. April bis 1. Mai 1906.

Der Ferienkursus begann am 19. April mit einer Begrüßung des Herrn Geh. Rat Ehlers. Die ersten drei Tage des Kursus wurden der Besprechung des mathematischen und physikalischen Unterrichts unter Berücksichtigung der sogen. Meraner Lehrpläne gewidmet. Die Besprechung des mathematischen Unterrichts wurde durch drei Vorträge des Herrn Geh. Rat Klein eingeleitet, an welche sich eine sehr eingehende Diskussion anschloß. Der Bericht über diese Vorträge und die Diskussionen erfolgt durch Herrn Dr. J. Schröder (Hamburg) in den Jahresberichten der deutschen Mathematikervereinigung, während über den physikalischen Unterricht hier berichtet werden soll.

Prof. Behrendsen (Göttingen): Ausführungen zu den von der Unterrichtskommission der deutschen Naturforscherversammlung empfohlenen physikalischen Lehrplänen.

Nach einigen einleitenden historischen Bemerkungen über den Betrieb des physikalischen Unterrichts an den höheren Schulen Deutschlands beklagte der Vortragende, daß die Anzahl der für den physikalischen Unterricht zur Verfügung stehenden Stunden bei weitem nicht hinreichend sei, um den Unterricht so zu gestalten, wie es im Interesse der zu erziehenden Jugend dringend erforderlich sei.

Infolge der fast ausschließlich sprachlichen Schulung, die unsere Schüler auf den höheren Schulen, besonders in den unteren und mittleren Klassen, genießen, wird der Erkenntnistrieb der Jugend von Klasse zu Klasse geringer. Die naive, vorurteilsfreie Auffassung und Beobachtung der Außendinge, die die Kinder ausnahmslos haben, bevor sie die Schule besuchen, nimmt infolge der für den sprachlichen und historischen Unterricht angewandten Methoden immer mehr und mehr ab. Der physikalische Unterricht hat die besondere Aufgabe, die Fähigkeit im Beobachten der uns umgebenden Naturerscheinungen wieder zu wecken. Daher erscheint dem Vortragenden der Grundsatz besonders bedeutungsvoll, der in der Fassung des Kommissionsberichtes lautet: „Es ist zu fordern, daß auch an den Gymnasien wenigstens in einem naturwissenschaftlichen Fache, nämlich der Physik, der volle Bildungswert der Naturwissenschaften unverkürzt zur Geltung kommt.“ Soll diese Forderung aber erfüllt werden, so ist es dringend nötig, daß die Zahl der Unterrichtsstunden, besonders auf den Gymnasien, wo seit 70 Jahren der Unterricht nur in zwei wöchentlichen Stunden erteilt wird, erhöht wird.

Redner berichtet, daß er trotz der ihm zur Verfügung stehenden unzureichenden Stundenzahl bemüht gewesen sei, den Forderungen, die die sogen. „Meraner Lehrpläne“ aufgestellt haben, zu genügen. Er stimmt mit dem Grundsatz I der Meraner Lehrpläne — „Die Physik ist im Unterricht nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln“ — vollkommen überein. „Was erwarten wir für den Schüler von einem richtig erteilten Unterricht? Daß der Knabe der Natur, ihren Erscheinungen und Rätseln nicht gleichgültig gegenübersteht, sondern das lebhaftes Verlangen empfindet, ihnen nachzuspüren; daß er nicht erst mit der Nase auf alles gestoßen zu werden braucht; daß er selbständig beobachten und das Beobachtete richtig einschätzen und verwerten lernt; daß er die auf diesem Wege erhaltenen Kenntnisse miteinander verknüpfen lernt und sie als wertvollen Besitz seinem Gedächtnisse einverleibt. — Dazu kommt, daß auch der moderne mathematische Unterricht von dem physikalischen die mannigfachsten Vorteile und eine wertvolle Ergänzung erwartet. Je mehr nämlich der Funktionsbegriff in den Mittelpunkt des mathematischen Denkens tritt, wird die Physik Material und Unterlage für derartige Begriffsoperationen darbieten müssen, aber auch indirekt durch Gewöhnung an kausales Denken die Ideenkreise des mathematischen Unterrichts zu fördern haben.“

„Wie nötig aber auch noch in unseren Tagen ein energisches Eingreifen, ein gründliches Aufräumen mit einem Heer von Mißbräuchen und Übelständen ist, das wird jeder erfahren, der die Gelegenheit hat, in den Betrieb des physikalischen Unterrichts ein wenig tiefer hinein zu schauen. Zum Teil ist es Gleichgültigkeit und Interesselosigkeit, Mangel an Geschick und Verständnis für experimentelle Behandlung, was den Unterricht verkümmern läßt; oft aber auch wird ein geschickter und williger Lehrer durch Mangel an brauchbaren Hilfsmitteln, an genügendem Raum, durch Übelwollen und Schikanen in seinen besten Bestrebungen gehindert. Die Anstalten, an denen es normal hergeht, sind keineswegs in der Mehrzahl. Oft weiß selbst der Primaner noch gar nicht einmal, daß eine ganz leidliche physikalische Sammlung an seiner Anstalt besteht. Dort gibt ein vorzugsweise mathematisch begabter Kollege den Physikunterricht in der Weise, daß er während der Stunde jeden Paragraphen des Lehrbuches vorlesen läßt, ein paar Worte dazu sagt und dann diesen Abschnitt in der kommenden Stunde hersagen läßt.“

„Aber auch wenn der Unverstand nicht so weit geht wie in diesen (übrigens aus dem Leben genommenen) Beispielen, so wird doch namentlich von einseitigen Mathematikern, deren Neigungen nach der formalistisch-axiomatischen Seite der Mathematik gehen, immer noch viel gesündigt. Das Experimentieren ist ihnen lästig; lieber führen sie schon aus Prinzip den Schüler auf die „Höhen der reinen substanzlosen Gedankenwelt“, als daß sie aus der Beobachtung des Stofflichen eine Gedankenwelt emporsteigen zu lassen sich bemühten. Bei diesen Herren steht daher unter allen Zweigen der Physik die Mechanik in höchsten Ehren, welche, deduktiv behandelt, ihnen die schönste Gelegenheit zum Rechnen gibt.“

„Der oben angeführte Leitsatz I des Kommissionsberichtes weudet sich speziell gegen einen solchen mißbräuchlichen mathematischen Betrieb des physikalischen Unterrichts, der nur dazu angetan ist, dem Schüler den letzten Rest von Interesse für das herrliche Fach zu rauben.“

„Es gibt aber auch eine Art des physikalischen Unterrichts, bei der hinsichtlich des Experimentierens des Guten mehr als zuviel getan wird . . . Daß mit einer solchen Unterrichtsgestaltung der Physik selbstredend so gut wie nichts erreicht wird, ist klar; nicht einmal das Beobachtungsvermögen wird in nennenswerter Weise gefördert, da die Versuche nicht dazu dienen, um, einem bestimmten Plane folgend, eine Frage zu lösen, eine Erkenntnislücke auszufüllen, sondern nur die Schaulust zu befriedigen.“

„Hierauf hat Leitsatz II des Kommissionsberichtes Bezug, der ausspricht: „Die Physik als Unterrichtsgegenstand ist so zu betreiben, daß sie als Vorbild für die Art, wie überhaupt im Bereiche der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, dienen kann.“ Im einzelnen wird auseinandergesetzt, wie der Vortragende das Ohmsche Gesetz im Unterricht einführt, wobei er besonders auf die Nützlichkeit der Analogien gebührend hinweist, aber auch davor warnt, aus den Analogien weitgehende Schlüsse zu ziehen.

