

## Glossen zur Behandlung der elektrischen Einheiten im Unterricht.

Von

Dr. V. Strouhal, Professor an der böhm. Universität in Prag.

In seinem Artikel „Die neuen österreichischen Lehrpläne für Physik“ (*diese Zeitschr.* 22, S. 209) kommt Herr Prof. A. HÖFLER auf eine kleine Kontroverse zurück, die wir bei Gelegenheit der Wiener Mittelschulenquete am vierten Verhandlungstag, den 24. Januar 1908, zufällig gehabt haben. Herr Prof. HÖFLER wünscht (*a. a. O.* S. 213) eine Meinungsäußerung von mir in bezug auf die daran geknüpften Bemerkungen. Ich komme diesem Wunsche gerne nach, um so mehr, als mir dadurch Gelegenheit geboten wird, auch über andere in das Gebiet der Elektrizitätslehre eingreifende Unterrichtsfragen einige Anregungen zur Diskussion zu stellen.

Vor allem gestehe ich offen, daß ich bei den Worten: „Was ist denn ein Potential? Nun, das ist die Summe der Arbeiten, die Sie bekommen, wenn Sie die unendliche Reihe ansetzen . . .“ das Wort „Arbeiten“ überhört habe. Mein Ruf „Arbeit! Das kann man an die Arbeit anschließen!“ war ja dann gegenstandslos, und obwohl mich die Erklärungsweise des Redners einigermaßen befremdete, so hätte ich über das Ganze kaum ein Wort erwähnt. Immerhin würde ich vom Standpunkte der Mittelschule auch heute Bedenken tragen, das Potential in der Weise zu erklären, wie es hier geschah, ganz abgesehen von der Frage, ob den Schülern die Summation einer Reihe von unendlich kleinen und unendlich vielen Größen Schwierigkeiten bereitet oder nicht. Denn was gesagt wurde, ist nicht die allgemeine begriffliche Erklärung des Potentials, sondern seine Berechnung in einem speziellen, wenn auch typischen Fall. Daß man den Begriff des Potentials mit einer speziellen unendlichen Reihe verknüpfen sollte, erscheint mir unzutreffend. Die allgemeine Auffassung sollte doch vorangehen, die Berechnung für einen bestimmten, einfachen Fall nachfolgen.

Ich sagte, daß man das Potential an den Begriff der Arbeit, der ja geläufig ist, anschließt. Man erklärt das Wesen eines Kraftfeldes, seine Intensität am gegebenen Ort im Zusammenhang mit den Kraftlinien. Dabei kann man vom Gravitationsfeld unserer Erde ausgehen und dann das magnetische und elektrische Feld anführen. Man zeigt, wann Arbeit geleistet, wann sie aufgewandt wird. Diese Arbeit hängt einmal von der (stofflichen, magnetischen, elektrischen) Menge ab, die im Kraftfeld verschoben wird, und dann vom Kraftfeld selbst. Um das letztere zu charakterisieren, bezieht man diese Arbeit auf die Mengeneinheit. Die Potentialdifferenz zwischen den Punkten  $A$  und  $B$  des Feldes ist dann die Arbeit, welche aufgewandt wird, um die Mengeneinheit vom Punkte  $B$  gegen die Kraftlinien in den Punkt  $A$  zu bringen. Liegt  $B$  in jenen Grenzen, wo das Feld aufhört, so erhält man das Potential für den Punkt  $A$ . Diesen Gedankengang befolgen die meisten Lehrbücher; er ist der natürlichste, und man braucht vorläufig keine Berechnungen anzustellen, sondern erklärt alles durch Beispiele, welche insbesondere in dem bekanntesten Feld, dem Gravitationsfeld der Erde, sehr hübsch gewählt werden können.

Ich möchte allerdings gleich hier eine Bemerkung einschalten. Das Potential wird hier sozusagen im passiven Sinn aufgefaßt. Das Wort Potential (= *potentia*,

posse) deutet aber auf etwas Aktives hin. Wenn ein Ingenieur einen hoch gelegenen See betrachtet, wo große Wassermassen ein hohes Potential haben, so denkt er gewiß nicht an die Arbeit, die es gekostet hat, um das Wasser hinaufzubringen, wohl aber an die Arbeit, die da geleistet werden könnte. Ich würde es also für einfacher und natürlicher halten, wenn man das Potential stets im aktiven Sinne erklären würde. Die Potentialdifferenz ist die Arbeit, die im Kraftfeld geleistet wird, wenn die Mengeneinheit vom Punkte  $A$  zum Punkte  $B$  durch die Kraft des Feldes gebracht wird. Das Potential im Punkte  $A$  ergibt sich einfach als der Arbeitsvorrat der Mengeneinheit. Diese Definition ist konkret und stimmt mit der wörtlichen Bedeutung des Wortes. Es wird dann sofort verständlich, daß eine Erhöhung des Potentials mit einem Arbeitsaufwand, eine Erniedrigung mit einer Arbeitsleistung verbunden ist; und da dabei stets die Mengeneinheit vorausgesetzt wird, so ergibt sich, daß bei beliebiger Menge die Potentialdifferenz mit dieser Menge multipliziert die Arbeit liefert.

Ich komme nun auf die mir von Herrn HÖFLER gestellte Frage zu sprechen. Hat man das Potential etwa in der hier angeführten Weise allgemein erklärt, so wird man in den obersten Klassen der Mittelschule gewiß nicht unterlassen, dasselbe zu berechnen. Dies ist möglich in dem einfachen Fall, wo die Intensität des Feldes mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Man wird dann auf die Berechnung des Wertes  $\int \frac{dr}{r^2}$  geführt, welche man mit elementaren Mitteln ausführen soll. Ich habe mich, wie Herr HÖFLER weiß, bei der Enquete für die Einführung der Elemente der Differential- und Integralrechnung an unseren Mittelschulen sehr warm eingesetzt. Bei dem jetzigen Stand der Dinge haben die Schüler mit unendlichen Reihen nicht zu tun. Trotzdem stimme ich Herrn HÖFLER bei, daß man der Berechnung solcher Reihen nicht auszuweichen braucht, besonders, wenn man die Rechnung durch geometrische Interpretation stützen kann. Ich habe den Ausdruck  $\int v dt$  im Sinne für den Fall  $v = gt$ , wo man die Summation mit Hilfe des Geschwindigkeitsdiagrammes geometrisch sehr hübsch erklären und dadurch die kürzere Methode mit der Mittelgeschwindigkeit  $\frac{1}{2} gt$  anschaulich begründen kann. Ebenso die Berechnung der Energie eines geladenen Konduktors  $\int V dQ$ , wo  $V = \frac{Q}{C}$ , und wo man das Resultat mit dem mittleren Potential  $\frac{1}{2} V \cdot Q$  ebenso geometrisch ableiten kann. Bei der obigen Aufgabe  $\int \frac{dr}{r^2}$  ist die Sache umständlicher und, soviel ich vermuten kann, für die Mittelschüler schwerer. Deshalb gehen alle Lehrbücher der direkten Summation jener Reihe aus dem Wege, indem sie das Resultat mit dem Kunstgriff des geometrischen Mittels der Kräfte ableiten. Ich glaube auch, daß dies völlig so ausreichend ist. Selbstverständlich wird man dann die Ausdrücke  $e/r$  für das Potential und  $r$  für die Kapazität diskutieren; denn an diesen so einfachen Ausdrücken werden die allgemeinen Betrachtungen vorzüglich illustriert<sup>1)</sup>.

Ich möchte noch einige Worte über die Art und Weise hinzufügen, wie man die Schüler mit den in der Praxis üblichen Einheiten Coulomb, Volt, Farad, Ampere usw. bekanntmacht. Man fängt damit an, die elektrostatische Einheit zu erklären; aus dem Coulombschen Gesetz ergibt sich das einfach. Man fügt dann hinzu: Diese — elektrostatische — Einheit ist zu klein; deshalb nimmt man eine  $3 \cdot 10^9$  so große Einheit an, welche 1 Coulomb genannt wird. Ebenso werden die Einheiten Volt und Farad eingeführt. Es heißt, daß die elektrostatische Einheit des Potentials zu groß, die der Kapazität zu klein ist. Deshalb nimmt man als praktische Einheit des Potentials  $\frac{1}{300}$  der elektrostatischen als Volt und als praktische Einheit der Kapazität  $9 \cdot 10^{11}$

<sup>1)</sup> Durch die obigen Erklärungen des Herrn Verfassers betrachtet auch Herr Prof. Höfler die Kontroverse als zu beiderseitiger Befriedigung ausgetragen. *D. Red.*



der elektrostatischen als Farad. Erklärend fügt man gleich hinzu, daß die Kapazität = 1 Farad ein kugelförmiger Konduktor von 9 Millionen Kilometer Radius besitzen würde; man fügt orientierend hinzu, daß der Radius der Sonne bloß (rund) 100000 km beträgt. Und dabei heißt Farad eine „praktische“ Einheit! Die einfachen Formeln für die elektrische Kraft, für das Potential, die Kapazität gelten natürlich bei diesen Einheiten nicht. Was muß sich ein intelligenter Schüler über diese merkwürdige Wahl der Einheiten denken! Warum man gerade die Multipla  $3 \cdot 10^9$  oder  $\frac{1}{300}$  nimmt, warum nicht bloß  $10^9$  oder  $\frac{1}{100}$  dezimal, bleibt ihm absolut dunkel. Und später heißt es wieder, daß die aus dem Laplaceschen Gesetz folgende Stromeinheit zu groß ist, daß man deshalb bloß  $\frac{1}{10}$  dieser Einheit nimmt und diese als Ampere bezeichnet. Oft heißt es erläuternd, daß es derjenige Strom ist, bei dem in der Zeiteinheit die Menge 1 Coulomb durch den Querschnitt fließt. Nun sind alle diese Erklärungen verwirrend und, ich möchte sagen, unaufrichtig. Sie sind nicht falsch, und doch sind sie nicht richtig, nicht methodisch richtig. [Man setzt die numerischen Beziehungen zwischen ganz verschiedenen Einheiten als Definitionen dieser Einheiten ein, und das ist verfehlt. Es kommt mir das alles so vor, als ob man sagen würde: Das Meter, die Längeneinheit, ist zu klein; daher nimmt man eine  $9,5 \cdot 10^{15}$  größere Einheit und nennt sie ein Lichtjahr. Durch eine numerische Relation darf man nicht eine Größe definitorisch einführen, die aus einem ganz anderen Gebiet entnommen ist und daher erst hier erklärt und definiert werden muß. So ist es auch mit den Einheiten Coulomb, Volt und Farad.]

Nun kann man aber einwenden, daß man doch in der Elektrostatik auf die eigentliche Erklärung dieser Einheiten nicht eingehen kann, und daß daher nichts anderes übrig bleibt als sie durch numerische Beziehungen einzuführen. Ich glaube aber, daß in der Elektrostatik diese Einheiten gar nicht notwendig sind, daß man sehr gut Beispiele über elektrische Kraftwirkung mit der elektrostatischen Einheit, ebenso Potentiale und Kapazitäten mit den so einfachen Formeln  $e/r$  und  $r$  rechnen kann. Die Einheiten Coulomb, Volt, Farad sind hier fremd, gehören einem ganz anderen System an und müssen also erst zur rechten Zeit den Schülern erklärt und richtig definiert werden.

Sehen wir nun zu, wie man hier verfährt. Man geht vom Laplaceschen oder Biot-Savartschen Gesetz aus und erklärt die absolute elektromagnetische Stromeinheit. Ich wünschte, daß man dieselbe Weber<sup>2)</sup> nennen möchte; sie fußt auf der Einheit Gauß für die magnetische Feldintensität. Dieses Heroenpaar, Gauß und Weber, möchte ich in dieser Relation vereinigt sehen. Es sollte den Schülern bei dieser Gelegenheit gesagt werden, wer zuerst das absolute elektromagnetische System eingeführt und angewandt hat. Man sagt aber dann weiter: Da diese so gewonnene Einheit (Weber) für die meisten technischen Anwendungen zu groß ist, so hat man auf dem elektr. Kongreß zu Paris 1881 den zehnten Teil dieser Einheit als praktische Einheit angenommen und als Ampere bezeichnet. Nun ist das wieder nicht wahr. Die Einheit Weber ist gar nicht so unbequem groß. Wäre sie das wirklich, so würde ein Verkleinern auf ein Zehntel auch nicht viel nützen; und ob man den Dezimalstrich um eine Stelle weiter rückt, ist doch belanglos. Für die Starkstromtechnik wäre die Einheit Weber ganz passend; für schwache Ströme würde man sich auch damit abfinden. Und was die Hauptsache ist, die aus dem Laplaceschen Grundgesetz abgeleiteten Formeln würden alle so bleiben wie sie die Berechnung gibt, ohne nachträgliche Modifikation mit dem Koeffizienten 10.

Der Grund, warum die Einheit Weber nicht geblieben, liegt ganz anderswo, und ich befürworte es, daß man den Schülern diesen richtigen Grund sagt. Ich stelle

<sup>2)</sup> Der gleiche Vorschlag ist auch schon von F. Kohlrausch gemacht worden, man vergl. Ostwalds Klassiker Nr. 142, S. 110, und diese Zeitschr. XXII, S. 384 (November 1909). D. Red.

mir den Vorgang so vor. Man erklärt die Einheit Weber; daraus die Mengeneinheit Weber . sec, daraus die Potentialeinheit  $\frac{\text{erg}}{\text{Weber} \cdot \text{sec}}$ . Sodann leitet man die Einheiten ab für die Kapazität Weber . sec:  $\frac{\text{erg}}{\text{Weber} \cdot \text{sec}}$ , und für den Widerstand nach dem Ohmschen Gesetz  $\frac{\text{erg}}{\text{Weber} \cdot \text{sec}}$ : Weber. Man erhält so in den wichtigsten Einheiten das elektromagnetische System.

Nun ist es richtig, daß von diesen Einheiten viele zu klein sind, insbesondere die des Potentials und daher auch die des Widerstandes. Der Grund liegt in der Arbeitseinheit erg, die zu klein ist, wie ja die Schüler aus der Mechanik wissen. Deshalb muß man Multipla — natürlich dekadische — dieser Einheiten einführen. Und nun sage man den Schülern, welche Motive für die Einführung bestimmter Multipla entscheidend waren. Es waren in der Praxis gewisse Einheiten schon eingebürgert, nämlich die Einheit Daniell und die Einheit Siemens. Man wollte nun solche Multipla schaffen, um diesen Einheiten möglichst nahe zu kommen. Daraus entstanden dann die Einheiten

$$\text{Volt} = 10^8 \frac{\text{erg}}{\text{Weber} \cdot \text{sec}}, \quad \text{Ohm} = 10^9 \frac{\text{erg}}{\text{Weber} \cdot \text{sec}} : \text{Weber}.$$

Wirklich wurde dadurch Volt beinahe dem Daniell, Ohm beinahe dem Siemens — bis auf wenige Prozent — gleichgebracht, wodurch der Übergang von alten, eingebürgerten Einheiten zu den neuen erleichtert wurde. Hat man aber diese Einheiten so festgesetzt, so ergab sich die Stromeinheit als

$$\frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}} = \frac{1}{10} \text{Weber}$$

und so entstand die Einheit Ampere.

Für den Effekt ergab sich dann

$$\text{Volt} \cdot \text{Ampere} = 10^8 \frac{\text{erg}}{\text{Weber} \cdot \text{sec}} \cdot \frac{1}{10} \text{Weber} = \frac{10^7 \text{erg}}{\text{sec}}.$$

Dadurch entstanden die Relationen

$$10^7 \text{erg} = \text{Joule}, \quad \frac{10^7 \text{erg}}{\text{sec}} = \text{Watt}.$$

Als Mengeneinheit mußte dann natürlich Ampere . sec gelten; diese nannte man Coulomb; sie hat mit dem Coulombschen Gesetz nichts zu tun. Und als Kapazität folgte

$$\frac{\text{Coulomb}}{\text{Volt}} = \text{Farad}.$$

Was nun die numerischen Beziehungen der Einheiten des elektromagnetischen Systems zu jenen des elektrostatischen Systems betrifft, so sollte diese Frage zuallerletzt besprochen werden. Dabei ist es zweckmäßig, die elektrostatische Einheit nicht mit Coulomb, d. h. Ampere . sec, sondern mit Weber . sec. zu vergleichen, wodurch man dann die Verhältniszahl  $3 \cdot 10^{10}$  statt  $3 \cdot 10^9$  bekommt. Die Schüler wird es interessieren, daß diese Zahl in cm die Lichtgeschwindigkeit bedeutet (im Sinne der Maxwellschen elektromagnetischen Lichttheorie), und sie werden dann diese Zahl leicht im Gedächtnis behalten. Aus dieser Zahl lassen sich dann alle anderen Verhältnisse berechnen, insbesondere jene oben erwähnten  $3 \cdot 10^9$ ,  $\frac{1}{300}$ ,  $9 \cdot 10^{11}$ , was eine gute Übung und Wiederholung der Definitionen bedeutet.

Es bleibt dann noch hinzuzufügen, daß die so eingeführten Multipla der absoluten elektromagnetischen Einheiten, also Ampere, Volt, Ohm usw., die theoretischen oder fundamentalen sind. Die praktischen Einheiten werden dann in bestimmter Weise realisiert, wobei man von Ohm und Ampere ausgeht, welche durch 1,06300 Siemens resp. 1,11800 mg Ag festgesetzt werden, und wobei dann aus diesen Einheiten die übrigen durch die Beziehung des Ohmschen Gesetzes und durch die Einführung der Kapazität abgeleitet werden.



