

# Zeitschrift

für den

# Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXIII. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1920.

## Zur statischen Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten im Unterricht.

Von Dr. H. Hermann in Tübingen.

Das Gelingen einer statischen Bestimmung der Dielektrizitätskonstante hängt hauptsächlich von der Oberflächenreinheit und richtigen Dickenmessung des Materials ab. Hierin viel mehr als in den Methoden liegt der Grund, daß ROSENBERG noch 1913 bemerkt „An einfachen Schulversuchen über den Gegenstand mangelt es leider“ (*Experimentierbuch II. Bd., 3. Aufl., Artikel 106*).

Für die beiden schulmäßig durchgearbeitet vorliegenden Methoden von LOHMANN (*diese Zs. XIII, 310*) und KAUFMANN (MÜLLER-POUILLET, Lehrb. der Physik, 10. Aufl., IV. Bd. § 81) ist die Materialbeschaffung gegenwärtig schwierig. KAUFMANN fordert 1—2 cm starke Platten von 12—15 cm Durchm.; LOHMANN 3 cm starke. Das läßt sich gegenwärtig kaum mit einem andern Stoff als mit Paraffin, bei Glas etwa noch mit einem Satz alter photographischer Kabinettplatten machen (die zur Zeit übrigens auch schon einen ähnlichen Handelswert wie Paraffin haben).

Ich suchte daher mit dünneren Platten auszukommen. Sie werden verwendbar, wenn man einen Luftkondensator mit Feinbewegung besitzt. CLASSEN hat für den Unterricht einen solchen von mindestens 20 cm Plattendurchmesser verlangt (*diese Zs. XXV, 138*); ich finde den NOACKSchen (*Sonderheft II dieser Zs.*) von 16 cm genügend, nur die maximale Öffnung (beabsichtigt 2 cm, ausführbar bei meinem Exemplar nur 1,7 cm) knapp. Die Bestimmung der zur Wiederherstellung gleicher Kapazität oder Verteilung erforderlichen Plattenverschiebung  $x$ , aus der sich für eine Platte von der Dicke  $d$  die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon = d : (d - x)$  ergibt, ist mit diesem Instrument und einem BRAUNSchen Elektrometer von 1500 Volt Meßbereich genau genug möglich. Die dielektrische Platte wird auf die Kollektorplatte gelegt, der Kondensator mit passendem Abstand geschlossen und das Leitersystem Kollektor-Elektrometer auf 500 Volt geladen, da in dieser Gegend der Teilstrichabstand am größten ist. Genaues Abgleichen mit Halbleiter; Dämpfen der Nadelschwingungen durch ganz schwaches Bewegen der Kondensatorplatte; die Elastizität des Rohrträgers genügt dafür. Etwaiger Stützenverlust des Kondensators läßt sich, wenn der Bernstein rein ist, durch Anblasen mit einem elektrischen Haartrockner beseitigen. Hierauf wird der Kondensator geöffnet, bis die Platte ohne Schwierigkeit entfernt werden kann; bei NOACKS Konstruktion ist hierbei keine Reibungsladung zu fürchten. Er wird wieder geschlossen und verengert, bis die vorher gestiegene Nadel auf 500 zurückgegangen ist.

Die Schwierigkeit liegt hier in der Messung der wirksamen Dicke. Der Kondensator selbst gibt einen etwas zu hohen Wert; Dickenmesser fassen nur den Rand; die Berechnung aus Gewicht, Oberfläche und spez. Gewicht erfordert das letztere, dessen Bestimmung bei großen Platten unbequem ist.

Darum fand ich es nicht lohnend, die Methode durch Anwendung des Differenzprinzips zu verbessern. Ich stellte eine Differenzanordnung zusammen mittels eines Schutzringeletrometers, dessen Platten in LEYBOLDS Ausführung dieselbe Größe haben wie die des Kondensators. Die beiden beweglichen Platten der Instrumente wurden

verbunden und auf hohe Spannung geladen; das Elektroskop stand auf der festen Platte des auf Paraffinklotz stehenden Schutzringeletrometers (bequemer wäre es, wenn dieser isolierende Stützen hätte), sein Zeiger war mit der Kollektorplatte des Kondensators verbunden. Es wurde wie vorher verfahren und auf Nullspannung des Elektroskops eingestellt. Die Verschiebung der Kondensatorplatte ergab sich, unabhängig vom Gesamtstand, ebenso gut aber nicht besser als bei der einfachen Methode.

In beiden Fällen war die Übereinstimmung der Ergebnisse mit Lehrbuchangaben nicht so gut, als bei Anwendung so wertvoller Meßinstrumente didaktisch erforderlich schien. Die ziemlich alte, aber noch gut dienende Ebonit-Elektrophortafel von 2,2 mm Randdicke ergab stets 0,9 mm Verschiebung, also weniger als zu erwarten. Sie hat 20,5 cm Quadratseite und wiegt 113 g; das spez. Gewicht von 1,15 (WINKELMANN Handbuch) ergäbe also die mittlere Dicke noch höher, das von 1,2 (KOHLENSCH) ebenso groß. Eine für Isolierzwecke vorhandene schwere gefirnifzte Glasplatte ergab  $\epsilon = 8,8$ , einen wenigstens möglichen Wert. Paraffinöl in einer Kristallisierschale, deren Wirkung erst allein geprüft wurde, ergab  $\epsilon = 2,1$ <sup>1)</sup>. Die Dicke wurde aus Oberfläche und eingegossenem Volum berechnet. Herunterlaufen von Öltröpfen an der Schale beim Ausgießen vereitelt weitere Versuche; auch ergibt Eingießen des Öls in die auf dem geladenen Kollektor stehende Schale Ladungsverlust; das Öl leitet also etwas.

Günstiger stellte sich das Verhältnis zwischen experimentellem Aufwand und Ergebnis bei der Methode der Ladungsteilung. Ich besitze einen NOACKSchen Doppelkugulkondensator zu Kapazitätsmessung, finde aber, daß für Schulzwecke die einfache Ladungsteilung genügt; die beiderseitige Schirmwirkung der geerdeten Hüllen läßt ja wenig Kapazitätsänderung auf den herausragenden geladenen Leitern zu. Darum verwandte ich den einen derselben zur Herstellung eines außen geerdeten Paraffinkondensators. Dieser ergab durch Ladungsteilung den sehr befriedigenden Wert  $\epsilon = 2,25$ <sup>2)</sup>. Übrigens dürfen die beiden Kugulkondensatoren nicht unbesehen für gleich gehalten werden; bei meinem Exemplar sind die Außenkugeln gleich, die Innenkugeln aber ziemlich ungleich. Ich füllte daher erst eine Halbkugel mit eingesetzter Innenkugel, dann erzeugte ich in der anderen schichtweise eine passende Füllung, indem ich in die teilweise mit Paraffin gefüllte Halbkugel die andere einsetzte und bis zum Erstarren darin drehte. Vor jedem neuen Paraffinzusatz mußte die Innenkugel erkalten; sonst blieb das Paraffin an ihr statt an der Außenkugel hängen. So jedoch gelang es, einen zerlegbaren Kondensator zu erhalten, der sich auch für die FARADAYSche Methode eignet, wenn man eine Paraffinschale herausnimmt, und dessen Maße die Schüler nachmessen können.

Nachdem so mit einer guten Messung das nötige Vertrauen der Schüler gesichert war, schien es mir unbedenklich, weitere Zahlen mit geringerer Genauigkeit zu ermitteln, wenn dabei der Schüler durch bescheidenere Hilfsmittel von vornherein veranlaßt wurde, weniger als bei der ersten zu erwarten. Ich wählte dazu die Ladungsteilung mit ganz kleinen FRANKLINSchen Tafeln, die Belegungen nur von 2 cm Quadratante oder Durchmesser. Das Elektrometer wird aufgeladen, abgelesen, die FRANKLINTafel aufgedrückt; isoliert sie, so sinkt die Nadel nicht merklich. Dann wird die obere Belegung mit einem vom Gehäuse kommenden Draht berührt und sofort die Tafel entfernt. Das Abfallen des Potentials ist an sich schon eine lohnende Vorführung angesichts der Kleinheit des Kondensators und gibt bei gutem Wetter brauchbare Näherungswerte für  $\epsilon$ . Von photographischen Glasplatten ergab eine gut isolierende  $\epsilon = 7$ , eine merklich leitende  $\epsilon = 10$ ; eine sehr dünne Hartgummiplatte (Fragment

<sup>1)</sup> Die Literaturangaben über Paraffinöl bewegen sich zwischen 2,05 und 2,55.  $d$  war 3 mm,  $x$  war 1,65 mm.

<sup>2)</sup> Die Literaturangaben über Paraffin liegen, wenn man solche mit sehr kurzer Ladung wegläßt, zwischen 2,20 und 2,47. Die Kapazität war mit Paraffin 33,0 cm; mit Luft (berechnet) 14,6 cm.



eines photographischen Kassettenschiebers) ergab  $\epsilon = 1,7$  bei gutem Wetter; bei feuchtem  $\epsilon = 4$ , woraus die Schüler den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit selbst sehen konnten. Ich glaube, daß diese einfache Methode die von ROSENBERG empfundene Lücke ausfüllt so gut es möglich ist.

Nach Fertigstellung dieses Aufsatzes bemerkte ich erst, daß GRIMSEHL<sup>1)</sup> die Methode der Ladungsteilung mit Plattenkondensatoren ebenfalls angegeben hat; doch sind seine 4 cm Durchmesser haltenden Platten m. E. noch zu groß für die üblichen Elektrometer und durch Isolierfuß verteuert.

Hat man eine gut isolierende Leidener Flasche, so kann man sie zur Messung der Glasdielektrizität folgendermaßen benutzen. Man verbindet sie mit einem Elektrometer, dessen Kapazität in diesem Fall vernachlässigt werden kann, lädt auf passendes Potential und teilt die Ladung mit einem ungeladenen Kondensator von geschlossenem Feld. Man entlädt den letzteren nach der Trennung und wiederholt das Verfahren rasch n mal, bis ein gut meßbarer Potentialabfall erzielt ist.

Beispiel: Ich verwende die große NOACKSche Flasche Leybold 5857. Mein Exemplar isoliert zwar nicht vollkommen; doch kann durch Anblasen mit einem elektrischen Haartrockner sowie anfängliche Überspannung, deren Rückstand den Leitungsverlust kompensiert, für die Zeit der Entladung der Verlust vermieden werden. Sie wurde auf 1500 Volt geladen und nun 100 mal mit dem NOACKSchen Kugulkondensator von 12,5 cm geteilt. Das Potential sank auf 810 Volt. Bezeichnet man die gesuchte Kapazität mit C, so hat man

$$810 = 1500 (1 + 12,5 : C)^{-100}$$

woraus sich  $C = 2018$  cm, ohne das Elektrometer 2005 cm, also zufällig fast genau 20 m ergibt. Aus Glasdicke 0,465 cm, Umfang außen 57 cm, Höhe außen 33 cm ergibt sich unter Berücksichtigung der Bodenbelegung die Luftkapazität 361 cm, also  $\epsilon = 2010/361 = 5,5$ .

Man kann zu dieser Methode der wiederholten Ladungsteilung auch NOACKS Pendelentlader verwenden, wenn man sein Kügelchen durch einen Tressenfaden mit dem Normalkondensator verbindet. Bei obigen Verhältnissen ist jedoch weder der Faden noch die Kugel als Kapazität zu vernachlässigen; die Fadenkapazität für 30 cm Länge und 0,02 cm Dicke wäre für sich allein  $30 : 4,6$  ( $\log 30 - \log 0,01$ ), also fast 2 cm (SPEIERMANN und FR. C. G. MÜLLER, *diese Zeitschr.* XXXI, 135), ein Betrag, der durch die geerdete Hülle vermehrt, durch die geladenen Kugeln vermindert wird. Daher dürfte sich diese Methode mehr für Schülerübungen empfehlen, um die Gefährdung der Bernsteinisolation bei freihändigem Handhaben des Kondensators zu vermeiden.

Zum Schluß sei angemerkt, daß auch der Pendelentlader selbst streng genommen nach obiger Formel berechnet werden muß, wobei statt 12,5 die Kapazität c seines Kügelchens in Berührungsstellung eintritt. Nennt man die beiden Potentiale V und v,

so ist für n Entladungen

$$\frac{V}{v} = \left(1 + \frac{c}{C}\right)^n$$

also

$$\frac{1}{n} \log \text{nat} \frac{V}{v} = \log \text{nat} \left(1 + \frac{c}{C}\right).$$

Ist c klein gegen C, so darf die rechte Seite durch  $c/C$  ersetzt werden. Erhält man für eine zweite Kapazität C' denselben Abstieg von V auf v mittels n' Entladungen, so ist, wenn auch C' groß gegen c ist

$$\frac{1}{n'} \log \text{nat} \frac{V}{v} = \frac{c}{C'}, \text{ folglich } \frac{n'}{n} = \frac{C'}{C}$$

womit die gewöhnliche Anwendung des Pendelentladers gerechtfertigt ist.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. XXVII 2, Fig. 2 und Text S. 8 (GRIMSEHLs letzte Arbeit).

## Das Verhältnis des Coulomb zur statischen Ladungseinheit.

Von Dr. H. Hermann in Tübingen.

Einer der Vorzüge des geschichtlichen Lehrgangs der elektrischen Gesetze vor dem neuen, von CLASSEN in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> und von MIE im Vorwort seines Lehrbuches der Elektrizität und des Magnetismus kurz zusammengefaßten und in diesem Werk durchgeführten, ist die Gelegenheit zur Ausführung der im Titel gegenwärtiger Arbeit genannten Messung. Sie ist die einzige in der Schule ausführbare Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Störungen; sie ist als den übrigen gleichwertige Methode in der 2. Aufl. des WINKELMANNschen Handbuchs anerkannt, und darum scheint es mir kein geringer Verlust, wenn sie in das physikalische Fachstudium zurückverwiesen wird — vollends wenn sich die EINSTEINsche Lehre von der universellen Bedeutung dieser Größe Eingang in die allgemeine Bildung verschaffen soll.

Eine Anleitung zur schulmäßigen Ausführung der Messung gibt KAUFMANN im 4. Band von MÜLLER-POUILLET, S. 401. Dort werden statische Stromstärken nach der LANESchen Methode, jedoch mit einem zuverlässigeren Kapazitätsmaß (Plattenkondensator) gemessen. In die Messung geht das Luftfunkenpotential ein.

Da ich eine sorgfältige Besprechung des letzteren im Schulunterricht für zu zeitraubend und eine bloße Übernahme ad hoc für unbefriedigend halte, habe ich eine andere Ausführung ausgearbeitet, welche sich in allen Einzelheiten auf in der Schule ausgeführte Messungen stützt. (Ich nenne das hierin liegende didaktische Prinzip, das einem von mir in den eigenen Schuljahren lebhaft empfundenen Bedürfnis entspricht, das Robinsonprinzip.)

### 1. Zur Handhabung des Schutzringeletrometers.

Ich vermag die von NOACK gegen das Schutzringeletrometer (im 2. Sonderheft dieser Zeitschrift) geäußerten Bedenken für die Schule nicht für durchschlagend zu halten. Besitzt man BRAUNsche Elektrometer, so handelt es sich ja nur darum, zu erkennen, wie sich die auf diesen verwandte Volteinheit zur statischen Spannungseinheit verhält, und das ist mit dem Schutzringeletrometer in den von KAUFMANN a. a. O. S. 276 angegebenen Größenverhältnissen mit einer Genauigkeit von etwa 2% möglich, wenn man eine geeignete Wage besitzt. (Die LEYBOLDsche Ausführung des Elektrometers hat die angegebenen, bequemen Maße.) Ich habe daher bei der Ausarbeitung des Auftrags auf eine physikalische Arbeitswage, welchen ich der Firma August Sauter in Ebingen erteilte, auf die Ausführung dieser Arbeit Rücksicht genommen. Die genannte Wage ist eine Analysenwage mit hochabgesteiftem Dreiecksbalken von Kilogrammgröße; sie hat Schneiden und Pfannen aus vergoldetem Stahl, kann daher mittelst einer an der Säule befindlichen Klemmschraube (die übrigens praktischer an den unten herausragenden Schraubenbolzen der Säule anzubringen ist) zuverlässig geerdet werden und hat unter den Schalen Haken, welche durch den hölzernen Wagekastenboden reichen und das Anhängen sperriger Lasten an der hoch aufgestellten Wage gestatten. Einige weitere Eigentümlichkeiten der Wage werde ich in anderem Zusammenhang beschreiben.

Ich bewerkstellige die Verifikation des BRAUNschen Elektrometers folgendermaßen. Die angehängte bewegliche Platte des Kondensators wird tariert und auf Grund der Theorie (siehe unten) das für Kondensatorweiten von 0,5 cm, 1 cm und 1,5 cm erforderliche Gegengewicht für 5 C G S-Einheiten der Spannung berechnet und aufgelegt. Ein über die bewegliche Platte gelegter, auf der festen ruhender Bleistift dient an Stelle der Anschlagsvorrichtung der KIRCHHOFFschen Wagenform (a. a. O., Fig. 252 M).

<sup>1)</sup> Vgl. oben S. 121.



Die Kollektorplatte wird mit dem BRAUNschen Elektrometer und der Innenbelegung einer großen Leidener Flasche verbunden, Wage, Elektrometergehäuse und Außenbelegung der Flasche geerdet, mit der Influenzmaschine die Innenbelegung geladen, bis das Elektrometer 1500 Volt zeigt, und nun die Kollektorplatte des bisher weit gestellten Schutzringelektrometers langsam gehoben, bis die Wage umkippt. Infolge der großen Empfindlichkeit der verwandten Wage ist keine Verzögerung dieses Moments zu befürchten. Die Messung der Kondensatoröffnung ergibt so genau, als es durch Anlegen eines guten Maßstäbchens festzustellen ist, den vorausgesetzten Abstand. Da es sich um volle Teilstriche handelt, ist diese Genauigkeit sicher von der angegebenen Größenordnung; sie wirkt auf die Schüler ausserordentlich befriedigend. Die Ausführung der drei genannten Messungen ist zugleich die mittelbare Nachprüfung des Coulombschen Gesetzes für elektrische Ladungen.

## 2. Zur Theorie des Schutzringelektrometers.

Die Theorie des Schutzringelektrometers ist natürlich nur auf realistischen Anstalten vorzutragen, wo die Potentialtheorie bis zum Ausdruck für die Energie einer Ladung behandelt wird, wie es z. B. das an hiesiger Anstalt eingeführte ROSENBERGsche Lehrbuch tut. Sie hat aber dann keineswegs nur den Wert einer Instrumenterklärung, sondern vermittelt die Formeln für die Zugspannung der Kraftlinien (und damit zugleich für den elektrischen Oberflächendruck), wodurch erst ein befriedigender Einblick in die MAXWELLSche Gedankenwelt eröffnet werden kann.

Ich entwickle zuerst die Feldstärkenformel für den engen Kugulkondensator, Radien  $R$  und  $r$ , Ladung  $l$ , Kollektorpotential  $v$ , veränderliches Potential im Dielektrik  $V$  an der Stelle der Kugeloberfläche vom Halbmesser  $r + x$ ,  $\epsilon$  Dielektrizitätskonstante.

$$V = \frac{l}{\epsilon} \left( \frac{1}{r+x} - \frac{1}{R} \right); \text{ im engen Kondensator ist } \frac{l}{\epsilon} = \frac{v r^2}{d}, \text{ wenn } R-r = d$$

$V = \frac{v r^2}{d} \left( \frac{1}{r+x} - \frac{1}{R} \right)$ . Da die Schüler nur total differentiieren, muß  $d$  für die Differentialquotienten vorbehalten bleiben.

Die Feldstärke  $F$  (ich vermeide das übliche  $E$  wegen der Kollision mit der Bedeutung von  $E$  in ROSENBERG<sup>1)</sup>) ergibt sich als negatives Gefälle  $F = \frac{v r^2}{d} \frac{1}{(r+x)^2}$ ;

im engen Kondensator  $F = \frac{v}{d}$  (zu erörtern).

Nachweis durch Sondierung eines großen Drahtnetzcondensators, ähnlich wie bei W. VOLKMANNS<sup>1)</sup>, jedoch mit zwei parallelen Netzen.

Nun wird  $v = F d$  in den Energieausdruck (bei ROSENBERG Formel 60 § 177) eingesetzt; man erhält

$$W = \frac{\epsilon F^2 O d}{8 \pi}, \text{ O Kollektoroberfläche.}$$

Diese Energie wird in Arbeit umgesetzt, wenn man  $d$  vermindert. Da hierbei alle Kräfte, wie oben nachgewiesen, in Richtung von  $d$  wirken und gleichmäßig verteilt sind, so muß der mit  $d$  multiplizierte Ausdruck die Anziehung der Platten gegeneinander sein. Auf die Flächeneinheit kommt somit der Zug  $Z = \frac{\epsilon F^2}{8 \pi}$ , womit das Schutzringelektrometer zu behandeln ist.

Anhangsweise füge ich hinzu, daß man durch eine analoge Betrachtung auch den Querdruck finden kann. Man betrachte den Äquator eines geladenen Kugulkondensators, dessen Material man für einen Augenblick flüssig werdend denke; die Abstoßung der gleichnamigen Halbkugeln wird ihn auseinanderdrängen. Diese Kraft

<sup>1)</sup> Physikalischer Baukasten, Berlin 1905, Fig. 103.

kann bezogen werden auf die ringförmige Äquatorialfläche des Dielektriks und stellt den Querdruck der Kraftlinien dar. Man ermittelt sie wieder mit Hilfe der Energiebilanz. Die Arbeit der Kondensatorvergrößerung wird geleistet auf Kosten der Energie  $W$ , wobei die Ladung  $l$  gleichbleibt, die Kapazität  $k$  aber steigt um die Fläche des am Äquator entstehenden zylindrischen Dehnungsgürtels, geteilt durch  $4 \pi \delta : \epsilon$ .

$$dW = -\frac{1}{2} \frac{l^2}{k^2} dk = -\frac{1}{2} v^2 dk = -\frac{1}{2} \frac{F^2}{\delta^2} dk.$$

$$dk = \frac{\epsilon dO}{4 \pi \delta} = \epsilon \frac{2 r \pi \delta}{4 \pi \delta}, \text{ wenn } \delta \text{ die Breite des Gürtels ist.}$$

Nun ist die Energiebilanz, wenn  $D$  der Querdruck auf den qcm

$$D \cdot 2 r \pi \delta = \frac{1}{2} \frac{F^2}{\delta^2} \cdot \frac{2 r \pi \delta}{4 \pi \delta} \cdot \epsilon, \text{ also}$$

$$D = \epsilon \frac{F^2}{8 \pi}.$$

Meiner Meinung nach ist ein strenger Aufbau der Elektrizitätslehre auf der Kraftlinienvorstellung nur möglich, wenn man mit dem Nachweis dieser Formeln beginnt. Dazu gehören aber mindestens zwei Schutzringeletrometer (von verschiedener Oberfläche) und für den Nachweis von  $D$  eine Abänderung des LIPPMANNschen Elektrometers, bei welchem beide Kugelhälften konzentrisch, isoliert verbunden, an einer Wage hängen; auch dieser Apparat müßte streng genommen in zwei Exemplaren verschiedener Größe benutzt werden. Diese für die Schule unausführbare Ausrüstung scheint mir ein zweiter Grund gegen die Abweichung vom geschichtlichen Gang in der Elektrizitätslehre<sup>1)</sup>.

### 3. Die Kapazitätsmessung der Leidener Flasche

geschah in der in meiner vorhergehenden Arbeit beschriebenen Weise und ergab wie dort mitgeteilt (zusammen mit dem Elektrometer):

$$12,5 : \left( \sqrt[100]{\frac{1500}{810}} - 1 \right) = 2018 \text{ cm.}$$

### 4. Die Eichung des Spiegelgalvanometers.

Ich verwandte ein Daniellelement, welches man, wenn eine elektrometrische Batterie vorhanden ist (bei mir noch in Arbeit begriffen), durch Kompensation an die Lichtleitungsspannung anschließen kann, welche letztere zur kalorimetrischen Voltverifikation diente; damit ist der Ring der absoluten Messungen unter Voraussetzung des Energieprinzips dann geschlossen.