Hierauf wird auf die historische Entwicklung der physikalischen Schülerübungen, die zuerst 1890 durch Schwalbe gefordert sind, eingegangen. Die historische Entwicklung knüpft sich an die Namen Poske, Noack, Fischer, Hahn, Grimsehl, Bohnert. Redner beleuchtet die Schwierigkeiten, die nach seiner Ansicht besonders an den Gymnasien der allgemeinen Einführung der physikalischen Schülerübungen gegenüberstehen. Daher hat er selbst diese Übungen nicht erprobt, vielmehr hat er den Klassenunterricht so zu gestalten versucht, daß auch hierbei die Beobachtungsfähigkeit der Schüler entwickelt wird. Redner versucht nachzuweisen, daß man den Klassenunterricht so gestalten kann, daß er nicht dozierender Art ist und zu sehr dem Vortrage der Universitätslehrer nachgebildet wird. Um dieses zu erreichen, müssen die Klassenexperimente so gestaltet werden, daß die Schüler alle Einzelheiten, die zur Hervorbringung irgend einer Naturerscheinung erforderlich sind, von ihren Plätzen aus gut beobachten können. Die erforderlichen Ablesungen müssen entweder von sämtlichen Schülern zugleich von ihren Plätzen aus ausgeführt werden, oder es müssen einzelne Schüler an den Apparat herantreten. Der Lehrer macht hierbei selbst unter tätiger Mitarbeit der Schüler die erforderlichen Ablesungen, trägt die beobachteten Werte zusammen, um die zur Aufstellung einer Gesetzmäßigkeit nötigen Schlüsse zu ziehen. (In welcher Weise dieses geschehen kann, führte Herr Prof. Behrendsen am folgenden Tage in seinem Vortrage über „Die Behandlung der Polarisation des Lichtes an höheren Schulen“ als Beispiel vor.) Redner behauptet, daß durch dieses Verfahren das Beobachtungsvermögen der Schüler nicht zu kurz komme. „Vor allem soll ja auch beim Klassenunterricht der Projektionsapparat fleißig benutzt werden, teils zur Demonstration von Versuchsanordnungen, von Vorgängen, teils aber auch zur direkten Ausführung optischer und sonstiger Versuche. So wird man jede elektrostatische Potentialmessung mittels eines projizierten Elektroskops auf einer nach richtigem Potentialmaß geeichten Skala ausführen können.“

„Viel treffender und stichhaltiger als die negativen Gründe sind die positiven, welche uns zu dem Versuch führen können, Laboratoriumsübungen einzurichten. Wenn Hahn hervorhebt, daß eigene Versuche die Teilnahme und Aufmerksamkeit der Schüler in höherem Maße erregen als die vom Lehrer beim Klassenunterricht gemachten, so hat er sicher Recht. Für jeden geistigen Erwerb ist das Interesse für das zu Leistende die Grundbedingung, und so wird in dieser Hinsicht allerdings sehr Wesentliches von Schülerübungen zu hoffen sein, kann doch der Klassenunterricht, wie er zurzeit wenigstens bei dem noch ungenügenden Stundenzumaß in Hast und Eile absolviert werden muß, auch wenn er in der Hand des geschicktesten Lehrers liegt, kein sicher befestigtes Können erzielen. Wer aufrichtig sein will, wird zugeben müssen, daß, wenn auch für die Anschauung, für Beobachtungsfähigkeit, für kausales und funktionales Denken mancherlei erreicht wird, das Gelernte nicht zu einem wirklichen Besitze wird, daß es fast so schnell verschwindet, wie es gekommen ist. Man müßte zum mindesten eine dritte resp. vierte Wochenstunde zur Befestigung des erworbenen Stoffes durch Lösung von Übungsaufgaben, durch gründliche Repetition zur Verfügung haben. Besseres aber als durch

bloße theoretische Wiederholungen, so förderlich diese auch gestaltet werden könnten, würde durch ein Schülerpraktikum erreicht werden. Wenn bei einem solchen die Hauptpunkte des Klassenunterrichts entweder direkt von den Schülern nochmals wiederholt werden oder Versuche und Messungen, welche nur angedeutet werden konnten, nun wirklich ausgeführt werden, wenn Aufgaben praktischer Art, die mit dem Durchgenommenen im Zusammenhange stehen, hier ihre Lösung finden, dann ist wohl alles erreicht, was für den Schüler erwartet und gewünscht werden kann. Hat er im Klassenunterricht eine Versuchsordnung noch nicht völlig erfaßt, so ist ihm jetzt Gelegenheit geboten, selbständig die Sache zu Wege zu bringen und, sich an den ihm gegebenen Gedankengang haltend, um die Inszenierung des Versuchs selbst zu mühen. Er nimmt innigen Anteil an dem, was doch nun mit sein Werk ist, und daher verleiht sich der geistige Inhalt des Ganzen weit tiefer seinem Gedächtnis ein. Er wird selbständiger, lernt sich helfen, lernt Schwierigkeiten überwinden, und, wie Hahn richtig bemerkt, die Übung flößt ihm „Achtung vor der Genauigkeit der Messung“ ein, er sieht, „daß die Natur sich nicht betrügen läßt.“

Bei Besprechung der Schülerübungen stellt der Vortragende die beiden Methoden der gruppenweisen Übungen, wie sie von Noack, und der Übungen „in gleicher Front“, wie sie von Hahn besonders empfohlen sind, gegenüber. Während bei der Noackschen Methode die Übungen in erster Linie zur Repetition und Befestigung des schon im theoretischen Unterricht Gelernten dienen sollen, wobei also die Schüler gruppenweise Übungen aus verschiedenen Gebieten der Physik gleichzeitig machen können, empfehlen Hahn und Fischer, die sogen. Laboratoriumsmethode durchzuführen. Redner faßt die Ansicht der Engländer und Amerikaner sowie der deutschen Interpreten der Laboratoriumsmethode so auf, als ob neben dem Laboratoriumsversuch „ein Klassenunterricht entweder ganz fortfallen oder höchstens gelegentlich berichtigend und ergänzend eingreifen soll“. Der eigentliche Grundstock des Unterrichts wird durch die experimentierende Tätigkeit der Schüler im Laboratorium gebildet. Diese sollen selbständig die wichtigsten Lehren in der Physik durch Versuchen und Probieren herausfinden. Redner beleuchtet die Forderung Hahns: „In jedem Falle ist der Schüler (bei dem Laboratoriumsverfahren) in die Lage eines wahren Forschers zu versetzen“; er hält diese Forderung für zu hoch und bezweifelt, daß der Unterricht bei diesem Verfahren ersprießliche Resultate zeitigen wird. Er hebt hervor, daß „die Forderungen Hahns von Grimsehl — auf ein weit annehmbares Maß reduziert werden, wenn dieser sagt, „in den praktischen Übungen tritt der Schüler den Naturerscheinungen unmittelbar gegenüber. Die Aufgabe des Lehrers besteht darin, dem Schüler ein erfahrener Führer zu sein“. Redner erklärt sich damit vollständig einverstanden¹⁾.