Zum Schluß noch eine Bemerkung. Der Name Siemens war seit beinahe einem halben Jahrhundert innig verknüpft mit seiner Widerstandseinheit. Diese lebt ja noch im praktischen Ohm, ohne Siemens wäre die Realisation dieser Einheit kaum verständlich. In ungezählten Abhandlungen wurde die Siemenssche Einheit allen Widerstandsmessungen zugrunde gelegt. Ich halte es deshalb für keinen glücklichen Gedanken, daß man in neuester Zeit den Namen Siemens mit einer ganz anderen Größe, dem Leitwert (Leitfähigkeit), verknüpfen will, wodurch für die Zukunft ganz überflüssig Konfusionen entstehen müssen. Ich gebe zu, daß der bisherige Name Mho sich nicht empfiehlt; aber provisorisch könnte er noch bleiben. Will man aber, wie es ja ganz am Platze ist, auch die Einheit des Leitvermögens nach einem Physiker benennen, so ist doch dafür ein Name förmlich prädestiniert, der Name jenes deutschen Forschers, dessen Arbeiten gerade auf dem Gebiete der Leitfähigkeit der Elektrolyse grundlegend und bahnbrechend waren. *Suum cuique honorem!*

Nachwort. Diese Zeilen schrieb ich zur Zeit, als die physikalische Welt Vorbereitungen traf, den 14. Oktober d. J., den Tag an welchem F. KOHLRAUSCH sein 70. Geburtsfest erlebt hätte, würdig zu feiern. Leider hat es dazu nicht kommen sollen. Um so inniger möchte ich heute, wo F. KOHLRAUSCH nicht mehr unter den Lebenden weilt, den Antrag wiederholen, sein Andenken durch die Bezeichnung der Einheit des Leitvermögens zu ehren und der Nachwelt zu erhalten.

## Gasvolumetrische Schulversuche.

Von

Dr. W. Bahrdt in Gr.-Lichterfelde.

Die Methoden der chemischen Wissenschaft, nach denen die stöchiometrischen Grundgesetze gefunden worden sind, bzw. bestätigt werden, beruhen größtenteils auf Gewichtsbestimmungen. Da aber die chemische Wage kein Demonstrationsapparat ist, so ist der Lehrer, der jene Gesetze quantitativ im Unterricht behandeln will, genötigt, diese Gewichtsmethoden durch andere anschaulichere und einfache quantitative Schulversuche zu ersetzen; hierzu sind besonders geeignet gasvolumetrische Versuche.

Eine Reihe derartiger Versuche, wie z. B. die Analyse der Luft oder die Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff oder die Zerlegung von Flüssigkeiten durch den elektrischen Strom in gasförmige Elemente u. a., gehört schon lange zum festen Bestand der im Schulunterricht angestellten Versuche. Eine große Anzahl weiterer gasvolumetrischer Versuche ist in dieser Zeitschrift beschrieben worden; es sei besonders hingewiesen auf die Arbeiten von Fr. C. G. Müller, Messende chemische Versuche, XIV, S. 330; H. Rebenstorff, Quantitative Versuche mit Wasserstoff, XVIII, S. 277, und Azidimetrie durch Wasserstoffmessung, XIX, S. 201, und Rischbieth, Gasvolumetrische Schul- und Vorlesungsversuche, XI, S. 74 und XXII, S. 19.

Daß aber solche gasvolumetrischen quantitativen Versuche noch viel zu wenig im Unterricht angestellt werden, geht schon daraus hervor, daß sie in verhältnismäßig geringer Zahl in die üblichen Schullehrbücher der Chemie aufgenommen worden sind. Eine Anzahl der im folgenden beschriebenen Versuche behandelt dieselben Aufgaben, die in den schon oben erwähnten Aufsätzen bereits gelöst sind; auch einige von meinen Versuchsanordnungen decken sich im wesentlichen mit den daselbst beschriebenen. Wenn ich trotzdem diese Versuche nicht fortgelassen habe, so bin ich dazu durch den Wunsch bewogen worden, die in Betracht kommenden Versuchsreihen möglichst vollständig und lückenlos darzubieten; im übrigen habe ich jedesmal an den betreffenden Stellen auf jene Aufsätze verwiesen.

### 1. Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes der rationalen Volum- verhältnisse bei der Verbindung zweier Gase.

Bei der Verbindung zweier Gase unter Explosion benutze ich eine Röhre aus Duraxglas von 50 cm Länge, 17 mm innerer Weite und 3 mm Wandstärke; das Duraxglas besitzt für diesen Zweck die vorzüglichsten Eigenschaften; da es sehr langsam gekühlt ist und dicke Wandungen hat, hält es die kräftigsten Explosionen aus. Um seine Widerstandskraft zu prüfen, füllte ich ein 80 cm langes Rohr zu einem Viertel mit Grubengas und zu drei Viertel mit Sauerstoff an, verschloß die Enden durch Korke, die mittels Sieglacks und Eisendrahts befestigt wurden, umwickelte das Rohr mehrfach mit Tuch und brachte das Gemisch durch einen Induktionsfunken zur

Explosion; dem hierbei auftretenden ungeheuren Druck widerstand die Röhre, während ein aus gewöhnlichem, schwer schmelzbarem, dickwandigem Glas hergestelltes Explosionsrohr bei derselben Prüfung unter lautem Knall zertümmert wurde.

Die bei den nachfolgenden Versuchen benutzte Explosionsröhre (Fig. 1) ist in Zehntelkubikzentimeter eingeteilt. Sie ist an einem Ende verschlossen durch einen Kork von etwa  $\frac{3}{4}$  cm Höhe, der mehrere Zentimeter weit in die Röhre geschoben wird. Er hat 3 Bohrungen; durch die eine geht ein mit Hahn versehenes dickwandiges Kapillarrohr *A*, durch jede der beiden anderen eine dünne Glasröhre *B*, in die ein Platindraht *C* eingeschmolzen ist; das im Innern der Röhre befindliche Ende dieses Platindrahts ist mit Kupferdraht verlötet, mittels dessen der Strom eines Induktionsapparates oder einer Elektrisiermaschine zu den freien Platinenden geführt wird. Der Kork mit den 3 Röhren wird durch eine 1 bis 2 cm dicke Schicht geschmolzenen Sieglacks in dem Rohr befestigt und luftdicht verschlossen. Das andere Ende des Explosionsrohres wird ebenfalls durch einen mit Sieglack befestigten Kork verschlossen, durch den zwei Glasröhren, eine kürzere *D* und eine längere *E*, von 2,5 mm lichter Weite gesteckt sind. Diese Vorrichtung hat einen mehrfachen Zweck, nämlich erstens stellt sie ein Ventil dar, das bei der Explosion des Gasgemisches verhindert, daß die abschließende Flüssigkeit durch den ungeheuren Druck aus der Röhre herausgeschleudert wird, wobei Gasblasen aus der unteren Öffnung der Röhre entweichen könnten; zweitens gestattet die Vorrichtung, die Röhre von unten mit

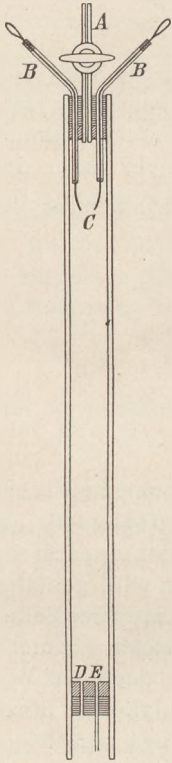


Fig. 1.

Gas zu füllen; hierbei geht das Gas durch die kurze Röhre, während die Sperrflüssigkeit durch die lange Röhre entweicht; endlich kann man durch dieses Ventil bequem die Röhre mit der Sperrflüssigkeit füllen bzw. entleeren. In der Fig. 1 stellen die schräg schraffierten Teile Korke, die horizontal schraffierten Sieglack dar. Während diese Explosionsröhre für exotherme Prozesse benutzt wird, bei denen ein einziger Funke die Reaktion einleitet, gebrauche ich für endotherme Versuche, bei denen ein länger andauernder Funkenstrom den Prozeß bedingt, z. B. bei der Zerlegung von Ammoniakgas in Stickstoff und Wasserstoff, eine nur 25 cm lange Röhre, bei der das Ventil fortgelassen ist.

Die von mir zur Aufbewahrung der Gase benutzten Gasometer sind in Fig. 2 abgebildet. Die Glaskugel *A* ist eine Kochflasche von etwa 1 l Inhalt; sie ist fest verschlossen durch einen Kork, durch dessen Bohrung bis auf den Boden der Flasche eine unten halbkreisförmig gebogene Glasröhre geht. Das Ganze steht verkehrt in einem mit Wasser gefüllten Glaszylinder *B*. Zum Füllen nimmt man den Kork mit

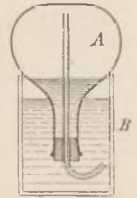


Fig. 2.



Röhre aus dem Halse heraus, gießt Wasser in die Flasche und verdrängt dieses in einer pneumatischen Wanne durch das Gas; dann setzt man unter Wasser den Kork mit Röhre wieder fest auf, hebt den Behälter aus der Wanne heraus, wobei mit dem Zeigefinger die Röhrenöffnung verschlossen wird, und setzt ihn in den Glaszylinder *B*. In diesem Gasometer lassen sich die Gase lange Zeit unverändert aufbewahren, wobei man nur darauf zu achten hat, daß das Wasser in *B* stets die Öffnung der Ausflußröhre bedecken muß. Um das Gas in die Explosionsröhre zu bringen, füllt man diese mit Wasser und setzt sie — das Ventil unten — in ein weiteres mit Wasser gefülltes Gefäß; hier wird sie durch ein Stativ festgeklemmt. Nun bringt man die Ausflußöffnung des Gasometers *A* unter das Ventil der Explosionsröhre und erwärmt durch eine Flamme langsam die Glaswandung von *A*. Das sich ausdehnende Gas entweicht nun durch die Ausflußröhre und steigt in Blasen durch das Ventil in die Explosionsröhre. Darauf stellt man das Gasometer wieder in den Zylinder *B* zurück, wobei man die Öffnung mit dem Finger verschließt. Während das Gas sich hier abkühlt, steigt ebensoviel Wasser aus *B* in die Flasche, wie vorher Gas entwichen war. Die besonderen Vorzüge bei dieser Art der Gasüberführung bestehen darin, daß man keine Verbindungsschläuche braucht, und daß man jede gewünschte Gasmenge bequem auffangen kann; da man ferner bei den Explosionen nur wenige Kubikzentimeter Gas braucht, und bei der Überführung kein Gas verloren geht, so lassen sich zahlreiche Versuche mit einer Füllung machen.

#### Versuche zum Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes.

Mit den angegebenen Mitteln läßt sich an einer Reihe von Beispielen der Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes führen: Zwei Gase verbinden sich miteinander in einfachen Volumverhältnissen; das Volumen des entstehenden Gases steht in einfachem Verhältnis zu den Volumina der Komponenten.

a) *Exotherme Prozesse.* Verbindung von Wasserstoff mit Sauerstoff. Man füllt in die Explosionsröhre in ungefähr gleichen Volumverhältnissen erst Sauerstoff, dann Wasserstoff und läßt den elektrischen Funken zwischen den Platinenden überspringen. Das Volumen verringert sich nach der Explosion, indem durch das Ventil Wasser in die Röhre strömt. Bei einem Versuch wurden 21,8 ccm Sauerstoff mit 17,1 ccm Wasserstoff gemischt. Nach der Explosion blieb ein Sauerstoffvolumen von 13,5 ccm. Es waren also 17,1 ccm Wasserstoff mit 8,3 ccm Sauerstoff in Verbindung getreten; das Volumverhältnis ist daher ziemlich genau 2:1.

Verbindung von Kohlenoxydgas mit Sauerstoff. Das bei vielen Versuchen als möglichst günstig gefundene Mischungsverhältnis dieser Gase ist 2:1. 20,0 ccm *CO* und 10,3 ccm *O* gaben 20,7 ccm *CO*<sub>2</sub>; das Volumverhältnis ist demnach annähernd  $CO:O:CO_2 = 2:1:2$ .

Verbindung von Wasserstoff mit Chlor. Der Wasserstoff, von dem ein Überschuß genommen wird, wird von unten, das Chlor von oben in die Explosionsröhre eingeleitet. Als Abschlußflüssigkeit nimmt man, da Chlor in Wasser löslich ist, konzentrierte Kochsalzlösung. 28,2 ccm *H* und 16,4 ccm Chlor ließen nach der Explosion 12,4 ccm Wasserstoff übrig. Das Volumverhältnis ist daher  $H:Cl = 15,8:16,4 \sim 1:1$ .

Verbindung von Stickstoffoxydul mit Wasserstoff. Die Verbindung beider Gase tritt nur ein, wenn ein großer Überschuß von Stickstoffoxydul genommen wird. 30,2 ccm *N*<sub>2</sub>*O* und 9,0 ccm *H* gaben nach der Explosion 31,0 ccm Stickstoff. Gemäß der Gleichung  $N_2O + H_2 = N_2 + H_2O$  sollen 9 ccm *H* 9 ccm *N*<sub>2</sub>*O* zersetzen; da flüssiges Wasser entsteht, sollten also theoretisch 9 ccm Gas verschwinden. Der Fehler bei dem Versuch beträgt demnach 0,8 ccm.

b) *Endotherme Prozesse.* Zerlegung von Ammoniak. Unter der Wirkung von Induktionsfunken wird Ammoniak zerlegt gemäß der Gleichung  $2NH_3 = N_2 + 3H_2$ ; demnach muß sich das Volum des Gases beim Versuch verdoppeln. Man füllt zu-

nächst die 25 cm lange Röhre, bei der das Ventil fehlt, vollständig mit Ammoniakgas an, das mittels gebrannten Kalks getrocknet ist. Darauf senkt man die Röhre in einen schmalen, mit trockenem Quecksilber gefüllten Standzylinder bis über die Hälfte ein und läßt den Teil des Ammoniaks, der unterhalb des äußeren Quecksilberniveaus liegt, durch Öffnen des Hahnes ausströmen. Dann liest man das Volumen ab und schiebt einige Minuten lang Induktionsfunken durch das Gas. Am Anfang beobachtet man eine schnelle Volumenzunahme, nachher wird sie langsamer. Sobald Konstanz erreicht ist, liest man wieder das Volumen ab. Ein Versuch, bei dem durch 19,4 ccm Ammoniakgas während 10 Minuten Funken hindurchgeschickt wurden, ergab 38,6 ccm Gasgemisch; der Fehler betrug demnach nur 0,2 ccm oder 0,6%. Die Anwesenheit von Wasserstoff wurde durch Entzünden des Gasgemisches an dem Hahnrohr nachgewiesen.

## 2. Quantitative Gasanalyse mittels Gasen.

a) *Luftanalyse mittels Wasserstoffgases.* Zur Ausführung dieser bekannten eudiometrischen Analyse füllt man das Explosionsrohr mit Wasser an und läßt durch Öffnen des Hahnes etwa 30 ccm Luft eintreten. Man liest nun das Volumen ab ( $a$  ccm). Darauf führt man von unten in die Röhre etwa 15 ccm reinen Wasserstoff zu und liest wieder das Volumen ab ( $b$  ccm). Endlich läßt man durch das Gasgemisch einen Induktionsfunken schlagen; es erfolgt die Vereinigung von Sauerstoff mit Wasserstoff unter Explosion, wobei man eine Kontraktion des Gasgemisches beobachtet; das Volumen beträgt  $c$  ccm. Wenn in den  $a$  ccm Luft  $x$  ccm Sauerstoff enthalten sind, so haben sich diese mit  $2x$  ccm Wasserstoff zu flüssigem Wasser vereinigt, dessen Volumen gegen das des Knallgases vernachlässigt werden darf; die Kontraktion beträgt also  $3x$  ccm. Andererseits ist sie auch gleich  $(b - c)$  ccm. Aus der Gleichung  $3x = b - c$  ergibt sich  $x = \frac{1}{3}(b - c)$ . Den Prozentgehalt  $p$  der Luft an Sauerstoff erhält man aus der Proportion  $a : x = 100 : p$ ;  $p = \frac{100 \cdot x}{a} = \frac{100(b - c)}{3 \cdot a}$ .

Beispiel:  $a = 32,1$  ccm;  $b = 48,5$  ccm;  $c = 28,7$  ccm;  $p = \frac{100 \cdot 19,8}{3 \cdot 32,1} = 20,6\%$  Sauerstoff.

Der Vorzug dieses Versuchs gegenüber den gebräuchlichen Anordnungen liegt in der Wahl des Wassers als Absperrflüssigkeit und in der bequemen Art der Füllung der Explosionsröhre mit Luft und Wasserstoff.

b) *Luftanalyse mittels Stickoxydgases.* Diese von Priestley zuerst angewandte, wenig bekannte Analyse hat den Vorzug, daß sie in jeder graduirten, einseitig geschlossenen Röhre ausgeführt werden kann. Man bringt  $a$  ccm Luft mittels eines in Fig. 3 abgebildeten Trichters von unten in die mit verdünnter Kalilauge gefüllte Explosionsröhre in der Weise, daß man den ganz mit Luft gefüllten Trichter unter die Öffnung der Röhre hält und langsam unter Wasser den Hahn des Trichters öffnet; es treten dann die Luftblasen allmählich in die Explosionsröhre ein. Man liest das Volumen ( $a$  ccm) der Luft ab. Jetzt füllt man den Trichter durch Wasserverdrängung vollständig mit Stickoxydgas und läßt auch dieses in die Röhre steigen. Eine Volumablesung ist jetzt nicht möglich, weil sich ohne Energiezufuhr der Luftsauerstoff mit Stickoxyd zu Stickdioxid verbindet, das schnell von der verdünnten Kalilauge absorbiert wird; durch Schütteln kann man die Absorption noch beschleunigen. Man liest nunmehr das Volumen ( $b$  ccm) ab. Sind in den  $a$  ccm Luft  $x$  ccm Sauerstoff enthalten, so verbinden sich diese gemäß der Gleichung  $2NO + O_2 = 2NO_2$  mit  $2x$  ccm Stickstoffoxyd zu Stickstoffdioxid, dessen Volumen verschwindet, da es von Kalilauge vollständig absorbiert wird. Es verschwinden demnach  $3x$  ccm des Gasgemisches. Da ferner gleiche Volumina Luft und Stickoxyd verwendet worden sind, so ist andererseits die Kontraktion gleich  $2a - b$ . Aus der Gleichung  $3x = 2a - b$



Fig. 3.