Mein Galvanometer ist ein DONATHSches Drehspulinstrument mit Elektromagnet; eine für die Entfernung von  $5\frac{1}{2}$  m nach Tausendteilen derselben geteilte Skala ist als Schülerarbeit an Stelle der üblichen rohen Dezimeterskala getreten. Zur Beleuchtung dient eine 100kerzige Birne mit Trommelfaden, die nicht abgedunkelt zu werden braucht, da das von einem kleinen photographischen Achromaten entworfene Bild eines einzelnen Fadenteils so scharf ist, dass es inmitten der allgemeinen Helligkeit, welche die Lampe verbreitet, völlig klar bleibt. Die Lampe wird also nicht überhitzt und kann normale Lebensdauer behalten; auch ist sie für manche Zwecke eine geeignete Saalbeleuchtung als die Deckenlampen.

Die Lahnaufhängung wurde, nach Zerstörung durch einen Unfall, durch eine Lamettaaufhängung ersetzt (Lahn ist Lametta von halber Breite, die Dicke ist gleich).

<sup>1)</sup> Ich empfehle meinen Schülern dringend das Studium des MIESCHEN Lehrbuchs, aber mit dem Zusatz: erst nach der Reifeprüfung. Wenn dieser Rat bei begabten Köpfen den gegenteiligen Erfolg hat, halte ich das gewiß für kein Unglück.



Wie nach FÖPPL<sup>1)</sup> zu erwarten, sank dadurch die Empfindlichkeit auf etwa die Hälfte, aber die Einstellung wurde zuverlässiger, so daß erst seither die Tausendteilskala ganz ausgenützt wird. Zwar wird die offene Schwingungsdauer unpraktisch kurz; da jedoch das Instrument meist aperiodisch verwendet wird, ist dies kein wichtiger Umstand.

Das Daniellelement wurde einige Zeit durch einen kleinen Kompensationsapparat nach OSTWALD<sup>2)</sup> geschlossen und von diesem ein Prozent seiner Spannung durch Widerstände von 2040  $\Omega$  zum Galvanometer geleitet; der Spulenwiderstand des Galvanometers ist 18  $\Omega$ , mit den langen Zuleitungen hatte man also 2060  $\Omega$ . Der Ausschlag betrug beiderseits 210 Bogen-Tausendteile; er stieg jedoch noch auf 220 Teile. Nimmt man für den ersten Ausschlag eine Spannung von 1,1 Volt, so wird die Empfindlichkeit  $2,54 \cdot 10^{-8}$  Amp.; nimmt man für den Meistausschlag 1,2 Volt, so wird sie 2,65, der Mittelwert ist also  $2,6 \cdot 10^{-8}$  Amp.<sup>3)</sup>. Die Elektromagneterregung betrug  $\frac{1}{2}$  Ampere.

### 5. Der Vergleich der statischen mit der elektromagnetischen Wirkung.

Die große Leidener Flasche wurde mit einem BRAUNschen Elektrometer von 10000 Volt Meßbereich verbunden. Auf den Knopf wurde mittels weitgebohrter Klemme ein Holzwiderstand gesetzt, bestehend aus der Achse einer Kodakspule. In das andere Ende war eine Holzschraube geschraubt, an welche die eine Galvanometerleitung angeschlossen werden konnte. Die andere führte an Elektrometergehäuse, Außenbelegung der Flasche und einen Influenzmaschinenpol; der andere Pol der Maschine konnte mit der Innenbelegung verbunden werden.

Die Flasche wurde auf etwa 11000 Volt geladen und dann der an einer Kerze gehaltene Galvanometerdraht an die Holzschraube gesetzt. Das Elektrometer sank und das Galvanometer, das mit Silberdämpfer aperiodisch gemacht war, schlug aus. In dem Augenblick, in welchem die Elektrometernadel 10000 Volt erreichte, wurde eine Stoppuhr in Gang gesetzt. Bei 9000 oder 8000 Volt wurde gestoppt; der Galvanometerausschlag blieb so lange konstant.

Vier Versuche lieferten folgende Zahlen:

Galvanometer Ruhelage	67	61	64	77
Ausschlagslage	100	54	55	89
Spannungsabfall Volt	2000	2000	1000	1000
Zeit Sekunden	5,0	23,4	9,8	7,6

Die bei diesen Versuchen gewanderten statischen Ladungen betragen  
2018 (2000 + 2000 + 1000 + 1000):300 CGS.

Die durch das Galvanometer geflossene Anzahl Coulomb betrug zusammen  
(33 · 5,0 + 7 · 23,4 + 9 · 9,8 + 12 · 7,6)  $2,6 \cdot 10^{-8}$  Coulomb.

Hieraus ergibt sich 1 Coulomb =  $\frac{403,6}{134} \cdot 10^{-9} = 3,01 \cdot 10^{-9}$  stat. CGS.

Die Fehlerfreiheit des Ergebnisses ist, wie u. a. aus den Angaben über die Galv.-Eichung hervorgeht, ein hübscher Zufall.

### 6. Die didaktische Verwertung des Ergebnisses.

Ich gab meinen Schülern folgendes Diktat:

Das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit elektrischer Ladungen zu ihrer magnetischen Wirkung. Herrscht in einem Kreisleiter vom Halbmesser 1 cm die Stromstärke 1 CGS = 10 Ampere, welche im Mittelpunkt die

<sup>1)</sup> Techn. Mechanik, 5. Aufl., III., § 61, Gl. 238.

<sup>2)</sup> OSTWALD-LUTHER, Physiko-chemische Messungen, 2. Aufl., S. 369, Fig. 270, bezogen von Edelmann.

<sup>3)</sup> Meine freie Arbeitszeit gestattet nicht, an Stelle dieser nicht hervorragenden Eichung eine genauere zu setzen, ehe der Stoff aufs neue zu behandeln ist.

magnetische Feldstärke  $H = 2\pi$  erzeugt, so fließt durch jeden Punkt in jeder Sekunde eine Ladung von 10 Coulomb; diese muß also, um  $H = 2\pi$  zu erzeugen, in einer Sekunde  $2\pi$  cm zurücklegen. Also genügt es für  $H = 1$ , wenn sie 1 cm/sec. zurücklegt.

Wird eine kleinere Ladungseinheit gewählt, so muß die Geschwindigkeit entsprechend erhöht werden. Das Verhältnis der elektromagnetischen Ladungseinheit von 10 Coulomb zur statischen Ladungseinheit ist also die Geschwindigkeit, womit letztere bewegt werden muß, um dieselbe magnetische Wirkung hervorzubringen, wie erstere bei der Geschwindigkeit 1 cm/sec. Diese Geschwindigkeit beträgt nach obigem Versuch  $3 \cdot 10^{10}$  cm/sec.

Hieran schlossen sich die üblichen Ausblicke.

### 7. Ein Wunsch an Lichtbildverleger.

Bei dieser Gelegenheit und mancher ähnlichen vermißt man gute Abbildungen derjenigen Versuchsanordnungen ersten Ranges, auf welchen unsere Überzeugungen in Wirklichkeit ruhen. Hier beispielsweise die nun zu erwähnenden ROWLAND-RÖNTGEN-EICHENWALD-Versuche über magnetische Wirkung mechanisch bewegter Ladungen. Ebenso steht es mit allen im ersten Band von LAUES Relativitätstheorie behandelten und mit mehreren der in PERRINS „Die Atome“ zusammengestellten. Der einzige bedeutende Physiker, dessen Versuchsanordnungen auch in den Einzelheiten häufig abgebildet werden, sofern es sich um hohe Genauigkeit handelt, scheint REGNAULT zu sein. Vielleicht veranlaßt diese Anregung einen Fachmann, eine Sammlung von Lichtbildern (in Amerika würde man wohl gleich zu Filmen greifen) für den in Rede stehenden Zweck zu unternehmen.

## Graphische Rechentafel für den Zustand von Gasen.

Von P. Luckey in Elberfeld.

Die nebenstehende graphische Tafel stellt den Zustand des idealen Gases, des Wasserstoffs und der Kohlensäure dar. Man kann aus ihr für Temperaturen bis  $500^\circ$  abs. und Drucke bis 1000 Atm. das Volumen eines Mol jedes dieser Gase bequem ablesen, und zwar mit ziemlicher Genauigkeit, falls die Drucke höhere Werte haben. (Für geringere Drucke wäre eine besondere Rechentafel möglich.) Die notwendigen Erklärungen sind der Tafel beigeschrieben. Für das ideale Gas ist die Zustandsgleichung  $p \cdot v = 82,09 \cdot T$  zugrunde gelegt, für die beiden anderen Gase die Formel von van der Waals. Zur Erläuterung sollen folgende Aufgaben gelöst werden:

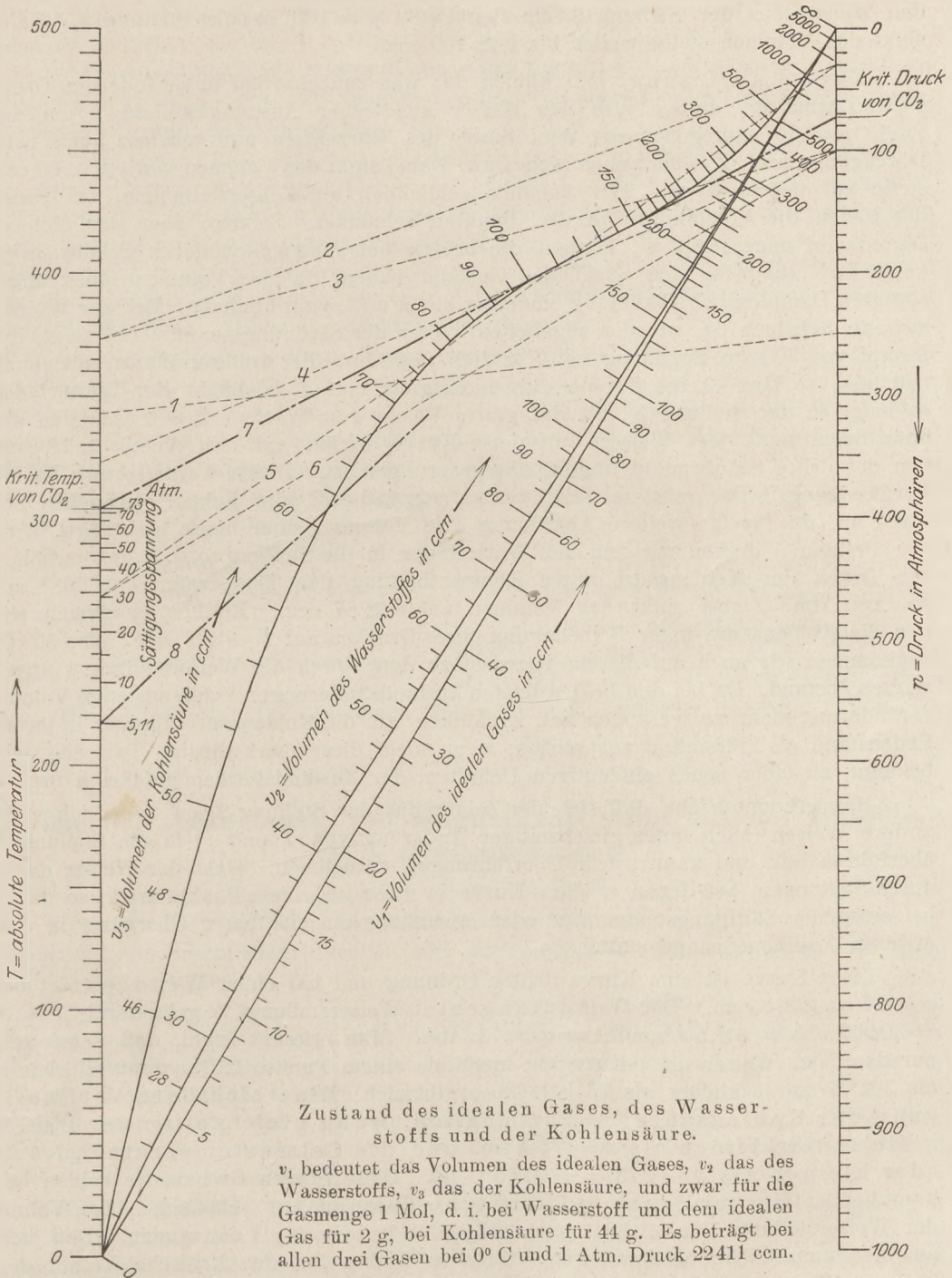
1. Welche Volumina haben 1 Mol  $\text{CO}_2$ , 1 Mol  $\text{H}_2$  und 1 Mol des idealen Gases bei  $70^\circ \text{C}$  und 250 Atm. Druck?

Auflösung: Man verbindet den Punkt  $t = 70$ , also  $T = 343$  mit dem Punkte  $p = 250$  durch eine Gerade. Eine solche Gerade, die den Zustand des Gases anzeigt, wollen wir den Zeiger oder Weiser nennen. Man braucht sie nicht zu ziehen, sondern hält einen schwarzen Faden gespannt über die Tafel. Dieser Weiser (Stellung 1) gibt folgende Lösungen: für  $\text{CO}_2$ :  $v = 73$  ccm, für  $\text{H}_2$ :  $v = 130$  ccm, für das ideale Gas:  $v = 113$  ccm.

2. Kohlensäure von  $100^\circ \text{C}$  ( $= 373^\circ$  abs.) und 30 Atm. Druck soll in solche von  $50^\circ \text{C}$  ( $= 323^\circ$  abs.) und 100 Atm. Druck übergeführt werden.

Erste Auflösung: Die Weiserstellung 2 gibt den Ausgangszustand an. Das Mol  $\text{CO}_2$  hat das Volumen  $v \approx 1000$  ccm. Wir erhöhen nun unter Konstanthaltung der Temperatur den Druck auf 100 Atm., d. h. wir drehen den Weiserfaden um den Punkt  $T = 373$  aus der Stellung 2 in die Stellung 3. Bei dieser Zusammendrückung sinkt das Volumen stetig von  $v \approx 1000$  ccm auf  $v \approx 210$  ccm. Dann kühlen wir das Gas bei unverändertem Druck auf  $50^\circ \text{C}$  oder  $T = 323^\circ$  abs. ab, d. h. wir drehen





Formel: Für das ideale Gas:  $p \cdot v = 82,09 \cdot T$ ,  
für die beiden anderen Gase:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right) (v - b) = 82,09 \cdot T \text{ (van der Waals' Formel)}$$

mit  $\left. \begin{matrix} a = 0,19 \cdot 10^6 \\ b = 23 \end{matrix} \right\}$  für H<sub>2</sub>,  $\left. \begin{matrix} a = 3,61 \cdot 10^6 \\ b = 42,8 \end{matrix} \right\}$  für CO<sub>2</sub>.

Zeigerstellung 7: Kritischer Punkt, Zeigerstellung 8: Dreifacher Punkt der Kohlensäure.

den Weiser aus der Stellung 3 um den Punkt  $p = 100$  in die Stellung 4. Dabei sinkt das Volumen stetig weiter bis  $v \approx 100$  ccm.

Zweite Auflösung: Wir kühlen das Gas zunächst bei unverändertem Druck  $p = 30$  Atm. ab, drehen also den Weiser aus seiner Ausgangsstellung 2 um den Punkt  $p = 30$  entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers und machen auch beim Durchgang durch  $T = 323^\circ$  noch nicht Halt. Dabei sinkt das Volumen von  $v \approx 1000$  ccm stetig auf tiefere Werte. Wir kommen schließlich auf Zeigerstellungen, bei denen der Faden die Volumkurve in drei Punkten schneidet. Solange aber der Kohlendampf ungesättigt ist, können die beiden neu hinzugekommenen Schnittpunkte keine Bedeutung für den wirklichen Zustand haben, da das Volumen eines ungesättigten Dampfes bei Abkühlung eindeutig bleibt und stetig abnimmt. Bei der Weiserstellung 5 jedoch ist, wie die angeheftete Leiter der Sättigungsspannungen zeigt, der Dampf von 30 Atm. Spannung bei  $T \approx 268^\circ$  gesättigt. Bei weiterer Wärmeentziehung tritt also so lange keine Temperaturniedrigung ein (d. h. bleibt der Weiserfaden so lange in der Stellung 5), bis das ganze Volum vom Werte  $v \approx 600$  ccm, den der erste Schnittpunkt des Weisers mit der  $v$ -Kurve angibt, auf den Wert  $v \approx 78$  ccm, den der dritte Schnittpunkt angibt, überggesprungen ist. Dieser Volumsprung ist die Verflüssigung. (Der mittlere Schnittpunkt  $v \approx 110$  ccm gibt keinen wirklichen Zustand an, da für ihn weitere Abkühlung eine Volumzunahme nach sich zöge. Aus der Stellung 5 drehen wir nun den Weiserfaden in die Stellung 6, d. h. wir erhöhen den Druck der Kohlensäure unter Konstanthaltung der Temperatur  $T \approx 268^\circ$  auf  $p = 100$  Atm. Dabei sinkt das Volumen auf  $v \approx 67$  ccm. Endlich erwärmen wir nun die Kohlensäure unter Beibehaltung ihres Druckes auf  $T = 323^\circ$  abs., also  $50^\circ$  C. So kommen wir auch auf diesem Umwege zu dem durch die Weiserstellung 4 angezeigten Zustand. Da bei den beiden letzten Zustandsänderungen keine un stetige Volumveränderung mehr stattgefunden hat, so müßten wir die Kohlensäure diesmal in ihrem Endzustand als Flüssigkeit ansprechen, wenn nicht diese merkwürdige Tatsache, wie bekannt, zu einer neuen eindeutigen Definition der Zustandsformen geführt hätte.

Man erkennt leicht, daß sich der Zeiger aus der Stellung 2 auf unendlich viele andere Weisen (auch unter gleichzeitiger Änderung von  $T$  und  $p$ ) in die Stellung 4 überführen läßt und kann solche Überführungen vornehmen. Geht der Weiser dabei durch Stellungen, bei denen er die  $v$ -Kurve in mehr als einem Punkte trifft, so findet bei erreichter Sättigungstemperatur oder -spannung ein sichtbarer Übergang in den anderen Aggregatzustand statt.

Die  $v$ -Kurve ist eine Kurve dritter Ordnung und hat einen Wendepunkt bei  $v = 3b = 128,4$  ccm. Die Wendetangente (Weiserstellung 7) geht durch  $T = \vartheta = 304,5$  abs. =  $31,5^\circ$  C und  $p = \pi = 73$  Atm. Man erkennt leicht, daß dann und nur dann der Weiser die  $v$ -Kurve in mehr als einem Punkte trifft, wenn  $T$  kleiner als  $304,5$  und  $p$  kleiner als 73 ist. So ergibt sich: Eine sichtbare Verflüssigung der Kohlensäure ist nur möglich, wenn gleichzeitig der Druck gleich oder kleiner als  $\pi = 73$  Atm. und die Celsiustemperatur gleich oder kleiner als  $\vartheta - 273 = +31,5^\circ$  C ist. Diese oberen Grenzwerte heißen bekanntlich kritischer Druck und kritische Temperatur. Das zugehörige Volum der Weiserstellung 7,  $v = 128,4$  ccm müßte das kritische Volum sein. Daß sich aus der unmittelbar bestimmbar kritischen Dichte für das kritische Volum der kleinere Wert  $\varrho = 95$  ccm ergibt, sei hier nur erwähnt.

Das Rechenblatt, eine Fluchtentafel<sup>1)</sup>, entspricht dual der bekannten Zustands-  
tafel in Form einer kartesischen Kurventafel (vgl. z. B. GRIMSEHL, Lehrb. d. Phys., 2. Aufl., S. 353, HÖFLER, Physik, S. 899). Die Fluchtentafel hat vor der Kurventafel folgende Vorzüge:

<sup>1)</sup> Vgl. Luckey, Einführung in die Nomographie. 2 Teile. Math.-Phys. Bibl. Bd. 28 u. 37.



1. Die Zahlenwerte für einen beliebigen Zustand lassen sich bequemer und genauer ablesen.

2. Das Berechnen und Zeichnen der Tafel erfordert weniger Arbeit, da für ein Gas nicht eine Schar von unendlich vielen Kurven, sondern nur eine einzige Kurve zu berechnen und zu zeichnen ist.

3. Auf einem Blatt läßt sich das Zustandsgesetz für mehrere Gase darstellen, so daß die Abweichungen der Gase vom idealen Gas und voneinander anschaulich hervortreten. (Man sieht, wie die Gase sich für höhere Volumina in ihrem Zustand mehr und mehr dem des idealen Gases nähern.) In die Figur ließe sich z. B. auch noch die Kurve für Stickstoff einzeichnen, die zwischen diejenigen für Wasserstoff und Kohlensäure fallen würde, ferner z. B. die Kurve für Schwefeldioxyd, die noch über die Kurve für Kohlendioxyd hinausbiegen würde.

Die Darstellung in dieser Form ist nicht an die Gültigkeit der Formel von van der Waals gebunden, sondern stets möglich, wenn das betreffende Gesetz in bezug auf  $T$  und  $p$  linear ist. Auch aus empirisch gewonnenen Zahlen für die Zustände ließe sich die  $v$ -Kurve zwischen zwei parallelen, gleichförmigen Leitern für  $T$  und  $p$  durch Schnitte von Weiserstellungen erzielen.

Die Tafel wurde auf Millimeterpapier in rechtwinkligen Koordinaten  $x$  und  $y$  nach folgenden Angaben gezeichnet:

$$\begin{aligned} T\text{-Leiter: } x &= 0, & y &= 0,8 \text{ mm} \cdot T \\ p\text{-Leiter: } x &= 240 \text{ mm}, & y &= 0,4 \text{ mm} (1000 - p) \\ v\text{-Leiter: } x &= 240 \text{ mm} - \frac{9850,8}{v - b + 41,045} \text{ mm}, & y &= \frac{\left(400 + \frac{a}{v^2}\right) (v - b)}{v - b + 41,045} \text{ mm}. \end{aligned}$$

Die Leiterteilung für das ideale Gas wird leicht projektiv erzeugt.

## Über das Aufnehmen von Magnetkraftlinien mit der Bussole.

Von Dr. R. Reinicke in Danzig.

Obwohl über diesen Gegenstand bereits wiederholt ausführlich berichtet worden ist, hoffe ich doch mit den folgenden Ausführungen, die sich im wesentlichen an HERMANN HAHN anschließen, daneben aber auch Gedanken von NOACK weiter verfolgen, einiges Neue zu bieten.

Zu Beginn der ersten Übungsstunde erhält jeder Schüler zwei Bogen billiges Konzeptpapier ausgehändigt, die er sogleich mit seinem Namen versieht. Die Seiten werden durchnummeriert von 1 bis 4 bzw. 5 bis 8. Alles, was der Arbeitende an eisernen Gegenständen an sich trägt — Schlüssel, Messer, Uhr, Eisengeld usw. — wird als störend abgelegt. Alsdann werden die Bussolen ausgehändigt, deren Einrichtung und Handhabung an der Tafel erläutert wird. Wir benutzen seit Jahren solche, wie HAHN sie beschreibt.

Hierauf wird Seite 1 des Papiers mit 4 Reißstiften so auf dem Tisch festgemacht, daß die Richtung der Nadel mit der Längsrichtung des Blattes zusammenfällt. Die (ungefähren) Himmelsrichtungen werden mit deutschen Buchstaben eingetragen, um bei späterem Vergleichen die Orientierung zu erleichtern. Sodann erfolgt die Aufnahme der Kraftlinien des Erdfeldes, so wie HAHN des näheren ausführt, als Vorübung. Jede Kraftlinie wird ihrem Richtungssinn entsprechend mit einem Pfeil versehen. Da man wohl in den meisten Fällen genötigt sein wird, mit eisernen Reißzwecken zu arbeiten, entfernt man vorübergehend immer diejenige, die sich der Bussole am nächsten befindet. Das erhaltene Bild wird im Übungsheft kurz aufgezeichnet (Fig. 1).