Der Vortragende warnt vor freiwilligen Übungen, da die Gefahr vorliegt, daß dann die Schüler (mit ganz vereinzelten Ausnahmen) „nicht um der Sache selbst willen, aus Wissensdrang kommen, sondern aus Liebedienerei und Nummernhascherei, im besten Falle aus Neugier“.

„Soll der Lehrer imstande sein, jede physikalische Unterrichtsstunde so zu gestalten, wie es im Interesse des bildenden Wertes nötig ist, so muß dem Physiklehrer für jede Physikstunde eine Vorbereitungsstunde gewährt werden, die ihm dann auf seine pflichtmäßige Stundenzahl anzurechnen ist, da im Gegensatz zu den sprachlichen Unterrichtsstunden außer der wissenschaftlichen und methodischen Vorbereitung noch die experimentelle Vorbereitung hinzukommt und einen großen Aufwand an Zeit erfordert, der bei keinem der übrigen Fächer in ähnlichem Umfange nötig ist. Dann wird es möglich sein, daß auch jedes einzelne Klassenexperiment so angeordnet wird, daß jeder Schüler selbst an den erforderlichen Messungen tätig beteiligt ist.“

Redner geht dann auf eine Kritik des von der Meraner Kommission aufgestellten Lehrplanes ein, nachdem er hervorgehoben hat, daß der veröffentlichte Lehrplan nur als Beispiel eines Lehrplanes gelten will. Er spricht sich gegen die Anordnung des Lehrstoffes auf der Oberstufe in diesem Lehrplane aus; im besonderen hält er das Zerreißen der Mechanik auf alle drei Klassenstufen für bedenk-

¹⁾ Daß indessen Hahn auch mit der Forderung Grimsehls in voller Übereinstimmung ist, geht aus seinen eigenen Worten hervor. Er sagt in Heft IV der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaften Seite 21: „Er (der Lehrer) ist vielmehr der Führer und Berater der ihm anvertrauten Jugend.“ Es scheint dem Referenten durchaus kein prinzipieller Gegensatz zwischen der von Hahn und der von Grimsehl empfohlenen Methode der Schülerübungen zu bestehen. Letzterer wünscht wie Hahn eine innige Verknüpfung der praktischen Schülerübungen mit dem Klassenunterricht, wobei in der Regel die bei den praktischen Übungen gewonnenen Messungsergebnisse im theoretischen Klassenunterricht ausgewertet werden sollen. Es versteht sich von selbst, daß die Grundbedingungen für den Versuch schon vorher mit den Schülern besprochen sind, damit die Schüler nicht nutzlos die kostbare Arbeitszeit mit Probieren und Herumtasten verlieren. *Grimsehl.*

lich. Nach seiner Ansicht ist in der Obersekunda die gesamte Mechanik, in der Unterprima die Elektrizitätslehre, in der Oberprima die Optik zu behandeln. Die Wärmelehre ist als dritte Energieform in Unterprima zu behandeln. Er will den Begriff der Energie in den Mittelpunkt des gesamten physikalischen Unterrichts gestellt wissen; daher geht er bei der Wärmelehre von der Umwandlung der mechanischen Energie in Wärmeenergie aus, entwickelt die Begriffe Wärmemenge und spezifische Wärme und führt dann erst den Begriff des Wärmegrades ein. Er empfiehlt trotz seiner Vorschläge, daß man bei Aufstellung eines Lehrplanes niemals eine bindende Norm für die Anordnung des Lehrstoffes aufstellen möge, damit dem Lehrer die notwendige Freiheit bewahrt bleibt.

Diskussion. Bohnert (Hamburg) berichtet, daß er auf der Oberrealschule trotz drei wöchentlichen Unterrichtsstunden und zwei praktischer Übungsstunden nicht mit dem ganzen Unterrichtsstoff fertig geworden ist, woraus hervorgeht, daß die Forderung nach einer Vermehrung der Unterrichtsstunden, besonders auf den Gymnasien, durchaus berechtigt ist. Da aber wohl wenig Aussicht vorhanden ist, daß der Physik so viel Unterrichtsstunden gewährt werden, als nötig sind, um das ganze Gebiet zu behandeln, empfiehlt er die selektive Behandlung der Physik. Er will, abgesehen von einem allgemeinen Überblick über das gesamte Gebiet, jedesmal einige begrenzte Teilgebiete eingehend behandeln wissen, doch soll es der Wahl des Lehrers überlassen bleiben, welches Teilgebiet er mit jeder einzelnen Schülergeneration eingehend durchnimmt. Er will durch den physikalischen Unterricht nicht eine Anhäufung von Einzelkenntnissen erreichen, sondern statt vielen Wissens ein besseres Können erzielen. Dann kritisiert er das amerikanische „Laboratory work“, das auch in den Hahnschen Arbeiten noch zu stark betont werde. Er berichtet ferner darüber, daß er auf der Unterstufe (Obertertia und Untersekunda) innerhalb des Rahmens der pflichtmäßigen Stundenzahl ab und an physikalische Schülerübungen hat ausführen lassen; dies wurde dadurch ermöglicht, daß bei drei wöchentlichen Unterrichtsstunden der Schüler vier Unterrichtsstunden für den Lehrer angesetzt waren, so daß eine zu große Klasse in zwei getrennten Abteilungen an demselben Tage arbeiten konnte. Er konstatiert, daß schon auf der Unterstufe die Schülerübungen von großem bildenden Werte sind, indem die Schüler an genaues Beobachten gewöhnt werden und lernen, den Grund für etwaige mangelhafte Beobachtungsergebnisse aufzusuchen.