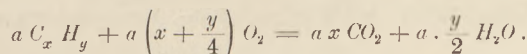
erhält man  $x = \frac{1}{3}(2a - b)$ . Den Prozentgehalt  $p$  der Luft an Sauerstoff findet man aus der Proportion  $a : x = 100 : p$ ;  $p = \frac{100x}{a} = \frac{100(2a - b)}{3a}$ .

Beispiel:  $a = 21,7$  ccm;  $b = 30,1$  ccm;  $p = \frac{100(43,4 - 30,1)}{65,1} = 20,4\%$  Sauerstoff.

c) Auffinden der Formel von gasförmigen Kohlenwasserstoffen<sup>1)</sup>. Die folgende Methode gestattet nicht nur die quantitative Zusammensetzung, sondern die vollständige Formel jedes gasförmigen Kohlenwasserstoffs zu bestimmen. Die Formel desselben sei  $C_x H_y$ . Man mischt das Gas, dessen Volumen gleich  $a$  ccm abgelesen wird, in der Explosionsröhre mit einer abgemessenen Menge ( $b$  ccm) überschüssigen Sauerstoffs und bringt das Gemisch durch einen Induktionsfunken zur Explosion, worauf man das Volumen  $c$  ccm abliest. Der Kohlenwasserstoff verbrennt bei der Explosion zu Kohlendioxyd und Wasser. Da das letztere flüssig ist, so verschwindet sein Volumen, und in der Röhre bleibt ein Gemisch von Kohlendioxyd und überschüssigem Sauerstoff zurück. Das erstere Gas wird durch Kalilauge absorbiert. Danach liest man das übrigbleibende Volumen  $d$  ccm ab; dieses ist die Menge des bei der Verbrennung nicht in Reaktion getretenen Sauerstoffs. Es haben sich also  $a$  ccm Kohlenwasserstoff mit  $(b - d)$  ccm Sauerstoff zu  $(c - d)$  ccm Kohlensäure und flüssigem Wasser verbunden. Da nun in einer chemischen Molekulargleichung die Koeffizienten der einzelnen Summanden proportional den gasvolumetrischen Mengen der in Reaktion tretenden Körper sind, und man ferner die beiden Seiten einer chemischen Gleichung mit einem beliebigen Faktor multiplizieren kann, so darf man die Gleichung, die den Verbrennungsprozeß veranschaulicht, schreiben



Andererseits ist aber auch



Durch Vergleich beider Gleichungen erhält man

$$ax = c - d \quad \text{und} \quad a \left( x + \frac{y}{4} \right) = b - d.$$

Hieraus findet man

$$x = \frac{c - d}{a} \quad \text{und} \quad y = \frac{4(b - c)}{a}.$$

Als Beispiel zu dieser Methode sei ein Versuch mit Grubengas beschrieben, bei dem die in Klammern beigefügten Zahlen die Daten eines von mir ausgeführten Versuchs bedeuten.

Man füllt die Explosionsröhre mit Selterwasser an, das mit gewöhnlichem Wasser soweit verdünnt ist, daß keine Kohlensäureblasen mehr aufperlen, verschließt die Öffnung mit dem Finger, kehrt die Röhre um und setzt sie mit dem offenen Ende in ein weiteres mit Wasser angefülltes Gefäß. Nun leitet man von unten  $b (= 20,1)$  ccm Sauerstoff und dann  $a (= 5,4)$  ccm Grubengas in die Röhre und bringt das Gemisch zur Explosion. Man liest nun  $c (= 14,5)$  ccm ab. Jetzt setzt man mittels eines Gummischlauchs auf das Hahnrohr der Explosionsröhre einen Trichter, den man mit Kalilauge anfüllt, öffnet den Hahn, so daß der größere Teil der Lauge in die Röhre fließt, wobei natürlich darauf zu achten ist, daß keine Luft mit eindringt. Nach Schließen des Hahnes schüttelt man die Röhre tüchtig, wobei die Kohlensäure von der Kalilauge absorbiert wird, und liest nun das Volumen  $d (= 9,0)$  ccm ab. Es ergibt sich nun nach den obigen Gleichungen

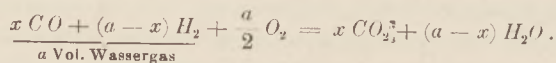
<sup>1)</sup> Vgl. Rischbicht, ds. Zeitschr. XXII, S. 19.

$$x = \frac{14,5 - 9,0}{5,4} = 1,02 \sim 1$$

$$y = \frac{4(20,1 - 14,5)}{5,4} = 4,15 \sim 4.$$

Die gesuchte Formel ist somit  $\text{CH}_4$ .

d) *Analyse von Wassergas*. Das Wassergas, das durch die Einwirkung weißglühender Kohlen auf Wasser entsteht, ist ein Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff. Es läßt sich im Laboratorium sehr leicht und in beträchtlichen Mengen herstellen, wenn man zwischen den Kohlestäben einer elektrischen Bogenlampe unter Wasser den Lichtbogen erregt. Zur quantitativen Analyse bringt man  $a$  ccm Wassergas in die Explosionsröhre und setzt eine überschüssige Menge Sauerstoff hinzu, die nicht gemessen zu werden braucht. Darauf entzündet man das Gemisch durch einen Induktionsfunken. Nach der Explosion erhält man eine Gasmenge von  $b$  ccm. Endlich läßt man das durch Verbrennung des Kohlenoxyds entstandene Kohlendioxyd durch Kalilauge absorbieren, worauf  $c$  ccm Gas in der Röhre übrigbleiben. Als Absperrflüssigkeit wird wie bei der Analyse der Kohlenwasserstoffe verdünntes Selterwasser verwendet. Es seien in den  $a$  ccm Wassergas  $x$  ccm Kohlenoxyd und  $(a - x)$  ccm Wasserstoff enthalten; dann läßt sich die Verbrennung darstellen durch die Gleichung



Nach der Explosion ist ein Gemisch von Kohlensäure und überschüssigem Sauerstoff in der Röhre, und zwar  $(b - c)$  ccm Kohlensäure. Durch Vergleich mit der obigen chemischen Gleichung erhält man  $x = b - c$ . Da diese Menge in  $a$  ccm Wassergas enthalten ist, so sind in 100 ccm Wassergas  $\frac{100(b - c)}{a}$  ccm Kohlenoxydgas und der Rest Wasserstoff enthalten. Ein Versuch ergab folgende Werte:  $a = 15$  ccm;  $b = 23,6$  ccm;  $c = 16,0$  ccm. Hieraus erhält man  $\frac{100(23,6 - 16,0)}{15} = 50,7\%$  Kohlenoxydgas und  $49,3\%$  Wasserstoff.

### 3. Gasvolumetrische Bestimmung von Äquivalent- und Verbindungsgewichten<sup>2)</sup>.

In dem folgenden Abschnitt ist eine Reihe von Versuchen beschrieben, bei denen entweder das Verbindungsgewicht eines Elements durch gasvolumetrische quantitative Analyse oder Synthese seines Oxyds oder sein Äquivalentgewicht durch Messung der durch das Element aus einer Flüssigkeit freigemachten Wasserstoffmenge gefunden wird. Die Messung des Gasvolumens geschieht in einer Bürette aus Glas von 300 ccm Inhalt, die in ganze Kubikzentimeter eingeteilt ist. Als Verschuß der Röhren und Gläser wurden ausschließlich neue Gummistopfen verwendet.

a) *Bestimmung der Äquivalentgewichte einiger Metalle*. Die Äquivalentgewichte der Metalle, die Säuren oder Wasser unter Entwicklung von Wasserstoff zersetzen, lassen sich durch Messung desjenigen Wasserstoffvolumens, das durch eine abgewogene Metallmenge verdrängt wird, bestimmen. Unter Äquivalentgewicht sei diejenige Gewichtsmenge eines Elements verstanden, die 1,008 g oder  $\frac{1000 \cdot 1,008}{0,0897} = 11200$  ccm Wasserstoff im Normalzustand freimacht. Benutzt man beim Versuche  $m$  g Metall und fängt  $v$  ccm Wasserstoff i. N. auf, so ist das Äquivalentgewicht des Metalls

$$x = \frac{m \cdot 11200}{v}.$$

<sup>2)</sup> Vgl. Rebenstorff, ds. Zeitschr. XVIII, S. 277.



Die Versuchsanordnung ist in Fig. 4 dargestellt. In ein weites Reagensglas wird die zu zersetzende Flüssigkeit gegossen; das abgewogene Metallstück wird in ein engeres, etwa 5 cm langes Reagensglas gelegt. Dieses läßt man vorsichtig in das schräg gehaltene, weite Glas hineingleiten, so daß keine Flüssigkeit eintritt. Nun verschließt man das Glas mit einem einfach durchbohrten Gummistopfen, durch den eine Glasröhre gesteckt ist, und verbindet sie mittels eines guten, am besten dickwandigen Gummischlauchs mit der Bürette, die in das Wasser eines Standzylinders taucht. Um im Reagensglase während des Versuchs konstante Temperatur zu haben, taucht man es in Wasser von Zimmertemperatur ein. Nun liest man den Wasserstand in der Bürette ab. Darauf neigt man das Reagensglas, bis die Flüssigkeit zum Metall tritt, und hebt, während sich der Wasserstoff entwickelt, die Bürette immer so weit aus dem Standzylinder, daß kein Über- oder Unterdruck in derselben herrscht.

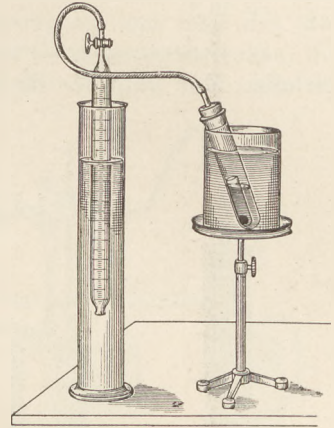


Fig. 4.

Nach Beendigung der Wasserstoffentwicklung liest man wieder den Wasserstand in der Bürette ab. Die Differenz ist das entwickelte Wasserstoffvolumen, dessen Volumen auf 0° und 760 mm Barometerstand umgerechnet wird.

#### Beispiele.

**Natrium.** Um das Natrium vor dem Luftzutritt zu schützen, wägt man es in einer beiderseits mit Korken verschlossenen kleinen Glasröhre ab. Da Wasser zu lebhaft zersetzt wird, füllt man in das weitere Reagensglas Alkohol. Ein Versuch ergab folgende Zahlen: Abgewogene Natriummenge 0,1910 g; aufgefangene Wasserstoffmenge 98,0 ccm; Temperatur 20°; Barometerstand 755 mm. Auf Normalzustand reduzierte Wasserstoffmenge 90,3 ccm. Äquivalentgewicht des Natriums 23,7.

**Magnesium.** Man benutzt Magnesiumband, das mit Sandpapier blank gerieben ist, und läßt es auf verdünnte Schwefelsäure wirken.

Versuchsergebnisse: Menge Magnesium 0,1796 g; Wasserstoffmenge 176,6 ccm von 20° und 755 mm Druck. Reduziertes Wasserstoffvolumen 162,4 ccm. Äquivalentgewicht des Magnesiums 12,4 (anstatt  $\frac{24,4}{2} = 12,2$ ).

**Zink.** Verwendet wurden Zinkkörner, und zwar 0,2760 g; Wasserstoffvolumen 99 ccm von 20° und 755 mm Druck. Reduziertes Wasserstoffvolumen 91,6. Äquivalentgewicht von Zink 33,6 (anstatt  $\frac{65,4}{2} = 32,7$ ). Der etwa 3% große Fehler mag von Verunreinigungen im Zink herrühren; es blieb nämlich im Reagensglas nach dem Versuch eine geringe Menge schwarzen Schlamms übrig.

**Aluminium.** Aluminiumdraht wird in konzentrierter Salzsäure aufgelöst. 0,1406 g Aluminium machen 189,8 ccm Wasserstoff von 20° und 755 mm Druck, d. h. 174,5 ccm im Normalzustand, frei. Äquivalentgewicht 9,02 (statt  $\frac{27,1}{3} = 9,03$ ).

**Zinn.** Beim Versuch ist Stanniolpapier zu verwenden, da körniges Zinn zu langsam aufgelöst wird. Das abgewogene Stanniolpapier wird direkt in konzentrierte Salzsäure geworfen, die sich im weiten Reagensglas befindet und bei gewöhnlicher Temperatur nicht auf Zinn einwirkt. Nachdem man das Reagensglas verschlossen und mit der Bürette verbunden hat, erhitzt man die Salzsäure zum Kochen. Es beginnt alsbald eine stürmische Wasserstoffentwicklung, während das Zinn sich auflöst. Nach Beendigung des Versuchs taucht man das Reagensglas wieder in das Wasserbad und liest nunmehr das entwickelte Wasserstoffvolumen ab.

Stanniolmenge 0,3152 g; Wasserstoffmenge 64,6 ccm; Temperatur 20°; Barometerstand 755 mm. Reduziertes Volumen 59,4 ccm. Äquivalentgewicht des Zinns 59,4 (statt  $\frac{119}{2} = 59,5$ ).

b) *Verbindungsgewicht von Quecksilber<sup>3)</sup>*. Die Versuchsanordnung ist in Fig. 5 dargestellt. Man füllt in die schwer schmelzbare Glasröhre *B* von etwa 25 cm Länge

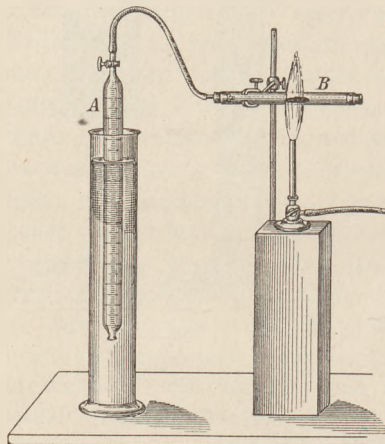


Fig. 5.

eine abgewogene Menge Quecksilberoxyd, taucht die Bürette *A* in das Wasser des Standzylinders, bis sie vollständig mit Wasser angefüllt ist, verbindet *A* mit *B* durch einen dickwandigen Schlauch und schließt das offene Ende von *B* durch einen Gummistopfen. Nun erhitzt man das Quecksilberoxyd durch einen großen Bunsenbrenner. Der sich entwickelnde Sauerstoff sammelt sich in *A* an. Nachdem die ganze Menge Quecksilberoxyd zersetzt und die Röhre *B* wieder erkaltet ist, liest man die aufgefangene Sauerstoffmenge ab. 0,476 g Oxyd lieferten 26,7 ccm Sauerstoff von 21° und 758 mm Druck oder 24,1 ccm Sauerstoff im Normalzustand. Diese wiegen  $24,1 \cdot 0,001429 = 0,03443$  g. Setzt man das Verbindungsgewicht von  $Hg = x$  und das von  $O = 16$ , so verhält sich  $0,476 : 0,03443 = (x + 16) : 16$ ; folglich ist  $x = 205$  (anstatt 200).

c) *Verbindungsgewicht von Magnesium*. Versuchsanordnung wie in Fig. 5. Man füllt die Bürette *A* vollständig mit Sauerstoff und verbindet sie durch einen dickwandigen Schlauch mit der schwer schmelzbaren Glasröhre *B*. Jetzt schiebt man ein abgewogenes Stück reinen Magnesiumbands, das auf ein Stück ausgeglühten Asbestpapiers gelegt ist, bis in die Mitte der Röhre *B*. Darauf vertreibt man durch Senken der Bürette die Luft aus *B* und schließt schnell das offene Ende von *B* durch einen Gummistopfen. Nunmehr liest man den Wasserstand in *A* ab und erhitzt das Magnesium durch eine große Flamme. Da die Entzündungstemperatur des Magnesiums sehr hoch ist, so ist es vorteilhaft, wenn man das Magnesiumband um einige Millimeter über den Rand des Asbestpapiers hinüberrauchen läßt und an diesem Ende die Entzündung bewirkt. Das Magnesium verbrennt nun in dem Sauerstoff mit intensiv weißer Flamme; dabei steigt, trotz der hohen Wärmeentwicklung, das Wasser in der Bürette, was einen Verbrauch an Sauerstoff anzeigt. Nach einigen Sekunden ist die Verbrennung beendet. Nach dem Abkühlen liest man wieder den Wasserstand der Bürette ab. Die Differenz ist die verbrauchte Menge Sauerstoff. 0,0963 g Magnesium verbanden sich mit 48,2 ccm Sauerstoff von 20° und 754 mm Druck. Hieraus ergibt sich das Verbindungsgewicht des Magnesiums zu 24,4.

d) *Verbindungsgewicht von Schwefel, Phosphor und Kohle<sup>4)</sup>*. Versuchsanordnung siehe Fig. 6. Eine Röhre *C* aus schwer schmelzbarem Glase von 40 cm Länge ist beiderseits durch dickwandige Schläuche mit den Büretten *A* und *B* verbunden. Man wägt in einem Verbrennungsschiffchen etwa 1–2 Dezigramm Schwefel ab, schiebt es in die Röhre *C* und legt in das der Bürette *B* zugewandte Ende der Röhre *C* einige Stangen Ätznatron. Die Bürette *A* wird mit Sauerstoff gefüllt und die Luft aus *C* durch Senken der Bürette *A* vertrieben. Die Bürette *B* taucht zu Beginn des Versuches vollständig in den mit Wasser gefüllten Standzylinder ein, so daß das Wasser in ihr bis zum Hahne reicht. Nun erhitzt man den Schwefel von außen; er

<sup>3)</sup> Vgl. Fr. C. G. Müller, ds. Zeitschr. XIV, S. 336.