Hiernach schreitet man auf Seite 4 zur Untersuchung des Feldes in der Umgebung eines einzelnen Nordpols. Der Bogen wird jetzt senkrecht zur Richtung des magnetischen Erdmeridians fixiert, um die vorhandene Fläche nach Möglichkeit auszunutzen. Zwecks nachträglicher Wiedereinbringung in die richtige Lage beim Zeichnen werden die geographischen Hauptrichtungen wieder eingetragen. Die Schüler ermitteln an den hierauf ausgeteilten Stabmagneten — wir benutzen solche von 15 cm Länge und 1 qcm quadratischem Querschnitt — die Art der Pole und stellen den Magnet mit dem als Nordpol erkannten Ende so in der Mitte des Papiers auf, daß die beiderseitigen Ränder einander parallel verlaufen. Eines besonderen Gestelles, wie NOACK es bei seinen entsprechenden Versuchen mit den viel weniger empfindlichen Eisenfeilspänen benötigt, bedarf es hierzu nicht. Der Pol selber wird umrändert, damit man ihn leicht wieder in dieselbe Lage bringen kann für den bei einiger Vorsicht übrigens nur sehr seltenen Fall, daß der Magnet umgeworfen werden sollte. Sodann verfolgt man die von den vier Ecken ausgehenden Kraftlinien über das ganze Papier hinweg und versieht sie ihrem Richtungssinn entsprechend mit Pfeilen. Hierbei habe ich in den verschiedensten Klassen immer wieder beobachtet, daß die Schüler im höchsten Grade überrascht sind,

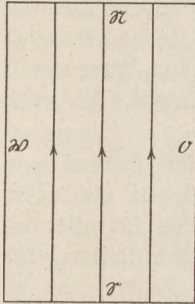


Fig. 1.

wenn sie sehen, daß die Kraftlinien keinen gleichmäßig strahlenförmigen Verlauf nehmen, sondern nach einer Richtung abgelenkt erscheinen. Anfänglich glaubt man wohl an Störungen durch in der Nähe befindliche Eisenteile. Beim weiteren Fortschreiten der Arbeit merken indessen die intelligenteren Schüler sehr bald, daß hier das Erdfeld störend wirkt: die von dem Magnetnordpol ausgehenden Kraftlinien zeigen die Tendenz, zum Erdsüdpol hinzulaufen. Es tritt demzufolge Symmetrie nur zum magnetischen Meridian auf. Die etwas schneller arbeitenden Schüler verfolgen noch die den Schmalseiten des Papiers zugekehrten Mittelkraftlinien als besonders charakteristisch. Das erhaltene Bild wird zum Schluß — ohne die wegen der Größe der Bussolen tatsächlich erhaltenen Knicke — kurz skizziert (Fig. 2).

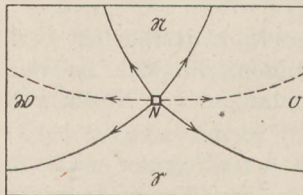


Fig. 2.

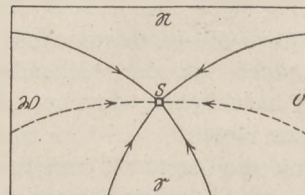


Fig. 3.

Auf Seite 5 wird bei ebenfalls quer liegendem Bogen das von einem Südpol herrührende bei NOACK so genannte „unipolare“ Feld in ganz entsprechender Weise aufgenommen und skizziert (Fig. 3). Die Schüler sind jetzt nicht mehr erstaunt über das einseitige Umbiegen der Kraftlinien. Seite 5, neben Seite 4 gelegt, zeigt deutlich den Einfluß der Erdpole.

Hierauf bringt man die Seite 8 in die Richtung des erdmagnetischen Meridians, fixiert sie und läßt in der Mitte der Schmalseiten von Norden her einen Nordpol, von Süden her einen Südpol (in diesem Falle legt man die beiden Magnete am bequemsten auf den Tisch) ein wenig auf das Papier hereinragen. Die Lage der Pole wird wieder durch Umrändern festgelegt. Wenn eine größere Anzahl von Schülern gleichzeitig arbeitet — in einer Klasse beschäftigte ich deren 17 an zwei langen, angenähert in der Ost-West-Richtung stehenden, übrigens nach HAHNS Forderung vollständig eisenfreien Tischen —, so ist dafür Sorge zu tragen, daß die vielen



Magnete sich nicht gegenseitig stören. Es läßt sich dies leicht in der Weise bewerkstelligen, daß je zwei Schüler in der Richtung des magnetischen Meridians einander gegenüber sitzen. Bei dieser Anordnung stoßen nämlich immer je zwei ungleichnamige Pole in der Tischmitte zusammen. Interessant ist es, hierbei nicht nur die Eckkraftlinien zu verfolgen, sondern auch mehrere der dazwischen verlaufenden. Man erhält so das folgende zu skizzierende Bild (Fig. 4). Durch Danebenlegen von Seite 1 ergibt sich, daß sich in der Mitte ein angenähert homogenes Feld befindet, das aber die genau entgegengesetzte Richtung hat wie das Erdfeld.

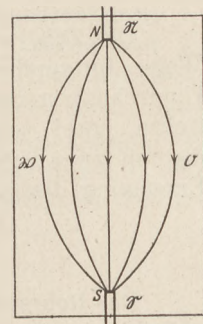


Fig. 4.

Hiernach nimmt man auf der Doppelseite 2/3 das Feld zwischen zwei gleichnamigen Polen auf. Der Bogen wird dabei so fixiert, daß der Knick in die Richtung des magnetischen Meridians fällt. An den Knickenden läßt man die Pole ein wenig hereinragen. Bei je zwei im magnetischen Meridian gegenüber sitzenden Schülern kann man ähnlich wie vorhin die abgewendeten Pole dadurch unschädlich machen, daß man den einen zwei Nordpole, den anderen zwei Südpole nehmen läßt. Hierbei zeigt sich wieder sehr schön der Einfluß der Erdpole (Fig. 5 und 6). Natürlich wird man das Seite 8 (Fig. 4) erhaltene Bild daneben legen und im Anschluß daran auf den Zug längs den Kraftlinien, den Druck quer zu ihnen hinweisen.

Auf der verbliebenen Doppelseite 6/7 endlich läßt man ein vollständiges Magnetfeld aufnehmen und bringt zu dem Zweck den Knick in die Richtung des magnetischen Meridians. Der Magnet selber kommt in der Mitte des Bogens senkrecht zum Knick

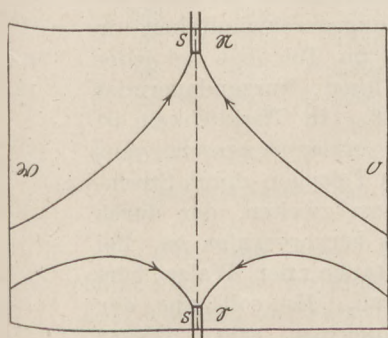


Fig. 5.

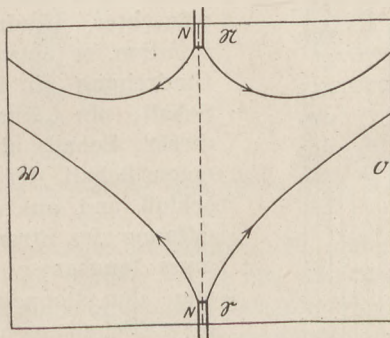


Fig. 6.

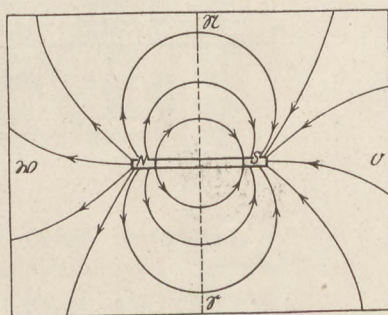


Fig. 7.

zu liegen. Auch hier zeigt sich, worauf auch HAHN hinweist, an den Eckkraftlinien insbesondere sowie an den zwischen ihnen entspringenden Stirnkraftlinien die Tendenz, nach den ungleichnamigen Erdpolen umzubiegen, so daß Asymmetrie in bezug auf die magnetische Achse auftritt (Fig. 7). Die zum eigenen ungleichnamigen Pol hinüberziehenden Kraftlinien kann man bei Verwendung größerer Bussolen nicht besonders schön verfolgen.

Hier leistet das Sichtbarmachen durch Eisenfeilspäne weit mehr und hat ergänzend einzutreten. Ebenso habe ich gefunden, daß man die Beeinflussung eines Magnetfeldes durch darin befindliches Eisen am besten nur mit Feilspänen zeigt.

Die beschriebenen Übungen lassen sich in zwei Doppelstunden bequem erledigen.

## Schulversuch zur direkten Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in gasförmigen, flüssigen und festen Körpern.

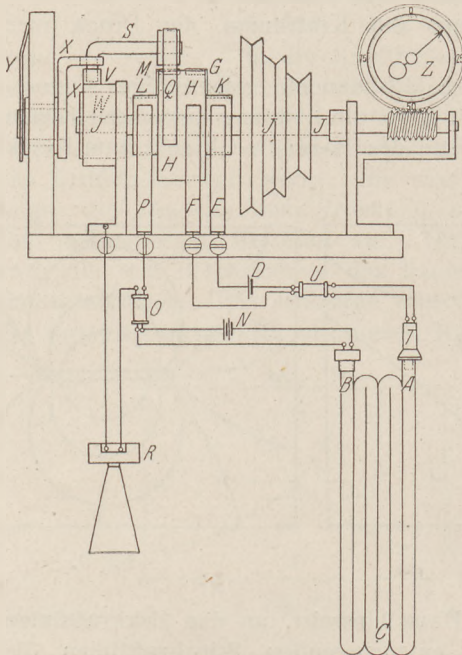
Von Dr. J. Brockmüller in Hamburg (O.-R. St. Georg).

### Prinzip der Methode:

Die Zeit, welche der Schall benötigt, sich längs eines vorgeschriebenen kleinen Weges fortzupflanzen, wird durch eine rotierende Walze von bekannter sekundlicher Umdrehung gemessen. Diese Hartgummiwalze trägt auf ihrem Umfange, parallel der Achse, zwei voneinander getrennte, mit zwei Schleifringen verbundene Lamellen, die mit zwei Schleiffedern elektrischen Kontakt geben. Der eine Kontakt wird zur Erzeugung des Schalles, der andere zum Empfang desselben verwandt.

### Beschreibung der Versuchsanordnung:

Das Rohrsystem aus Pappe *ABC* von etwa 3 cm Durchmesser und 5,85 m Länge stellt den vom Schall zu durchlaufenden Weg dar. Bei *A* wird der Schall erzeugt



durch das Telephone *T*, welches mit der Induktionsspule *U*, dem Akkumulator *D*, der Schleiffeder *E* und der Schleiffeder *F*, über Lamelle *G*, wie es die Figur zeigt, verbunden ist. Setzt man also die Walze *H* mit den seitlichen Schleifringen *K* und *L* mit Hilfe eines Motors, einer dünnen Drahtspirale und der Stufenscheibe je nach gewünschter Umdrehungsgeschwindigkeit in Rotation, so entsteht im Telephone bei jeder Umdrehung ein kräftiger, kurzandauernder Schall, ein „Knack“. In Wirklichkeit ist dieser Schall aber zusammengesetzt aus einem Schall, der im Telephone durch Stromschluß und aus einem zweiten, der durch Öffnung des Stromes hervorgerufen ist. Bei ganz langsamer Rotation der Walze hört man den Doppelschall. Es soll nur der erste Schall von Interesse sein. Dieser Schall trifft am Ende seines Weges auf das Mikrophon bei *B*, das mit der Batterie *N* und dem Primärkreis der Induktionsspule *O* in Reihe liegt. Der Sekundärkreis von *O* ist mit der Schleiffeder *P* über Schleifring

*L* und Lamelle *M* und über die verstellbare Schleiffeder *Q* mit dem lautsprechenden Telephone *R* in leitender Verbindung. Das Zählwerk *Z* ermöglicht mit Hilfe einer Uhr die sekundliche Umdrehungszahl der Walze zu bestimmen. Die verstellbare Schleiffeder *Q* ist durch den Bügel *S* mit der Metallhülse *V* verbunden, die sich um das Achsenlager *W* drehen läßt. Dreht man also den Zeiger *Y*, der sich über eine Winkelskala bewegt, im Rotationssinne, so bewegt man einen zweiten oben gegabelten Bügel *XX*, der auch *S* mitnimmt und damit auch die Schleiffeder *Q*. Bei Parallelstellung von *Q* und *F* zeigt *Y* auf der Skala  $0^{\circ}$ ; jede Verstellung von *Q* wird von *Y* in Graden angegeben.



Ausführung eines Versuches zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit  
in Luft von Zimmertemperatur:

Nachdem  $Y$  auf  $0^\circ$  gedreht worden ist,  $Q$  und  $F$  also parallel stehen, setzt man die Walze in Rotation und bestimmt mit Zählwerk und Uhr die Umdrehungen pro Sekunde. Im lautsprechenden Telephon  $R$  ist nichts zu hören, weil die Lamelle  $M$  sich während der Zeit, die der Schall zum Durchlaufen des Rohrsystemes benötigt, um einen gewissen Winkel gedreht und mit  $Q$  keinen Kontakt hat. Nun dreht man  $Y$  und damit auch  $Q$  solange, bis in  $R$  das „Knacken“ laut hörbar ist. Würde man  $Y$  noch weiter drehen, so würde auch das „Knacken“ in  $R$  wieder verschwinden, weil jetzt die Zeit, die  $M$  gebraucht, um vom Kontakt in Parallelstellung der Federn zum Kontakt in augenblicklicher Stellung von  $Q$  zu gelangen, größer ist, als diejenige, die der Schall benötigt, um von  $A$  nach  $B$  zu kommen. Aus dem Drehungswinkel  $\alpha$ , der Umdrehungszahl  $u$  pro Sekunde und dem Schallwege  $s$  folgt die Schallgeschwindigkeit  $v$  in Luft aus nachstehender Gleichung:

$$v = \frac{360 \cdot u \cdot s}{\alpha}$$

Bei einer Versuchsserie ergaben sich folgende Werte:

$\alpha^\circ$	$u$	$s_m$	$v_m$	$\alpha^\circ$	$u$	$s_m$	$v_m$
162	26,7	5,852	347	234	36,8	5,852	331
126	20,5	5,852	343	165	27,3	5,852	348
68	10,6	5,852	330	205	31,5	5,852	324
115	18,0	5,852	330	144	22,8	5,852	334
160	24,0	5,852	316	250	38,1	5,852	322
76	12,2	5,852	338	165	25,5	5,852	328
145	23,0	5,852	334	75	12,0	5,852	338
159	24,5	5,852	324	145	22,8	5,852	331
200	31,6	5,852	333	85	13,3	5,852	330
222	33,4	5,852	317	115	18,2	5,852	333

Als Mittelwert ergab sich  $v$  in Luft bei etwa  $15^\circ$  zu 333,5 m.

Will man ferner die Schallgeschwindigkeit in anderen Gasen bestimmen, so leitet man das betreffende Gas seitlich bei  $A$  ein und bei  $B$  wieder aus, unterhält also während des Versuches einen langsamen Gasstrom von  $A$  nach  $B$ . Die Strömungsgeschwindigkeit des Gases ist der Schallgeschwindigkeit gegenüber zu vernachlässigen. Verfasser hat für Kohlensäure und Wasserstoff folgende Werte erhalten:

$\text{CO}_2$   $T = 10^\circ$

$\alpha^\circ$	$u$	$s_m$	$v_m$
181	22,6	5,852	263
90	11,8	5,852	275
150	19,2	5,852	269

Der Mittelwert  $v_{\text{CO}_2} = 269$  m.

$\text{H}_2$   $T = 20^\circ$

$\alpha^\circ$	$u$	$s_m$	$v_m$
30	18,0	5,852	1264
51,5	30,6	5,852	1250
62	37,2	5,852	1261

Der Mittelwert  $v_{\text{H}_2} = 1258$  m.

Allgemeines:

Für Gase ist dieser Versuch objektiv, d. h. das Telephon  $R$  spricht so laut, daß sämtliche Schüler einer Klasse das Auftreten des Schalles in  $R$  hören können, vorausgesetzt, daß man über Motor und Zeitbestimmungsapparat einen Pappekasten

stülpt. Der Wechselstromimpuls, der in  $R$  den Schall erzeugt, ist so stark, daß man an Stelle des Telephones einen Oszillographen setzen kann, der die richtige Stellung von  $Y$  durch das Auftreten von Schwingungen des Lichtzeigers zu erkennen gibt. Eine weitere Möglichkeit, den Drehungswinkel  $\alpha$  mit Hilfe des Auges einzustellen, bietet die Flammenkapsel von KÖNIG. Man verbindet sie sinngemäß mit  $R$  und beobachtet im rotierenden Spiegel die Flammenbilder.

Anders ist es bei der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in flüssigen und festen Körpern. Bei diesen Versuchen muß man das Telephon  $R$  dicht ans Ohr bringen, um die richtige Stellung von  $Y$  finden zu können. Der Wechselstromimpuls ist schwach. Es ist zur Ausführung einer derartigen Bestimmung ferner nötig, das zu untersuchende Mittel zwischen Telephon  $T$  und Mikrophon zu bringen, sei es in Form eines runden, massiven Stabes, der an einem Ende dicht aufsitzend das Telephon  $T$  und am anderen das Mikrophon trägt, oder sei es, wie z. B. bei Wasser, daß man das Telephon  $T$  mit einem Schalltrichter versieht, der ins Wasser taucht und das Mikrophon auf einem Holzbrettchen, Membran, parallel der Wasseroberfläche und ihr zugekehrt, schwimmen läßt. Auch in Röhren lassen sich Flüssigkeit einschließen und zweckentsprechend zwischen  $T$  und Mikrophon bringen. Als Schallwege für feste Körper eignen sich gespannte Drähte oder Fäden. Schließlich braucht man nur Telephon und Mikrophon mit schwachem Druck gegen die Zimmerwand zu halten oder auf den Tisch zu setzen, Membran parallel der Oberfläche, um die Schallgeschwindigkeiten in der Wand (Mauerwerk) und im Tische (Holz) zu ermitteln.

Ohne Schwierigkeit läßt sich mit dem Zeitbestimmungsapparat eine sekundliche Umdrehungszahl gleich 60 erzielen. Verstellt man also  $Y$  um  $30^\circ$ , so ergibt sich  $1/720$  Sekunde, so daß der Schallweg bei Wasser etwa 2 m wäre, eine relativ kleine Weglänge. Bei Metallen ist die Weglänge etwa 8 m unter gleichen Umständen.

Verfasser hat seine Versuche in bezug auf flüssige und feste Körper noch nicht abgeschlossen, hält aber jetzt schon eine weitere Verminderung des Schallweges für möglich.

Da dieser Versuch ein Schulversuch sein soll, so ist auf etwaige Korrekturen des Versuchsergebnisses keine Rücksicht genommen, da sie für die Schreibe kaum in Betracht kommen und das Resultat nicht wesentlich ändern würden.

## Reaktionsschemata der Elemente in der anorganischen Chemie.

Von Dr. Christoph Schwantke in Berlin-Pankow.

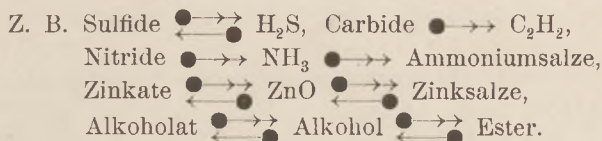
Im folgenden soll an der Hand von zwei Beispielen über ein während vieler Jahre bewährtes Unterrichtshilfsmittel kurz berichtet werden, über die graphische Darstellung der Reaktionsgruppen Säure-Base-Salz und Oxydation-Reduktion.

Jeder Unterricht stellt das Freimachen von  $\text{HCl}$  aus  $\text{NaCl}$  in Parallele mit dem von  $\text{H}_2\text{S}$  aus  $\text{FeS}$ ; chemisch sind aber auch das Freimachen von  $\text{C}_2\text{H}_2$  aus  $\text{CaC}_2$ , von  $\text{NH}_3$  aus  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ , von  $\text{PH}_3$  aus  $\text{Ca}_3\text{P}_2$  usw. parallele Vorgänge. Es wird in allen Fällen ein Metalloidwasserstoff aus seiner Metalloxydverbindung freigemacht, was in allen Fällen eine Säure leisten kann; die Parallele drückt sich ja schon in der Nomenclatur aus: Nitrid, Chlorid, Carbid... Daß die umgekehrte Salzbildung mit Basen nicht in allen Fällen gelingt, ist dann eine Sache für sich, die gesondert gemerkt werden muß.

Ich stelle die hier gemeinte Gruppe von Vorgängen durch Pfeile dar, und zwar bedeutet

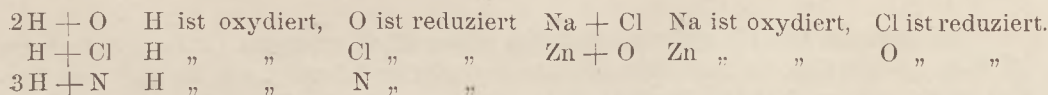
- → „durch Säuren (ev. schon durch Wasser) zu verwandeln in“,
- ← ● „durch Basen zu verwandeln in“.



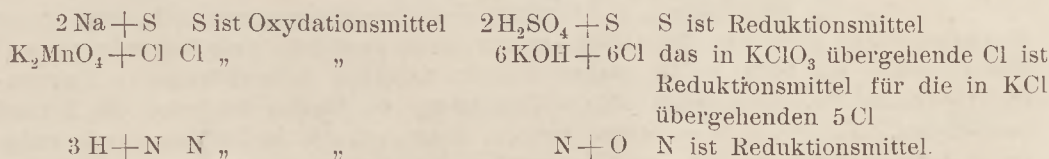


Als Definition ergibt sich: Base, Säure, Salz bilden eine Begriffsgruppe, die nur durch sich selbst definiert werden kann in der Weise: ein Stoff reagiert als Säure, wenn er mit einer geeigneten Base ein Salz bildet, ein Stoff reagiert als Base, wenn er mit einer geeigneten Säure ein Salz bildet, ein Stoff ist ein Salz, wenn er aus Base und Säure entstehen kann und aus ihm sich durch Säuren die Säure, durch Basen die Base zurückgewinnen läßt; die Übertragung der Begriffsgruppe auf die Erfahrung geschieht so, daß die seit alters als Säuren und Basen bezeichneten Stoffe, z. B.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und  $\text{NaOH}$ , diese Namen behalten.

Entsprechend ergibt sich für Oxydation und Reduktion die Definition: Die Begriffe Oxydation, Oxydationsmittel, Reduktion und Reduktionsmittel bilden eine Begriffsgruppe, die nur durch sich selbst definiert werden kann, in der Weise: jeder überhaupt darunter fallende Vorgang ist gleichzeitig eine Oxydation und eine Reduktion, der oxydierte Bestandteil ist das Reduktionsmittel für den anderen, der reduzierte das Oxydationsmittel für den anderen. Ein durch Oxydation erzwungener Vorgang kann durch Reduktion wieder rückgängig gemacht werden, ein durch Reduktion erzwungener durch Oxydation. Wenn ein Vorgang durch Reduktion rückgängig gemacht werden muß, dann ist er eine Oxydation, muß er durch Oxydation rückgängig gemacht werden, dann ist er eine Reduktion. Die Übertragung der Begriffsgruppe auf die Erfahrung geschieht so, daß die seit alters als Oxydation bezeichnete Verwandlung eines Elementes in sein Oxyd ihren Namen behält. Beispiele: der Übergang von Wasserstoff in gebundenen Zustand ist eine Oxydation, denn er wird durch Reduktionsmittel rückgängig gemacht ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn}$ ,  $\text{H}_2\text{O} + \text{Na}$ ), der Übergang von O in gebundenen Zustand ist eine Reduktion, denn er kann durch Oxydationsmittel rückgängig gemacht werden ( $\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}$ ), also



Der Übergang eines Nichtmetalls in gebundenen Zustand kann mithin sowohl eine Reduktion als eine Oxydation sein, der entsprechende von Metallen ist stets eine Oxydation. Metalle sind daher Reduktionsmittel, Nichtmetalle haben Doppelcharakter, z. B.