Grimsehl (Hamburg) hebt hervor, daß die Schüler meistens mit anerkanntem Eifer und Fleiß sowohl dem theoretischen Klassenunterricht folgen, wie sie auch mit größtem Interesse an den freiwilligen physikalischen Schülerübungen teilnehmen. Die Befürchtung, daß die Schüler zu den freiwilligen Übungen nur aus Liebedienerei dem Lehrer gegenüber kommen, sei völlig ungerechtfertigt. Dann verbreitet er sich eingehend über die Handhabung der physikalischen Schülerübungen an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg, wo auf der Oberstufe die Übungen „in gleicher Front“ gemacht werden, in ähnlicher Weise, wie sie von Hahn befürwortet werden. Soweit zugänglich, gehen die physikalischen Übungen mit dem Klassenunterricht vollkommen parallel, doch dienen sie nicht nur zur Ergänzung des Klassenunterrichtes, sondern die Messungsergebnisse liefern vielfach den Stoff für den theoretischen Klassenunterricht, der natürlich ebenfalls vorwiegend experimentell gehandhabt wird. Die Auswertung der Beobachtungsergebnisse und die Ableitung der Gesetzmäßigkeiten aus den Messungsergebnissen einer Übungsstunde wird an dem Beispiel der Bestimmung der spezifischen Wärme fester Körper erläutert. Er unterstützt die Forderung von Bohnert nach einer selektiven Behandlung der Physik, besonders auf der Oberstufe. Während die Unterstufe die Aufgabe hat, einen Überblick über das gesamte Gebiet der Physik zu geben, soll die Oberstufe in erster Linie in die Forschungsmethoden einführen. Aus dem Grunde sind möglichst alle physikalischen Experimente messend zu verfolgen, doch ist es nicht Aufgabe der Schule, die Messungen mit einem übermäßig hohen Grade von Genauigkeit auszuführen. Insbesondere sind die bei wissenschaftlichen Messungen nötigen sog. Korrekturen möglichst zu vermeiden. Der Schüler soll wissen, daß er durch den Unterrichtsbetrieb auf der Schule nur in die Forschungsmethoden eingeweiht wird, daß dagegen wissenschaftliche Arbeit ein viel höheres Maß an Zeit erfordert, als es auf der Schule zur Verfügung steht, und daß erst die Hochschule die Aufgabe hat, die Wissenschaft mit Erkenntnissen zu bereichern. Dadurch wird der Schüler davor bewahrt, mit einer gewissen Blasiertheit von der Schule abzugehen. Vielmehr wird er mit angespanntem Eifer der Arbeit auf der Hochschule entgegenzusehen. Redner verbreitet sich nochmals über die Gestaltung der Schülerübungen und stellt die Schülerübungen mit gut ausgerüstetem Laboratorium denen mit mangelhaften Einrichtungen gegenüber. Er stellt die Forderung auf, daß auch dort, wo die Einrichtungen weniger vollkommen sind, Schülerübungen versucht werden sollten, wobei man sich allerdings darauf beschränken muß, mit den einfachsten Hilfsmitteln zu arbeiten. In welcher Weise dieses geschehen kann, wird an einigen Beispielen auseinandergesetzt. Wenn für die Übungen in der Schule kein Raum und keine Zeit verfügbar ist, soll der Lehrer darauf drängen, daß die Schüler zu Hause selbständige Beobachtungen machen.

Redner setzt an einigen Beispielen auseinander (Gesetze des freien Falles, Ableitung der Pendelgesetze, spezifische Gewichtsbestimmungen), wie dieses zu machen ist. Hierauf geht er auf den Meraner Lehrplan ein und lehnt mit Behrendsen die Verteilung der Mechanik auf alle drei Klassen der Oberstufe ab. Vielmehr will er mit Behrendsen die Mechanik in Obersekunda eingehend behandeln wissen, was jedoch nicht ausschließt, daß rein mathematische Ableitungen erst dann im mathematischen Unterrichte behandelt werden, wenn die dazu nötige Vorbildung bei den Schülern erreicht ist. Im Gegensatz zu Behrendsen will er die Elektrizität an das Ende des gesamten Unterrichtsstoffes gestellt wissen, da die Elektrizität Gelegenheit bietet zu Repetitionen aus allen Gebieten der Physik. Endlich hält er es für angebracht, den gesamten Unterrichtsstoff auf der Oberstufe nicht in derselben Anordnung durchzunehmen, wie schon auf der Unterstufe geschehen ist. Vielmehr will er den Unterrichtsstoff nach größeren, allgemein verbindenden Gesichtspunkten angeordnet wissen. Dieses wird an dem Beispiel der Wellenlehre ausgeführt, und es wird ferner gezeigt, wie sich ein umfangreicher Unterrichtsstoff um eine einzelne Aufgabe, z. B. die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus nach dem Gaußschen Verfahren, gruppieren läßt. Zum Schluß verurteilt er die Behandlung der Molekulartheorie auf der Unterstufe. Er will vielmehr besonders hier die Physik möglichst hypothesenfrei behandeln wissen.

Behrendsen (Göttingen) verteidigt die Behandlung der Molekulartheorie, indem er hervorhebt, daß dieselbe schon deshalb nötig ist, weil auf den Gymnasien die Chemie im Rahmen der physikalischen Unterrichtsstunden, wenn auch sehr kärglich, behandelt wird, und daß man doch unmöglich hier ohne den Atom- und Molekularbegriff auskommen kann.

Bohnert (Hamburg) verbreitet sich über den Unterschied der physikalischen Molekel und der chemischen Molekel und hebt hervor, daß die physikalische Molekel ein mit Kräften ausgestattetes Körperteilchen ist, während in dem chemischen Unterricht ohne Molekularkräfte auszukommen ist.

Hoppe (Hamburg) bedauert, daß der größte Teil der Diskussion sich bisher mit dem Unterricht auf der Oberrealschule beschäftigt hat, während doch die Gymnasien schon wegen ihrer Überzahl in erster Linie bei der Diskussion hätten berücksichtigt werden müssen. Er will die Schülerübungen auf den Gymnasien nicht, weil keine Zeit bei zwei wöchentlichen Unterrichtsstunden dazu vorhanden ist. Er will den Unterricht so gestaltet wissen, wie es Behrendsen verlangt, daß nämlich die vom Lehrer im Klassenunterricht auszuführenden Experimente durch die Ablesungen und Messungen der Schüler begleitet werden. Er verbreitet sich über die Behandlung der Mechanik in Obersekunda; er ist ferner für Beibehaltung der Molekulartheorie. Zum Schluß bedauert er, daß die Meraner Lehrpläne über die Chemie auf den Gymnasien mit einem starken Achselzucken hinweggingen, ohne für dieses Gebiet Raum zu gewinnen.

Auf eine Anfrage von Thaer (Hamburg) wird noch über die Frage, ob es zweckmäßig ist, zwischen dem Unterricht auf der Unterstufe und der Oberstufe eine Unterbrechung eintreten zu lassen, diskutiert. An der Diskussion nehmen außer Thaer (Hamburg) die Herren Behrendsen (Göttingen) und Schülke (Königsberg) teil, doch verläuft die Diskussion ziemlich ergebnislos.

Koch (Dortmund) referiert über die Verteilung des Lehrstoffes nach den Vorschlägen von Börner (Elberfeld): IIa experimentelle Optik, experimentelle Kalorik, Ib Mechanik, Wellenlehre, Akustik, theoretische Kalorik, Ia theoretische Optik, Magnetismus, Elektrizität.

Hintzmann (Elberfeld) wirft die Frage auf, woher die von den Physikern geforderte Zeit für zwei Übungsstunden zu nehmen sei. Er plädiert für die Einführung seines Stundenplanes, wonach 6 Unterrichtsstunden von je 45 Minuten Dauer innerhalb 5½ Zeitstunden nach folgendem Beispiel zu erteilen seien:

1. Stunde	7,00— 7,45 Uhr	Pause 5 Minuten
2. -	7,50— 8,35 -	15 -
3. -	8,50— 9,35 -	5 -
4. -	9,40—10,25 -	20 -
5. -	10,45—11,30 -	15 -
6. -	11,45—12,30 -	

Schröder (Hamburg) beklagt einen empfindlichen Mangel in der Ausbildung der Lehramtskandidaten für den Schulunterricht. Er schlägt vor, daß in das Professorenkollegium der Universitäten ein praktischer Schulmann aufgenommen wird, der die Ausbildung der Lehramtskandidaten übernimmt.