<sup>4)</sup> Vgl. Rischbieth, ds. Zeitschr. XV, S. 82.



entzündet sich sehr schnell (bei  $260^{\circ}$ ). Jetzt senkt man die Bürette *A*, so daß durch *C* ein langsamer Strom Sauerstoff hindurchgeht. Das Schwefeldioxyd wird begierig von dem Ätznatron aufgesogen, das sich in der Nähe des verbrannten Schwefels aufbläht und rissig wird. Nach Beendigung der Verbrennung läßt man das Gas durch Heben oder Senken der beiden Büretten mehrere Male durch *C* streichen, damit der letzte Rest von Schwefeldioxyd absorbiert wird, läßt abkühlen und stellt die Bürette *B* so weit in ihren Standzylinder hinein, daß sie wieder vollständig mit Wasser gefüllt ist. Dann liest man den Wasserstand in der Bürette *A* ab. Ein Versuch ergab folgende Resultate: 0,1238 g Schwefel verbrauchten 97 ccm Sauerstoff von  $21^{\circ}$  und 747 mm Druck. Hieraus ergibt sich  $S = 31,4$  (anstatt 32,0).

In genau derselben Weise läßt sich der Versuch mit gelbem oder rotem Phosphor anstellen; jedoch sind die Versuchsergebnisse nicht annähernd so genau wie beim Schwefel, und zwar weil der Phosphor in der Röhre beim Erhitzen teilweise eher verdampft als verbrennt; infolgedessen bleibt an den kalten Stellen des Rohres ein unverbrannter Teil des Phosphors haften, und die Menge

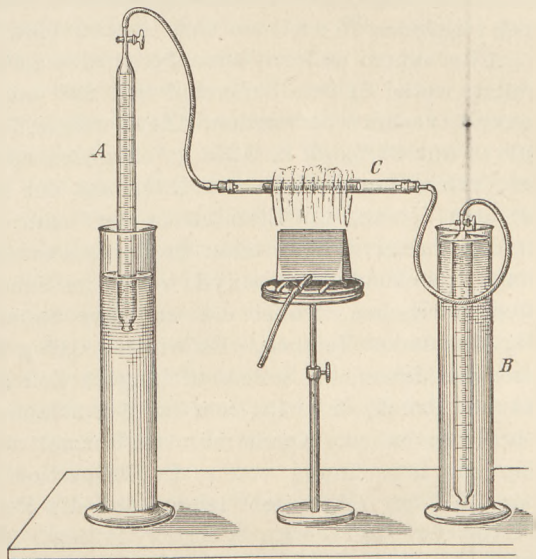


Fig. 6.

Bei einer großen Reihe von Versuchen mit gelbem und rotem Phosphor habe ich Fehler von 5 bis 10% bekommen.

Bei der Verbrennung von Holzkohle geschieht die Absorption des Kohlendioxyds durch festes Ätznatron außerordentlich langsam; noch nach 24 Stunden war sie bei einem Versuche nicht beendet. Daher ist es nötig, zwischen Röhre *C* und Bürette *B* eine mit sehr konzentrierter Kalilauge angefüllte Liebig'sche Kugelhöhre zu schalten, durch welche die Kohlensäure hindurchgetrieben wird. Da aber Holzkohle stets Verunreinigungen enthält, sind auch diese Versuche mit erheblichen Fehlern belastet. 0,047 g Holzkohle verbrauchten z. B. 84 ccm Sauerstoff von  $20^{\circ}$  und 760 mm Druck; hieraus ergibt sich das Verbindungsgewicht  $C = 6,8$  (anstatt  $12,0 : 2 = 6,0$ ).

Bei Vorlesungsversuchen ist also dem Phosphor und der Holzkohle der Schwefel vorzuziehen, der sehr genaue Werte liefert.

e) *Andere quantitative Oxydationsprozesse.* Von denjenigen Metallen, welche als Folie käuflich sind und in dieser Form verbrennen, läßt sich das Verbindungsgewicht in derselben Weise wie beim Magnesium bestimmen. Käufliche Metallpulver sind aber niemals reine Metalle, sondern zum Teil Metalloxyde; während nämlich Metallbleche oder Metallstücke bei der Einwirkung auf Säuren die theoretisch berechnete Wasserstoffmenge außerordentlich genau entwickeln (vgl. die Bestimmung der Äquivalentgewichte, S. 132), geben Metallpulver immer eine zu kleine Menge Wasserstoff. Z. B. lieferten 0,444 g Zinkpulver mit verdünnter Schwefelsäure nur 136 ccm Wasserstoff von  $20^{\circ}$  und 754 mm Druck, während reines Zink 165 ccm ergab; ebenso erhielt ich aus 0,456 g Eisenpulver nur 178,7 g Wasserstoffgas von  $18^{\circ}$  und 760 mm Druck anstatt 194 ccm. Das Zinkpulver enthält demnach nur 82,5% chemisch reines Zink, das Eisenpulver 92% chemisch reines Eisen. Aus diesem Grunde muß bei der Verwendung von Metallpulvern für quantitative Oxydationsprozesse vorher der Prozent-

gehalt des Pulvers an chemisch reinem Metall untersucht werden; alsdann erhält man gute Werte für ihre Verbindungsgewichte. Bei einem Versuch wurden 0,3372 g Zinkpulver auf Asbestpapier nach der Versuchsanordnung der Fig. 5 verbrannt; verbraucht wurden dabei 53 ccm Sauerstoff von 20° und 748 mm Druck, d. h. 48,4 ccm Sauerstoff im Normalzustand. Diese haben ein Gewicht von  $48,4 \cdot 0,00143 = 0,069$  g. Da in den 0,3372 g Zinkpulver nur 82,5% reines Zink, d. h. 0,278 g, enthalten sind, so findet man das Verbindungsgewicht, bezogen auf  $O = 16$ , aus der Proportion  $0,069 : 0,278 = 16 : x$ ;  $x = 64,3$  (anstatt 65,4).

Bei einem andern Versuche wurden 0,4064 g käufliches Eisenpulver im Sauerstoff erhitzt, wobei 81 ccm Sauerstoff von 20° und 754 mm Druck, d. h. 74 ccm im Normalzustand, verbraucht wurden. Diese wiegen  $74 \cdot 0,00143 = 0,106$  g. Da in den 0,4064 g Pulver nur 92%, d. h. 0,374 g, chemisch reines Eisen enthalten sind, so erhält man das Verbindungsgewicht von Eisen aus der Proportion  $0,106 : 0,374 = 16 : x$ ;  $x = 56,4$ . Bei dem Versuch mit Eisenpulver darf man übrigens die Röhre nur so lange erhitzen, bis das Pulver sich an einer Stelle entzündet hat; würde man das bei der Verbrennung entstehende Ferroxyd weiter im Sauerstoff glühen, so würde dieses in Ferrioxyd übergehen, wobei ein erneuter Sauerstoffverbrauch stattfinden würde. Dies zeigt folgender Versuch. Es wurden 0,65 g Eisenpulver, die 0,59 g chemisch reines Eisen enthielten, im Sauerstoff längere Zeit geglüht, wobei 169 ccm  $O$  von 20° und 744 mm Druck, d. h. 154 ccm im Normalzustand verbraucht wurden, die ein Gewicht von 0,22 g haben. Nennt man die Formel des erhaltenen Eisenoxys  $FeO_x$ , so kann man zur Berechnung von  $x$  die Proportion aufstellen  $56 : 16x = 0,59 : 0,22$ , woraus  $x = 1,3$  folgt. Man sieht leicht, daß die Formel  $FeO_{1,3}$  zwischen den Formeln  $FeO$  (Ferroxyd) und  $FeO_{1,5}$  (Ferrioxyd) liegt. Der größere Teil des Ferroxyds ist also durch das Glühen in Ferrioxyd übergegangen.

Ein Versuch mit Aluminiumpulver gab folgende Werte. 0,110 g Aluminiumpulver lieferte beim Auflösen in konzentrierter Salzsäure 126 ccm Wasserstoff von 18° und 750 mm Druck, d. h. 116 ccm Gas im Normalzustand, während die für 0,11 g Aluminiumdraht aus einem Experiment gefundene Wasserstoffmenge 136 ccm im Normalzustand betrug. Der Prozentgehalt  $p$  des Aluminiumpulvers an reinem Metall ist daher  $136 : 116 = 100 : p$ ;  $p = 85,4\%$ . Beim Erhitzen von 0,22 g Aluminiumpulver in reinem Sauerstoff wurden 113 ccm  $O$  von 20° und 752 mm Druck, d. h. 104 ccm  $O$  im Normalzustand, verbraucht, die ein Gewicht von 0,148 g haben. Da

$$\frac{0,220 \cdot 85,4}{100} = 0,188 \text{ g}$$

reines Aluminium verwendet wurden, so erhält man das Verbindungsgewicht  $x$  des Aluminiums aus der Gleichung

$$0,148 : 0,188 = 16 : x; \quad x = 20,3 \text{ (anstatt } \frac{2}{3} \cdot 27,1 = 18,1).$$

#### 4. Quantitative Zerlegung des Wassers durch Metalle<sup>5)</sup>.

Man wiegt in einem schwer schmelzbaren Reagensglas einen kleinen Wassertropfen (etwa 0,1 bis höchstens 0,2 g) ab und schüttet darauf Zinkpulver, bis etwa ein Drittel des Glases damit gefüllt ist. Nun verbindet man das Reagensglas mit der Bürette (in Fig. 5 ist das Rohr  $B$  durch ein Reagensglas zu ersetzen) und liest die Anfangsstellung des Wasserniveaus ab. Um zu verhindern, daß durch die Entwicklung von Wasserstoffgas das Metallpulver wie ein Pfropfen vorwärts geschoben und die Ausflußröhre verstopft wird, wodurch eine Explosion des Reagensglases hervorgerufen würde, befestigt man das Reagensglas in horizontaler Stellung in einem

<sup>5)</sup> Über qualitative Versuche zur Zersetzung des Wassers durch erhitzte Metalle s. Ohmann, Lehrgang der chem. Untersuchung des Wassers (ds. Zeitschr. XIV, S. 3).



Stativ und klopft leicht dagegen; es entsteht dann über dem Pulver ein Luftraum, der dem sich entwickelnden Wasserstoff den Abzug gestattet. Man beginnt nun mittels eines einfachen Brenners das Zinkpulver am trockenen Ende zu erhitzen; langsam nähert man dann von Zeit zu Zeit die Flamme dem feuchten Zinkpulver. Es beginnt nun eine lebhaftere Wasserstoffentwicklung, was man an dem Sinken des Wasserniveaus innerhalb der Bürette erkennt. Wenn die Entwicklung aufgehört hat, erhitzt man noch einige Zeit die ganze Menge des Zinkpulvers, um die letzten Spuren des Wassers zu zersetzen, läßt dann erkalten und liest den Wasserstand der Bürette ab. Bei dem Versuch ist noch folgendes zu beachten: Das benutzte Zinkpulver muß vor dem Gebrauch in einem verschlossenen Gefäß einige Zeit erhitzt werden. Bei meinen ersten, mehrfach wiederholten Versuchen hatte ich dies nicht beachtet und erhielt stets 10 bis 20% Wasserstoff mehr, als die Theorie ergab. Da ich vollkommen trockene Gefäße benutzte, ließ sich dieses merkwürdige Resultat nur dadurch erklären, daß das käufliche Zinkpulver beim Erhitzen ein Gas abgeben mußte. Zur Probe erhitzte ich demnach Zinkpulver in einem trockenen Reagensglase, das ich mit der Bürette verbunden hatte, und erhielt in der Tat 30 bis 40 ccm Wasserstoffgas. Das käufliche Zinkpulver muß demnach, obgleich es vollkommen trocken aussieht, geringe Mengen Wasser enthalten, die beim Erhitzen durch das Zink in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden, wobei der Sauerstoff sich mit dem Zink verbindet, während der Wasserstoff frei wird. Nachdem ich bei meinen Versuchen hierauf Rücksicht nahm, indem ich vorher im Reagensglase erhitztes Zinkpulver verwendete, erhielt ich sehr genaue Resultate.

Beispiel: 0,125 g flüssiges Wasser ergaben 169 ccm Wasserstoff von 20° und 759 mm Druck, d. h. 156 ccm im Normalzustand; diese wiegen  $0,000\ 089\ 7\ 156 = 0,0140$  g. In 0,125 g Wasser sind also 0,014 g H und 0,111 g O. Ist  $O = 16$ , so erhält man das Verbindungsgewicht  $x$  für H aus der Proportion  $0,111 : 0,014 = 16 : x$ ;  $x = 2,01$ , während der wahre Wert 2,016 beträgt.

5. Gasvolumetrischer Nachweis des stöchiometrischen Gesetzes, daß jedem Element ein bestimmtes Verbindungsgewicht zukommt, mit dem es an irgendwelchen chemischen Umsetzungen teilnimmt.

Die stöchiometrischen Gesetze werden im Unterricht dadurch klargemacht, daß man dem Schüler eine Reihe von Zahlen mitteilt, welche die Gewichte angeben, mit denen eine Anzahl von Elementen miteinander in Verbindung tritt. Es werden aber im Unterricht wohl äußerst selten Versuche angestellt, deren Ergebnis jenen Zahlen zugrunde liegt. Es mögen die Symbole dreier Elemente  $A$ ,  $B$  und  $C$  sein; sie bezeichnen nicht nur die Namen, sondern auch die Verbindungsgewichte der Körper.  $A$  verbindet sich mit  $C$ , und  $B$  verbindet sich mit  $C$  im Verhältnis ihrer Verbindungsgewichte; es wird dann zu zeigen sein, daß sich auch  $A$  mit  $B$  in demselben Zahlenverhältnis verbindet, das in den beiden ersten Versuchen auftrat. Wenn man nun nach Gruppen von je drei Elementen sucht, bei denen sich durch wirkliche Unterrichtsversuche das oben angedeutete Gesetz bestätigen läßt, so wird man bald sehen, daß die Auswahl solcher Gruppen sehr klein ist. Die Auswahl wird noch verringert durch die berechnete Forderung, daß ein grundlegendes Gesetz im Schulunterricht durch möglichst einfache und direkte Versuche zu bestätigen ist. Ich habe im folgenden als Gruppe solcher Elemente Magnesium—Sauerstoff—Wasserstoff gewählt. Mit diesen Körpern stelle ich drei Versuche an, indem ich zeige, daß 1.  $A$  g Magnesium  $C$  g Wasserstoff aus Säuren verdrängen; 2.  $A$  g Magnesium sich mit  $B$  g Sauerstoff verbinden, und 3.  $B$  g Sauerstoff sich mit  $C$  g Wasserstoff verbinden. Der Einfachheit wegen nehme ich  $C = 1$  g, d. h. das Verbindungsgewicht von Wasserstoff gleich 1, an. Der Versuch 1 ist auf S. 75, 2 auf S. 76 und 3 sowohl auf S. 71 als auch auf S. 78 beschrieben.

## 6. Quantitative Reduktionsprozesse.

a) *Reduktion von Kupferoxyd durch Wasserstoff*<sup>6)</sup>. Die Versuchsanordnung der Fig. 6 wird angewendet. Man bringt in die Mitte der Röhre *C* einige Dezigramm Kupferoxyd, füllt darauf die Bürette *A* mit Wasserstoff, vertreibt die Luft aus *C* durch Wasserstoff und verbindet *A* und *B* mit *C*. *B* wird so weit in den Standzylinder gesenkt, daß er ganz mit Wasser gefüllt ist. Man liest nun den Wasserstand in *A* ab. Dann erhitzt man *C* von außen durch eine breite Bunsenflamme. Als bald sieht man das Wasser in *A* steigen, da bei der Reduktion des Kupferoxyds der Wasserstoff sich mit dem Sauerstoff zu flüssigem Wasser verbindet. Man treibt hierbei durch Senken der Bürette *A* oder Heben der Bürette *B* den Wasserstoff durch *C*. Nach Beendigung der Reduktion läßt man erkalten, treibt den Wasserstoff aus *B* wieder in *A* zurück und liest den Wasserstand in *A* ab.

Beispiel: 0,2595 g Kupferoxyd verbrauchten 82 ccm Wasserstoff von 21° und 754 mm Druck. Hieraus berechnet man das Verbindungsgewicht des Kupfers unter der Voraussetzung, daß 2 Volumina Wasserstoff 1 Volumen Sauerstoff entsprechen, zu

$$x = \frac{0,2595 \cdot 16 \cdot 760 \cdot (1 + 0,00365 \cdot 21)}{41 \cdot 0,00143 \cdot 754} = 61,2.$$

b) *Zerlegung von Kupferoxyd durch Schwefel*. Dieser Versuch ist einer der wenigen Fälle, in denen sich quantitativ die Entstehung eines Gases durch Einwirkung zweier fester Körper aufeinander zeigen läßt. Man wiegt etwa ein halbes Gramm Kupferoxyd ab, mischt es gut mit überschüssigen Schwefelblumen und füllt das Gemisch in ein schwer schmelzbares Reagensglas. Fig. 7 veranschaulicht die Versuchsanordnung; *A* ist die Bürette, *B* eine hohe Flasche mit doppelt durchbohrtem Gummistopfen, durch deren Bohrungen eine kurze und eine lange Glasröhre gehen. Die Kochflasche *C* ist durch das Reagensglas mit dem Gemisch zu ersetzen. Beim Erhitzen des Gemisches beginnt eine Gasentwicklung gemäß der Gleichung  $2\text{CuO} + 2\text{S} = 2\text{CuS} + \text{SO}_2$ . Das Schwefeldioxyd sammelt sich, da es schwerer als Luft ist, am Boden der Flasche an, während ein ebensogroßes Volumen Luft

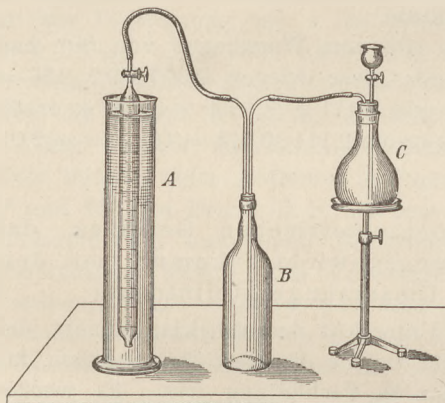


Fig. 7.

in die Bürette *A* gedrückt wird. Bei einem Versuche gaben 0,576 g Kupferoxyd 84 ccm Schwefeldioxyd von 21° und 760 mm Druck. Der obigen Gleichung würden theoretisch 87,7 ccm Gas entsprechen.