Natürlich dürfen die Definitionen nicht an den Anfang gestellt werden, man wendet die Begriffe an und läßt, wenn genügend Beispiele entwickelt sind, die Definition abstrahieren.

Auch hier habe ich die chemische Übereinstimmung durch gleiche Schreibung gekennzeichnet, ich schreibe die Stoffe untereinander, so daß jeder untere (wenn überhaupt) durch Oxydation aus jedem oberen (Pfeil auf der linken Seite), jeder obere (wenn überhaupt) durch Reduktion aus jedem unteren erhalten werden kann (Pfeil möglichst auf der rechten Seite). Es besteht für diese Darstellung kein Unterschied zwischen Säure und Säureanhydrid, zwischen basischem Hydroxyd und Oxyd. Die Schulchemie des Schwefels wird in folgendem Schema zusammengefaßt.

## Sulfide.

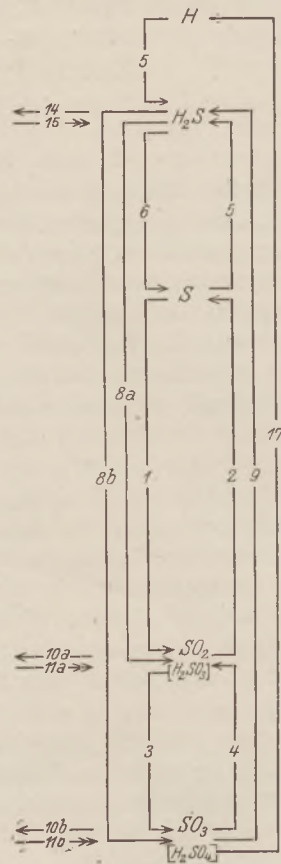
$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{NaHS}$ , beide weiß.  
 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  und  $\text{NH}_4\text{HS}$ , in Lösung.  
 $\text{FeS}$  schwarz<sup>1)</sup>, Ndschl. braun, Magnetkies.  
 $\text{FeS}_2$  gelb, Schwefelkies.  
 $\text{PbS}$  schwarz, Ndschl. grau, Bleiglanz.  
 $\text{ZnS}$  weiß, Ndschl. dunkel, Blende.  
 $\text{CuS}$  schwarz, Ndschl.  
 $\text{CuFeS}_2$  gelb, Kupferkies.

## Sulfite.

$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , weiß.  
 $\text{NaHSO}_3$ , in Lösung.  
 $\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , weiß.

## Sulfate.

$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , beide weiß.  
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , weiß, Gips, auch Ndschl.  
 $\text{BaSO}_4$  weiß, Schwerspat, auch Ndschl.  
 $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , weiß, Kieserit.  
 $\text{PbSO}_4$  weiß, Ndschl.  
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , blau.  
 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ , weiß, ein Alaun.



Das Schema enthält mehr als auf den ersten Blick erscheint.  $2\text{Na} + \text{S}$  bedeutet für S eine Reduktion, im Sulfid stecken also reduzierter Schwefel wie im  $\text{H}_2\text{S}$  und oxydiertes Na wie im  $\text{NaOH}$ . Deshalb lasse ich sagen: im Sulfid stecken begrifflich Schwefelwasserstoff und Natronlauge. Das hat erhebliche Vorteile, zuerst: es wird dem Schüler sehr erleichtert, die Salzumsetzungen zu verstehen, z. B. bei  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$  lasse ich schreiben Natriumchlorid + Schwefelsäure

Natriumbase + Salzsäure + Schwefelsäure, man sieht dann, wenn überhaupt etwas geschieht, dann kann es nur darin bestehen, daß Natronlauge und Schwefelsäure ein Salz bilden, daher Natriumchlorid + Schwefelsäure = Natriumsulfat + Salzsäure. Erst wenn so die Umsetzung verstanden ist, wird die Formel geschrieben. Ferner:  $\text{H}_2\text{S}$  verbrennt zu  $\text{SO}_2$ , aber auch der im  $\text{PbS}$  steckende reduzierte Schwefel kann zu  $\text{SO}_2$  oxydiert werden, das drückt sich jetzt so aus: der im Bleiglanz steckende Schwefelwasserstoff wird zu  $\text{SO}_2$  oxydiert, das darin steckende Bleioxyd bleibt zurück. Ferner:  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_2 = 2\text{N} + 2\text{H}_2\text{O}$ , wenn nun  $\text{KNO}_2$  und  $\text{NH}_4\text{Cl}$  Stickstoff entwickeln, so begreift der Schüler, daß die in ihnen steckenden Stoffe Ammoniak und salpetrige Säure aufeinander wirken und die übrigen Kalilauge und Salzsäure  $\text{KCl}$  geben müssen und schreibt die Formel, die er nun wirklich verstanden hat, hin. Ganz so die Reduktion von  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  zu  $\text{Na}_2\text{S}$ , die Oxydation von  $\text{K}_2\text{MnO}_4$  zu  $\text{KMnO}_4$ , auch  $3\text{C} + \text{CaO} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$ , hier bleibt Calciumoxyd unverändert dem Oxydationsgrade nach, C wird zum Teil oxydiert, zum Teil reduziert zu

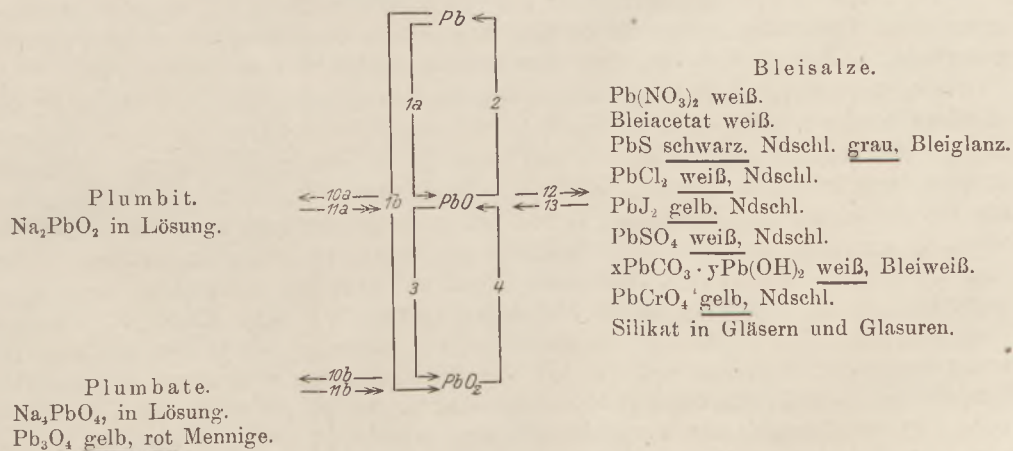
<sup>1)</sup> Unterstrichene Farbenbezeichnung bedeutet die Schwerlöslichkeit des Stoffes in Wasser.



dem in  $\text{CaC}_2$  begrifflich steckenden Acetylen. Die Pfeile des Schwefelschemas meinen daher :

1. Luft, Nitrate und andere Oxydationsmittel oxydieren S zu  $\text{SO}_2$ .
2.  $\text{H}_2\text{S}$  reduziert  $\text{SO}_2$  zu S.
3. Luftsauerstoff (Kontaktverfahren der  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Fabrikation), Stickstoffoxyde (Bleikammerverfahren),  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$  oxydieren  $\text{SO}_2$  zu  $\text{SO}_3$ .
4. Erhitzen von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mit S oder Cu oder C liefert  $\text{SO}_2$ , Kohlenstoff in richtiger Menge reduziert beim Schmelzen ein Sulfat zum Sulfit ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$  bei Glasfabrikation).
5. H reduziert beim Durchleiten durch heißen Schwefel diesen zu  $\text{H}_2\text{S}$ , Metalle (Na, Fe, Mg, Zn . . .) reduzieren S zu dem in den Sulfiden (begrifflich) steckenden  $\text{H}_2\text{S}$ .
6. Sauerstoff oxydiert  $\text{H}_2\text{S}$  zu S schon in der Kälte bei der Lebenstätigkeit gewisser Bakterien (Bildung von Schwefellagern), mit wenig Luft verbrennt  $\text{H}_2\text{S}$  zu S, Halogene,  $\text{KMnO}_4$ , Eisenoxysalze,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{SO}_2$  geben gleiche Oxydation. Manche Oxyde in Sulfiden oxydieren den eigenen  $\text{H}_2\text{S}$  zu S, wenn dieser zu  $\text{SO}_2$  fortbrennen kann, z. B.  $\text{HgS} + 2\text{O} = \text{Hg} + \text{SO}_2$  heißt  $\text{HgO} + \text{H}_2\text{S} = \text{Hg} + \text{H}_2\text{O} + \text{S}$  und  $\text{S} + 2\text{O} = \text{SO}_2$ .
- 8a.  $\text{H}_2\text{S}$  verbrennt zu  $\text{SO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$ , beim Rösten der Sulfide unedler Metalle wird deren  $\text{H}_2\text{S}$  zu  $\text{SO}_2$  oxydiert, die Metalloxyde hinterbleiben. Auch  $2\text{PbO} + \text{PbS} = 3\text{Pb} + \text{SO}_2$ .
- 8b. Ein Niederschlag von  $\text{FeS}$ , mit Brom oder dergleichen behandelt, liefert  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  und  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , so gehen Sulfide oberhalb des Grundwasserspiegels in Sulfatmineralien über (Alaunschiefer — Pseudomorphosen von Brauneisen nach  $\text{FeS}_2$ ), Schwefelbakterien oxydieren  $\text{H}_2\text{S}$  zu  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
9. Sulfate mit genügender Menge von C geschmolzen geben Sulfide (Heparreaktion,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  gibt  $\text{Na}_2\text{S}$  beim Leblancprozeß), faulende organische Substanzen reduzieren Sulfate zu  $\text{H}_2\text{S}$ , von dem dann die Schwefelbakterien leben, lebende Pflanzen bilden aus Sulfaten die  $\text{SH}_2$ -Gruppen ihrer Gewebesubstanzen.
17.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wird zu H reduziert (der gebundene Wasserstoff zu ungebundenem) an der Kathode einer Elektrolyse und durch Metalle wie Zn, diese werden dabei zu Oxyden oxydiert, die sogleich Sulfate geben.
14. Metalloxyde als solche oder in löslichen Salzen geben mit  $\text{H}_2\text{S}$  frei oder in löslichen Sulfiden Sulfide.
15. Geeignete Säuren machen aus Sulfiden  $\text{H}_2\text{S}$  frei. Für 10a, 11a und 10b gilt Entsprechendes.
- 11b. Kieselsäure vermag bei hoher Temperatur  $\text{H}_2\text{SO}_4$  aus Sulfaten in Freiheit zu setzen.

Als weiteres Beispiel möge das Schema von Blei dienen, bei dem sich auch zeigt, wie klar sich die basische, saure oder Doppelnatur eines Oxyds abhebt.



1a. Pb wird zu  $\text{PbO}$  oxydiert beim Schmelzen an der Luft (Bleiglätte), Schwefel oxydiert zu  $\text{PbS}$ ,  $\text{HNO}_3$  zu  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , in Gegenwart von Kohlensäure und Essigsäure oxydiert Luft Blei zu basischem Carbonat, endlich wird bei Entladung eines Bleisammlers die negative Platte zu  $\text{PbSO}_4$  oxydiert.

1b. Bei der Elektrolyse der Schwefelsäure zwischen Bleielektroden wird die Oberfläche der Anode zu  $\text{PbO}_2$  oxydiert.

2. Kohle reduziert in der Technik und vor dem Lötrohr  $\text{PbO}$  zu Pb, Zink reduziert eine Bleisalzlösung zum Metall.

3. Technisch wird durch richtig geleitetes Erhitzen  $\text{PbO}$  zu  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  (Mennige) oxydiert, Einleiten von Chlor in Alkaliplumbitlösung liefert  $\text{PbO}_2$ .

4. Beim Entladen eines Sammlers wird das  $\text{PbO}_2$  der positiven Platte zu  $\text{PbSO}_4$  reduziert,  $\text{HCl}$  reduziert  $\text{PbO}_2$  zu  $\text{PbCl}_2$  und wird dabei zu Chlor oxydiert,  $\text{SO}_2$  reduziert  $\text{PbO}_2$  zu  $\text{PbO}$  und wird dabei zu  $\text{SO}_3$  oxydiert, so daß  $\text{PbSO}_4$  entsteht.

10b.  $\text{PbO}_2$  gibt beim Kochen oder Schmelzen mit Alkali ein Plumbat, in dieser Lösung fällt Bleioxydsalz gelbes bleisaures Blei ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ).

11b.  $\text{HNO}_3$  fällt aus  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  das  $\text{PbO}_2$  aus.

Die Ausdrucksweise: im Salz stecken begrifflich eine Säure und eine Base — macht den Übergang zur Ionenvorstellung leicht. Schwefelwasserstoff im Sulfid = reduzierter Schwefel = negativ geladener Schwefel; Natronlauge im Natriumsalz = oxydiertes Natrium = positiv geladenes Natrium. Wenn also in OII die Vereinigung  $2\text{Na} + \text{S}$  verstanden wird als Reduktion des Schwefels zu dem im Sulfid steckenden Schwefelwasserstoff durch Natrium und Oxydation des Natriums zu der im Sulfid steckenden Natronlauge, versteht man in Prima leicht  $2\text{Na} + \text{S} = \text{Na}^+ + \text{Na}^+ + \text{S}^{2-}$ . Die erste Ausdrucksweise ist die bei weitem umfassendere, die Ionenvorstellung gilt ja bisher nur für einen kleinen Teil des chemischen Geschehens. Wo sie aber gilt, da steht sie in keinerlei Widerspruch zu den vorgeschlagenen Schematen.

So fügen sich auch die elektrolytischen Vorgänge bequem ein; jede Elektrolyse ist gleichzeitig eine Oxydation und eine Reduktion an Anode und Kathode. Nachdem ich daher in OII die Reduktion des Wassers durch Metalle gezeigt habe, zeige ich, daß dieselbe Reduktion durch den Strom vor sich geht und sage daher: das Wasser wird an der Kathode zu Wasserstoff reduziert, an der Anode zu Sauerstoff oxydiert; wie dabei der Strom wirkt und warum Schwefelsäure oder dergl. zugesetzt werden muß, beschäftigt uns erst später. Dies hat den Vorteil, daß z. B. die Reduktion von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  durch Elektrolyse als derselbe Vorgang begriffen wird, wie die Reduktion von Eisenoxyd durch  $\text{CO}$ , die von Chromoxyd durch  $\text{Al}$ , die Oxydation von  $\text{KCl}$  zu  $\text{Cl}$  durch den Strom als dasselbe wie etwa die von  $\text{H}_2\text{S}$  zu  $\text{S}$  oder die eines Kohlenwasserstoffs zu Ruß.

Die Pfeile der Schemata meinen also jeweilig den Übergang eines in der Horizontale des Pfeilendes gelegenen Stoffes in einen in der Horizontale der Pfeilspitze gelegenen, z. B. daß  $\text{FeS}_2$  bei der Verwitterung irgend welche Sulfate gibt.

Die Vorteile, die mir die Betonung der beiden Reaktionsgruppen für den Unterricht zu haben scheint, sind wesentlich folgende: Die Schärfe der Ausdrucksweise zwingt zur Klarheit der Gedanken, und zwar ist es ein ganz spezifisch chemisches Denken, was hier gelehrt wird. Ich lasse jeden Vorgang erst in Begriffen beschreiben, die Formel ergibt sich dann leicht, und ich unterdrücke jede laxe Ausdrucksweise, wie z. B. man gewinnt Chlor aus Braunstein und Salzsäure. Sagt nämlich der Schüler: Man gewinnt Chlor durch Oxydation der Salzsäure, z. B. mit Braunstein, dann hat er begriffen einmal, daß auch andere Oxydationsmittel ( $\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{KMnO}_4$  . . .) möglich sind, und dann, daß es sich hier um einen Vorgang handelt — Oxydation des Metalloids zum Metalloid —, der bei allen Nichtmetallen erzwungen werden kann. Ein weiterer Vorteil: das Schema läßt voraussagen, welche Art von Stoffen (z. B. Säure oder Oxydationsmittel) den Vorgang, den man wünscht, erzwingen wird, es ist dann eine gute Denkübung für den Schüler, wenn man sich Vorschläge für Mittel und Anordnung des Versuchs machen läßt. Man bekommt nicht selten Vorschläge, die durchführbar, aber nicht üblich sind und die dann für Übungen oder private Schülertätigkeit lohnende Aufgaben geben können. Es ist mir auch mehrfach von intelligenten Schülern darüber berichtet worden, daß sie einen Vorgang, dessen Pfeil im Unterricht nicht gezogen worden war, für sich verwirklicht hatten, wobei sie selbständig das geeignete Verfahren suchen mußten. Also das Schema leitet zu Fragestellungen und deren experimenteller Prüfung an.



Das Schema ist auch ein gutes Erziehungsmittel dazu, das Wissen über die Chemie jedes Elements in Vollständigkeit und geordnet sich gegenwärtig zu halten. Dieser Vorteil wird besonders dann in Erscheinung treten, wenn der Unterricht nicht jedes Element für sich abhandelt, sondern die Chemie verschiedener Elemente gleichzeitig entwickelt. Zwar ist nicht jeder chemische Vorgang in das Schema einfügbar, aber im Bereich der anorganischen Schulchemie bleibt nur wenig unerfaßt, und es enthalten die Schemata eine sehr beträchtliche Tatsachenmenge von reiner Chemie und angewandter aus Technik, Geologie und Biologie — immer geordnet nach umfassendem chemischem Gesichtspunkt, der gebieterisch nach chemischer systematischer Vollständigkeit drängt und ein Sichverlieren in ein Sondergebiet verhindert.

Endlich und hauptsächlich: es zwingen die Schemata zu einem beständigen Vergleichen von Element zu Element. Die immer wiederholte Frage: welche Reaktion bei einem anderem Element entspricht der jetzt gemachten? — vertieft nicht nur das systematische Bescheidwissen, sondern sie bewirkt auch eine sehr gründliche Schulung im chemischen Denken. Z. B.  $\text{SO}_2$  zu  $\text{SO}_3$  entspricht  $\text{NO}$  zu  $\text{NO}_2$  oder  $\text{HNO}_2$  zu  $\text{HNO}_3$  oder  $\text{As}_2\text{O}_3$  zu  $\text{As}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CO}$  zu  $\text{CO}_2$  u. s. w. Die Oxydation von  $\text{H}_2\text{S}$  zu  $\text{H}_2\text{SO}_4$  durch Bakterien entspricht der von  $\text{NH}_3$  zu  $\text{HNO}_3$  und der von organischen Stoffen zu  $\text{CO}_2$ , die ja auch durch Bakterien bewirkt werden können. Eine Reaktion, bei der das Element zum Teil oxydiert, zum Teil reduziert wird, findet sich bei Cl, N, P, C. Ein Vorgang, bei dem 2 Stoffe desselben Elements sich gegenseitig auf eine mittlere Oxydationsstufe bringen, ist z. B.  $2\text{H}_2\text{S} + \text{SO}_2$ ,  $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl} + \text{HClO}$ ,  $5\text{HCl} + \text{HClO}_3$ ,  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_2$ ,  $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$ ,  $\text{C} + \text{CO}_2$ . So gibt es eine fast unerschöpfliche Menge von Vergleichsmöglichkeiten und entsprechenden Denkaufgaben. Zu beiden aber scheinen mir die Schemata nützlich zu sein.

### Kleine Mitteilungen.

#### Versuche zur Zentrifugalkraft.

Von Dr. Chambré in Vilbel bei Frankfurt a. M.

1. Um zu zeigen, daß die Zentrifugalkraft größer werden kann als die Schwerkraft, bedient man sich bekanntlich eines Glasballons, den man teilweise mit Wasser füllt, und dessen nach unten gekehrte Öffnung man mit einem Kartenblatt verschließt; bei der Rotation entfernt man das Kartenblatt und beobachtet, daß die Flüssigkeit nicht ausläuft. Die etwas umständliche Manipulation läßt sich umgehen, wenn man den Versuch folgendermaßen ausführt: In der Figur 1 sei eine Schwungmaschine schematisch dargestellt,  $G$  bedeute dabei das Gestell,  $B$  einen Glasballon,  $W$  eine Wassermenge und  $O$  die Öffnung des Ballons. Versetzt man  $B$  in Rotation, so fliegt das Wasser in die Äquatorzone des Ballons, und eine kleine Quecksilbermenge im Wasser zeigt bei der Rotation einen schmalen Äquatorstreifen auf der Wasserzone. Ergreift man nun mit der linken Hand das Gestell  $G$  der Schwungmaschine, während die rechte Hand das große Rad dauernd weiterdreht, so kann man es (je nach dem Gewicht der Maschine mehr oder weniger) leicht erreichen, daß die Maschine in eine senkrechte und schließlich in eine verkehrte Stellung gelangt, bei der die Öffnung  $O$  nach unten gekehrt ist. Um zu vermeiden, daß nach Aufhören der Rotation Wasser ausfließt, bringt man die Maschine wieder in die Ausgangsstellung zurück. Mit Hilfe eines Elektromotors an Stelle der Schwungmaschine läßt sich der Versuch lequemer ausführen.

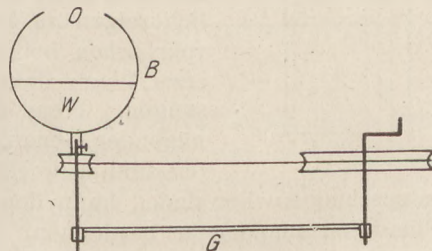


Fig. 1.

2. Ein Teller  $T$  mit einer darauf gelegten Kugel  $K$  (siehe Figur 2) wird an Stelle des Glasballons in Rotation versetzt und nach und nach auf die beschriebene Art mit der Öffnung nach unten gekehrt. Die Beobachtung, daß die Kugel bei keiner Stellung des Tellers herausfliegt, versetzt die Schüler in noch größeres Erstaunen als der Versuch mit Glasballon und Wasser.



Fig. 2.

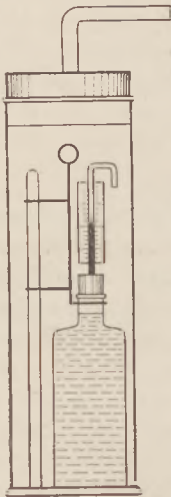
Der Versuch läßt sich als eine Erweiterung des Versuchs mit der Zentrifugalbahn (looping the loop) auffassen; ich habe stets die Erfahrung gemacht, daß er, obwohl für den Fachmann so selbstverständlich, auf den Laien außerordentlich verblüffend wirkt.

### Ein einfaches Piezometer.

Von P. Hanck in Pasewalk.

Der bekannte historisch bedeutsame Versuch für die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten mit dem Piezometer nach Oersted wird wohl im Unterricht in der Regel nicht ausgeführt werden, weil der dazu nötige Apparat in den Sammlungen nicht vorhanden ist. Man kann sich hier aber leicht helfen und mit einfachen Mitteln in folgender Weise verfahren.