Klein (Göttingen) berichtet über die pädagogischen Seminarien, durch deren Einrichtung die Unterrichtsverwaltungen glauben, für die Ausbildung der Lehramtskandidaten in genügender Weise gesorgt zu haben.

Die Diskussion, die der vorgeschrittenen Zeit wegen beendet werden mußte, wurde an den folgenden Tagen in mehreren Privatbesprechungen, zu denen Herr Geh.-Rat Klein (Göttingen) einige Teilnehmer des Ferienkursus geladen hatte, weiter fortgesetzt. Das Resultat der Unterrichtsverhandlungen für Physik kann dahin zusammengefaßt werden, daß die Forderungen, die die Meraner Lehrpläne aufgestellt haben, im wesentlichen als berechtigt angesehen werden, und daß es wünschenswert ist, weitere Versuche auszuführen und Erfahrungen zu sammeln, um den physikalischen Unterricht auf die dringend erforderliche Höhe zu bringen.

Am 21. April hielt Herr Prof. Behrendsen (Göttingen) einen Experimentalvortrag über „Behandlung der Polarisation des Lichtes an höheren Schulen“ im physikalischen Hörsaal des Gymnasiums.

Der Vortragende zeigte an einer Reihe von einfachen Demonstrationen, wie von der Polarisation des Lichtes durch Reflexion auszugehen ist. Er zeigte dann unter Vorführung einer größeren Anzahl einfacher Demonstrationsmodelle die Polarisation durch Doppelbrechung am Kalkspat, die Drehung des polarisierten Lichtes im Quarz und die Drehung der Polarisationsebene im magnetischen Felde.

Im Anschluß hieran demonstrierte Grimsehl (Hamburg) einige einfache Demonstrationsapparate, wie er sie im letzten Halbjahre zu den physikalischen Schülerübungen verwandt hatte, und die in der diesjährigen Programmschrift der Oberrealschule auf der Uhlenhorst, Hamburg, zum Teil veröffentlicht sind.

In der Zeit vom 23. April bis 1. Mai einschließlich hielten die Universitätsprofessoren Runge, Voigt, Wagner, Simon und Prandtl eine Reihe von Vorträgen aus verschiedenen Gebieten der Mathematik, Geographie und Physik.

Herr Prof. Runge sprach über „Konstruktionen auf der Kugelfläche mit Hilfe der stereographischen Projektion“. Herr Geh.-Rat Wagner trug vor über „Die geographisch wichtigsten Kartenprojektionen und ihre Fehlergrenzen“.

Herr Geh.-Rat Voigt behandelte „Neuere Probleme der Spektroskopie und die Mittel zu ihrer Lösung“. Er leitete die Formel für das Auflösungsvermögen der Gitter und der Prismen ab. Die Aufstellung eines Gitterspektrographen mit einem Konkavgitter wurde durchgerechnet. Die Zuhörer hatten im Anschluß hieran Gelegenheit, sich an einigen vorzüglichen Spektroskopapparaten durch eigene Anschauung von den Eigenschaften der Apparate zu überzeugen. Auch das Michelsonsche Stufengitter und die Interferenzrefraktometer von Perot und Fabry sowie von Lummer wurden behandelt. Dann wurden theoretische Entwicklungen über die Gesetze der Serienspektren angedeutet, und endlich wurden die Beziehungen der Spektrallinien zum magnetischen Felde, der sogen. Zeeman-Effekt, und die aus ihm zu ziehenden Folgerungen in den Kreis der Betrachtungen gezogen. Alle theoretischen Ableitungen wurden von hervorragend schönen Demonstrationen begleitet. Zum Schluß ging Redner auf das von Starck beobachtete Phänomen des Dopplerschen Prinzips bei Kanalstrahlen ein.

Herr Prof. Simon sprach über „Wechselstromvorgänge“. Die theoretischen Ableitungen der den Wechselstrom erzeugenden und begleitenden Vorgänge konnten bei der beschränkten Zeit nur in großen Zügen gegeben werden. Deshalb legte der Vortragende das Hauptgewicht auf die experimentelle Demonstration der Vorgänge selbst. Er zeigte die Benutzung der Phasenlampe beim Zusammenschalten zweier Wechselstrommaschinen, die Bestimmung der Wechselstromfrequenz mittels einer von einer Wechselstrombogenlampe beleuchteten, rotierenden Scheibe und mittels des Frahmischen Frequenzmessers und die Phasenmessung mittels der Braunschen Röhre. Dann wurde eine große Zahl von Apparaten zur Messung der Stromstärke, besonders zur Messung von Wechselströmen, vorgeführt und erklärt. Die Untersuchung des Phasenverlaufs mit der Joubertschen Scheibe und mit der Braunschen Kathodenstrahlenröhre, mittels des Oszillographen nach Blondel und Duddel sowie mit dem Saitengalvanometer nach Einthoven wurde in einer Reihe von Versuchen ausgeführt. Darauf folgte die Ableitung der allgemeinen Differentialgleichung für Wechselströme unter Berücksichtigung der auftretenden magnetischen Energie und der elektrostatischen Energie. Die magnetische Energie führte auf den Begriff der Selbstinduktion, die elektrostatische Energie auf den Begriff der Kapazität. Endlich wurde der Funkeninduktor behandelt, und es wurde der Begriff der Resonanz bei Wechselströmen eingeführt. Ein kurzer Hinweis auf die elektrischen Wellen beschloß die glanzvollen Demonstrationen.

Herr Prof. Prandtl behandelte „Vorführungen aus dem Gebiete der Festigkeitslehre und Hydraulik“. Die Vorführungen geschahen nach einigen einleitenden Worten innerhalb des Laboratoriums für angewandte Mechanik. Es wurde ein Eisenstab von 2 cm Durchmesser mit 15 000 kg zerrissen und die den Zerreißprozeß begleitenden Vorgänge wurden einzeln studiert. Die Untersuchung des Verhaltens von Körpern gegen Druck geschah in einer hydraulischen Presse mit 150 000 kg Druck.

Ebenso wurde ein Eisenstab von rechteckigem Querschnitte tordiert und ein eichener Balken von quadratischem Querschnitte zerbrochen. Mittels der Töplerschen Schlierenmethode wurden die Vorgänge, die beim Ausfließen der Luft aus einer Düse mit 10 Atmosphären-Druck vor sich gingen, objektiv sichtbar gemacht. Ferner wurde eine Wasserpumpe und Kompressionspumpe im Betriebe gezeigt und die Vorgänge wurden mittels des Indikators aufgezeichnet. Die durch die Pumpe aufgespeicherte potentielle Energie des Wassers wurde zum Betriebe eines Peltonrades benutzt und die Wirkung mittels des Bremszaumes gemessen. Die Verwendung des Peltonrades zur Dampfturbine wurde gezeigt. Ein Dieselmotor wurde im Betriebe vorgeführt, und die im Kolben desselben auftretenden Druckvorgänge wurden am Indikator abgelesen. Endlich zeigte der Vortragende eine neue Versuchsanordnung zur Untersuchung der Verhältnisse in Wasserströmen und des Verhaltens von Körpern, die in dem strömenden Wasser aufgestellt waren.