7. Luftanalyse durch glühendes Kupfer<sup>7)</sup>.

Versuchsanordnung s. Fig. 6. Man legt in das schwer schmelzbare Rohr *C* einige Stücke zusammengerollte Kupferfolie. Die Bürette *A* ist mit Luft, die Bürette *B* bis zum Hahn mit Wasser gefüllt. Man liest das Anfangsvolumen in *A* ab. Darauf erhitzt man *C* mit einem breiten Bunsenbrenner bis zur Rotglut des Kupfers. Dann treibt man langsam die Luft aus *A* in *B*, indem man *A* senkt und *B* hebt. Nachdem alle Luft aus *A* gepreßt ist, führt man denselben Versuch in umgekehrter Reihenfolge aus und wiederholt dies mehrere Male. Endlich entfernt man den Bunsenbrenner, läßt abkühlen und bringt alle Luft aus *B* in *A* hinein, worauf man

<sup>6)</sup> Vergl. Rischbieth, ds. Zeitschr. *XV*, S. 83.

<sup>7)</sup> Fr. C. G. Müller, ds. Zeitschr. *XIV*, S. 332.



das Volumen wieder abliest. Die Differenz der Volumina gibt die in der Luft enthaltene Menge Sauerstoff an.

Ein Versuch ergab folgende Resultate: Luftvolumen in der Bürette *A* 333 ccm. Luftvolumen in der Röhre *C* und den Verbindungsschläuchen 54 ccm. Gesamtvolumen der Luft 387 ccm. Kontraktion nach dem Versuch 74 ccm. Demnach findet man den Prozentgehalt *x* der Luft an Sauerstoff aus der Proportion  $377:74 = 100:x$ ;  $x = 19,1\%$ .

### 8. Gasvolumetrische Bestimmung der Verbindungsgewichte chemischer Verbindungen.

Man kann von vielen Salzen das Molekulargewicht dadurch finden, daß man durch Einwirken einer Säure auf eine abgewogene Menge des Salzes aus diesem einen gasförmigen Körper entbindet und das Volumen desselben mißt. Die Methode gibt um so genauere Werte, je weniger löslich das entstehende Gas in wässrigen Lösungen ist; die Karbonate liefern die besten Werte (Wasser löst bei gewöhnlicher Temperatur nur 1 Volumen  $CO_2$ ); weniger genau werden die Bestimmungen für Sulfit (Wasser löst das 2 bis 3fache Volumen  $SO_2$ ); ungenau ist die Methode bei Sulfiden, Chloriden u. a. Sind *a* g Salz vom Molekulargewicht *m* abgewogen, und werden *v* ccm Gas im Normalzustand entwickelt, so erhält man *m* aus der Proportion

$$v : 22400 = a : m; \text{ also ist } m = \frac{22400 \cdot a}{v}.$$

Es kann *m* auch ein Multiplum des berechneten Wertes sein, wenn nämlich 1 Mol. Salz nicht 1 Mol. Gas, sondern ein Multiplum eines Mol. Gas entwickelt. Die Versuchsanordnung ist in Fig. 7 abgebildet. *A* ist die Bürette, *B* die hohe Flasche, in der sich das entwickelte Gas ansammelt. Die Kochflasche *C* in der Figur ist durch ein weites Reagensglas zu ersetzen, das zur Aufnahme der Säure dient. In dieses Glas wird ein kurzes und enges Reagensglas, in dem das Salz zersetzt wird, gebracht, wie es in Figur 4 abgebildet ist. Ein Versuch wird im übrigen genau so angestellt, wie es bei der Bestimmung der Äquivalentgewichte auf S. 74 beschrieben ist. An einigen Beispielen sei die Methode erläutert. Bei den sämtlichen im folgenden beschriebenen Versuchen wurde konzentrierte Schwefelsäure verwendet.

Molekulargewicht von Calciumkarbonat. 0,3728 g Karbonat lieferten 87 ccm Kohlensäure von  $19^0$  und 756 mm Druck, d. h. 80,5 ccm im Normalzustand. Hieraus ergibt sich  $m = 104$ . (Der theoretische Wert für  $CaCO_3$  ist gleich 100.)

Molekulargewicht von Natriumbikarbonat. 0,5012 g des Salzes gaben 139 ccm Kohlensäure von  $19^0$  und 756 mm Druck, d. h. 128 ccm i. N. Folglich  $m = 88$  (statt 84).

Molekulargewicht von Ammoniumkarbonat. 0,5678 g Hirschhornsalz lieferten 168,2 ccm Kohlensäure von  $19^0$  und 756 mm Druck, d. h. 155 ccm i. N. Hieraus folgt  $m = 82$ . Benutzt man zur Kontrolle die angenäherte Formel für Hirschhornsalz  $(NH_4)_2CO_3 + 2NH_4 \cdot HCO_3$  mit dem Molekulargewicht 254, so ist diese Zahl, da ja 3 Moleküle in der Formel stehen, noch durch 3 zu dividieren, worauf man 84,7 erhält.

Molekulargewicht von Strontiumkarbonat. 0,489 g Salz gaben 78,3 ccm Kohlensäure von  $19^0$  und 756 mm Druck, d. h. 73 ccm i. N. Folglich ist  $m = 150$  (anstatt 148).

Molekulargewicht von Natriumsulfit. 1,293 g des Salzes gaben 118 ccm  $SO_2$  von  $20^0$  und 760 mm Druck, d. h. 109 ccm i. N. Folglich ist  $m = 268$ . Der Formel  $Na_2SO_3 + 7H_2O$  entspricht das Molekulargewicht 252.

Bei einigen dieser Versuche kann man auch die Fragestellung anders setzen; durch einen gasvolumetrischen Versuch läßt sich z. B. untersuchen, mit wieviel Molekeln Wasser Natriumkarbonat kristallisiert. 2,455 g Soda lieferten

207 ccm Kohlendioxyd von 21° und 760 mm Druck, d. h. 190 ccm i. N. Die Formel für Soda sei  $Na_2CO_3 + xH_2O$ ; dann liefert 1 Mol. Soda, d. h.  $(106 + 18x)$  g, 1 Mol., d. h. 22 400 ccm,  $CO_2$  i. N. Nun besteht die Proportion  $(106 + 18x) : 22\,400 = 2,455 : 190$ ; folglich ist  $x = 10,2 \sim 10$ . Die gesuchte Formel ist also  $Na_2CO_3 + 10H_2O$ .

#### 9. Gasvolumetrische Wertbestimmung von Calciumkarbid.

Man kann den Prozentgehalt des käuflichen Calciumkarbids an  $CaC_2$  aus der Menge Azetylgas, die aus ihm durch Wasser freigemacht wird, finden. Benutzt wird dieselbe Versuchsanordnung wie im Abschnitt 8. Da jedoch Azetylgas leichter als Luft ist, muß man die kurze Röhre der Flasche mit dem Gasentwickelungsgefäß verbinden. Man wiegt ein Stückchen Karbid ab, legt es in das kurze Reagensglas und läßt dieses in das zum Teil mit Wasser gefüllte weite Glas gleiten. Da aber das Wasser Azetylgas auflöst, so muß es vorher bereits mit diesem Gas gesättigt sein, was man in einfachster Weise dadurch erreicht, daß man vor dem Versuch ein kleines Stückchen Karbid in das zu verwendende Wasser wirft. Es lieferten 0,385 g Karbid 127 ccm Azetylgas von 20° und 751 mm Druck, d. h. 116 ccm Gas i. N. Nach der Gleichung  $CaC_2 + H_2O = CaO + C_2H_2$  berechnet man die zu 116 ccm  $C_2H_2$  gehörige Menge  $CaC_2$  aus der Proportion  $22\,400 : 64 = 116 : x$ ;  $x = 0,33$  g. Den Prozentgehalt  $p$  des Calciumkarbids findet man nunmehr aus der Gleichung  $0,385 : 0,33 = 100 : p$ ;  $p = 86\%$ .

#### 10. Messung des aus 1 g Kohle gewonnenen Leuchtgases.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe wie bei der Zerlegung von Quecksilberoxyd (Fig. 5). Es wurden in der Röhre 0,7472 g Steinkohle erhitzt, bis keine Volumzunahme in der Bürette mehr zu erkennen war; 98,5 ccm Leuchtgas von 20° und 755 mm Druck wurden gemessen. Hiernach würde 1 g Kohle 132 ccm Gas von 20° und 755 mm Druck geben.

#### 11. Volumzunahme bei der Entzündung von Schwarzpulver.

Von großer Wichtigkeit für das Verständnis der Wirksamkeit der Sprengstoffe ist der experimentelle Nachweis der Volumzunahme bei ihrer Explosion. Etwa 0,1 g Schießpulver wird in ein dickwandiges Glasrohr *B* (Fig. 5) von etwa 1 m Länge gebracht. Ich benutze dasselbe Duraxglas, das zur Herstellung der Explosionsröhren von mir verwendet wurde. Die beiden Enden sind fest verschlossen durch Gummistopfen, von denen der eine eine Bohrung mit durchgesteckter Glasröhre hat. Von dieser aus geht ein dickwandiger Schlauch nach der Bürette *A*. Man bringt das Pulver in die Röhre *B* und erhitzt von außen durch die Flamme eines Bunsenbrenners bis zur Entzündung. Bei diesem Versuche gaben 0,0970 g Schwarzpulver nach der Abkühlung der Gase eine Volumzunahme von 18,9 ccm. Hiernach würde 1 g Pulver 195 ccm Gas liefern.

#### 12. Absorption von Gasen durch feste und flüssige Körper<sup>8)</sup>.

Versuchsanordnung s. Fig. 7. Die mit der Bürette *A* verbundene hohe Flasche *B* ist durch einen Schlauch mit der Kochflasche *C* verbunden. In *C* gehen die Absorptionen vor sich. Durch die beiden Bohrungen des Gummistopfens gehen eine rechtwinklig gebogene Glasröhre, auf deren Ende der dickwandige Schlauch zur hohen Flasche gesteckt ist, und ein mit Hahn versehener Trichter. Als Beispiel für viele ähnliche Versuche sei die Absorption von Chlor durch Flüssigkeiten beschrieben. Man füllt die Kochflasche mit Chlorgas, setzt den Stopfen auf, wobei der Hahn des Trichters geschlossen ist, hebt die Bürette *A* so weit aus dem Wasser des Standzylinders heraus, daß fast die ganze Bürette mit Luft gefüllt ist, und verbindet dann die hohe Flasche *B* mit Bürette und Kochflasche. Nun gießt man in das Trichterrohr Wasser

<sup>8)</sup> Rischbieth, ds. Zeitschr. XV, S. 75.



oder Alkohol oder Kalilauge, hebt die Bürette noch etwas höher aus dem Wasser heraus, so daß im Innern der Kochflasche ein geringer Unterdruck herrscht, und öffnet nun den Hahn des Trichters. Die Flüssigkeit wird durch den Überdruck der äußern Luft in die Flasche getrieben. Man schließt nun wieder den Hahn, ehe Luftblasen in die Kochflasche eintreten. Als bald bemerkt man ein schnelles Steigen des Wassers in der Bürette, welches durch die Absorption des Chlors hervorgerufen wird.

Die in diesem Aufsätze beschriebenen Apparate werden von der Firma Leppin & Masche, Berlin SO., Engelufer 17 geliefert.

## Zur Demonstration von Kondensatorschwingungen.

Von

A. Strobel in Stuttgart.

Bei seinen epochemachenden Versuchen über elektrische Wellen ist HEINRICH HERTZ von den oszillatorischen Entladungen eines Kondensators ausgegangen. Dieser historische Weg ist auch für die Behandlung elektrischer Wellen im Unterricht pädagogisch der richtige. Sind die oszillatorischen Entladungen eines Kondensators nachgewiesen, so ist es sehr leicht, durch allmähliche Aufbiegung des Kondensatorkreises *A* (Fig. 1) nach *B* und *C* und schließlich durch Weglassen der Endkapazitäten zu den einfachsten linearen oder offenen Sendern *D* zu gelangen. Dann können die klassischen Hertz'schen Versuche vorgenommen werden, weiterhin das Marconisystem der drahtlosen Telegraphie usw.

Zur objektiven Darstellung von Kondensatorentladungen hat besonders ZEHNDER 1902 (*Wiedemanns Ann. der Physik, Bd. 9, Nr. 12*) eine leicht herzustellende Anordnung gegeben, indem er einen Planspiegel von 25 qcm Größe auf einer rotierenden Walze aus trockenem Holz oder Ebonit anbrachte und das Funkenbild auf einen Schirm projiziert; der Stromschluß ist außerordentlich geschickt und einfach hergestellt. Auch GRIMSEHL hat (*d. Zeitschr. XXI, 7*) einen ähnlichen Apparat beschrieben.

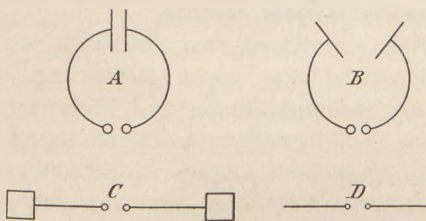


Fig. 1.

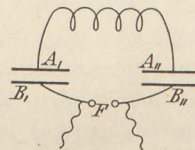


Fig. 2.

Weitere Mittel zum Nachweis der schwingenden Entladung, selbst für die höchsten Wechselzahlen, sind die Geißleröhren. Werden die beiden Elektroden einer mit verdünnter Luft oder etwa mit verdünntem N gefüllten Röhre an die Pole einer Influenzmaschine angeschlossen, so erscheint die mit dem negativen Pol verbundene Elektrode von dem sogenannten Glimmlight in bläulicher Farbe umhüllt. Die mit dem positiven Pol verbundene Elektrode ist von jeder Leuchterscheinung frei, nur aus ihrer Spitze scheint eine rötliche Entladung in die Röhre hinein auszuströmen. Die Elektroden eines solchen Geißlerrohres sollen nun an die Belegungen  $A_I$  und  $A_{II}$  eines Kondensatorkreises in Serienschaltung angelegt werden (Fig. 2). Die anderen Belegungen  $B_I$  und  $B_{II}$  werden durch eine Influenzmaschine (nicht Induktor) geladen; der Kondensatorkreis kann sich durch die klein zu nehmende Funkenstrecke entladen. Sobald eine Entladung erfolgt, leuchtet das Rohr hell auf, aber das negative Glimmlight erscheint an beiden Elektroden. Daraus muß geschlossen werden, daß

die beiden Belegungen abwechselnd positive und negative Ladung besessen haben, daß also die Entladung oszillatorisch war. Die Richtigkeit dieses Schlusses kann bei nicht zu großen Wechselzahlen mit Hilfe eines gewöhnlichen rotierenden Spiegels direkt bewiesen werden. Man sieht im rotierenden Spiegel, daß das Glimmlicht während der Entladung abwechselungsweise an den beiden Elektroden auftritt. Auch der RUMMERSche Glimmlichtoszillograph (*d. Zeitschr.* 19, 142 u. ff.) gehört hierher. Evakuierte Röhren, welche im Inneren kleine Glastrichter tragen, wie die Fig. 3 zeigt (HOLTZ, *Wiedemanns Ann.* 10, 336; 1880), haben die merkwürdige Eigenschaft, den Strom in der einen Richtung bei weitem leichter durchzulassen, als in der andern. Kombiniert man also zwei solcher Röhren, bei denen die Glastrichter entgegengesetzte Richtung haben, und legt ihre Elektroden an die Pole der Influenzmaschine, so geht die Entladung immer nur durch einen Teil der Röhre hindurch. Eine solche Röhre werde nun an die Belegungen  $A_I$  und  $A_{II}$  des oben bezeichneten Kondensatorkreises angeschlossen. Sobald der Kondensatorkreis sich entladet,



Fig. 3.

leuchten beide Zweige der Röhre hell auf. Der Strom muß also durch die Röhre bald in der einen, bald in der andern Richtung fließen, die Spannungen zwischen den Belegungen  $A_1$  und  $A_2$  müssen oszillatorisch sein. Auch hier kann bei nicht zu raschen Schwingungen der Beweis, daß der Strom abwechselungsweise den einen und dann den andern Zweig der Röhre durchfließt, mit Hilfe des rotierenden Spiegels erbracht werden.

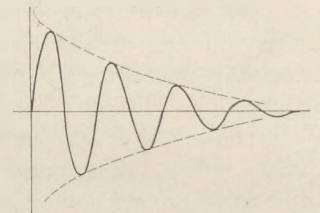


Fig. 4.

Die BRAUNSCHE Röhre (*Wiedemanns Ann.* 60, 552; 1897) gestattet ebenfalls schon durch Ablenkung des Leuchtflcks in der einen und in der anderen Richtung eine Schwingung des Kondensatorkreises und die Amplitude desselben nachzuweisen; wird ein rotierender Spiegel zu Hilfe genommen, so bekommt man die vorstehende Kurve (Fig. 4), welche auch noch die Abnahme der Amplituden, also das Vorhandensein von gedämpften Eigenschwingungen außer jeden Zweifel setzt; ähnlich kann dies auch mit der Rummerschen Röhre veranschaulicht werden.