Ein Medizinfläschchen von 100—200 cm<sup>3</sup> Inhalt wird mit gefärbtem Alkohol gefüllt und unter Vermeidung von Luftblasen durch einen Gummistopfen verschlossen, in dessen Durchbohrung ein etwa 1 mm weites, zweimal rechtwinklig gebogenes Kapillarrohr eingesetzt ist. An diesem Rohr befestigt man eine auf Karton gezeichnete Skala und setzt dann das Fläschchen in einen Standzylinder, der durch einen passenden Kork verschlossen wird. Geeignet sind für diesen Zweck besonders Suberitkorke, da sie keine Poren haben. Durch den Kork führt man ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, das mit einer Sauerstoff-Stahlflasche oder einer Flasche mit komprimierter Luft verbunden wird. Verdichtet man nun die Luft in dem Standzylinder durch mäßigen Druck, der an dem Manometer der Flasche abgelesen werden kann, so sinkt die Flüssigkeitssäule. Der Druck darf jedoch  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre nicht weit übersteigen, da sonst der Verschlußkork des Standzylinders in die Höhe getrieben wird. Dieser Druck genügt aber völlig, um die Erscheinung in der Nähe deutlich zeigen zu können, denn der Alkohol wird in dem Kapillarrohr schon bei Verwendung eines Fläschchens von 100 cm<sup>3</sup> um etwa 7 mm sinken und nach Aufhören des Druckes sofort wieder steigen. Wenn man den Querschnitt des Kapillarrohres mit genügender Genauigkeit bestimmt, erhält man selbst für den Kompressibilitätskoeffizienten einen durchaus befriedigenden Wert. Wer



es geschmackvoller findet, kann den Druck auch durch ein in den Zylinder gesetztes Flüssigkeitsmanometer bestimmen. Dies erfolgt am einfachsten in der Weise, daß man in den Standzylinder etwas Wasser gießt und ein einseitig verschlossenes kurzes Glasrohr umgekehrt in das Wasser stellt. Den Stand der Luft in dem Glasrohr bei einem Druck von einer halben Atmosphäre bezeichnet man durch eine besondere Marke.

Um die Flasche leicht aus dem Standzylinder herausholen zu können, versieht man sie mit einer Handhabe, indem man um den Flaschenhals stärkeren Draht wickelt, den man nach oben umbiegt. An den Draht kann man noch zwei Ringe löten, durch die das Manometerrohr geführt wird, damit es gerade in dem Zylinder steht.

Wer nicht im Besitze einer Flasche mit komprimiertem Sauerstoff oder komprimierter Luft ist, kann den Versuch durch Blasen mit dem Munde ausführen. Man kann so leicht einen Überdruck von  $\frac{1}{10}$  Atmosphäre ausüben, der in diesem Falle



am besten durch ein offenes, durch den Kork gehendes Manometer gemessen wird. Die Flüssigkeitssäule in dem Kapillarrohr wird jetzt um etwa 1,5 mm sinken. Um einen größeren Unterschied zu erhalten, kann man natürlich den Querschnitt des Rohres kleiner wählen. Bei einem Durchmesser von  $\frac{1}{2}$  mm wäre der Flüssigkeitsfaden in der Nähe noch gut sichtbar, und man würde so ein Sinken um 6 mm beobachten.

Nach dem Versuch wird das Kapillarrohr verschlossen, damit der Alkohol nicht verdunstet. Der Verschluß erfolgt dadurch, daß man in einen Kork mit einer Nadel einen kleinen, nicht ganz hindurchführenden Kanal brennt und den Kork über das Ende des Rohres schiebt. Der Apparat ist so immer dienstbereit. Man wird allerdings gut tun, den Verschlußkork vor jedesmaliger Benutzung einige Zeit in Wasser zu legen, da die Suberitkorke in trockenem Zustande wenig elastisch sind und sich den Gefäßwandungen nicht immer streng anpassen.

### Ein Vielfachzellenschalter.

Von Prof. Fr. Berger in Straubing.

Um die Zellen einer Akkumulatorenbatterie in verschiedener Weise schalten zu können, sind, soweit Verf. aus der Literatur und aus eigener Anschauung bekannt ist, zwei Methoden gebräuchlich: die Schaltwalze (Pachytrop) und die Sammelschienenstöpselung. Beide Methoden entsprechen den zu stellenden Anforderungen — 1. Möglichkeit aller beliebigen Schaltungen, 2. einwandfreie mechanische Durchbildung, 3. Anschlußmöglichkeit an Zentralenspannung, 4. Ausschluß einer Fehlschaltung, 5. Erweiterungsfähigkeit bei Vergrößerung der Batterie, 6. Möglichkeit des Zusammenschaltens ungleichartiger Zellen — nur teilweise. Die Schaltwalze läßt zunächst nur eine bestimmte Anzahl von Schaltungen zu (meist nur zwei), welche durch den Bau der Walze ein für allemal feststehen, außerdem können die gewöhnlichen Ausführungen für physikalische Zwecke in keiner Weise als technisch zufriedenstellend bezeichnet werden. Die Kontakte sind nicht genügend durchgebildet und das Material der Walze,

meist Holz, gestattet nach den Installationsvorschriften den Anschluß an die Zentralenspannung nicht. Außerdem sind die Forderungen 5 und 6 nicht erfüllt. Eine Fehlschaltung ist allerdings ausgeschlossen. Dagegen läßt die Sammelschienenstöpselung zwar die verschiedenartigsten Schaltungen zu, auch gibt es technisch sehr gut durchgebildete Ausführungen, die allerdings entsprechend teuer ausfallen, dagegen ist meist die Forderung auf Ausschluß einer Fehlschaltung nicht erfüllt und eine nachträgliche Erweiterung ist auch nicht möglich. Sämtliche oben aufgestellten Forderungen lassen sich nun fast restlos erfüllen durch nachstehend beschriebene Anordnung, welche noch den Vorzug besitzt, daß sie aus marktgängigen Schaltelementen zusammengesetzt, also je nach Bedarf in größerem oder geringerem Umfange, ausgeführt werden kann und dabei verhältnismäßig billig zu stehen kommt. Jede Zelle mit Ausnahme der ersten wird, wie Fig. 1 zeigt, an den Schalthebel eines doppelpoligen Umschalters

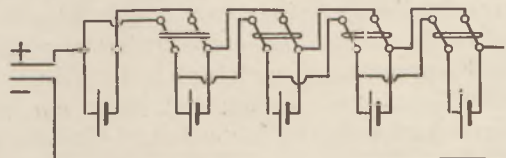


Fig. 1.

angeschlossen und diese Schalter werden dann unter sich und mit der 1. Zelle verbunden. Liegen alle Schalthebel wie in der Figur 1 nach links, dann sind alle Zellen parallel geschaltet. Legt man irgend einen Hebel nach rechts, so tritt an dieser Stelle Hintereinanderschaltung ein. Eine Fehlschaltung, ein Kurzschluß, ist völlig ausgeschlossen und man kann durch Gruppenschaltung alle beliebigen Batteriespannungen herstellen. Es ist nur nicht möglich, eine Gruppe hintereinander geschalteter

Zellen parallel zu einer anderen gleichen Gruppe zu schalten. Das ist aber belanglos, da ja das gleiche Resultat durch Hintereinanderschaltung entsprechend parallel geschalteter Zellen erreichbar ist. Die wirkliche Schaltung der 6 Anschlußklemmen eines doppel-  
poligen Umschalters zeigt Figur 2. Wo ein Anschluß an Zentralenspannung nicht in Frage kommt und die Stromstärke kein Hindernis ist, lassen sich statt der Umschalter auch Wippenstromwender verwenden.

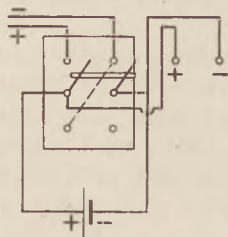


Fig. 2.

Man braucht aus diesen nur eine Diagonalverbindung herauszunehmen. Wenn die Umschalter zu teuer sind, kann das gleiche Resultat durch Steckdosen mit unverwechselbarem Stecker erreichen. Der Stecker tritt an die Stelle des Schaltebels, je eine Steckdose an die Stelle eines Kontaktpaares am Umschalter.

Sollen ungleichartige Zellen (Edison- und Bleiakkumulatoren) miteinander verbunden werden, so kann das natürlich nur in Hintereinanderschaltung beider Gruppen geschehen. Die geschilderte Anordnung hat noch den Vorteil, daß man ohne

Störung des Betriebes eine einzelne Zelle an beliebiger Stelle etwa zur Einzeluntersuchung oder zur Reparatur herausnehmen kann. Man braucht nur den zugehörigen Schalter stets in der Stellung für Parallelschaltung stehen zu lassen.

### Der Röhrensummer.

Von Professor Dr. J. Weiß in Freiburg i. Br. (Realgymnasium).

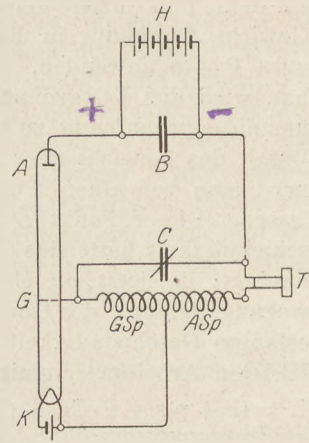
Wie ich in meinem Aufsatz „Die Lautverstärkerröhre“ (*d. Jahrg. Heft 3, S. 96*) erwähnte, ist es leicht, mit ihrer Hilfe elektrische Schwingungen hervorzurufen, die im Telephon einen hörbaren Ton geben und sich durch ihre physiologischen Wirkungen verraten. Man kann die ganze Skala der Töne erzeugen von den tiefsten angefangen, die sich bereits in einzelne Schläge auflösen, bis zu den höchsten eben noch hörbaren. Hat man auf diesem akustischen Wege den Nachweis der Schwingungen erbracht, so wird man folgern, daß bei weiterer Verringerung von Kapazität und Selbstinduktion immer raschere Schwingungen auftreten, und der Übergang zu den schnellen Schwingungen der drahtlosen Telegraphie vollzieht sich so augenfällig und stetig. Keine andere Schwingungserzeugung gestattet einen so großen Bereich von Frequenzen in gleich einfacher Weise herzustellen wie diejenige mit Hilfe von Senderöhren, und darum sind diese ein äußerst bequemes Hilfsmittel für allerhand Demonstrationen. Im folgenden ist ein Röhrensummer beschrieben, dessen Anfertigung einfach und dessen Kosten daher verhältnismäßig gering sind; letzteres auch deshalb, weil die benützten Selbstinduktionsspulen bereits Massenfabrikat sind. Sie bestehen aus je 3500 Windungen seidenumspunnenen Kupferdrahtes von 0,21 mm Durchmesser und sitzen auf einem Rahmen aus Eisenblechscheiben. Die Spulen werden z. B. von Zwietsch, Telephonapparatfabrik Charlottenburg, fabriziert (Drosselspule 5065 Normal).

Die eine der beiden Spulen dient als Gitterspule, die andere liegt im Anodenkreis, wenn man das Schaltungsschema von Figur 5 (*d. Jahrg. S. 99*) benutzen will. Der Anfang der ersten Spule wird mit dem Gitter der Röhre, das Ende dieser Spule wird mit dem Anfang der zweiten und der Glühkathode verbunden. An das Ende der zweiten Spule (Anodenspule) schließt man den negativen Pol der Hochspannungsquelle an, während deren positiver Pol mit der Anode der Röhre verbunden wird. Parallel zur zweiten Spule hat man eine Kapazität  $C$  von passender Größe zu legen. Letztere schwankt zwischen 0,001 MF und 1 MF und richtet sich nach der Anodenspannung und der Heizstromstärke; es ist nicht nötig, die Kathode mit dem Maximum des zulässigen Heizstromes zum Glühen zu bringen. Von starkem Einfluß auf die Tonhöhe und das Entstehen der Schwingungen ist ferner die Beschaffenheit der Röhre; je weicher diese ist, um so tiefer der Ton und um so mehr Kapazität ist erforderlich,



um überhaupt einen Ton hervorzubringen. In die Leitung zwischen Anodenspule und Kapazität schaltet man das Telephon  $T$  ein, das einen größeren Widerstand haben soll. Es kommt natürlich wesentlich darauf an, daß die beiden Selbstinduktionsspulen richtig hintereinander geschaltet sind.

Man kann ebenso gut den Kondensator  $C$  mit dem Anfang der Gitter- und Ende der Anodenspule verbinden (siehe nebenstehendes Schema). Dann ist im Schwingungskreis eine viel größere Selbstinduktion wie bei der vorigen Schaltung, und der Ton wird bei gleicher angelegter Kapazität dementsprechend tiefer. Durch passende Wahl von Anodenspannung, Heizstromstärke und Röhre kann man es erreichen, daß das Telephon anspricht, auch wenn keine besondere Kapazität parallel zur Spule angeschlossen ist; man muß dann das Telephon zwischen Anodenspule und Hochspannungsquelle einschalten. Die erforderliche Hochspannung schwankt zwischen 30 und 150 Volt und kann durch Abzweigen erhalten werden. Stets wird man parallel zur Hochspannungsquelle einen Kondensator  $B$  von größerer Kapazität legen (Telephonkondensator von 2 MF).



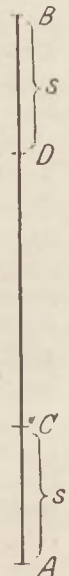
Will man sich von den physiologischen Wirkungen überzeugen, so braucht man nur den menschlichen Körper in Nebenschluß zur Kapazität  $C$  oder zum Telephon zu legen. Übrigens ist ersteres einer Vergrößerung von  $C$  äquivalent, wie aus der Änderung der Tonhöhe hervorgeht. Die physiologischen Wirkungen traten nur bei sehr geringen Frequenzen ein.

### Eine Bemerkung zur Besprechung des Meterkilogrammes in der Schule.

Von Sigbert Genelin in Krems a. D., N. Oe.

Wenn ich als Chemiker die Besprechung einer rein physikalischen Frage heranzuziehen wage, so mag das darin begründet erscheinen, daß auch der Chemielehrer mitunter in die Lage kommt, gewisse physikalische Grundbegriffe wiederholen und erklären zu müssen; und gerade, weil er auf diesem Gebiete nicht Fachmann ist, kann es wohl vorkommen, daß er sich manchmal in gewisse Schwierigkeiten, die sich dem Schüler bieten, vielleicht besser einfühlen kann, als der Fachmann, der in seinem Gegenstande so viele wichtigere Dinge zu behandeln hat, daß er kaum Zeit haben dürfte, sich mit dem Zerpfücken oft so selbstverständlich scheinender Begriffe abzugeben. Ein Grund dafür, daß ich gerade bei der Erklärung der Arbeitseinheit auf eine, wie es scheint, wenig beachtete Schwierigkeit gestoßen bin, mag übrigens auch darin zu finden sein, daß dem Chemiker, wie LIEBIG behauptete, mehr, wie anderen Naturforschern eigen ist, „in Erscheinungen zu denken“.

Stellt man sich nämlich das Heben eines Kilogrammes auf 1 m höher gelegenen Punkt vor, so sieht man sofort ein, daß man nur die Kraft von einem kg aufwendet, das Gewichtstück unmöglich in Bewegung versetzen kann; wie leistet man aber dann beim Heben um 1 m dennoch die Arbeit von einem Meterkilogramm? Ich habe in einer ganzen Reihe der besten Physiklehrbücher nach einer richtigen Lösung dieser Frage gesucht, ohne Aufklärung zu finden. Endlich fand ich im Lehrbuche der Physik von CHWOLSON die Lösung dieser Schwierigkeit angedeutet, da er zu bedenken gibt, daß man hier unterscheiden müsse zwischen der eigentlichen Arbeit und der Hebearbeit und beim Heben dafür zu sorgen habe, daß das gehobene Gewicht, sobald es das Ende der 1 m langen Strecke erreicht hat, die Geschwindigkeit Null habe.



Die Erklärung im Unterricht würde ich mir daher in folgender Weise denken: Wenn ein kg, welchem die Kraft  $P$  entsprechen möge, vom Punkte  $A$  (s. Fig.) bis zu dem 1 m höher gelegenen Punkte  $B$  gehoben werden soll, muß man, um das Gewicht überhaupt in Bewegung bringen zu können, anfangs eine größere Kraft, etwa  $P + p$  anwenden. Nachdem dieselbe eine beliebige Strecke  $s$  hindurch gewirkt hat, wird das Kilogrammgewicht eine bestimmte Endgeschwindigkeit erhalten haben; um dieselbe aufrecht zu erhalten, genügt, daß von  $C$  an nur mehr die Kraft  $P$  wirke. Damit das Gewicht aber beim Punkte  $B$  mit der Endgeschwindigkeit Null ankomme, wird man von einem Punkt  $D$  an nur mehr die Kraft  $P - p$  auf dasselbe einwirken lassen. Dieser Punkt  $D$  ist so zu wählen, daß  $DB = s$  ist. Die in  $C$  erlangte Geschwindigkeit hatte das Gewicht der längs des Weges  $AC$  wirkenden Kraft  $p$  zu verdanken; da jetzt dieselbe Kraft  $p$  längs einer gleich großen Wegstrecke der Bewegungsrichtung des Gewichtsstückes entgegenwirkt, muß ihm im Punkt  $B$  die ganze erlangte Geschwindigkeit wieder genommen worden sein. Wenn wir jetzt die geleisteten Arbeiten summieren, so finden wir ihre Summe:

$$L = (P + p)s + P \cdot CD + (P - p)s = Ps + ps + P \cdot CD + Ps - ps = P \cdot (2s + CD) = P \cdot AB^1).$$

<sup>1)</sup> Das oben vorgeschlagene Gedankenexperiment läßt sich an der Fallmaschine leicht verwirklichen, wenn man das zu hebende Gewichtsstück  $= P + p$ , das sinkende  $P + 2p$  macht und in der Mitte des Weges vom letzteren  $2p$  abhebt.

### Zur Darstellung von Stickstoffdioxid aus Luft mit schwachen Funkeninduktoren.

Von Prof. S. Genelin zu Krems a. D., N. Oe.

Nur bei Anwendung von Funkeninduktoren von großer Schlagweite bekommt man beim Durchschlagen des elektrischen Funkens durch die Luft die charakteristische Färbung des Stickstoffdioxides zu sehen. SCHEID empfiehlt in seinem Vorbereitungsbuch wohl deshalb nicht reine Luft, sondern ein Luft-Sauerstoffgemenge zu verwenden. In *d. Zeitschr.* III, S. 17 hat nun LÜPKE einen ausgezeichneten Kunstgriff erwähnt, mit Hilfe dessen es möglich ist, die Umwandlung der Luft in ein gelbbraunes Gas schon bei Anwendung einer Funkenstrecke von wenigen mm deutlich zu erkennen: Er läßt den Funken in eine mit der Öffnung nach oben, lotrecht aufgestellten Eudiometerröhre überspringen. Da die Sache in der betreffenden Abhandlung (Versuche mit Salpetersäure) leider nur ganz flüchtig erwähnt und in keinem Experimentierbuch zu finden ist, glaube ich manchem Fachkollegen, der, wie ich nicht im Besitze eines kräftigen Funkeninduktors ist, durch die Schilderung, wie trefflich sich dieser Versuch bewährt, einen Dienst zu erweisen; war doch auch ich erst unter Anwendung dieser Versuchsanordnung in der Lage, dieses wichtige Experiment mit der wünschenswerten Exaktheit vorzuführen. Die Verwendung des Straßenstromes zur Erzeugung des Stickstoffdioxides mit Hilfe des Flammenbogens stünde zwar heute wohl jedem Lehrer zur Verfügung, bei Anwendung von Kohlenelektroden stört hier aber die Bildung von Kohlendioxid, bei Anwendung der empfohlenen Messingelektroden wird die Sichtbarmachung des gelb-braunen Gases wieder durch die gefärbten Oxyd-beschläge getrübt.

In einer Reihe von ca. 20 Versuchen fand ich, daß man nach ca.  $\frac{1}{2}$  stündiger Einwirkung des elektrischen Funkens mit voller Deutlichkeit den Eintritt der gelbbraunen Färbung erkennen kann, wenn nur die Luft vollkommen trocken ist. Um in dieser Richtung von einer eventuellen Feuchtigkeit der Zimmerluft unabhängig zu sein, verbinde ich einen Tag früher schon die ausgetrocknete Eudiometerröhre mit einer entsprechend hochgestellten, mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllten Waschflasche. Da sich das Stickstoffdioxid hauptsächlich am Boden der Eudiometerröhre ansammelt, ist eine Absorption desselben durch die konzentrierte Schwefelsäure nicht zu befürchten.



Ob das mit der Röhre nicht verbundene Ende der Waschflasche offen oder geschlossen ist, erwies sich als belanglos. Meinen alten ausgebrauchten Funkeninduktor, der kaum 10 mm Schlagweite hat, betrieb ich mit einem Ampère, so daß zwischen den nur 1—2 mm voneinander entfernten Platindrähten meines Eudiometers kräftige Funken hin und her sprangen. Nach dem Ausschütteln der Eudiometerröhre mit 1—2 ccm Wasser (nicht mehr nehmen, längere Zeit schütteln!) und Übergießen der Lösung in eine kleine Proberöhre konnte ich jedesmal die gebildete Salpetersäure mit Eisenvitriol und konzentrierter Schwefelsäure nachweisen; die Bildung des braunen Ringes war immer sehr deutlich zu erkennen. Und gerade diese Art des Nachweises der gebildeten Salpetersäure halte ich vom methodischen Standpunkt aus für viel zweckentsprechender als die allerdings empfindlichere mit Diphenylamin. An den an der Eudiometerröhre noch anhaftenden Tröpfchen konnte ich außerdem noch mit Lackmuspapier ihre saure Reaktion gut nachweisen.

### Austreiben eines Gases aus seiner Lösung durch Änderung des Lösungsmittels.

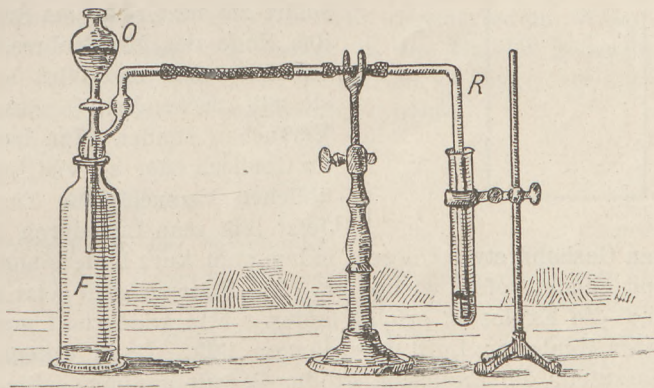
Von Prof. S. Genelin, Krems a. D.

Für die Ausfällung eines gelösten festen oder flüssigen Stoffes durch Änderung des Lösungsmittels sind zahlreiche Beispiele bekannt; für die Austreibung eines gelösten Gases durch Änderung des Lösungsmittels dürfte selten ein Beispiel gebracht werden.

Hierzu eignet sich das käufliche Äthylchlorid, auf dessen vielseitige Verwendung im Unterricht schon REBENSTORFF in dankenswerter Weise hingewiesen hat. Spritzt man in Alkohol Äthylchlorid ein, so löst es sich in demselben in großen Mengen, während es sich in Wasser bekanntlich fast gar nicht löst.

Gibt man zur alkoholischen Lösung Wasser, so wird das Äthylchlorid als Gas wieder ausgetrieben. Da aber beim Einspritzen von Äthylchlorid in Alkohol eigentlich kein Gas, sondern eine Flüssigkeit gelöst wird, habe ich folgende Versuchsanordnung getroffen:

In die Flasche *F* (s. Fig.) wird soviel Äthylchlorid eingespritzt, daß der Boden deutlich mit demselben bedeckt ist; hierauf wird schnell das mit der Gasableitungsröhre *R* versehene Oberstück *O*, in welchem sich etwas warmes Wasser befindet, aufgesetzt. Die Gasableitungsröhre ist in eine mit ca. 5 ccm Alkohol gefüllte Proberöhre eingesenkt. Die Vergasung des Äthylchlorides beginnt von selbst, kann aber durch Zutropfenlassen des warmen Wassers noch befördert werden. Wenn auch viele Gasblasen unabsorbiert durch den Alkohol hindurchgehen, so erhält man doch in kurzer Zeit eine so starke Lösung von gasförmigem Äthylchlorid in Alkohol, daß dasselbe beim Schütteln der alkoholischen Lösung mit viel Wasser in reichlichen Gasperlen wieder entweicht.