Die Vorträge der Universitätslehrer füllten die Vormittage vollständig aus. Die Nachmittage wurden ausnahmslos der Besichtigung der wissenschaftlichen Institute gewidmet. Es wurden besichtigt das physikalische Institut des Gymnasiums unter Führung von Herrn Prof. Behrendsen, das Institut für angewandte Elektrizitätslehre (Prof. Simon), das physikalische Institut (Geh.-Rat Voigt), der geographische Apparat (Geh.-Rat Wagner), das geo-physikalische Institut (Dr. Gerdien), die Sternwarte (Prof. Ambron und Prof. Schwarzschildt). Bei der Besichtigung der Sternwarte wurde auch das Gauß-Museum besucht, das den Teilnehmern des Ferienkursus einen Einblick gewährte in die Geisteswerkstatt und den außerordentlichen Fleiß des einzig dastehenden Gelehrten.

Die Verhandlungen über den mathematischen und physikalischen Unterricht, die Vorträge der Dozenten und die Besichtigung der wissenschaftlichen Institute boten den Teilnehmern des Ferienkursus so reiche Anregung und so umfangreichen neuen wissenschaftlichen Stoff, daß wohl jeder Teilnehmer mit der größten Befriedigung auf den verflochtenen Kursus zurückblickt und den Wunsch hegt, daß ein von Herrn Geh.-Rat Klein wiederholt ausgesprochener Gedanke, daß den im Amte stehenden wissenschaftlichen Lehrern in angemessenen Zwischenräumen Urlaubssemester zu ihrer eigenen wissenschaftlichen Fortbildung gewährt werden mögen, in nicht allzu ferner Zeit in die Wirklichkeit umgesetzt werden möge, da eine derartige Auffrischung und Vervollständigung der wissenschaftlichen Kenntnisse mit reichen Zinsen der unserer Ausbildung anvertrauten Jugend zugute kommen wird.

Grimsehl.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin 1905.

Der im Auftrage des Kultusministeriums veranstaltete naturwissenschaftliche Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen wurde am 3. Oktober 1905 von dem Leiter desselben Herrn GRR. Dr. Vogel eröffnet. Zu dem Kursus waren 33 Herren aus allen Provinzen Preußens einberufen. Außerdem nahm noch ein Oberlehrer aus Bremerhaven daran teil. Der Kursus umfaßte Vorlesungen und praktische Übungen. Die Vorlesungen waren folgende: GRR. Professor Dr. Schwendener: Die Sinnesorgane der Pflanzen (1. Lichtsinnsorgane; 2. Perzeptionsorgane für mechanische Reize; 3. Perzeption des Schwerkraftreizes), 2 mal 2 Stunden; GRR. Professor Dr. Möbius: Die Organisation der Vögel, 2 mal 2 Stunden; Professor Dr. Kaßner: Bedeutung der Meteorologie für das praktische Leben, 2 Stunden; GRR. Professor Dr. Nernst: Neuere technische Anwendungen der Elektrochemie, 2 mal 2 Stunden; Privatdozent Dr. Aschkinäuf: Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Radioaktivität, 2 mal 2 Stunden; Professor Dr. Rathgen: Über chemisch-technische Methoden zur Konservierung der Altertümer, mit besonderer Berücksichtigung der ägyptischen und babylonischen Ausgrabungen, 2 Stunden; Kgl. Geologe Dr. Tornau: Deutsch-Ostafrika und seine Bodenschätze (auf Grund eigener Beobachtungen), 2 Stunden.

Für die Übungen waren die Teilnehmer in 3 Gruppen geteilt. Jeder Übungskursus umfaßte 7 mal 2 Stunden. Gruppe A übte: Elektrochemische Übungen im Anschluß an einleitende Vorträge behufs Einführung in die moderne Elektrochemie (Professor Dr. Böttger) und praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt (Mechaniker und Optiker Hintze); Gruppe B: Physikalische Experimente aus der Wellenlehre und Akustik sowie einige Abschnitte aus der Wärmelehre (Oberlehrer Er-Bohn), Praktische Übungen aus der Optik; insbesondere Anleitung zur Demonstration optischer Erscheinungen mit der Projektionslampe und Ergänzung dieser Experimente durch Schülerübungen und Freihandversuche (Oberlehrer Hahn), Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt (Mechaniker Hintze); Gruppe C: Praktische Übungen auf dem Gebiete der Mikroskopie, Entwicklungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen (Professor Dr. Kolkwitz), Praktische Übungen in der Biologie der Tiere, verbunden mit der Anleitung zur Herstellung zoologischer Präparate (Oberlehrer Dr. Röseler). Mit dem Kursus verbunden war wie in früheren Jahren eine Ausstellung, welche dieses Mal ausschließlich physikalische Apparate umfaßte. An der Ausstellung, welche unter der Leitung von Pro-

fessor R. Heyne stand, hatten sich beteiligt die Firmen: L. Reimann, Berlin SO., Schmidstr. 32 (Wagen und Gewichte), Keiser & Schmidt, Berlin N., Johannisstr. 20 (Galvanische Apparate), F. A. Hintze, Berlin N., Metzgerstr. 29 (Apparate aus verschiedenen Gebieten), Leppin & Masche, Berlin SO., Engel-Ufer 17 (Apparate aus verschiedenen Gebieten), Georg Beck & Co., Berlin-Rummelsburg, Hauptstr. 4 (Apparate aus dem Physikalischen Baukasten nach W. Volkmann), R. Burger, Berlin N., Chausseestr. 2E (Röntgenröhren, Dewarsche Gefäße), Otto Himmler, Berlin N., Oranienburgerstr. 65 (Mikroskope), Alfred Wehrsen, Berlin SO., Schlesischestr. 31 (Influenzmaschinen), A. Herbst, Berlin O., Krautstr. 26a (Apparate aus verschiedenen Gebieten), Niehls, Berlin SW., Friedrichstr. 244 (Glasapparate, hochgradige Thermometer).

Den Schluß des Kursus bildete am 13. und 14. Oktober eine geologische Exkursion nach dem Harz unter der Führung des Herrn Dr. Erdmannsdorfer.

R. Heyne.

XII. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft

vom 20. bis 23. Mai 1906 in Dresden.