In den angeführten Beispielen dürften die Mittel zum Nachweis von Kondensatorschwingungen durch die Funkenaufnahme oder unter Benutzung des durch sie erzeugten magnetischen Feldes von wechselnder Stärke und Richtung erschöpft sein, wenn man nicht den DUDELLSchen Oszillographen noch erwähnen will, der auf der Bewegung eines mit Wechselstrom gespeisten Leiters aus Phosphorbronze in einem magnetischen Feld beruht; alle anderen Methoden benützen, nach dem Vorgang von HEINRICH HERTZ, die elektrische Resonanz eines Sekundärsystems, das aus einem zweiten Kondensatorkreis, einem linearen Resonator oder einer Kombination beider besteht; auch Resonanzspulen sind häufig in Verwendung. Einer der bekanntesten Versuche dieser Art zeigt die Resonanz zweier Kondensatorkreise, die Leidener Flaschen (LODGE, *d. Zeitschr.* III, 249) oder Franklinsche Tafeln enthalten (GRIMSEHL, *d. Zeitschr.* 1908); LECHER (*Wiedemanns Ann.* 41, 1890) bringt dem offenen Hertzschen Sender (Fig. 1c) quadratische Bleche gegenüber und schließt an diese parallele Drähte von etwa 6 m Länge und 30 cm Abstand an, welche in passender Weise überbrückt werden; die Knoten und Bäuche der stehenden Wellen werden durch Leuchtröhren deutlich gemacht, für welche ZEHNDER (*Wiedemanns Ann.* 1892, 1893, 1894) besondere Anweisungen gegeben hat.

Eine in vieler Beziehung ähnliche Anordnung wie LECHER traf ARONS (*Wiedemanns Ann.* 42, 1891), indem er die beiden Paralleldrähte durch eine Glasröhre von 2,5 m Länge und 6 cm Durchmesser gehen ließ. Die Luft in der Röhre war auf 10–20 mm Hg-Druck gebracht, bei entsprechender Überbrückung außerhalb der



Röhre trat an den Spannungsbäuchen bläulich-weißes Glimmlicht auf, während die Spannungsknoten dunkel blieben. Im Jahre 1893 erstellte RIGNI einen neuen Erreger zu den Hertzschens Versuchen und wählte als Resonator einen Silberspiegel mit feinem Teilstrich, 1892 führte Branly den Kohärer ein.

Nach BLONDLOT (*Comptes rend.* 114, 1892) wird der primäre Leiter aus zwei kreisförmigen Kondensatorplatten von etwa 12 cm Durchmesser im Abstand von 1 cm gebildet, diese sind mit zwei halbkreisförmigen, 3 mm dicken Kupferdrähten verbunden, die in kleinen Kugeln enden. Der sekundäre Leiter besteht aus einem zu diesem Drahtkreis konzentrischen wohl isolierten Drahtkreis von etwas kleinerem Durchmesser, an welchen die Paralleldrähte sich anschließen.

COOLIDGE (*Wiedemanns Ann.* 3, 1899) modifizierte den Erreger von BLONDLOT in der Weise, daß beide Leiterkreise einander möglichst genähert und nur durch eine Glimmerplatte getrennt in Öl gebracht werden. Zur Verkleinerung der Kapazität und damit der Wellenlänge auf den angeschlossenen parallelen Kupferdrähten von 0,1 mm Dicke werden die Kondensatorflächen nur noch durch die einander genäherten, nahezu parallel geschnittenen Enden des Primärleiters gebildet, während die Funken zwischen den ebenfalls etwas abgeschliffenen Zinkkugeln überschlagen. Werden die Paralleldrähte auf wenige Zentimeter einander genähert, so sieht man in freier Luft und im verdunkelten Raume die Drähte (statt deren COOLIDGE auch Staniolstreifen nahm) an den Spannungsknoten aufleuchten. SCHAUM und SCHULTZE (*Wiedemanns Ann.* 1904, Nr. 2) verstärken die Leuchtwirkung durch fluoreszierende Substanzen, wie Baryumplatinzyanür, Uranglas und schwefelsaures Chinin, ähnlich BANGERT, Dissertation (*d. Zeitschr.* 1907); DORN (*Wiedemanns Ann.* Nr. 4, 1905) schlägt die sehr empfindlichen Heliumröhren als Wellenindikatoren vor.

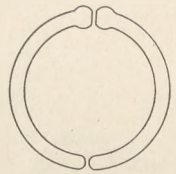


Fig. 5.

Nicht zu vergessen für den Unterricht ist endlich noch die WEINHOLDSche Anordnung der LECHERSchen Versuche (WEINHOLD, *Demonstr.* S. 840), dagegen soll von der Resonanz von Spulen (SEIBT, *elektrotechnische Zeitschrift* 1902), ebenso auch von den Teslaversuchen zunächst hier abgesehen werden.

Während die akustischen Wellen nun z. B. in der Kundtschen Röhre direkt zur Anschauung gebracht werden können, gestatten dies für die elektromagnetischen Wellen nur die Anordnungen von BLONDLOT-COOLIDGE und ARONS; bei den anderen Versuchen müßte schon eine größere Anzahl Geißleröhren von nahezu gleicher Beschaffenheit zu Hilfe genommen werden, um die Wellen nach ihrer ganzen Ausdehnung und Gestalt durch Leuchtwirkungen sichtbar zu machen; man begnügt sich deshalb in der Regel damit, nur die Knoten und Bäuche nachzuweisen. Will man jedoch die Anordnung von COOLIDGE benutzen, so hat man die beiden Kondensatorkreise in Öl zu betten, durch eine Glimmerplatte getrennt, ferner ist eine regulierbare Funkenstrecke in der Zuleitung nötig und Teslastrom zur Speisung des primären Kreises; die ARONSSche Darstellung aber ist ohne dauernde Verbindung des 2,5 m langen Rohres mit der Wasserluftpumpe nicht sicher durchzuführen, und auch hier ist Teslastrom jedenfalls am wirksamsten. Ich habe deshalb einen neuen Apparat zum Nachweis von Kondensatorschwingungen mittelst Resonanz hergestellt, der den Vorteil bietet, daß er mit leichter Mühe verfertigt werden kann, kein Öl, keine Zuleitungsfunkenstrecke und keinen Teslastrom braucht und ferner keine große Länge einnimmt. Um möglichst kräftige Schwingungen und doch wieder eine hohe Wechselzahl zu erreichen, werden dem Hertzschens offenen Sender von rund 26 cm Länge und 3 cm Durchmesser parallel zu den Endflächen, also den Orten höchsten Potentials, in nicht zu intensiver elektrischer Koppelung zwei dünne kreisrunde Scheiben *S* von ebenfalls 3 cm Durchmesser vorgespannt. An die beiden Scheiben sind kräftige Drähte angelötet, welche umgebogen werden und zwischen zw

Ebonitstücke  $E$  eingeklemmt sind, wie es die Fig. 6 zeigt. Jenseits der Ebonitklemme sind die Drähte noch etwas verlängert, ob parallel oder gebogen, tut nichts zur Sache, und dann durch eine Spule  $Sp$  kräftigen blanken Drahtes überbrückt.

Die Drähte  $AA$  führen direkt zu einem Induktorium mittlerer Größe; sie sind an den Hälften des primären Senders in der Nähe der Kugel angelötet; ihre Dicke stört innerhalb weiter Grenzen das Zustandekommen von Schwingungen nicht, ich habe Drähte von etwa  $\frac{3}{4}$  mm Dicke benützt. Man hat hier offenbar zwei Luftkondensatoren  $SS$  in Serienschaltung mit Funkenstrecke  $F$ , der Selbstinduktion der beiden Drähte und der beiden Senderhälften sowie der Selbstinduktion  $Sp$  der blanken Drahtspule, womit die ganze Zusammenstellung infolge ihrer symmetrischen Gestalt der Rechnung zugänglich ist und wie in Fig. 7 schematisch zu skizzieren wäre:

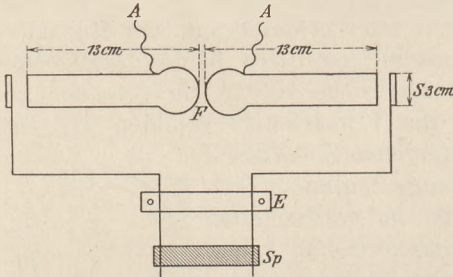


Fig. 6.

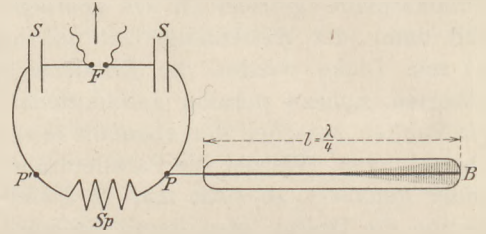


Fig. 7.

Um die Funkenstrecke  $F$  und die Kapazität der beiden Kondensatoren nach Belieben ändern zu können, legt man die beiden Senderhälften auf zwei Glasböcke, die aus geschnittenem Rohglas unmittelbar auf den Tisch aufgebaut werden, ebenso stellt man sich eine zweite Spule  $Sp_1$  von ungefähr  $\frac{1}{4}$  der vorigen Selbstinduktion her, ob sie auf die Drähte aufgelötet oder nur auf letztere aufgelegt wird, kommt kaum in Betracht. Legt man rechts und links in gleichem Abstand von der Induktionsspule  $Sp$  Drähte an den Schwingungskreis, so erhält man zwischen ihnen ein sehr kräftiges Wechselfeld und bei genügender Annäherung und geringem Durchmesser leuchten die Drähte in freier Luft auf und lassen so die stehenden Wellen unmittelbar erkennen. Besser ist jedoch die Anwendung einer geraden Leuchtröhre von etwa 90 cm Länge und 4–5 cm Durchmesser, wie sie zu den Teslaversuchen gebraucht wird. Klebt man auf eine solche Röhre einen nicht zu schmalen Stanniolstreifen und legt sie an irgend einem Punkt  $P$  zwischen  $Sp$  und  $S$  an den Draht an, so leuchtet ihr Ende  $B$  hell auf, sie zeigt sicher die Grundschwingung mit der Wellenlänge  $\lambda = 4l$ , häufig auch  $\lambda = \frac{4}{3}l$ . Die galvanische Koppelung des Stanniolresonators mit dem Draht des Kondensatorkreises bewerkstellige ich immer so, daß ich einen möglichst kapazitätslosen blanken Draht aus  $Cu$  oder  $Al$  mit dem bekannten knetbaren Radiergummi auf den Draht bzw. den Streifen aufklebe, ich habe dies ebenso gut gefunden wie Lötung oder Quecksilberkontakte. Noch kräftiger wird die Wirkung, wenn man zwei parallele Stanniolstreifen in irgend welchem Abstand (etwa 3–4 cm) auf die Röhre klebt und in  $P$  und  $P^I$  symmetrisch zu  $Sp$  mit dem Kondensatorkreis galvanisch verbindet. Vergleiche hierzu auch Grimsehl, Physikalische Zeitschr. 1905 oder die Abhandlung von Coolidge.

Infolge der symmetrischen Anordnung mit dem ganzen Kondensatorkreise müssen in den beiden Stanniolstreifen stehende Wellen auftreten, derart, daß an irgend einer Stelle des einen Streifens der Strom gleich, aber von entgegengesetzter Richtung ist wie an der gegenüberliegenden Stelle des anderen Streifens. Die beträchtlichen Spannungsunterschiede lassen das Innere der Röhre zwischen den beiden Streifen an den Spannungsbäuchen sehr kräftig aufleuchten, so daß schon im mäßig



verdunkelten Zimmer die Wellen einem großen Zuhörerkreis sichtbar sind, namentlich wenn man die Röhre vertikal aufstellt. Bei der schon geschilderten Röhre von rund 90 cm Länge bekam ich, falls die Stanniolstreifen nicht überbrückt waren, also am Ende jedenfalls ein Spannungsbauch sein muß, die Welle  $\lambda = 120$  cm; bei Überbrückung durch einen ebenso breiten Stanniolstreifen am Ende die Wellen  $\lambda = 180$  cm und  $\lambda = 90$  cm. (Figur 8).

Für diese letztere Welle mußte natürlich entweder die Kapazität oder die Selbstinduktion entsprechend der Thomsonschen Formel  $t = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$  etwas geändert werden, und hier zeigte sich gerade der Apparat besonders brauchbar. Um die Kapazität etwa auf den vierten Teil herabzudrücken bei nahezu gleichbleibender Selbstinduktion, d. h. um die Wellenlänge zu halbieren, wurden die beiden primären Senderhälften auf ihren Glasböcken so weit in der Richtung des Pfeils (Figur 7) herausgezogen, bis die gewünschte Kapazität erreicht war; wollte man dasselbe Resultat durch Änderung der Selbstinduktion erlangen, so nahm man die bereitstehende Selbstinduktion  $Sp_1$  zu

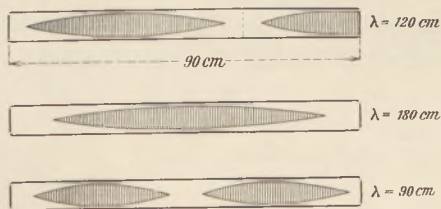


Fig. 8.

Hilfe. Beide Änderungen können ja nur näherungsweise Geltung haben, da insbesondere die Selbstinduktion der Leitung noch bestehen bleibt, aber sie geben doch einen so unzweideutigen Einblick in die Abhängigkeit der Wellenlänge von der Kapazität und Selbstinduktion, wie man es im Unterricht ohne höhere Mathematik wohl nicht besser und einfacher erreichen kann. Auch die Abstimmung der Stanniolstreifen erfordert nicht allzuviel Mühe; ich habe sogar zuerst ohne jede Rechnung die Streifen aufgeklebt; die hier ebenso einfache Änderung der Funkenstrecke durch gegenseitiges Entfernen der primären Senderhälften auf ihren Glasböcken während der Tätigkeit des Kondensatorkreises besorgt das meiste. Hat man freilich einen Kondensator zusammengestellt, so wird es sich immerhin lohnen, mittelst der gewöhnlichen Formeln der Selbstinduktion für Spulen ( $q =$  Windungsquerschnitt,  $n =$  Windungszahl,  $a =$  gerade Länge)

$$L = \frac{0,4 \pi n^2 q}{a \cdot 10^9} \text{ Henry} \quad \text{und} \quad L = \frac{2l}{10^5} \log \text{nat} \frac{l}{r} \quad (l = \text{Drahtlänge, } r = \text{Halbmesser})$$

für geradlinige Anordnung sowie der Kapazität

$$C = \frac{0}{4 \pi \vartheta} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ Farad.}$$

die ungefähre Länge der Welle zu bestimmen und ein gerades oder ungerades Vielfaches der Viertelwellenlänge als Länge der Streifen zu wählen, je nachdem am Ende ein Spannungsknoten oder Bauch auftreten soll; bei nur einem Streifen ist ja stets das letztere der Fall.

Nimmt man die vorgespannten Bleche wieder weg, so kann man den primären Sender unmittelbar zur Vorführung der Hertz'schen Spiegelversuche benutzen usw. Es läßt sich aber auch die Wellenlänge dieses Senders in Luft, welche von Hertz bekanntlich zu rund 66 cm bestimmt worden ist, sehr hübsch nachweisen, wenn man die Röhre mit einem Stanniolstreifen von etwa 83–86 cm Länge beklebt und in etwa 3 cm Entfernung von dem primären Sender nach Fig. 9 aufstellt. Bei Zuhilfenahme eines kräftigen Induktoriums erscheinen sofort in der Röhre in etwa 50 cm, ferner in weiteren 33 cm Entfernung vom Sender A so intensive Leuchtwirkungen, daß sie wieder weithin sichtbar sind,

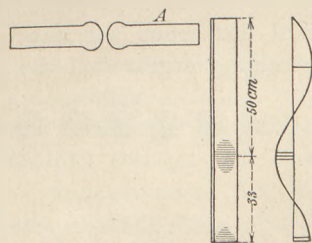


Fig. 9.

während der erste Spannungsbauch weniger deutlich war. Will man den Hertzschen Oszillator in der gegebenen Größe nicht benutzen, dann lassen sich durch Reduktion der Dimensionen natürlich auch kleinere Wellenlängen erzielen, doch geht dies auf Kosten der Amplituden; ebenso können mehrere Röhren hintereinander verbunden werden.

So gute Resultate ich mit dem bisher geschilderten Apparat auch erzielt habe, so war er mir doch noch zu kompliziert, denn er setzt sich immerhin zusammen aus zwei Kondensatoren in Serienschaltung und einem, oder zwei linearen Resonatoren bzw. einem weiteren Kondensatorkreis in galvanischer Koppelung. Es gelang mir nach weiteren Versuchen auch, die Schwingungen eines einfachen Kondensators mit Funkenstrecke und kreisförmiger Leitungsbahn durch galvanische Koppelung eines einzigen linearen Resonators nachzuweisen. Der Kondensatorkreis (Fig. 10) besteht

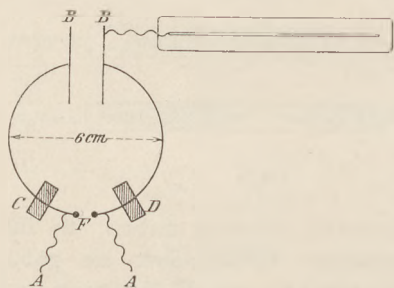


Fig. 10.

aus zwei kreisrundgebogenen kräftigen Drähten, 2 mm dick, an deren einem Ende kleine Messingkugeln angelötet wurden, da mir Zinkkugeln nicht zur Verfügung standen. Die andern Enden der Drähte sind an zwei kreisrunden Kupferscheiben angelötet, zu denen ich zwei glatt abgeschliffene Zweif pennigstücke nahm. Der Durchmesser des ganzen Drahtkreises beträgt 6 cm, der Halbmesser der Kondensatorplatten rund 1 cm, ihre gegenseitige Entfernung bei der geeigneten Stellung ungefähr 1,5 cm.