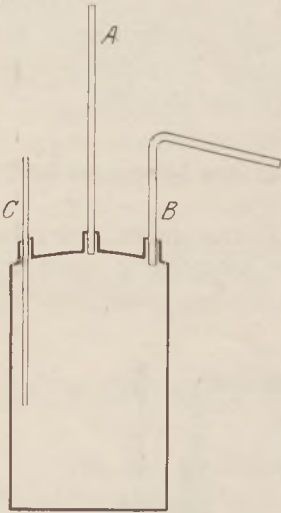


### Gasexplosionsversuche.

Von O. Hebecker, Brake i. O.

Zur Vorführung einer Leuchtgasexplosion pflegt man eine dreihalsige Flasche (0,5 bis 1 l) zu verwenden (s. die Figur), bei der die dritte Öffnung *C* nur durch

einen Kork abgeschlossen ist. Bei der Füllung durch *B*, dem Entzünden bei *A* und dem Öffnen von *C* erfolgt dann beim Niedersteigen der Flamme die Explosion. Diese findet stets dann statt, wenn gerade das Minimum an Luft durch *C* eingeströmt ist, das zur Bildung eines explosiblen Gemisches erforderlich ist. Durch Verwendung eines Luftzuführungsrohres bei *C* kann man, bei verschiedener Einführungstiefe die Explosion auf einen beliebig großen (oberen) Teil der Flasche beschränken. In diesem Falle strömt das Gas, solange *B* offen ist, bei *A* und *C* unter dem Leitungsdrucke aus. Schließt man *B*, nachdem man bei *A* angezündet hat, so hört das Ausströmen bei *C* auf, weil das längere Rohr *A* als Schornstein wirkt. Durch *C* strömt Luft ein, jedoch sehr langsam infolge der Reibung im Rohre *C*. Die Luft füllt die Flasche bis zum unteren Rande der Röhre *C*. Darüber bildet sich ein explosives Gemisch durch Diffusion, welches stets an der unteren Grenze, d. h. bei gerade ausreichendem Luftgehalte, explodiert.



Um die maximale Explosionswirkung zu erzielen, verfährt man in der Weise, daß man durch Ausprobieren den Augenblick der stärksten Wirkung sucht. Man öffne also zunächst den Gashahn etwa  $\frac{1}{10}$  sec (drehe auf und sofort zu) und halte ein Streichholz unmittelbar darauf an das Ende des Mittelrohres. Die grüne Explosionsflamme entsteht sofort und fährt langsam im Rohre herab, indem sie mit zischendem Geräusch genau wie bei den obigen Versuchen zündet. Man hat also sicherlich zu wenig Gas im Gemisch oder zu viel Luft, d. h. im Gegensatz zu dem üblichen Versuch eine Zündung an der oberen Grenze. Jetzt läßt man Luft durch die Flasche saugen, öffnet dann

den Gashahn etwa  $\frac{2}{10}$  sec, indem man kurz hintereinander zweimal auf und zu dreht, und zündet sofort wieder an. Die Flamme geht jetzt schon rascher im Rohre herab, und die Explosion erfolgt lauter. Nun wiederholt man mehrmals, indem man nach jeder Explosion Luft durchsaugen läßt. Dann erkennt man, daß bei etwa  $\frac{1}{2}$  sec Gaszufuhr die Explosion größte Gewalt annimmt. Die Zündungsflamme fährt augenblicklich herunter, der Explosionsknall ist hart, scharf und äußerst kurz, keineswegs mehr zischend, beide Seitenkorke *B* und *C* fliegen oft mehrere Meter hoch heraus und die Explosionsflamme schlägt als Stichflamme aus allen 3 Öffnungen.

Diese Versuchsanordnung hat also, verglichen mit den vorhergehenden, den wesentlichen Unterschied, daß in ein mit Luft gefülltes Gefäß Gas zugeführt wird, während sonst in ein mit Gas gefülltes Gefäß Luft eingeleitet wurde. So gelingt es leicht, den Schülern die große Bedeutung der Gasexplosion vor Augen zu führen und damit einen Hinweis auf die Explosions- und Verbrennungsmaschine einzuflechten<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> *Anm. d. Red.* Das Wesentliche der vorstehenden Versuche, die eine willkommene Ergänzung der üblichen Explosionsversuche bilden, läßt sich in einfacher und ganz gefahrloser Weise auch mit der ROSENFELDSCHEN Explosionspipette (oberer Teil des KIPPSCHEN Gasentwicklers, vgl. D. Zeitschr. XI, 272, sowie O. OHMANN „Die Verhütung von Unfällen“ [Berlin, Winkelmann & Söhne] 2. Aufl., S. 60) zur Durchführung bringen.

O.

## Für die Praxis.

**Die objektive Darstellung der Farbenaddition mit einfachen Hilfsmitteln.**  
Von **Karl Gentil** in Thorn. Zur objektiven Darstellung der Farbenaddition benutzt man in den meisten Fällen entweder eine Vorrichtung zur Mischung prismatischer Spektralfarben, oder zwei Bildwerfer mit regulierbarem Bogenlicht und vorgehaltenem Farbfilter. Nicht jede Schule wird die Mittel zu solchen Apparaten



aufbringen können, und sei deswegen im Folgenden auf eine einfache Versuchsanordnung verwiesen, die die objektive Darstellung der Farbenaddition für einen Zuhörerkreis von etwa 50 Personen gestattet, und deren Kosten sich auf etwa 10.— Mark belaufen.

Ich benutze zu dem Versuch zwei neue Taschenlampenbatterien (Marke: Deoptar) des Deutschen Optikerverbandes mit zwei gleichen Metalldrahtglühlämpchen  $2\frac{1}{2}$  Volt, so daß die Metallfäden mit 2 Volt Überspannung intensiv weiß glühen. Die Lichtstärke ist hinreichend groß genug, um auf einem weißen Schirm eine Kreisfläche von ca. 20 cm Durchmesser so stark zu beleuchten, daß der Versuch noch auf eine Entfernung von 25—30 m gut zu sehen ist. Für den Fall, daß die kleinen meist halbkugeligen Scheinwerferlinsen der Taschenlampen die beiden Kreise nicht gleichmäßig ausleuchten, ersetzt man sie durch zwei Linsen mit gleicher Brennweite (ca. 10 cm) und verwendet als Hintergrund der beiden Glühbirnen weißes Papier, so daß für beide Lichtquellen möglichst gleiche Versuchsbedingungen geschaffen sind. Bringt man nun die beiden Kreisflächen teilweise zur Deckung, dann kann man die Gesetze der Farbenaddition mit hinreichender Sauberkeit darstellen. Gut ausgewählte komplementärfarbige Filter Rot und Grün ergaben ein fast reines Weiß, desgl. die Filter Blau und Gelb, wobei man dann auch gleichzeitig die Farbsubtraktion zu Schwarz bzw. Grün darstellen kann. Mit Vorteil verwendet man auch statt der einen gewöhnlichen Taschenlampe eine solche mit regulierbarem Widerstand, wie sie von Gebr. RUHSTRAT, Göttingen, vor Jahren in den Handel gebracht wurden. Man reguliert dann die Lichtstärke der einen Lichtquelle so lange, bis man ein fast reines Weiß, — gute additive Filter vorausgesetzt, — erhält.

## Berichte.

### 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die kürzesten, mit Vakuumröhren herstellbaren elektrischen Wellen.** Von H. BARKHAUSEN und K. KURZ (*Physikal. Zeitschr.* 21, 1920. S. 1). Hat das Gitter einer Sende- oder Verstärkeröhre (Fig. 1) eine hohe positive, die Anode eine geringe negative Spannung, so fliegen alle aus der Glühkathode austretende Elektronen zum Gitter und die Anode bleibt bei gutem

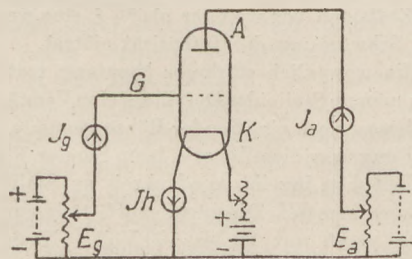


Fig. 1.

Vakuum völlig stromlos. Bei schlechtem Vakuum dagegen erzeugen die zum Gitter hinfliegenden Elektronen durch Ionenstoß positive Ionen, die ihrerseits zu der negativ geladenen Anode A hinfliegen, so daß im Anodenkreis ein schwacher negativer, d. h. dem normalen, aus Elektronen bestehenden entgegengesetzter Strom entsteht. Dieser Umstand kann zur Prüfung des Vakuums

diene. Gelegentlich solcher Versuche trat zuweilen selbst bei großen negativen Spannungen bis zu  $-100$  Volt ein positiver Anodenstrom ein, der entgegen der Spannung  $E_a$  fließend die Batterie auflud. Die Vermutung, daß dies von „wildem“ Schwingungen im Apparat herrühre, wurde bestätigt, als man einen Detektor mit Galvanometer unmittelbar an eine oder höchstens zwei um die Röhre gelegte, kurze Windungen anschloß. Die Wellenlänge wurde bestimmt durch ein an Anode und Gitterklemme angelegtes Lechersches Drahtsystem; die Drähte wurden in etwa 10 cm Abstand voneinander durch das 6 m lange Zimmer ausgespannt und zeigten beim Entlangführen des Detektors ausgesprochene Maxima und Minima; der Abstand zweier Minima betrug 50 cm, die Wellenlänge also 1 m. Diese Methode, die „Wellen auf Draht zu ziehen“, führte weiter zu dem Ergebnis, daß die Wellenlänge um so kürzer wurde, je mehr die Heizstromstärke gesteigert, oder je größer die positive Gitterspannung oder die negative Anodenspannung gewählt wurde. Wenn das mit dem Detektor verbundene Galvanometer eine Steigerung der Schwingungsintensität anzeigte, wurde auch der negative Anodenstrom größer; das Einsetzen der Schwingungen ist daher sicher als Ursache des negativen Anodenstroms zu betrachten.

Die Verfasser stellen für die Entstehung der Schwingungen folgende Hypothese auf: „Die aus der Glühkathode heraustretenden Elektronen fliegen mit zunehmender Geschwindigkeit auf das positive Gitter zu, treffen dann aber nur zum kleinen Teil die dünnen Gitterdrähte, fliegen vielmehr zum größten Teil durch das Gitter hindurch auf die Anode zu.“ Ist diese aber negativ, so können die Elektronen sie nicht erreichen, sie werden abgebremst und wieder zum Gitter zurückgetrieben. Es wird dann wieder nur ein kleiner Teil das Gitter treffen, der größere Teil hindurchfliegen. „So werden die Elektronen mehrmals durch das Gitter hindurchpendeln, ehe sie es treffen. Diese rein mechanische Hin- und Herbewegung der Elektronen bildet die elektrische Eigenschwingung.“ Eine theoretische Berechnung der Schwingungsdauer stimmt mit den Beobachtungsergebnissen ausreichend überein.

Die Abweichungen sind auf den Einfluß von Raumladungen zurückzuführen und bestätigen ihrerseits die Hypothese. Wenn nämlich die Elektronen um den Heizdraht hin- und hertanzen, so entstehen um den Heizdraht stärkere Raumladungen, die bewirken, daß bei schwachem äußeren Felde ein Teil der aus dem Heizdraht ausgetretenen Elektronen in diesen zurückgetrieben, der gesamte Emissionsstrom also vermindert wird. Dies wird durch die vorher erwähnten Messungen bestätigt.

Weitere Versuche über den Einfluß der Röhrenform ergaben, daß nur in völlig symmetrisch-zylindrischen Röhren mit einem einzigen geraden Heizdraht solche Schwingungen beobachtet werden konnten. Dies ist eine wesentliche Stütze der Hypothese, denn nur bei regelmäßiger Anordnung des elektrischen Feldes ist ein regelmäßiger Elektronentanz zu erwarten. Das Gitter bestand bei diesen Röhren aus einem 0,2 mm dicken Draht, der den Heizfaden in wenigen weiten Windungen umgab. Doch würde man mit einem feindrätigen engen Gitter auch die beschriebenen Schwingungen erhalten.

Die kürzesten, auf diesem Wege mit einer Schott-K-Röhre von 2,1 cm Anodendurchmesser bei 500 Volt am Gitter und möglichst starker Heizung hergestellten Wellen hatten eine Wellenlänge von 43 cm. Mittelst Verstärkeröhren mit einem Anodendurchmesser von 0,5 cm würde man Wellenlängen von ca. 10 cm erhalten können, die sich durch Anwendung hoher Spannungen wohl noch weiter herabsetzen lassen.

Die beschriebenen Röhren konnten auch zur Anstellung der Hertz'schen Versuche dienen. Zu dem Zwecke wurden Sender und Empfänger mit einer Antenne versehen, d. h. es wurden an ihnen zwei kurze Drahtstücke von  $\frac{1}{4}\lambda$  oder 25–30 cm Länge angebracht. Die Anode war

der Einfachheit halber ohne Spannung mit dem negativen Pol der Kathode verbunden, während das Gitter seine positive Spannung aus dem Lichtnetz von 440 Volt über einen Spannungsteiler erhielt (Fig. 2). Um im Empfangstelephon einen Ton zu erhalten, war in die Anodenleitung ein Summerunterbrecher eingeschaltet. Der Empfänger (Fig. 3) bestand aus einem Pyritdetektor, an dessen Klemme einerseits die Antennendrähte, andererseits ein Telephon oder auch ein Spiegelgalvanometer angeschlossen war. Das ganze Empfangsgerät konnte

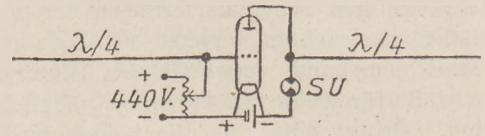


Fig. 2.

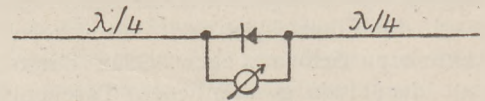


Fig. 3.

mit einer Hand gehalten und leicht hin- und herbewegt werden. So ließen sich namentlich Reflexions- und Schirmwirkungen gut verfolgen.

Auch für gerichtete Telegraphie war die Vorrichtung geeignet. Den größten Empfänger-ausschlag am Galvanometer erhielt man nur, wenn Sende- und Empfangsantenne zueinander parallel und senkrecht zur Verbindungslinie lagen. Drehte man den einen Apparat so lange, bis seine Antenne gerade auf die des Gegenapparates hinwies, so verschwand die Wirkung völlig. Lagen beide Antennen in der Verbindungslinie, so war der Empfang erst recht Null. Ein Einfluß der Erde machte sich auch bei diesen kurzen Wellen bemerkbar, indem bei einem Abstand vom Erdboden von weniger als  $\frac{3}{4}\lambda$  eine wesentliche Schwächung der Intensität eintrat.

Ein wesentlich stärkerer Empfang trat ein, wenn man an Stelle des Detektors eine Verstärker- oder besser noch eine Sender-Röhre benutzte. Die Schaltung war dieselbe wie beim Sender Fig. 2; das Telephon lag im Anodenkreis an Stelle des Unterbrechers *SU*. Die günstigste Gitterspannung betrug meist nur 20 bis 100 Volt. Nach der Meinung der Verfasser handelt es sich hier um eine normale Gleichrichterwirkung. Schaltet man in den Anodenkreis an Stelle des Summerunterbrechers ein Mikrophon oder besser noch die Sekundärspule (3500 Wdg.) eines Transformators, dessen Primärspule (400 Wdg.) durch ein Mikrophon und 4 Volt gespeist wird, so hört man im Empfangstelephon statt des Summertons die ins Mikrophon gesprochenen Worte. Auch Gegensprechen ist hierbei möglich.



Die mit den erwähnten Röhren erzielten Reichweiten waren für Telegraphie 600 m, für Telephonie 300 m ohne Anwendung von Verstärkern. Mit solchen war die Reichweite größer. Bäume und Sträucher in der geraden Verbindungslinie schienen den Empfang abzuschwächen.

**Das Innere der Atome.** Originalbericht von E. GEHRCKE.

Die neueren Vorstellungen über die Konstitution der Atome sind in dieser Zeitschrift in zwei Berichten der Jahre 1916 und 1917<sup>1)</sup> von Herrn Harry Schmidt geschildert worden. Seither wurde dieses Gebiet der Forschung, das den Menschengestalt ganz besonders zum Eindringen in rätselhafte Tiefen anreizt, weiter bearbeitet. Obwohl die Atome der chemischen Grundstoffe recht eigentlich einen Gegenstand der Chemie bilden, sind sie hinsichtlich ihres inneren Baues nicht von Chemikern, sondern von Physikern durchforscht worden. Dieses Verhältnis liegt offenbar in der Entwicklung der Wissenschaften begründet. Die neueren Chemiker, deren Interesse weniger vom einzelnen Atom als von Atomverbindungen in Anspruch genommen wird, haben sich über die Form und den inneren Bau der Atome wenig Gedanken gemacht. Mehr Interesse für das einzelne Atom ist bei den Physikern zu finden. Bekannt ist besonders die von dem Klassiker der kinetischen Gastheorie, Clausius, aufgestellte und in ihre Konsequenzen verfolgte Lehre, daß die Atome elastische Kugeln seien. Die Materie in einer solchen Kugel dachte man sich zumeist als eine das Innere kontinuierlich erfüllende Masse.

Da trat 1903 Lenard<sup>2)</sup> mit einer anderen Vorstellung vom Atominnern hervor. Lenard hatte Absorptionsmessungen an Kathodenstrahlen angestellt und zog aus den Ergebnissen den Schluß, daß die Materie im Innern eines Atoms dieses nicht kontinuierlich erfüllt, sondern vielmehr nur einen winzigen Teil, nämlich den 10<sup>-9</sup>. Teil des Atomvolumens, einnimmt. Das Innere des Atoms ist nach dieser Vorstellung also zum allergrößten Teil leer, und nur an einzelnen, diskreten Stellen ist Materie auf äußerst kleinem Raum konzentriert. Lenard nannte diese Stellen Zentren, Kraftzentren oder Dyna-

miden, und berechnete aus seinen Versuchsdaten den Radius einer Dynamide kleiner als 3 · 10<sup>-12</sup> cm. Wenn man bedenkt, daß der Durchmesser des Atoms nach der kinetischen Gastheorie etwa 10<sup>-8</sup> cm beträgt, so ist also die Dynamide im Atom noch vielmal kleiner als das Atom.

Die Schlüsse Lenards wurden erst wieder beachtet, als zehn Jahre später Rutherford<sup>1)</sup> zu ganz analogen Folgerungen auf Grund von Absorptionsmessungen an  $\alpha$ -Strahlen kam. Rutherford nannte die Dynamide Lenards den „Kern“ des Atoms; den Kerndurchmesser des Wasserstoffatoms berechnete er zu kleiner als 2 · 10<sup>-13</sup> cm; er bestätigte so aufs beste von ganz anderer experimenteller Grundlage aus die Theorie Lenards.

Unabhängig von diesen Vorstellungen über die diskontinuierliche Verteilung der Materie im

Grundstoffe ungerader Valenz.

	Li	B	N	F	Na	Al	P	Cl	K	Sc	V	Mn
P	6,94	11,0	14,01	19,0	23,00	27,1	31,04	35,45	39,10	44	51,0	54,93
N	7	11	14	19	23	27	31	35	39	44	51	55
n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14
4n-1	7	11	15	19	23	27	31	35	39	43	51	55

Grundstoffe gerader Valenz.

	Be	C	O	Mg	Si	S	Ca	Ti	Cr	Fe
P	9,1	12,0	16,00	24,32	28,3	32,06	40,07	48,1	52,0	55,84
N	9	12	16	24	28	32	40	48	52	56
n	2	3	4	6	7	8	10	12	13	14
4n	8	12	16	24	28	32	40	48	52	56

Atom gingen die Spekulationen besonders von Rydberg<sup>2)</sup>, der die Atomgewichte der einzelnen Elemente aus ganzzahligen Vielfachen einer Grundeinheit aufzubauen suchte. Vor Rydberg hatten schon andere ähnliche Gedanken gehabt; besonders bekannt ist die alte Hypothese von Prout (1823), daß die Elemente aus einem einzigen Urelement, Wasserstoff, aufgebaut seien. Es mußten fast hundert Jahre vergehen, bis diese kühne Annahme zum Allgemeingut der Wissenschaft wurde. Rydberg behauptete auch, daß die kleineren Atomgewichte (bezogen auf Wasserstoff) näherungsweise die Formen 4n-1 und 4n haben, wo n eine ganze Zahl, und stellte noch andere zahlenmäßige Zusammenhänge auf. Inwieweit die Behauptung Rydbergs zutrifft, zeigen z. B. seine vorstehenden Tabellen, in die nur

<sup>1)</sup> Harry Schmidt, Diese Zeitschr. 1916, S. 269—275; 1917, S. 40—45.

<sup>2)</sup> P. Lenard, Ann. d. Phys. 12, 714, 1903.

<sup>1)</sup> E. Rutherford, Phil. Mag. 27, 494, 1914.  
<sup>2)</sup> J. R. Rydberg, z. B. Zeitschr. f. anorgan. Chemie 14, S. 66, 1897.

für die beobachteten Atomgewichte  $P$  die neueren Werte eingesetzt sind;  $N$  bedeutet die theoretischen Atomgewichte.

In diesen Tabellen Rydbergs können wir heute einige Lücken, nämlich für  $n=1$  (Helium),  $n=5$  (Neon) mit den vollständig sich einfügenden Werten  $4n=4$  und  $4n=20$  ausfüllen, während z. B. die Lücke bei  $n=9$  mit dem noch heute unbekanntem Element  $4n=36$  bestehen bleibt.

Wir wollen nun, um nicht in den oben angeführten Berichten von H. Schmidt schon Gesagtes wiederholen zu müssen, sogleich einen Sprung in die neueste Zeit machen. Nachdem die Durchforschung der radioaktiven Elemente ergeben hatte, daß das einzige materielle Abspaltungsprodukt dieser Stoffe, das  $\alpha$ -Teilchen, in allen Fällen ein Heliumatom, und zwar mit zweifacher positiver Ladung, ist, lag es nahe anzunehmen, daß die Heliumatome die wesentlichen Bausteine für die Atome abgeben. Nimmt man hierzu die durch die Röntgenspektroskopie bewährte, schon von Rydberg u. a. aufgestellte Regel, daß die einzelnen Elemente in regelmäßiger Weise als durch ihr Atomgewicht durch ihre sogenannte Nummer oder Ordnungszahl gekennzeichnet werden, so kann man in der Tat an die Aufgabe herangehen, jedes Atom aus positiv geladenen Zentren (Wasserstoffionen) und negativen Elektronen aufzubauen.

Hierzu dienen folgende Überlegungen: Wenn wir die aus der Röntgenspektroskopie sich ergebende Voraussetzung annehmen, daß die Ordnungszahl  $Z$  eines Elements gleich der Anzahl der das Atom auf äußeren Kreisen umgebenden Elektronen ist, wenn wir weiter annehmen, daß das Atomgewicht  $A$  gleich der Anzahl der im Innern befindlichen positiven Kerne ist, so ist die einfachste Vorstellung, die wir uns hieraus bilden können, die, daß die Anzahl der Elektronen im Innern des Atoms gleich der Differenz  $A-Z$  ist. Diese Folgerung ist nur scheinbar naheliegend, denn es hat eine gewisse Zeit gebraucht, um zu ihr zu gelangen; z. B. Sommerfeld in seinem neuen Buch: Atombau und Spektrallinien, Braunschweig 1919, hat diese Folgerung noch nicht gezogen, die 1917 von Haas<sup>1)</sup> zuerst ausgesprochen wurde. Weiter werden wir für das Elektron und den positiven Kern die gewöhnliche Elektrodynamik als gültig voraussetzen, insbesondere aber die elektromagnetische Masse durch die bekannte Formel

$$m = \frac{2}{3} \cdot \frac{e^2}{ac^2}$$

bestimmt sein lassen, wo  $e$  die Ladung (in elektrostatischen Einheiten),  $a$  den Radius und  $c$  die

Lichtgeschwindigkeit bedeutet. Dann folgt, daß das Elektron rund 2000 mal größer ist als der positive Kern, da dieser die 2000 mal größere Masse besitzt. Es werden also die Elemente, deren Ordnungszahl klein ist und die auch nur wenige Elektronen im Kern haben, im Innern des Atoms aus einem Gefüge von einigen Elektronen bestehen, zu welchen eine etwas größere, aber immer noch kleine Zahl positiver Kerne hinzugepackt ist; nicht die positiven Kerne, sondern die Elektronen als die räumlich übertragenden Bausteine im Kern werden also für die Form des Kerngefüges maßgebend sein.