Die Deutsche Bunsen-Gesellschaft, die über 700 Mitglieder zählt, hielt Ende Mai in den Räumen der sächsischen Technischen Hochschule ihre sehr zahlreich besuchte 12. Hauptversammlung ab. Aus der großen Reihe interessanter Darbietungen sei hier kurz folgendes berichtet. Den Beginn machte eine Reihe von vier Vorträgen der Herren NERNST, FOERSTER, LE BLANC und KLAUDY „Über die Aktivierung des Stickstoffs“, die durch einen glänzenden Experimentalvortrag von Herrn FOERSTER eingeleitet und durch Vorführung von Lichtbildern (Herr ERLWEIN) geschlossen wurde. — Herr NERNST erläuterte in seinem Vortrage, daß man mit elektrisch geheizten Iridiumöfen die zu den Untersuchungen über das Gleichgewicht bei der Bildung von Stickoxyd aus seinen Komponenten nötigen hohen Temperaturen erhalte, und daß die Messungsergebnisse zu einfachen theoretischen Formeln führten. Aus der lebhaften Debatte, die der Vortragsreihe folgte, sei besonders die Mahnung Herrn HEMPELS angeführt, man solle den anorganischen Quellen des Stickstoffs gegenüber die organischen, die durch die Fäkalstoffe gegeben seien, nicht vergessen. — Herr BREDIG besprach Versuche über Katalyse im heterogenen Systeme insbesondere unter Verwendung von Platinblechen einerseits und kolloidalem Platin andererseits. Er erwähnt die durch ultramikroskopische Beobachtungen festgestellten Eigenbewegungen der kleinen Teilchen und den steigernden Einfluß der Temperatur. Ferner beschreibt er rhythmische katalytische Zersetzungerscheinungen an Quecksilberoberflächen und ein neues Quecksilberoxyd, das als ein Salz des Wasserstoffsperoxyds anzusehen sei. — Herr LUTHER demonstrierte Untersuchungen über räumliche Fortpflanzung chemischer Reaktionen, die vergleichbar sind mit der Fortpflanzung eines Reizes in einem Nerv; geeignet dazu erwiesen sich autokatalytische Reaktionen. — Herr HEMPEL führte einen Apparat vor, mit dem es möglich ist, durch gleichzeitige Anwendung von Druck und starker Kühlung Gasbestandteile fraktioniert zu kondensieren. So ließen sich in Gasgemischen mit größter Leichtigkeit und Sicherheit noch so geringe Mengen von Gasen quantitativ bestimmen, daß sie unter den Fehlergrenzen der gasanalytischen Methoden liegen. Er zeigte, daß die Gase der Schwefelsäurebleikammern stets etwa 0,11 bis 0,16 Proz. Stickoxydul enthalten, wodurch ein Teil der Verluste an Nitrosengasen seine Erklärung findet. Eine Reihe von drei Vorträgen bezog sich auf Hydrosole; Herr LOTTERMOSER sprach über das Verhalten von irreversiblen Hydrosolen Elektrolyten gegenüber und erläuterte besonders die Gesetze der gegenseitigen Fällung von entgegengesetzt geladenen Hydrosolen. — Herr ZSIGMONDY sprach über Teilchengrößen in kolloidalen Lösungen, und Herr SIEDENTOPF zeigte ultramikroskopische Zerteilungen von Natrium und Kalium in wasserfreien Chlornatriumkristallen, deren Farben von der Temperatur abhängig sind. — Herr COEHN demonstrierte eine merkwürdige Analogie mit dem Zerfall des Radiums, die sich beim Zerfall von Ammonium unter Abspaltung eines Wasserstoffatoms ergibt; zwei Experimente über Ladung und Entladung von Elektroskopen belegten die Erscheinung. Nur kurz sei ein einstündiger lichtvoller Vortrag von Herrn LUMMER erwähnt; unterstützt von vielen instruktiven Experimenten entwickelte der Vortragende den Mechanismus des Leuchtens und die Gesetze der Strahlung.

Aus dem geschäftlichen Teile der Sitzung ist von allgemeinem Interesse die Annahme der vom ständigen Ausschuß vorgeschlagenen Resolution:

„Die Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft betrachtet als nächstes äußeres Ziel des chemischen Schulunterrichtes die Einführung in die physikalischen Grundlagen der Lehre von den Stoffen sowie den Hinweis auf die praktische Bedeutung der Stoffunterschiede und der Stoffwandlung, dies gegeben nicht in einer größeren Zahl von Einzelkenntnissen, sondern in typischen Beispielen. Sie wünscht die Ausdehnung eines solchen Unterrichtes auch auf die Gymnasien, damit nicht weite und besonders führende Kreise des Volkes dieser Grundlage des Lebens und des

nationalen Wohlstandes fremd gegenüberstehen. Als Voraussetzung dieser Ausdehnung des Unterrichtes gilt aber, daß sie ohne Mehrbelastung der Schüler erreicht wird. Sie fordert endlich für die Befähigung zum chemischen Unterricht den Nachweis einer solchen auch in der Physik, also mindestens für die zweite Stufe oder für mittlere Klassen.“
Wg.

Korrespondenz.

Zu den von Dr. F. Küspert in Heft 3 mitgeteilten „Chemischen Schulversuchen“ erlaube ich mir folgende Bemerkung:

Ich habe die Gewinnung von Kohlendioxyd aus Kalkstein vor Jahren wiederholt mit Röhren aus den verschiedensten Materialien versucht und die Beobachtung Arendts, daß sich zu diesem Zweck nur Platin- und Porzellanröhren eignen, vollständig bestätigt gefunden. Aus Metallröhren (ich versuchte Messing, Eisen und Stahl) erhielt ich regelmäßig ein Gas, welches zwar Kalkwasser trübt, beim Einführen des brennenden Holzspanes in den Rezipienten aber mit blauer Flamme brennt; es werden also durch das glühende unedle Metall beträchtliche Mengen des Gases zu Kohlenoxyd reduziert. Vielleicht wird dieser Nachteil geringer, wenn das Rohr durch oftmaliges Glühen schon stark oxydiert ist. Die Gewinnung tadellosen Kohlendioxydgases mit Hilfe eines einseitig geschlossenen Porzellanrohres habe ich in den „*Period. Bl. IX Heft 6*“ beschrieben. *J. Deisinger, Wien.*