Die Zuleitung des Stroms zu dem wieder in freier Luft befindlichen Apparat wird durch zwei blanke Drähte (0,1 mm dick) *A* aus Aluminium oder Kupfer gebildet, die in der Nähe der Messingkugeln nur um den Leiter herumgewickelt sind, während die anderen Enden direkt zu einem gewöhnlichen Induktorium von 2 cm Funkenlänge führen. Es ist hier zum Gelingen der Versuche absolut nötig, die Zuleitungsdrähte möglichst kapazitätslos zu wählen, da sonst Eigenschwingungen derselben sich in störender Weise geltend machen. Die Funkenstrecke *F* wird dadurch reguliert, daß zwei Ebonitstücke in *C* und *D* die Drahthälften umfassen und unten durch eine Schraube die letzteren näher zu rücken oder zu entfernen gestatten, wie es ja jeder Mechaniker herstellen kann. Als Resonator benutzte ich einen 3–4 mm breiten Stanniolstreifen, der auf die schon geschilderte Teslaröhre geklebt wurde. Seine galvanische Koppelung mit einer der Kondensatorplatten *B B* wird wieder durch einen 0,1 mm dicken Draht vermittelt Knetgummis bewerkstelligt. Nach der Formel für die Selbstinduktionskoeffizienten von Drahtkreisen (Zenneck, elektromagnetische Schwingungen)

$$p_0 = 4 \pi R \left[ \log \text{nat} \left( \frac{8 R}{r} \right) - 2 \right] \text{ C.G.S.} \quad (R = \text{Kreisradius, } r = \text{Drahtradius.})$$

und der schon angeführten Kapazitätsformel für Kondensatoren ohne Rücksicht auf Streuung ergibt sich die Eigenwelle  $\lambda$  des Kondensatorkreises allein zu rund 37 cm.

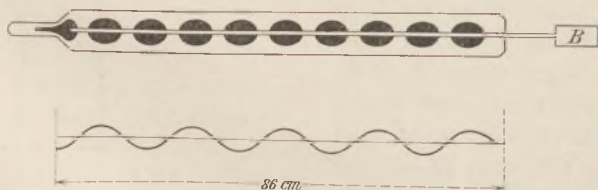


Fig. 11.

Als ich nun die Röhre anlegte und die Funkenstrecke regulierte, bis Resonanz des Primärkreises und des Resonators eintrat, ergaben sich prächtige, weithin sichtbare Leuchterscheinungen in der Röhre, welche von dem Stanniolstreifen ausgingen und in das Innere der Röhre hinein-

strahlten, wie dies die folgende Fig. 11 veranschaulicht, da mir ein geeigneter photographischer Apparat nicht zur Verfügung steht (die Röhre ist von oben gesehen!).



Nach der schematischen Zeichnung wären  $4\frac{3}{4}\lambda = 86$  cm, also  $\lambda =$  rund 18 cm, d. h. man hätte vielleicht den ersten Oberton der Kondensatorschwingung, falls hier überhaupt noch Quasistationarität, die notwendige Voraussetzung der Thomsonschen Formel  $2\pi\sqrt{L\cdot C}$  stattfindet; unsere kurze Wellenlänge würde freilich nicht dafür sprechen, wie auch die Thomsonsche Formel wohl nur für  $10^8$  als Wechselzahl noch Gültigkeit hat, doch möchte ich diese Fragen aus Zeitmangel weiterer Bearbeitung vorbehalten.

Ganz besonders interessant ist auch der Unterschied der Leuchterscheinungen, je nachdem man die Röhre an diejenige Kondensatorplatte legt, welche mit dem (hinsichtlich des Öffnungsstroms) positiven Pol des Induktoriums direkt verbunden ist, oder an die andere. Man erhält das einmal die Leuchtwirkungen in der Form I (Fig. 12), bei der zweiten Anordnung als kurze Bänder in der Form II (Fig. 12) je von der Seite gesehen.

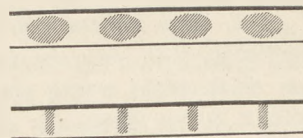


Fig. 12.

Der Apparat braucht nicht in Öl gelegt zu werden, wenn auch natürlich die Amplitude etwas stärker dadurch gemacht werden kann; mit Teslastrom habe ich nicht viel mehr Leuchtkraft erhalten; zum schnellen und sicheren Nachweis von Kondensatorschwingungen durch Resonanz dürfte er meines Wissens die einfachste und übersichtlichste Vorrichtung sein.

Stuttgart, Februar 1909.

## Akustische Versuche mit Glasröhren.

Von

A. Stroman in Friedberg (Hessen).

Aus Biegerohr von verschiedener Weite kann man mit Glasmesser oder Feile Stücke schneiden, die eine ganze Reihe von akustischen Versuchen ermöglichen. Abgestimmte musikalische Instrumente sollen diese Röhren natürlich nicht sein. Ihre Längen werden z. B. für eine Tonleiter im umgekehrten Verhältnisse der Intervalle gewählt, unbekümmert um kleine Unstimmigkeiten, Daß die Weite nicht ganz ohne Einfluß ist, daß die Luft an offenen Enden über die Röhre hinaus schwingt, wird ja bei den Pfeifen ohnehin betont werden müssen. Auch ist es bei diesen Versuchen im besonderen von Einfluß, ob man das angeblasene Ende mit der Unterlippe mehr oder weniger deckt. Wo es auf genaue Länge ankommt, kann man die Stücke etwas größer schneiden, als sie schließlich sein sollen, und sie auf die gewünschte Länge zurückschleifen. Doch wird dies im allgemeinen kaum nötig werden. Die Enden werden sorgfältig rund geschmolzen, doch so, daß sie nicht zusammenfallen. Soll eine Röhre als gedeckte Pfeife angeblasen werden, so hält man sie zwischen Zeige- und Mittelfinger, verschließt das untere Ende mit dem Daumen und bläst über das obere Ende in der bekannten Weise weg, wie man auf einem Hohl Schlüssel pfeift. Das Anblasen der Röhren auch als offene Pfeifen ist besonders wichtig, aber schwieriger, und erfordert einige Übung. Es empfiehlt sich dafür, mit Zwerchfellatmung tief Atem zu holen, damit man Zeit hat, die Mundstellung solange zu ändern, bis die Röhre anspricht. Man überdeckt sie beim Anblasen zunächst durch die vorgeschobene Unterlippe und rückt sie während des Anblasens allmählich am Unterkiefer aufwärts, so daß die Unterlippe mehr und mehr von der Öffnung zurückweichen muß. Bei einer bestimmten Stellung bildet sich der Ton. Später wird man für die einzelnen Fälle schon etwa wissen, wie man anzublasen hat. Je länger die Röhre ist, um so mehr muß man decken und von oben hauchend anblasen, wenn man ihren Grundton haben will. Die angegebenen Längen und Weiten sind zwar nach mannig-

fachem Probieren gewählt worden, haben aber zum Teil immerhin nur die Bedeutung, daß man mit ihnen den beabsichtigten Erfolg erreicht. Es können für manche Zwecke recht wohl andere Maße ebenso günstig oder günstiger sein. Natürlich können die Längen aber dort nicht geändert werden, wo sie auf eine bestimmte Tonhöhe berechnet sind. Schreibt man die Nummern dieser zum Teil willkürlichen Versuchsanordnung und die entsprechenden Zusätze mittels eines feinen Haarpinsels mit schwarzem Spirituslack auf die Röhren, so ist ihr Zweck gewahrt, und man kann sie doch nach dem Gebrauche flüchtig mit Wasser waschen, ohne die Aufschrift zu zerstören.

1. Drei Röhren von 11, 7, 9 cm Länge und 8 mm Weite (Nr. 1 a, b, c) werden nacheinander gedeckt angeblasen: Verschiedene Tonhöhe bei verschiedener Länge.

2. Drei Röhren von 13,5 cm Länge und 13, 11, 8 mm Weite (Nr. 2 a, b, c). Hierzu verfertigt man sich als einzige Ausnahme auch noch eine Röhre aus Papier (Nr. 2 d), um einen recht wenig elastischen Stoff zu wählen gegenüber Glas oder Metall. Man rollt z. B. ein Blatt aus einem Schreibhefte auf eine Glasröhre, verklebt es dabei in geeigneter Weise und schneidet es nach dem Trocknen ebenfalls auf die Länge von 13,5 cm zu. Diese vier Röhren werden nacheinander gedeckt angeblasen: Gleiche Tonhöhe bei gleicher Länge trotz verschiedener Weite und verschiedenen Stoffes.

3. Zwei Röhren von 15 cm Länge und 8 mm Weite (Nr. 3 a, b). Die eine ist nachträglich in der leuchtenden Flamme eines Schnittbrenners gebogen werden (Form eines Schießbogens), wobei sie allerdings eine geringe Kürzung erfährt, die eine geringe, von vielen kaum gehörte Erhöhung des Tones bedingt. Man bläst beide gedeckt an: Die Krümmung ist ohne wesentlichen Einfluß auf die Tonhöhe.

4. Eine Röhre von 14 cm Länge und 13 mm Weite (Nr. 4 a). Ein längeres Stück von gleicher Weite ist in der leuchtenden Flamme eines großen Schnittbrenners gleichmäßig ausgezogen und dann ebenfalls auf die Länge von 14 cm zugeschnitten worden (Nr. 4 b). Bei meiner Röhre ist der verjüngte Teil etwa 5 cm lang und die Öffnung an diesem Ende nur noch 8 mm weit. Man bläst nacheinander gedeckt an: Nr. 4 b an der engen, Nr. 4 a an einer von beiden und dann wieder 4 b an der weiten Öffnung: Verengung oder Erweiterung an einem Ende ist von sehr großem Einflusse auf die Tonhöhe.

5. Zwei Röhren von 8 mm Weite und je 14 und 7 cm Länge (Nr. 5 a, b). Man bläst beide nacheinander gedeckt an: Die Röhre von der halben Länge gibt die höhere Oktave. — Man zeigt gleich, daß dasselbe gilt, wenn beide offen angeblasen werden. — Man bläst jede erst offen, dann gedeckt an: Durch Decken einer Pfeife erhält man die tiefere Oktave. — Man wird dann noch die lange Röhre offen und die kürzere gedeckt anblasen und zeigen, daß jetzt beide den gleichen Ton geben.

6. Acht Röhren von 12 mm Weite und den Längen 180, 160, 144, 135, 120, 108, 96, 90 mm (Nr. 6 c, d, e, f, g, a, h, c̄) werden erst gedeckt und dann offen angeblasen: Tonleiter.

7. Eine Röhre von 22 cm Länge und 12 mm Weite wird gedeckt angeblasen. Sobald sie den Grundton gibt, verstärkt man zur Erzielung der Obertöne den Luftstrom und erhält: Für gedeckte Pfeifen Grundton, Oktave der Quinte und zweite Oktave der Terz. Will man die Obertöne der ungedeckten Röhre erhalten so muß man nicht nur schärfer anblasen, sondern auch weniger mit der Unterlippe decken: Für offene Pfeifen Grundton, Oktave und Oktave der Quinte.

8. Zwei Röhren von 9 mm Weite und 117 und 119 mm Länge (Nr. 8 a, b) werden durch zwei Schüler gleichzeitig gedeckt angeblasen: Schwebungen.

9. Eine Röhre von 12 mm Weite und 19,5 cm Länge (9 a) und eine von 14 mm Weite und 39 cm Länge (9 b). Man deckt zunächst nacheinander die Röhren Nr. 6 a,

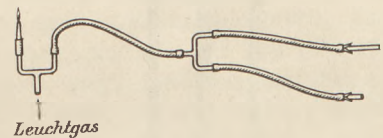


6 h, 6 c und Nr. 7 und hält vor ihr offenes Ende die angeschlagene Stimmgabel a = 435 Schwingungen. Es tritt nichts Besonderes ein. Man bläst dann 9 a gedeckt an und setzt gleichzeitig die angeschlagene Stimmgabel auf einen Resonanzboden. Die beiden Töne stimmen überein. Man deckt 9 a, deren Länge von 19,5 cm für Luft gleich  $\frac{1}{4}\lambda$  des Stimmgabeltones ist, und hält die angeschlagene Stimmgabel vor das offene Ende: Mitschwingen, Mittönen. — Ebenso bläst man 9 b offen an, erhält wieder den Stimmgabelton und erreicht auch entsprechend das Mittönen.

10. Man verschließt 9 a unten mit dem Daumen, hält sie senkrecht und füllt sie (aus einem Kippschen Apparate) mit Kohlensäure. Sie spricht auf den Kammerton (aus einem Kippschen Apparate) mit Kohlensäure. Sie spricht auf den Kammerton kaum noch an. Sie spricht aber augenblicklich wieder an, nachdem man durch vorübergehendes Öffnen die Kohlensäure hat ausfließen lassen. Die Schallgeschwindigkeit in Kohlensäure beträgt nach Wüllner 0,7812, wenn die in der Luft gleich 1 gesetzt wird. Danach berechnet sich  $\frac{1}{4}\lambda$  für Kohlensäure und den Kammerton etwa zu 15,2 cm. Man deckt eine Röhre von dieser Länge und 12 mm Weite (Nr. 10) und hält die angeschlagene Stimmgabel vor die Öffnung: Die Luftsäule in der Röhre schwingt nicht mit. Dann füllt man auch diese Röhre mit Kohlensäure und wiederholt den Versuch. Sie spricht an: Geschwindigkeit des Schalls in Kohlensäure.

11. Mit Benutzung der beiden Quinckeschen Interferenzgabeln kann man zeigen, daß am gedeckten Ende einer angeblasenen Röhre abwechselnd Verdichtung und Verdünnung herrscht, entsprechend der Art der Königschen Flammenkapseln. Die Versuchsanordnung ist aus der Figur zu ersehen.

In die beiden frei endigenden Gummischläuche der einen Gabel werden die Röhren 5 a und b, mit einem Papierhäutchen verschlossen, eingesetzt. Man legt zu dem Zwecke 2 Stückchen dünnen Pergamentpapiers einige Augenblicke in Wasser, um sie etwas weicher zu machen, spannt sie über das eine Ende der betreffenden Röhre und schiebt, während man sie scharf gespannt hält, den nicht zu engen Gummischlauch darüber. Läßt die Spannung während des Versuches nach, so drückt man die Röhre etwas tiefer in den Schlauch. Auf die andere Gabel ist eine Glasspitze mit sehr feiner Öffnung aufgesetzt. Aus ihr läßt man ein Gasflämmchen von etwa  $2\frac{1}{2}$  cm Höhe brennen. In dem passend aufgestellten gedrehten Würfelspiegel sieht man das ununterbrochene Flammenband. Bläst man 5 a so an, daß sie ihren Grundton gibt, so sieht man in dem gleichmäßig gedrehten Spiegel eine bestimmte Anzahl von Flammenzacken, bei 5 b schätzungsweise etwa doppelt so viel und beim ersten Obertone von 5 a etwa dreimal so viel: Am gedeckten Ende der Pfeife herrscht abwechselnd Verdichtung und Verdünnung — und: Die Schwingungszahlen von Grundton, Oktave und Oktave der Quinte verhalten sich wie 1:2:3.



## Über eine einfache Quecksilberluftpumpe ohne Hähne, Schiffe und Barometerröhren nach dem Steigerrohrprinzip.

Von

Heinz Bauer in Berlin.

In dem Bestreben, die Eigenschaft gewisser poröser Körper für Gase durchlässig, für Quecksilber aber undurchlässig zu sein, einem größeren Auditorium zu demonstrieren, glückte es mir, die Form einer Quecksilberluftpumpe zu finden, die an Einfachheit, Stabilität und Betriebssicherheit wohl kaum übertroffen werden kann.

Das erste Modell, das ich auf dem ersten internationalen Radiologenkongreß zu Amsterdam im September vorigen Jahres erstmalig vorführte (Fig. 1) bestand lediglich aus einem etwa 1 m langen Glasrohr (A), das oben mit einem eiförmig aufgeblasenen Kolben versehen war. Während das untere Ende durch einen Schlauch mit einem mit Quecksilber gefüllten Hebegefäß (B) in Verbindung stand, wie wir es von der Geißler- und Töppler-Hagen-Pumpe her kennen, war das obere Ende durch eine Schamotteplatte (c), die mit einer ganz dünnen Schicht Quecksilber (ca. 1 mm) bedeckt war, verschlossen. Die Porosität dieser Schamotteplatte war so gewählt, daß die

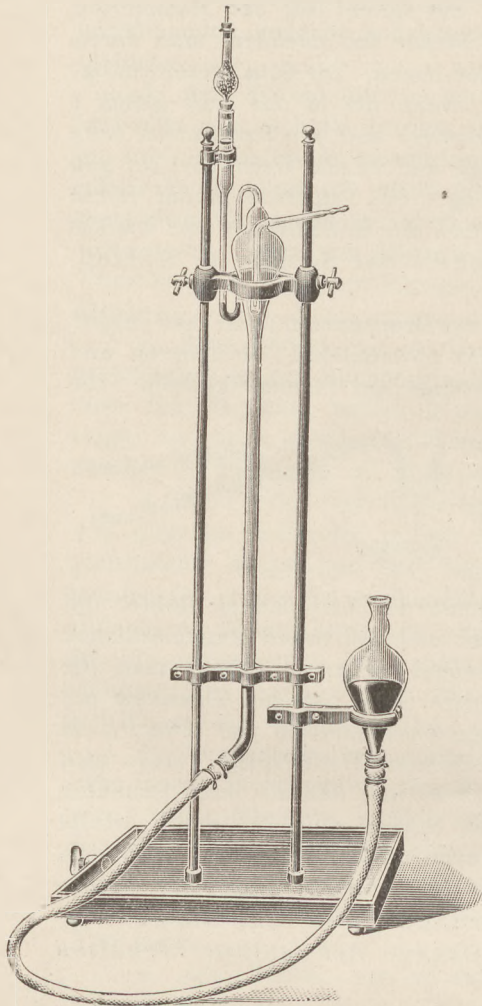


Fig. 1.

Luft, namentlich bei einseitig erhöhtem Druck, glatt durch die Platte hindurchgetrieben wurde, während sie für Quecksilber einen absolut undurchlässigen Stopfen darstellte. Dicht unterhalb der Kugel war unter Dazwischenfügen einer porösen Platte derselben Art ein schwächeres Rohr (d) angeblasen, das zu dem zu evakuierenden Gegenstand — im vorliegenden Falle einem Entladungsrohr (e) — führte.