Von diesen Grundlinien ausgehend hat Gehrcke<sup>1)</sup> Modelle für die Atomkerne des periodischen Systems angegeben, indem er schrittweise vorgehend beim einfachsten beginnend bis zum Ende des periodischen Systems ging. Es hat hiernach:

Helium ( $Z=2$ ,  $A=4$ ) einen Kern von 2 Elektronen und 4 positiven Elementarkernen,

Lithium ( $Z=3$ ,  $A=7$ ) einen Kern von 4 Elektronen und 7 positiven Elementarkernen. Die 4 Elektronen sind nicht gut anders als an den Ecken eines Tetraeders symmetrisch zu gruppieren, die 7 positiven Elementarkerne in bestimmter Weise darum herum, wobei noch Eigenschaften des Spektrums von Li zu berücksichtigen sind.

Beryllium ( $Z=4$ ,  $A=9$ ) einen Kern von 5 Elektronen und 9 positiven Kernen. Die 5 Elektronen bilden ein Tetraeder wie oben, in dessen Mittelpunkt aber ein Elektron steht.

Bor ( $Z=5$ ,  $A=11$ ) einen Kern von 6 Elektronen und 11 positiven Elementarkernen. Die 6 Elektronen sind in den Mitten der 6 Kanten des Tetraeders zu gruppieren, die 11 positiven Elementarkerne in bestimmter Weise dazwischen zu stellen.

Kohlenstoff ( $Z=6$ ,  $A=12$ ) einen Kern von wieder 6 Elektronen und 12 positiven Kernen. Hier läßt sich wieder ein Tetraeder bilden und die 12 positiven Kerne in völlig symmetrischer Zuordnung anfügen, so daß ein aus 6  $H_2^+$ -Ionen bestehendes Tetraeder zustande kommt, welches nach 4, dem Tetraeder eigentümlichen Hauptrichtungen elektrostatische Kraftlinien aussendet. Dies ist eine vom Standpunkt der Chemie des Kohlenstoffes sehr erwünschte Eigenschaft.

Stickstoff ( $Z=7$ ,  $A=14$ ) einen Kern von 7 Elektronen und 14 positiven Elementarkernen. Es ergibt sich als einfachste Form folgende: 6 Kernelektronen gruppieren sich mit je 4 positiven Kernen zu einem Ringe von 3 Heliumkernen (s. oben), im Zentrum des Ganzen steht ein  $H_2^+$ -Ion.

<sup>1)</sup> A. Haas, Phys. Zeitschr. 18, 400—402, 1917.

<sup>1)</sup> E. Gehrcke, Verhandl. Deutsch. Phys. Ges. 21, 779—784, 1919.



Sauerstoff ( $Z = 8$ ,  $A = 16$ ) einen Kern von 8 Elektronen und 16 positiven Elementarkernen. Diese bilden einen Ring von 4 Heliumkernen, der innen leer ist.

Fluor ( $Z = 9$ ,  $A = 19$ ) einen Kern von 10 Elektronen und 19 positiven Kernen. Diese bilden einen Ring von 4 Heliumkernen (wie bei Sauerstoff), und im Zentrum desselben ein  $H_3^+$ -Ion.

Neon ( $Z = 10$ ,  $A = 20$ ) einen Kern von 10 Elektronen und 20 positiven Kernen. Der Kern dieses Elements entsteht aus dem des vorhergehenden Fluor dadurch, daß in das Zentrum zu dem  $H_3^+$ -Ion noch ein  $H^+$ -Ion eingefügt wird, so daß ein Heliumkern entsteht. Der Neokern ist also ein Ring von 4 Heliumkernen, in dessen Zentrum ein Heliumkern steht. Wir erhalten damit ein Element, das denselben Kern hat wie Helium, und sich von diesem nur durch den herumgelegten Ring von 4 Heliumkernen unterscheidet. Damit ist uns das Konstruktionsprinzip für die zweite Reihe des periodischen Systems der Elemente gegeben: wir haben nur nötig, um jedes der vorstehenden Elemente einen Ring von 4  $\alpha$ -Teilchen zu legen, erhalten also zunächst:

Natrium ( $Z = 11$ ,  $A = 23$ ). Der Kern besteht aus einem Lithiumkern, der von einem Ring aus 4 Heliumkernen umgeben ist.

Hier mag innegehalten werden. Man geht in der beschriebenen Weise weiter<sup>1)</sup> und konstruiert so ein Element nach dem andern, bis zum Schluß des periodischen Systems. Wegen der Einzelheiten muß auf die Originalveröffentlichungen verwiesen werden, hier mögen nur folgende allgemeine Punkte noch herausgegriffen werden, die in dem System der Atomkerne zum Ausdruck kommen:

1. Chemische Verwandtschaften der in einer Vertikalreihe stehenden Elemente geben sich dadurch kund, daß die Elemente einer Vertikalreihe denselben innersten Kern haben; so sind z. B. die Edelgase dadurch gekennzeichnet, daß ihr innerster Kern aus einem  $\alpha$ -Teilchen besteht; die Elemente der Sauerstoffreihe dadurch, daß der innerste Kern (Mittelpunkt des Atoms) leer ist, usw. Für jede Vertikalreihe ist also ein bestimmter innerster Kern kennzeichnend.

2. Außer der chemischen Verwandtschaft der Elemente einer Vertikalreihe kommen auch Fälle von engerer Verwandtschaft zwischen einzelnen Elementen derselben Vertikalreihe vor. So ergeben die Modelle engere Verwandtschaften innerhalb der Alkaligruppe: K, Rb, Cs einerseits und Na, Cu, Ag andererseits bilden solche engere Gruppen, indem die erstgenannten Elementmodelle sämtlich einen Kaliumkern im Innern, die zweitgenannten

keinen Kaliumkern, sondern einen Natriumkern besitzen.

3. Bei den höheren Atomgewichten oberhalb 142 treten Ähnlichkeiten in horizontaler Reihe, bedingt durch ein „Monoton werden“ des Kerns, hervor. Dies kennzeichnet die seltenen Erden.

4. Die Atomgewichte aller Elementmodelle sind streng ganzzahlig. Wo die Beobachtungen hiervon deutlich abweichen, liegt ein Gemisch sehr nahe gleich gebauter Kerne vor (Isotope). Die Isotopie ergibt sich für die höheren Elemente als etwas Notwendiges; die einzelnen Isotopen können sich um ein  $\alpha$ -Teilchen bzw. um ein oder mehrere H-Kerne unterscheiden. Kennzeichnend für ein Element ist die Anzahl der äußeren Elektronen, die für die Isotopen eines Elements gleich ist.

5. Die bisherigen Lücken im periodischen System bei den Ordnungszahlen 43, 61, 75, 93 liegen im System der Atommodelle in ein und derselben Vertikalreihe. Sie finden ihre Erklärung durch denselben Umstand, der das Auftreten der seltenen Erden bedingt, nämlich durch das Monotonwerden des Kerns infolge von Heraustreten des im Atommittelpunkt stehenden, innersten Kerns. Hierdurch wird in der Vertikalreihe der oben genannten 4 Elemente eine Zerstörung des Elementtypus bedingt, so daß diese Elemente fehlen bzw. unter den Isotopen der kernlosen Reihe verborgen sind.

6. Die Modelle geben einen Hinweis für die magnetischen Eigenschaften der Atome ab, indem die verschiedenen positiven Kernringe bei der Bewegung um den Atommittelpunkt Magnetfelder erzeugen müssen. Es entfallen damit die Schwierigkeiten, die frühere Atommodelle besaßen, in denen der Magnetismus durch Rotation lediglich der äußeren Elektronenringe erklärt wurde.

7. Die Modelle umfassen nicht nur die Radioaktivität, indem sie z. B. die Aussendung von  $\alpha$ -Strahlen durch Abspalten eines  $\alpha$ -Teilchens aus einem Ring mit  $\alpha$ -Teilchen erklären, sie lassen auch für manche anderen Erscheinungen Raum. So kann man die bei manchen Elementen (besonders solchen von hohem Atomgewichte) gefundenen Begleiter oder Trabanten optischer Spektrallinien durch Isotope erklären; die Zahl der Trabanten einer Linie würde dann die Zahl der Isotopen ihrer Träger angeben. Auch die Begleiter in den Röntgenspektren können durch Isotope erklärt werden; so deutet z. B. das Vorhandensein von 4 oder 6 K-Linien, die einem Element zukommen, auf das Vorhandensein von 2 oder 3 Isotopen hin, deren Bau um so verschiedener sein wird, je größer die zugehörigen Wellenlängendifferenzen gegenüber der  $K\alpha$ -Linie. Hier ist der Zukunft noch manche Fragestellung vorbehalten.

8. Von besonderem Interesse ist es, daß das System der Atomkerne auch Hinweise für einen

<sup>1)</sup> E. Gehecke, Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, 17. Dezember 1919.

künstlichen Aufbau von Elementen, also für eine Verwandlung von Elementen ineinander, abgibt. Nicht nur, weil alle Elemente aus denselben beiden Urelementen: Elektron und  $H^+$ -Ion bestehen, sondern auch weil die einzelnen Kernmodelle ganz bestimmte Verwandlungsarten nahelegen. Wenn man beispielsweise Sauerstoff, dessen Atomkern leer ist, bei hohem Druck mit Helium mischen und durch Funkenentladungen ionisieren würde, so sollte der Eintritt eines  $\alpha$ -Teilchens in den Mittelpunkt des Sauerstoffatoms und damit die Bildung von Neon möglich erscheinen.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Quecksilberdampfgleichrichter mit Selbsterregung.** Über diese Form des Gleichrichters ist bereits in Jahrgang 23, 105 und 24, 185 ausführlich berichtet worden. Die Vorrichtung hat sich seitdem, u. a. auch in der Technischen Reichsanstalt zu Berlin-Charlottenburg, außerordentlich bewährt. Die Verwendung fand bisher nur eine untere Grenze darin, daß zur Aufrechterhaltung des Lichtbogens ein bestimmter Minimalstrom gehörte, dessen Stärke bei  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  der normalen Belastung lag. Unterhalb dieser Grenze erlosch der Lichtbogen und mußte durch Kippen wieder in Gang gebracht werden. Eine Abhilfe war bisher durch Anbringung eines Ohmschen Parallelwiderstandes zu erzielen, der so bemessen war, daß die Summe der Zweigströme größer als der Minimalstrom wurde. Dies beeinträchtigt aber den Nutzeffekt und erschwert die Bedienung der Vorrichtung.

Eine wesentliche Verbesserung gegenüber dem bisherigen Glaskörper (Fig. 1) bedeutet nun der neue Glaskörper mit Selbsterregung (Fig. 2). Bei diesem sind noch zwei Hilfselektroden angebracht, die mit der Quecksilberkathode einen Miniaturgleichrichter innerhalb des eigentlichen

Auch hier bleibt der Zukunft noch viel des Nachprüfens und Forschens vorbehalten. Ferner wird man erwarten können, daß die durch die Modelle gegebenen Anregungen, wenn sie sich experimentell bestätigen, auch kosmische Rätsel lösen werden. So haben wir z. B. Aussicht zu verstehen, wie sich aus dem Urnebel von Wasserstoff und Helium infolge von hohem Druck und Temperatur die große Zahl von chemischen Elementen in dem bestimmten Mischungsverhältnis bilden konnte, in welchem sie in der Sonne und in den einzelnen Planeten vorhanden sind.

bögen zwischen den Erregeranoden und der Kathode über und bilden einen kurzgeschlossenen Gleichrichterkreis, dessen Energieverbrauch nur

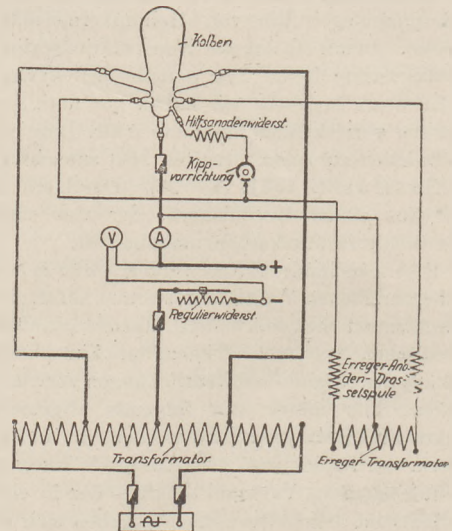


Fig. 3.

etwa 100 Watt beträgt, so daß er ohne erhebliche Beeinträchtigung des Nutzeffekts aufrecht erhalten werden kann. Der Hilfslichtbogen erregt den Hauptlichtbogen, sobald der Hauptstromkreis geschlossen wird, gleichgültig welche Stromstärke entnommen wird und ohne daß es noch einer Kippbewegung oder sonstiger Handgriffe bedürfte. Ein Abreißen des Hauptlichtbogens kann nicht eintreten, weil der Erregerlichtbogen stets für die Leitfähigkeit des Quecksilberdampfes sorgt.

Der Quecksilberdampfgleichrichter gewinnt damit neue Vorzüge vor dem rotierenden Umformer. Er wird in der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin und von der Cooper-Hewitt-Gesellschaft ebenda geliefert. Wie schon früher beschrieben, wird er der Regel nach mit sämtlichem Zubehör auf einem Schaltbrett montiert.

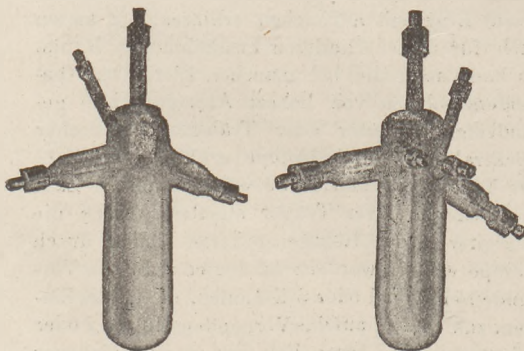


Fig. 1.

Fig. 2.

Gleichrichters bilden (man vgl. das Schaltungsdiagramm Fig. 3). Wird die Zündung durch eine Kippbewegung eingeleitet, so gehen Hilfslicht-



Auch an vorhandenen Gleichrichtern älterer Art kann eine „Zusatzerregereinrichtung“ nachträglich angebaut werden; es gehören dazu außer dem neuen Glaskörper noch ein Zusatztransformator (s. Fig. 3) nebst Drosselspule, Ansatzklemmen und perforiertem Schutzkasten.

Die Preise sind zur Zeit freilich hoch, sie betragen im März d. J. bei Lieferung von 30 Amp. Gleichstrom 3000—4000 M. nebst Teuerungszuschlägen. Der Listenpreis einer Zusatzerregereinrichtung dürfte sich auf etwa 1000 M. belaufen.  
P.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Relativitätstheorie.** Von M. v. LAUE. Erster Band. Das Relativitätsprinzip der Lorentztransformation. 3. Auflage. XIII u. 292 Seiten. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1919. Geh. M. 9,—, Geb. M. 11,40.

In diesem Lehrbuch der speziellen Relativitätstheorie, das das erste war, welches erschienen ist, wurde gegenüber der vorhergehenden Auflage ein neuer Einleitungsparagraph 1a aufgenommen, der die sogenannten Inertialsysteme der Mechanik nach Lange behandelt; die Zurückführung dieser Inertialsysteme auf denselben Standpunkt wie den Newtonschen des „absolut festen Punktes“ erwähnt der Verf. nicht. Ferner sind neuere Versuche von W. Wien und Sagnac kurz aufgenommen. Unberücksichtigt blieben die Relativitätstheorien der Gravitation, die dem zweiten Bande vorbehalten sind. *E. Gehrcke.*

**Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik.** Zur Einführung in das Verständnis der Relativitäts- und Gravitationstheorie. Von MORITZ SCHLICK. Zweite, stark vermehrte Auflage. Berlin, Julius Springer 1919. IV und 85 Seiten. M. 5,20.

Der Verf. will mit dieser kleinen Schrift eine Einführung in den gesamten Ideenkreis der Relativitätstheorie geben. In zehn Kapiteln wird über grundsätzliche Fragen allgemeiner Art im Lichte der Relativitätstheorie berichtet. Kleine Unrichtigkeiten, wie z. B. daß der Verf. schon Newton ein Inertialsystem definieren läßt (S. 36), spielen keine Rolle, wo für so gewaltige Probleme wie die Endlichkeit der Welt (Kapitel IX) eine „ästhetisch-reizvolle“ Lösung gesucht wird! Eine solche populäre Schrift wird allseitig nur Beifall erregen; bei den Anhängern der Relativitätstheorie, weil diese von neuem ihre Lehre mit Enthusiasmus vorgetragen finden, bei den Gegnern, weil die Darstellung unter Vermeidung des mathematischen Gewandes nur um so deutlicher das Unbefriedigende der Relativitätstheorie erkennbar macht. Die Schrift wird also eine gute Aufnahme finden müssen. *E. Gehrcke.*

**Antike Technik.** Sieben Vorträge von HERMANN DIELS. Zweite erweiterte Auflage. Mit 78 Abbildungen, 18 Tafeln und 1 Titelbild. Leipzig, B. G. Teubner 1920. 242 S. Geh. M. 9,—, geb. M. 11,—, nebst T.-Z.

Die bereits in dieser Zeitschrift (28, 282) angezeigte Schrift ist in der neuen Auflage um einen besonders wertvollen Abschnitt, der von der antiken Uhr handelt, vermehrt worden. In der fortschreitenden Verfeinerung der Zeitmessung spiegelt sich deutlich der Gang der menschlichen Kultur überhaupt. Der Verfasser weiß dies in helles Licht zu setzen, indem er die Leistungen der Alten auf diesem Gebiet auch in ihrer kulturellen Bedeutung lebensvoll darstellt. Seine Beschreibungen der verschiedenen Sonnenuhrtypen werden auch unsere Schüler, denen die mathematische Theorie dieser Uhren bekannt ist, mit Vergnügen lesen. Nicht minder interessant sind die Wasseruhren (Klepsydran), deren eine, die Nachuhr Platons, zu der Feuerspritze des Ktesibios und den Erfindungen Herons hinüberleitet. An die Beschreibungen der astronomischen Uhr von Salzburg und der Heraklesuhr von Gaza schließt sich ein Ausblick auf die berühmten Uhren des Mittelalters, die Karl dem Großen von Harun al Raschid zum Geschenk gemachte Uhr und die Uhr des Straßburger Münsters, noch heute ein Zeugnis bewundernswerter deutscher Erfindungskraft. Die anderen Abschnitte behandeln: Wissenschaft und Technik bei den Hellenen, antike Türen und Schlösser, Dampfmaschine, Automat und Taxameter, Telegraphie, Artillerie, Chemie der Alten. Das Buch sei von neuem auch als Lektüre für reifere Schüler empfohlen. *P.*

**Kleiner Leitfaden der praktischen Physik.** Von FRIEDRICH KOHLRAUSCH. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Dr. HERMANN SCHOTT, a. o. Professor a. d. Universität Leipzig. Mit 163 Abb. im Text. Leipzig, B. G. Teubner 1919. 324 S. M. 10,— und T.-Z.

Dieser „kleine Kohlrausch“ ist vorwiegend für diejenigen bestimmt, denen die Physik eine Hilfswissenschaft ist, also Mediziner, Chemiker, und auch für Lehramtsanwärter; von denen man freilich, wenn sie Physik als Hauptfach studieren, den „großen Kohlrausch“ vorgezogen sehen möchte. Die Darstellung ist breiter geworden, der Umfang auch dadurch vermehrt, daß jeder Aufgabe Vorbemerkungen über die zugrunde liegenden Tatsachen und Gesetze vorausgestellt sind, so daß zur Auffrischung des Gedächtnisses nicht

auf ein Lehrbuch zurückgegriffen zu werden braucht. Das Buch wird auch in der neuen Gestalt ein wertvolles Mittel der „Erziehung zum wissenschaftlichen Denken“ im Sinn des verewigten Friedrich Kohlrausch bleiben.

P.

#### Grimsehl's physikalische Schülerübungen.

Auswahl für die Unterstufe, herausgegeben von BEREND KRÖGER. Mit 75 Abb. Leipzig, B. G. Teubner 1919. 144 S. M. 3,60 nebst T.-Z.

Der Herausgeber hat sich ein großes Verdienst dadurch erworben, daß er diese Sammlung von praktischen Übungen zusammengestellt hat, nachdem er von GRIMSEHL selbst, ein halbes Jahr vor Kriegsbeginn, zur Mitarbeit aufgefordert worden war. Er hat dadurch das zerstreute, zum Teil noch unveröffentlichte Material der allgemeinen Verwertung zugänglich gemacht. Die Zahl der Übungen beträgt 76, die Anleitungen sind recht ausführlich gehalten, auch in zahlreichen kleinen Winkeln zeigt sich die Hand des Meisters. Die Übungen sind zum Teil nicht von GRIMSEHL selbst ersonnen, aber fast immer hat er daran Abänderungen angebracht, so daß dem Apparat sein persönliches Gepräge aufgedrückt ist. Nicht immer ist die Abänderung glücklich, z. B. bei dem Apparat Merkelbachs für die Ausdehnung durch die Wärme. Das Büchlein ist für die Hand der Schüler bestimmt. Besonders beachtenswert ist auch ein kurzer Anhang, der „Grundregeln zur Beherzigung für junge Übungsteilnehmer“ enthält; er verdiente in jedem Schülerarbeitsraum aufgehängt zu werden. P.

**Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre.** Von Dr. KARL ROSENBERG. I. Bd. Vierte, verm. u. verb. Auflage. Mit über 300 Abb. Wien u. Leipzig, Alfred Hölder. 1920. 531 S.

Der unermüdetlich vorwärts strebende Verfasser hat auch diese Auflage mit zahlreichen Verbesserungen und Einschaltungen versehen, zu denen namentlich auch die von ihm geleiteten Übungen in dem Praktikum für Schulphysik an der Universität Graz die Unterlagen geliefert haben. Möge das Buch auch weiterhin mithelfen zu der so notwendigen praktischen Ausbildung unserer künftigen Physiklehrer. P.

**Wörterbuch der Physik.** Von FELIX AUERBACH. Mit 267 Figuren. 466 S. Berlin und Leipzig, Vereinigung wissensch. Verleger, 1920.

Die Physik scheint für die Behandlung in einem Wörterbuch wenig geeignet zu sein. Lommels vor mehreren Jahrzehnten erschienenen Wörterbuch hat unseres Wissens in der Zwischenzeit keine neuen Auflagen erlebt, während desselben Verfassers vortreffliches, volkstümlich gehaltenes Lehrbuch in zahlreichen Auflagen er-

schienen ist. Es kommt eben in der Physik doch mehr auf Zusammenhänge als auf Einzeltatsachen an. Der Verf. des vorliegenden Buches hat bezeichnenderweise auch nicht versäumt, ein systematisches Verzeichnis von 348 Hauptartikeln voranzuschicken, während bei Nebenartikeln häufig auf die Hauptartikel zurückverwiesen wird. So ist ein brauchbares kleines Kompendium der Physik entstanden, das außer den Tatsachen auch wichtige Gesetze, Formeln, Zahlentafeln bietet und sogar in gewissem Umfang das Theoretische heranzieht, damit freilich mehr eine Andeutung für den Wissenden als eine Aufklärung für den Belehrungsbedürftigen bietend. Bei der geschickten Darstellung, die dem Buch nachgerühmt werden darf, wird es sich sicher manche Freunde erwerben. Auch strebsamen Schülern dürfte das Buch willkommen sein. P.