Berichtigung. In dem Aufsatz von A. Stroman über „Die schiefe Ebene auf der Wage“ im vorigen Heft ist durch ein Versehen bei der Drucklegung eine falsche Angabe gemacht. Auf S. 158 unter „A. Rollende Last“, Zeile 5, soll nicht 60 g, sondern 100 g gelesen werden.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1905. 61. Jahrg. Redig. von **K. Scheel**. Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie. 670 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. — **H. Poincaré**, Der Wert der Wissenschaft, übers. von E. und H. Weber. 252 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 3,60. — **O. von Lippmann**, Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. 590 S. Leipzig, Veit & Co., 1906. M 9,—. — **J. M. Pernter**, Meteorologische Optik. Mit zahlreichen Fig. III. Abschnitt. S. 213—558. Wien und Leipzig, W. Braumüller, 1906. M 9,—. — **C. G. Müller**, Technik des physikalischen Unterrichts nebst Einführung in die Chemie. Mit 251 Abb. 370 S. Berlin, O. Salle, 1906. M 6,—. — **J. M. Eder**, Photochemie. Mit 51 Abb. 3. Aufl. 533 S. Halle a. S., W. Knapp, 1906. M 15,—. — **C. Arnold**, Abriß der allgemeinen oder physikalischen Chemie. 2. Aufl. 228 S. Hamburg und Leipzig 1906. M 3,75. — **Lassar-Cohn**, Die Chemie im täglichen Leben. Mit 22 Abb. 5. Aufl. 329 S. Hamburg und Leipzig, L. Voß, 1905. M 4,—. — Aus Natur und Geisteswelt: **L. Graetz**, Das Licht und die Farben. Mit 116 Abb. 2. Aufl. 153 S.; **Th. Ziegler**, Allgemeine Pädagogik. 6 Vorträge. 2. Aufl. 147 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1905. M 1,25. — **B. Stewart**, Physik. Deutsch von E. Warburg. Mit Abb. 6. Aufl. 171 S. Straßburg und Berlin, J. Trübner, 1906. M 0,80. — **P. Gruner**, Die radioaktiven Substanzen und die Theorie des Atomzerfalles. Mit 1 Taf. und Figuren. 103 S. Bern, A. Francke, 1906. M 1,60. — **G. Holzmüller**, Die neueren Wandlungen der elektrischen Theorien einschließlich der Elektronentheorie. Mit 22 Fig. 119 S. Berlin, J. Springer, 1906. M 3,—. — **J. Rosenthal**, Fortschritte in der Anwendung der Röntgenstrahlen. Mit 22 Abb. 31 S. München, J. F. Lehmann, 1906. M 1,20. — **R. Nowicki** und **H. Mayer**, Flüssige Luft. Mit 48 Abb. 2. Aufl. 59 S. Leipzig, R. Hoffmann, 1906. — **B. von Czudnochowski**, Das elektrische Bogenlicht. 4. Liefer. mit 54 Abb., 5. Liefer. mit 62 Abb. Leipzig, S. Hirzel, 1906. — **A. Wachtel**, Anwendung der Graphostatik im Maschinenbau. Mit 194 Abb. 146 S. Hannover, M. Jänecke, 1906. M 4,40; geb. 5,20. — **G. Scheffers**, Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Mit 344 Fig. 680 S. Leipzig, Veit & Co., 1905. M 16,—. — **G. Marpmann**, Zeitschrift für angewandte Mikroskopie. 11. Bd. Leipzig, Leipzig, Hygienischer Verlag, 1906. — **H. Erdmann**, Lehrbuch der anorganischen Chemie. Mit 303 Abb. 4. Aufl. 795 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. M 15,—; geb. 16,—. — Hillgers illustrierte Volksbücher; **W. Vieweg**, Organische Chemie. Mit 19 Abb. 79 S. Berlin und Leipzig, H. Hillger. M —,30, geb. M —,50. — **W. Levin**, Methodisches Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Mit 72 Abb. Teil I, Unterstufe. 114 S. Berlin, O. Salle, 1906. — **M. Mittag**, Chemisches Schulpraktikum. 55 S. Hildesheim, A. Lax, 1906. — Transactions of the american electrochemical society. Vol. VIII. 299 S. Philadelphia 1905.

Himmelserscheinungen im August und September 1906.

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

	August						September						
	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
♄	AR	9 ^h 45 ^m	9.34	9.19	9. 6	9. 2	9.11	9.31	10. 1	10.35	11.11	11.45	12.17
	D	+ 9 ^o	+ 9 ^o	+ 11 ^o	+ 13 ^o	+ 14 ^o	+ 16 ^o	+ 15 ^o	+ 13 ^o	+ 11 ^o	+ 7 ^o	+ 3 ^o	- 1 ^o
♀	AR	11 ^h 25 ^m	11.46	12. 6	12.26	12.46	13. 5	13.25	13.44	14. 4	14.23	14.42	15. 1
	D	+ 5	+ 2	+ 0	- 3	- 6	- 8	- 10	- 13	- 15	- 17	- 19	- 21
☉	AR	8 ^h 47 ^m	9. 6	9.25	9.44	10. 2	10.21	10.39	10.57	11.15	11.33	11.51	12. 9
	D	+ 18	+ 17	+ 15	+ 14	+ 12	+ 10	+ 9	+ 7	+ 5	+ 3	+ 1	- 1
♂	AR	8 ^h 26 ^m	8.39	8.53	9. 5	9.18	9.30	9.43	9.55	10. 8	10.20	10.32	10.44
	D	+ 20	+ 20	+ 19	+ 18	+ 17	+ 16	+ 15	+ 14	+ 13	+ 12	+ 11	+ 9
♃	AR	6 ^h 2 ^m		6.11		6.19		6.26		6.32		6.38	
	D	+ 23		+ 23		+ 23		+ 23		+ 23		+ 23	
♄	AR	23 ^h 4 ^m						22.57					
	D	- 8						- 9					
☉	Aufg.	4 ^h 21 ^m	4.29	4.37	4.46	4.54	5. 2	5.11	5.19	5.27	5.36	5.44	5.53
	Unterg.	19 ^h 50 ^m	19.41	19.31	19.21	19.11	19. 0	18.49	18.37	18.25	18.13	18. 1	17.50
☾	Aufg.	18 ^h 22 ^m	21.18	23. 8	1.45	7.28	13.57	18.56	20.24	22.48	2.39	9. 8	15. 5
	Unterg.	1 ^h 46 ^m	7.41	13.20	17.57	20.28	22.52	2.52	8.53	14.10	17.39	19.45	23.30
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 ^h 40 ^m 32 ^s	9. 0.15	9.19.58	9.39.40	9.59.23	10.19.6	10.38.49	10.58.31	11.18.14	11.37.57	11.57.40	12.17.22
	Zeitgl.	+ 6 ^m 7 ^s	+ 5.40	+ 5. 0	+ 4. 5	+ 2.58	+ 1.39	+ 0.10	- 1.27	- 3. 9	- 4.54	- 6.40	- 8.24

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Aug. 20, 2 ^h 28 ^m Sept. 18, 13 ^h 34 ^m	Aug. 27, 1 ^h 42 ^m Sept. 25, 7 ^h 11 ^m	Aug. 4, 14 ^h 0 ^m Sept. 3, 0 ^h 36 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	wird in der zweiten Hälfte des Monats bis 1/2 Stunde lang morgens im NO sichtbar	abends etwa 1 Std. lang im W sichtbar	wird gegen Ende des Monats im NO morgens sichtbar	geht bald nach Mitternacht auf	die ganze Nacht hindurch sichtbar
im September	wird gegen Mitte des Monats wieder unsichtbar	wie im August	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 1 1/4 Stunde an	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 7 Stunden	noch fast die ganze Nacht hindurch sichtbar

Eine **totale Mondfinsternis**, die jedoch in Deutschland nicht sichtbar sein wird, findet am Nachmittag des 4. August statt. Dieselbe kann im Großen und Indischen Ozean sowie in den angrenzenden Ländern wahrgenommen werden.

Eine **partielle Sonnenfinsternis**, die aber in Deutschland nicht sichtbar ist, ereignet sich in der Nacht vom 19. zum 20. August bald nach Mitternacht. Die Finsternis kann im nördlichen Sibirien und im nordwestlichen Teile von Nordamerika beobachtet werden.

Sternbedeckung für Berlin:

September 1, ♄ Capricorni, Eintritt: 1^h 42^m, 9 M.E.Z., Q = 2^o; Austritt: 2^h 4^m, 9 M.E.Z., Q = 32^o

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Aug. 3	R Lyrae-Max.	Sept. 3	20 ^h	U Sagitt.-Min.	Sept. 14	22 ^h	η Aquilae-Max.
15	o Ceti-Min.	5	23 ^h	δ Cephei-Max.	18	23 ^h 22 ^m	λ Tauri-Min.
21	U Sagitt.-Min.	10	23 ^h 48 ^m	Algol-Min.	19	20 ^h	U Sagitt.-Max.
21	22 ^h 5 ^m Algol-Min.	13	20 ^h 37 ^m	Algol-Min.	26	22 ^h	η Aquilae-Min.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.