**Physikalisches Wörterbuch.** Von G. BERNDT. Mit 81 Figuren im Text. 200 S. B. G. Teubner 1920. Geb. M. 5,— + 100% T. Z.

Das Buch kommt bei seinem geringen Umfang mehr dem Wißbedürfnis als dem Bildungsstreben entgegen und bleibt naturgemäß an der Oberfläche der Wissenschaft haften. Viele, namentlich mehr theoretische Artikel, die in dem vorher angezeigten Werk von Auerbach behandelt sind, fehlen hier. Andererseits gibt das Buch die Herkunft der aus fremden Sprachen stammenden Wörter an, und macht auch kurze Angaben über das Leben hervorragender Physiker. Den Kreisen, für die es bestimmt ist, wird es als Nachschlagewerk dazu helfen können, sich rasch über irgendeinen aufstoßenden Fachausdruck zu unterrichten. Berücksichtigt sind aus demselben Gesichtspunkt namentlich Dinge, die zu den Anwendungen der Physik im Leben und in der Technik gehören. In dem beschränkten, vorher angedeuteten Umfang wird das Buch sich gewiß als nützlich erweisen. P.

**Grundriß der Experimentalphysik** zum Gebrauch beim Unterricht an höheren Lehranstalten und zum Selbstunterricht von E. JOCHMANN und O. HERMES. 19. Auflage von P. SPIES. Mit 472 Figuren, 4 Tafeln und Tabellen. 365 Seiten. Berlin, Winkelmann & Söhne, 1920.

Das Buch wird vom Bearbeiter durch Berücksichtigung neuerer Forschungen und Anwendungen auf wissenschaftlicher Höhe gehalten. Es enthält wie die vorhergehenden Auflagen auch den Lehrstoff für die Unterstufe, der durch Striche am Rande besonders gekennzeichnet ist. Die Darstellungsart ist so ausführlich, daß das Buch auch für den Selbstunterricht wohl geeignet ist.

P.



**Bericht über die Tätigkeit der preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Zeit vom 1. Oktober 1916 bis zum 1. Oktober 1918.** 113 S. Leipzig, Quelle und Meyer 1919.

Auch während der letzten Kriegsjahre ist die Hauptstelle um die Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts bemüht gewesen. Sie hat Fortbildungskurse und Lehrgänge verschiedener Art veranstaltet, Musterverzeichnisse teils herausgegeben, teils vorbereitet, zahlreiche Auskünfte über Einrichtung von Unterrichtsräumen und über Lehrmittel gegeben, in ihrer Prüfungsabteilung mit der fachmännischen Prüfung von Lehrmitteln begonnen. Der weitere Ausbau namentlich dieser letzteren Abteilung ist eine dringende Notwendigkeit, da es darauf ankommt, beim Wiederbeginn der Erzeugung von Lehrmitteln Unzweckmäßiges auszuschalten, Brauchbares zu kennzeichnen und seine Vervollkommnung zu veranlassen. Es ist begründete Hoffnung vorhanden, daß diese Aufgabe künftig in stärkerem Maße als bisher in Angriff genommen werden kann. *P.*

**Der Stein der Weisen und die Kunst, Gold zu machen.** Irrtum und Erkenntnis in der Wandlung der Elemente, mitgeteilt nach den Quellen der Vergangenheit und Gegenwart von Dr. WILLY BEIN. Mit 10 Abbildungen. R. Voigtländer, Leipzig 1915. 174 S. M. 1,20.

Das Büchlein — Band 88 der Voigtländer'schen Quellenbücher — bringt in der Hauptsache Auszüge aus den uns überlieferten Rezepten der ältesten und den Schriften der späteren Alchemisten. Es beginnt mit den von den Adepten in ihrem Sinne gedeuteten Stellen aus Homer und der Bibel und gelangt bis fast zur Gegenwart, nämlich zu den Notizen des schwedischen Dichters Strindberg, der noch um 1890 künstliches Gold darzustellen suchte. Außerdem er-

örtert der Verf. einleitend „das Wesen und die Grundlehren der Alchemie“ und im Schlußkapitel die „Grundlagen der Stoffumwandlung“. Das Büchlein kann, da es mit großer Geschicklichkeit und Sachkenntnis zusammengestellt ist, warm empfohlen werden. Allerdings ist es nicht frei von Versehen und Irrtümern. So wird die Mennige S. 10 ein Sulfid des Bleis genannt. Ferner wird in der alchemistischen Vorschrift S. 146 der „Löwe“ durch einen Druckfehler als Quecksilberchlorür bezeichnet, während er nur das Chlorid sein kann, das erst beim Sublimieren mit Quecksilber, dem „Adler“, das Chlorür ergibt. Auch die berühmte Stelle aus Goethes Faust (I, 1034 ff.) ist wohl nicht richtig erklärt; unter der „Lilie“, die mit dem „roten Leu“ zu vermählen ist, darf nämlich hier nicht die Salzsäure verstanden werden, da Paracelsus, von dem Goethe die Vorschrift entnommen hat, diese im freien Zustand noch nicht kannte (vgl. hierüber Edmund O. v. Lippmann, Chemikerzeitung 1920, Nr. 31).

*J. Schiff.*

**Erfindersfibel.** Zusammengestellt von Dr. PAUL OTTE. 226 S. mit 100 ganzseitigen Abbildungen. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart und Berlin 1920.

Das Buch will in die Praxis des Erfinders einführen, indem es aus den Patentschriften des letzten Jahres hundert besonders interessante Beispiele von Erfindungen wiedergibt, die sich größtenteils auf Bedürfnisse des Lebens, zum Teil auch auf wissenschaftlich-technische Aufgaben beziehen. Zu letzteren gehören Erfindungen wie die zur Feststellung der Drahtbruchstelle an isolierten Schwachstromleitungen. Die etwas rohen Faustzeichnungen setzen schon einige Übung im Lesen technischer Zeichnungen voraus. Für praktisch veranlagte, zum Erfinden neigende junge Leute kann das Buch sicher ein Quell reicher Anregung werden. *P.*

## Mitteilungen aus Werkstätten.

**Eine neue Wheatstonesche Brücke für Werkstätte und Prüffeld.** Mitteilung von Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M.

Die Wheatstonesche bzw. Kirchhoffsche Brücke hat sich als eine der einfachsten Widerstandsmeßeinrichtungen durch lange Jahre behauptet. Eine Änderung der Grundlagen ist nicht eingetreten; jedoch hat man durch Unterteilung des Vergleichswiderstandes mehrere Meßbereiche eingerichtet. Hierdurch kam in die ursprünglich sehr einfache Anordnung eine Schaltvorrichtung und damit eine Fehlerquelle. Da nun die hieraus möglichen Fehler einen gewissen Kleinstwert nicht überschreiten sollten,

so war man genötigt, die aus Stöpsel- oder Kurbelschaltern bestehenden Schaltorgane sorgfältig auszuarbeiten, wodurch das ursprünglich einfache Meßgerät teuer wurde.

Eine neue, durch die Hartmann & Braun A.-G., Frankfurt a. M. geschaffene Einrichtung (D. R. P.) ist frei von Umschaltvorrichtungen, behält aber trotzdem den Vorteil der mehrfachen Vergleichswiderstände. Dabei ist das Instrument mechanisch einfacher aufgebaut und infolgedessen billiger als ähnliche Apparate von gleicher Genauigkeit. Die grundsätzliche Einrichtung der neuen Meßbrücke ist folgende: Es sind mehrere Brückenarme vorgesehen, deren jeder einen

Druckknopf enthält und die Vergleichswiderstände sind nicht schaltbar festgelegt.

Wie das Schaltbild Fig. 1 zeigt, ist jeder Vergleichswiderstand  $w_1, w_2, w_3$ , einerseits mit einer Apparatklemme und andererseits mit dem rechten Meßdrahtende  $G$  fest verbunden. Umschaltkontakte oder lösbare Verbindungen sind nicht vorhanden. Hierdurch ist die bei der

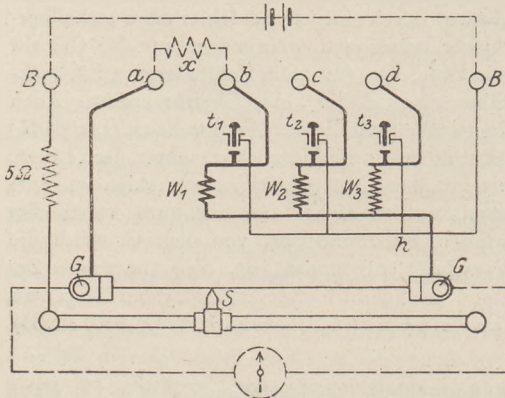


Fig. 1.

Justierung erreichte Genauigkeit unveränderlich, da ja auch die Widerstände aus elektrisch unveränderlichem Metall bestehen. Durch spätere rauhe Behandlung und etwaige Verschmutzung des Apparates wird die Genauigkeit ebenfalls nicht beeinflusst.

Da jeder Vergleichswiderstand selbständig ist, so mußte der Brückenweig in drei weitere Zweige zerlegt werden, deren jeder einen Druck-

knopf  $t_1, t_2, t_3$ , zum Einschalten der Batterie enthält. Von dem Vereinigungspunkt  $h$  dieser Brückenweige führt eine Leitung zu der rechten Batterieklemme  $B$ , während von dem Schleifkontakt eine Leitung über einen Vorschaltwiderstand im Betrage von 5 Ohm nach der linken Batterieklemme  $B$  führt. Die Stromquelle liegt also zwischen dem Vereinigungspunkt  $h$  der Brückenweige und dem Schleifkontakt  $s$ . Natürlich kann auch hierbei Batterie und Galvanometer vertauscht werden, so daß die drei Druckknöpfe als Galvanometertaster wirken. Alle übrigen Verbindungen sind die gleichen, wie bei jeder anderen Wheatstoneschen Brücke.

Die neue Schaltung bietet nun noch einen Vorteil, der in vielen Fällen sehr geschätzt wird. Es ist nämlich möglich, einen Meßbereich mit dem Vergleichswiderstand 0,01 Ohm einzurichten. Würde man diesen Widerstand bei einer mit Stöpseln oder Schaltern versehenen technischen Meßbrücke anordnen, so käme zu diesem Widerstand von 0,01 Ohm als Anteil die Widerstände der 2 oder 3 Stöpsel des Vergleichsreostaten, die für jeden Stöpsel etwa 0,00005 Ohm, zusammen also 3mal diesen Betrag oder 0,00015 Ohm betragen. Dies gilt jedoch nur für den unversehrten neuen und gut passenden Stöpsel. Erhält der Stöpselkonus durch Aufschlagen auf harte Körper eine Beule, so steigt der Widerstand des einzelnen Stöpsels auf 0,0001 Ohm, was für die drei Stöpsel 0,0003 Ohm ergibt. Gegenüber dem Neuwert von 0,00015 Ohm bedeutet das eine Zunahme von 0,00015 Ohm oder eine Änderung des Vergleichswiderstandes um 1,5%.

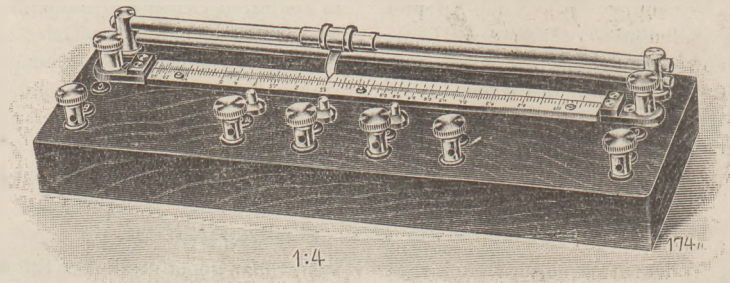


Fig. 2.

In diesem Zustand sind die Stöpsel noch nicht etwa schlecht. Wenn jedoch die unausbleibliche Formänderung und Verschmutzung hinzukommt, so muß mit einer Unsicherheit von 3 bis 4% für den Vergleichswiderstand 0,01 Ohm gerechnet werden. Verwendet man einen Umschalter für den Wechsel der Vergleichswiderstände, so liegen die Verhältnisse noch ungünstiger. Ein für den gedachten Zweck geeigneter einfacher Umschalter hat neu einen Kontaktwiderstand von 0,0003 Ohm, der aber bei rauhem Gebrauch und Verschmutzung

schnell auf 0,001 Ohm steigt, was mit Bezug auf den Vergleichswiderstand 0,01 Ohm eine Änderung von 5% bedeutet. Von diesen Mängeln ist die neue Schaltung vollkommen frei, was bei Gebrauch der Brücke in Werkstätten und Prüffeldern von Wichtigkeit ist. Die Meßbrücke wird entweder mit den drei Vergleichswiderständen 0,01; 1 und 100 Ohm oder 0,1; 10 und 1000 Ohm ausgestattet. Die Skale ist von 0,05 bis 50 geteilt, und es entstehen daher im ersten Falle die Meßbereiche 0,0005 bis 0,5 Ohm, 0,05 bis 50 Ohm,



5 bis 5000 Ohm; im zweiten Fall entstehen die Meßbereiche 0,005 bis 5 Ohm, 0,5 bis 500 Ohm, 50 bis 50000 Ohm.

Auch äußerlich ist der Apparat als feinmechanisch genaues Präzisionsinstrument ausgearbeitet, vgl. Fig. 2. Das Gehäuse, welches die Widerstandspulen und alle Verbindungen der Klemmen enthält, ist aus poliertem Mahagoniholz hergestellt. Auf dem Deckel dieses Gehäuses sitzen 8 Klemmen, die Spannbacken des 25 cm langen Meßdrahtes, die Skale, 3 Druckknöpfe

und die Doppelstangenführung des Schleifkontaktes. Alle Metallteile bestehen aus Messing, sind fein poliert und lackiert bis auf die Stangen der Schleifkontaktführung, welche hochglänzend vernickelt sind. Ersatzstoffe sind nicht verwendet. Für die Handhabung der Brücke wird eine besondere Gebrauchsanweisung ausgegeben werden.

Auf eine nach gleichem Prinzip konstruierte Thomsonsche Doppelbrücke zum Messen sehr kleiner Widerstände kann aus Mangel an Raum hier nur hingewiesen werden. G. Werner.

### Korrespondenz.

**Zur Beschaffung von Glühkathodenröhren und Funkenapparaten.** Zu der Zusammenstellung von fundamentalen Versuchen mit Glühkathodenröhren von Dr. Weiß, Freiburg i. Br., möchte ich bemerken, daß diese wegen ihrer theoretischen Wichtigkeit und großen praktischen Anwendung als auch wegen der verhältnismäßig leicht zu beschaffenden Mittel für den Unterricht in der Oberstufe beachtenswert sind. Ältere Glühkathodenröhren verschiedener Art sind für Unterrichtsanstalten zum Preise von M. 10,— von der Elmag, Berlin, Kronenstr. 42 43, zu erhalten. Eine Fassung beispielsweise zu den Lampen EVN 171 oder EVE 173 läßt sich leicht aus einem Brett, besser natürlich einem Stück Hartgummi anfertigen, indem man in vier Bohrungen, die den Steckanschlüssen der Lampe entsprechen, Blechstücke schlägt, die man um einen Draht passender Stärke zu Röhrchen gebogen hat, und an die vier Zuleitungsdrähte gelötet sind. Um die Anodenspannung von 100 Volt zu erhalten, dienen zwei hintereinander geschaltete Glühlampen, die in die Netzspannung von 220 Volt gelegt wurden; von der einen Lampe wurde parallel abgezweigt. Für Sendezwecke dienen Spulen, die auf Papprohr von ca. 9 cm Ø gewickelt waren; über die Selbstinduktionsspule war in zweiter Lage die Rückkoppelungsspule mit mehreren Anschlüssen gelegt. Das sonstige Zubehör zu diesen Versuchen erhält man ebenfalls von Elmag, z. B. Eisenwiderstände für die Heizung zu M. 1,—; Tonprüferbrett zu M. 14,—; Detektor M. 7,50; Telephon M. 10,—. Im übrigen ist auch Gelegenheit, sich hier an Funkenapparaten das Nötige zu beschaffen. Sehr zu empfehlen sind für Schulzwecke die K.S.E.-Apparate für Demonstrationszwecke, die nach dem System der tönenden Löschfunken arbeiten. Zum Betrieb sind 12 bzw. 20 Volt erforderlich, die auf ca. 4000 Volt durch einen Pendelumformer umgesetzt werden. Der Umformer und die Löschfunkenstrecke sind nach Öffnen des Deckels sichtbar;

Selbstinduktion und Kapazität können nach Abschrauben der Rückseite studiert werden. Der Kasten (M. 75,—) enthält Sender- (Wellen von 230 m und 300 m) und Empfangseinrichtung. Als Antenne benutze ich ein T-Gebilde aus ca. 1 mm starken Kupferdraht, der 6 m lang an die Zimmerdecke gespannt ist und von dessen Mitte eine ca. 2,50 m lange Zuführung zum Experimentiertisch führt. Der Empfänger, zwei Zimmer weiter, hat dieselbe Einrichtung. Hat man nicht die Kosten zu scheuen, so kann man hier einen zweiten K.S.E. aufstellen, sonst läßt sich auch die Empfangseinrichtung leicht herstellen, wenn man Detektor, Blockkondensator (M. 8,—) und Fernhörer anschafft. Für Meßzwecke ist auch die Anschaffung eines Wellenmessers (M. 100,—) mit Summer (M. 15,—) sehr zu empfehlen.

Für Anschaffung größerer Sende-, Empfangs- und Verstärkerapparate gibt die Elmag bereitwilligst Auskunft. P. Nickel.

**Bruno Kolbe** hat am 19. Juni sein 70. Lebensjahr vollendet. Er ist einer der treuesten Mitarbeiter unserer Zeitschrift gewesen, bereits der 1. Jahrgang (1887) brachte die Beschreibung seines Papierelektroskops und eines Demonstrationsphotometers. Sein Elektrometer, an dessen Verbesserung er wiederholt gearbeitet hat, darf sich einer weiten Verbreitung rühmen, während seine „Einführung in die Elektrizitätslehre“ — Bd. I: Statische, Bd. II: Dynamische Elektrizität — (Berlin, J. Springer) ihn als hervorragenden Methodiker zeigt. Nach dem Zusammenbruch Rußlands hat er in Reval (Ofenstr. 12) Zuflucht gefunden und sich besonders im Bau von Unterrichtsapparaten betätigt, wovon die Beschreibung eines Zweifeder-Kurbelkontakts und eines Stromwenders für Schwachstrom im 31. Jahrgang (1918) Zeugnis ablegt. Wir hoffen, daß er seinen Ehrentag in Gesundheit verlebt hat und ihn unter günstigeren Lebensverhältnissen noch lange überleben wird. P.

# Himmelserscheinungen im September und Oktober 1920.

12h = Mittag, 0h und 24h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1h).

MEZ 12h	September						Oktober					
	3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28
♄ (AR)	10h 31m	11.7	11.41	12.13	12.43	13.12	13.40	14.7	14.33	14.59	15.22	15.42
	D 11°	7	4	0	-4	-8	-11	-14	-17	-20	-21	-23
♃ (AR)	11h 53m	12.15	12.38	13.0	13.23	13.46	14.9	14.33	14.57	15.22	15.47	16.13
	D 2°	0	-3	-6	-8	-11	-13	-15	-17	-19	-21	-22
♁ (AR)	10h 49m	11.7	11.25	11.43	12.1	12.19	12.37	12.55	13.13	13.32	13.51	14.10
	D 7,6°	5,7	3,8	1,9	-0,1	-2,0	-3,9	-5,9	-7,8	-9,6	-11,4	-13,1
♂ (AR)	15h 46m	16.0	16.13	16.28	16.42	16.57	17.23	17.28	17.44	18.0	18.16	18.32
	D -22°	-22	-23	-24	-24	-24	-25	-25	-25	-25	-25	-25
♃ (AR)	10.20			10.28		10.36			10.43		10.50	10.57
	D 11°			11		10			9		8	8
♃ (AR)				11h 12m					11.22			11.30
	D			7°					6			5
Sternzeit 1)	10h 49m 6s	11.8 49	11.28 32	11.48 14	12.7 57	12.27 40	12.47 23	13.7 5	13.26 48	13.46 31	14.6 14	14.25 56
Zeitgl.	-0m 40s	-2.20	-4.3	-5.49	-7.35	-9.17	-10.55	-12.23	-13.41	-14.45	-15.35	-16.8
Breite von Berlin. Ortszeit. Oberer Rand von ☉ und ☾.												
☉ Aufg. Untergang	5h 13m	5.22	5.30	5.39	5.47	5.56	6.3	6.12	6.21	6.30	6.39	6.48
	18h 45m	18.33	18.21	18.9	17.57	17.45	17.33	17.21	17.11	17.0	16.49	16.39
☾ Aufg. Untergang	20h 37m	0.12	6.38	12.18	15.40	17.39	20.59	1.47	7.56	12.32	14.53	17.11
	11h 0m	15.58	18.22	20.59	0.34	6.18	12.17	15.34	17.44	21.22	1.36	7.44

1) Im Stargarder Meridian.

**Herbstanfang** September 23<sup>d</sup> 9<sup>h</sup> MEZ.

**Finsternisse.** Totale Mondfinsternis, Ende: Oktober 27<sup>d</sup> 16<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> MEZ. Für Berlin geht der Mond erst 16<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> auf, hat bei Ende der Finsternis die Höhe 2°.

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Sept. 12 <sup>d</sup>	13h 52m	Sept. 20 <sup>d</sup>	5h 55m	Aug. 29 <sup>d</sup>	14h 3m	Sept. 5 <sup>d</sup>
	Sept. 28 <sup>d</sup>	2h 57m	Sept. 28 <sup>d</sup>	2h 57m	Sept. 28 <sup>d</sup>	2h 57m	Okt. 5 <sup>d</sup>	1h 54m
	Okt. 12 <sup>d</sup>	1h 50m	Okt. 20 <sup>d</sup>	1h 29m	Okt. 27 <sup>d</sup>	15h 9m	Nov. 3 <sup>d</sup>	8h 35m

Der Mond tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises:

Sternbild Länge	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs
	25°	55°	85°	115°	145°	175°	205°	235°	265°	295°	325°	355°
Sept.	2,3 <sup>d</sup>	4,6	6,7	8,8	10,9	13,0	15,3	17,6	20,1	22,6	25,0	27,5
Sept.	29,6 <sup>d</sup>	1,8	3,9	6,0	8,2	10,3	12,5	14,9	17,5	19,9	22,5	24,8
Okt.	27,0 <sup>d</sup>	29,1	31,2	2,3								

**Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.**

	♀	Tag	♀	♂ (Skorpion Schütze)	♃ (Löwe)	♄ (Löwe)
			Abendstern nachm.	(nachm.)	vorm.	vorm.
Sept.	unsichtbar	VIII 29		D <sub>a</sub> 8,2 U 9,2 <sup>h</sup>	(IX 6, 4,1 <sup>h</sup> )	
		IX 18	D <sub>a</sub> 6,8 <sup>h</sup> U 6,8 <sup>h</sup>	D <sub>a</sub> 7,3 U 8,5 <sup>h</sup>	A 3,7 D <sub>m</sub> 4,6	
		X 8	D <sub>a</sub> 6,0 U 6,1	D <sub>a</sub> 6,5 U 8,0 <sup>h</sup>	A 2,7 D <sub>m</sub> 5,2	A 3,7 D <sub>m</sub> 5,1
		28	D <sub>a</sub> 5,3 U 5,7	D <sub>a</sub> 5,8 U 7,7 <sup>h</sup>	A 1,7 D <sub>m</sub> 5,8	A 2,5 D <sub>m</sub> 5,7
Okt.		XI 17	D <sub>a</sub> 4,8 U 5,8	D <sub>a</sub> 5,3 U 7,7 <sup>h</sup>	A 0,7 D <sub>m</sub> 6,3	A 1,4 D <sub>m</sub> 6,2

A = Aufgang; U = Untergang; D<sub>a</sub> = Abend-Dämmerung; D<sub>m</sub> = Morgen-Dämm.

M. Koppe.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.