Wurde das Hebegefäß gehoben, so stieg in bekannter Weise das Quecksilber in dem Pumpenrohr hoch, trieb die Luft vor sich her und preßte sie durch die poröse Verschlussplatte und die Quecksilberdeckschicht (c) hindurch, während die Platte im Verbindungsrohr (d) den Übertritt des Quecksilbers in das Entladungsrohr verhinderte. Da durch die Deckschicht Luft von außen nicht nachströmen konnte, so entstand beim Senken des Hebegefäßes und entsprechendem Fallen des Quecksilbers im

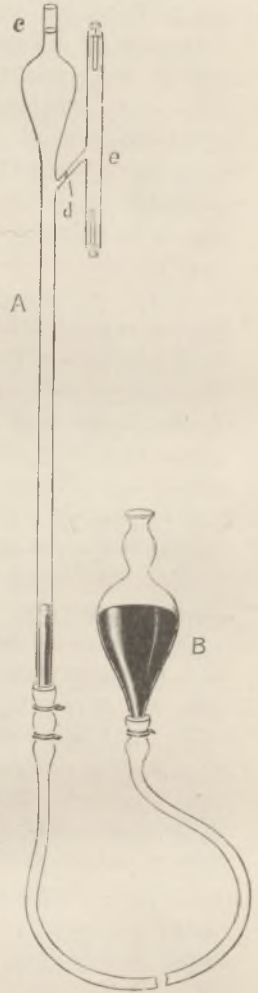


Fig. 2.

Kolben des Pumpenrohres A ein Vakuum, in das die im Entladungsgefäß (e) befindliche Luft durch die poröse Platte des Kommunikationsrohres hindurch hineinströmte. Zuzufolge des Fortfalls aller Nebenwege arbeitete die Pumpe so rasch, daß nach dem dritten Hub der Kathodendunkelraum im Entladungsrohr bereits deutlich ausgeprägt war.

In einfachster Weise gelang es nun, ohne Öffnung eines Hahnes dem Kolben des Pumpenrohres und damit dem Entladungsrohr wieder beliebige Mengen atmosphärischer Luft zuzuführen. Es war dazu nur nötig, in den Ansatz über der Schamotteplatte c einen porösen Stab f — das Experiment glückt mit jedem Blau- oder Rotstift — einzuführen und ihn unter Verdrängung der Quecksilberdeckschicht



mit der Platte in innige Berührung zu bringen. Sofort diffundierte Luft durch die poröse Platte hindurch in den Kolben, und der Druck im Entladungsrohr stieg wieder, ein Vorgang, der sich durch Entfernung des Stabes jederzeit unterbrechen ließ. Man hatte es so in der Hand, auf einmal oder allmählich den Rezipienten bis zum vollen Atmosphärendruck mit Luft neu aufzufüllen.

Bei der neuesten definitiven Form der Pumpe (Fig. 2) sind unter Beibehaltung aller die Einfachheit und Schnelligkeit des Betriebes sowie die Stabilität gewährleistenden Faktoren einige kleine Modifikationen vorgenommen worden, durch die sie für alle Ansprüche des Schul- und Laboratoriumgebrauches geeignet gemacht wurde.

Zunächst ist das Pumpenrohr oben mit einer U-förmigen Biegung versehen worden, die beim Sinken des Quecksilbers gefüllt bleibt, so daß etwaige in der porösen Verschußplatte verbleibende Luftbläschen nicht in die Pumpenkugel zurücktreten können. Gleichzeitig gestattet die Anordnung, namentlich bei höherem Vakuum, ein wiederholtes Arbeiten lediglich auf das über dem U-Rohr befindliche Vorvakuum; erst wenn der Druck in diesem so groß geworden ist, das eine völlige Verdrängung des Quecksilberfadens aus dem U-Rohr zu befürchten ist, ist ein Hindurchtreiben der im Vorvakuum angesammelten Luftmenge durch die Verschußplatte erforderlich.

Ferner ist das Kommunikationsrohr direkt in den Pumpenkolben hineingeführt worden und endet unmittelbar über dem Steigerrohr, so daß ein geringer Anstieg des Quecksilbers in letzterem über den Barometerstand den Rezipienten von dem Pumpenkolben abschließt. Ein Zurückdrücken der Luft in den Rezipienten ist dadurch ausgeschlossen. Schließlich ist die poröse Platte im Kommunikationsrohr, die bei zu geringen Druckdifferenzen das Übertreten des Gasrestes aus dem Rezipienten in die Pumpenkugel etwas verzögerte, durch ein massives, sorgfältigst ausgeschliffenes und bei einem Spielraum von 1 mm absolut exakt und unmerklich arbeitendes Ventil ersetzt.

Die Möglichkeit der Luftzuführung mit Hilfe eines porösen Stabes, wie ich sie bei dem ersten Modell geschildert, wird durch diese Einrichtung keineswegs beseitigt.

Eine bequeme Aufhängevorrichtung am Pumpenbrett für das Hebegefäß sowie ein zum Zwecke der Reinigung und Füllung leicht zu entfernendes Trockengefäß, ferner ein Manometer vervollständigen das Ganze.

Die Pumpe übertrifft, durch den Fortfall sämtlicher Hähne, Schilfe und Barometerröhren, was die Höhe des zu erzielenden Vakuums und die Einfachheit und Sicherheit des Betriebes anbetrifft, wesentlich die Geißler-Pumpe, deren Leistung stets durch Undichtigkeit der Hähne und die verdampfenden Schmiermittel herabgesetzt wird, und in bezug auf Schnelligkeit der Arbeit die weitläufige und komplizierte Töppler-Hagen-Pumpe. Sie ist zweifellos die einfachste und leistungsfähigste Pumpe nach dem Steigerrohrprinzip.

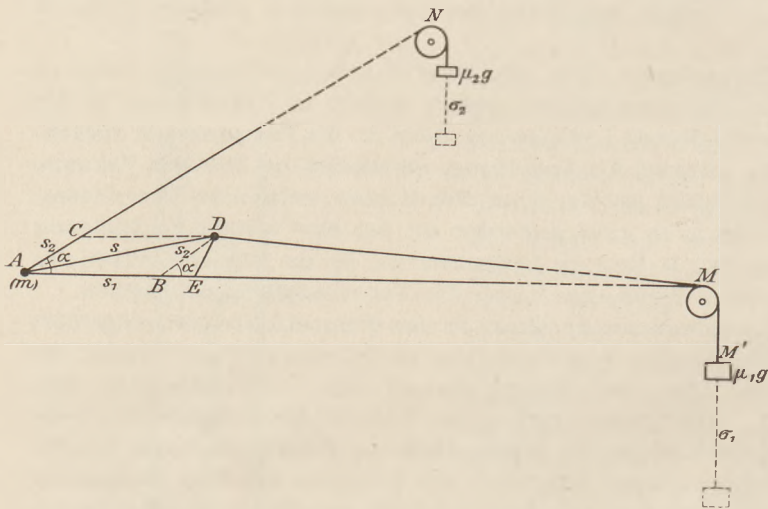
Die Pumpe wird von den Vereinigten Fabriken für Laboratoriumsbedarf G. m. b. H., Berlin, Scharnhorststr. 22, die sich das Ausführungsrecht für alle Länder gesichert haben, hergestellt und zum Preise von 80 M auf den Markt gebracht. Dieselbe Fabrik hat auch ein Modell geschaffen, bei welchem das Heben und Senken des Hebegefäßes beseitigt ist. Durch eine sinnreiche, dabei außerordentlich einfache, ganz aus Eisen hergestellte Einrichtung wird das Quecksilber im Steigerrohr automatisch in die Höhe gedrückt und nach einer selbsttätigen Umsteuerung zum Sinken gebracht. Die absolut präzise arbeitende Einrichtung kann durch jede Wasserleitung betrieben werden; der Wasserverbrauch ist ein äußerst minimaler.

### Zum Kräfteparallelogramm-Versuch.

Von

Prof. Dr. Emil Schulze in Berlin.

Im 4. Heft des vorigen Jahrgangs (S. 224) habe ich einen Versuch beschrieben, in dem ein Körper von zwei Gewichten mittels langer Fäden gezogen wird. Die Behandlung des Problems ist wegen des Übelstandes, daß die Gewichte außer der



Masse des Körpers auch die eigenen Massen zu bewegen haben, schwieriger, als ich anfänglich geglaubt habe. Herr Prof. Teege in Wilhelmshaven hat mich darauf aufmerksam gemacht, das mein Lösungsversuch im 6. Heft (S. 364) nicht fehlerfrei ist; da ich seine Gründe als richtig anerkenne, sehe ich mich genötigt, an das Problem noch einmal heranzutreten. Ich will gleich den all-

gemeinen Fall behandeln, wo der Winkel  $\alpha$ , den die beiden Kräfte miteinander bilden, eine beliebige Größe hat.

Die Masse  $m$  möge in der Zeit  $t$ , in der die Gewichtsmassen  $\mu_1$  und  $\mu_2$  um  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  sinken, den Weg  $AD = s$  zurücklegen. Bezeichnet man die Wegekomponenten mit  $s_1$  und  $s_2$ , so gelten die schon im 6. Heft aufgestellten Gleichungen:

$$\sigma_1 = s_1 + s_2 \cdot \cos \alpha, \tag{1}$$

$$\sigma_2 = s_2 + s_1 \cdot \cos \alpha. \tag{2}$$

Die Fadenlänge ist nämlich gleich  $AM + MM'$  bzw. gleich  $DM + MM' + \sigma_1$ , und daher ist  $\sigma_1 = AM - DM$ ; fällt man von  $D$  auf  $AM$  das Lot  $DE$ , so ist unter der Voraussetzung, daß der Faden sehr lang ist, annähernd  $DM = EM$ , folglich  $\sigma_1 = AM - EM = AE = s_1 + s_2 \cdot \cos \alpha$ .

Sind  $\beta_1$  und  $\beta_2$  die Beschleunigungen von  $\mu_1$  und  $\mu_2$ ,  $b_1$  und  $b_2$  die Beschleunigungskomponenten von  $m$ , so ist

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \beta_1 \cdot t^2, \tag{3}$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} \beta_2 \cdot t^2, \tag{4}$$

$$s_1 = \frac{1}{2} b_1 \cdot t^2, \tag{5}$$

$$s_2 = \frac{1}{2} b_2 \cdot t^2. \tag{6}$$

Hiernach gehen die Gleichungen 1) und 2) über in

$$\beta_1 = b_1 + b_2 \cdot \cos \alpha, \tag{7}$$

$$\beta_2 = b_2 + b_1 \cdot \cos \alpha. \tag{8}$$

Die Masse  $\mu_1$  übt auf die Masse  $m$  den Zug  $m b_1$  aus, ebenso stark ist der Zug von  $m$  auf  $\mu_1$ , der den Wert  $\mu_1 \cdot (g - \beta_1)$  hat. Demnach ist

$$m b_1 = \mu_1 (g - \beta_1) \tag{9}$$



und ebenso

$$m b_2 = \mu_2 (g - \beta_2) \quad (10)$$

Verbindet man letztere beiden Gleichungen mit 7) und 8), so ergibt sich:

$$b_1 = \frac{\mu_1 g \cdot \left( m + 2 \mu_2 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)}{m(m + \mu_1 + \mu_2) + \mu_1 \mu_2 \sin^2 \alpha} \quad (11)$$

$$b_2 = \frac{\mu_2 g \cdot \left( m + 2 \mu_1 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)}{m(m + \mu_1 + \mu_2) + \mu_1 \mu_2 \sin^2 \alpha} \quad (12)$$

Nach Berechnung von  $b_1$  und  $b_2$  sind  $\beta_1, \beta_2, s_1, s_2, s, \sigma_1, \sigma_2$  aus den vorigen Gleichungen leicht zu finden, und das Problem ist damit gelöst.

Herr Prof. Teege ist zu denselben Gleichungen auf ganz anderem Wege, unter Benutzung der Lagrangeschen Gleichungen, gelangt, so daß wohl die soeben abgeleiteten Werte für  $b_1$  und  $b_2$  und nicht die im 6. Heft angegebenen als die richtigen angesehen werden dürfen.

Aus den Gleichungen 5), 6), 11), 12) folgt:

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{\mu_1 g}{\mu_2 g} \cdot \frac{m + 2 \mu_2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{m + 2 \mu_1 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}$$

Dieser Ausdruck lehrt, daß, wenn  $m$  im Vergleich zu  $\mu_1$  und  $\mu_2$  sehr groß ist, die Richtung  $AD$  des Weges, den die Masse  $m$  nimmt, fast genau mit der Richtung der Diagonale  $AD'$  des aus den Kräften  $\mu_1 g$  und  $\mu_2 g$  gebildeten Parallelogramms übereinstimmt, daß dagegen, falls  $m$  im Vergleich zu  $\mu_1$  und  $\mu_2$  sehr klein ist, die Masse  $m$  sich annähernd auf der Halbierungslinie von  $\alpha$  bewegt, daß also im allgemeinen  $m$  einen mittleren Weg einschlagen wird.

Als besonders einfach sei zunächst der Fall  $\alpha = 180^\circ$  hervorgehoben. Für ihn ist

$$b_1 = \frac{\mu_1 g \cdot (m + 2 \mu_2)}{m \cdot (m + \mu_1 + \mu_2)}, \quad b_2 = \frac{\mu_2 g \cdot (m + 2 \mu_1)}{m \cdot (m + \mu_1 + \mu_2)}$$

$$\beta_1 = \frac{(\mu_1 - \mu_2) g}{m + \mu_1 + \mu_2}, \quad \beta_2 = -\beta_1, \quad s = \sigma_1 = -\sigma_2 = \frac{1}{2} g t^2 \cdot \frac{\mu_1 - \mu_2}{m + \mu_1 + \mu_2}.$$

Er ist eine Verallgemeinerung des schon von Poggendorff behandelten Falls, wo ein Faden, der über zwei horizontale Rollen gelegt ist, durch zwei Gewichte an seinen Enden in Bewegung gesetzt wird. Poggendorff erhält für die Fadenspannung den Wert

$$k = \frac{2 \mu_1 \mu_2 g}{\mu_1 + \mu_2}$$

und bestätigt die Richtigkeit dieses Wertes durch Versuche mittels der von ihm konstruierten „Poggendorffschen Wage“. In unserm Fall ist in den Fadenteil zwischen den Rollen noch die Masse  $m$  eingeschoben, und die Fadenspannungen sind

$$k_1 = \frac{\mu_1 g (m + 2 \mu_2)}{m + \mu_1 + \mu_2}, \quad k_2 = \frac{\mu_2 g (m + 2 \mu_1)}{m + \mu_1 + \mu_2}.$$

Ebenso einfach ist der Fall  $\alpha = 90^\circ$ , den ich im 4. Heft ausschließlich in Betracht gezogen habe; für ihn ist

$$b_1 = \frac{\mu_1 g}{m + \mu_1}, \quad b_2 = \frac{\mu_2 g}{m + \mu_2}, \quad \beta_1 = b_1, \quad \beta_2 = b_2,$$

$$\sigma_1 = s_1, \quad \sigma_2 = s_2, \quad \frac{s_1}{s_2} = \frac{\mu_1 g}{\mu_2 g} \cdot \frac{m + \mu_2}{m + \mu_1}.$$

Läßt man z. B. die Masse  $m = 50$  g durch die Gewichte  $\mu_1 g = 20$  g\*,  $\mu_2 g = 15$  g\* ziehen, so ist der Formel gemäß

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{\mu_1 g}{\mu_2 g} \cdot \frac{65}{70};$$

die Richtung  $AD$  des Weges der Masse  $m$  ist hiernach ziemlich übereinstimmend mit der Richtung  $AD'$  des aus  $\mu_1 g$  und  $\mu_2 g$  gebildeten Parallelogramms. Herr Teege hat für  $\alpha = 90^\circ$  auch die Reibung in Rechnung gezogen und gefunden, daß durch sie die Übereinstimmung der Richtungen  $AD$  und  $AD'$  größer wird als ohne sie.

Wenn wir uns jetzt nach Erledigung des theoretischen Teils zu den Ergebnissen des Experiments wenden, so stehen letztere in voller Übereinstimmung mit den theoretischen Erwägungen. Stellt man die Masse  $m$  durch einen Knoten im Seidenfaden dar ( $m = 0$ ), so bewegt sich der Knoten, von den beiden Gewichten gezogen, auf der Halbierungslinie (meine gegenteilige Behauptung im 6. Heft halte ich nicht länger aufrecht). Läßt man ferner  $m = 5$  g, 10 g, 15 g . . . auf horizontaler Unterlage gleitend sich bewegen, gezogen durch die Gewichte 20 g\* und 15 g\*, so ist die Richtung  $AD$  des Weges eine mittlere zwischen der Richtung der Halbierungslinie und der Richtung  $AD'$ ; für  $m \geq 30$  g ist die Abweichung von der Richtung  $AD'$  nur noch schwer festzustellen.

Zum Schluß sei die Frage erörtert: Ist der im 4. Heft beschriebene Kräfteparallelogramm-Versuch als Schulversuch jetzt wertlos geworden, nachdem klargestellt worden ist, daß die Bewegungsvorgänge hierbei ziemlich verwickelter Natur sind? Soviel ist sicher, daß ein einwandfreier Kräfteparallelogramm-Versuch, in dem zwei Kräfte unter einem Winkel auf einen Körper wirken und ihn in Bewegung setzen, mit Freuden zu begrüßen sein dürfte. Für Grimsehl ist das Fehlen eines solchen Versuchs der Hauptgrund, weshalb er (diese Zeitschr. XVII, S. 261) statt des Kräfteparallelogrammsatzes den Projektionssatz an die Spitze gestellt hat; der übliche Versuch, wo in drei in einem Punkte verknüpften Fäden Spannungen erzeugt werden, genügt ihm nicht zur Bestätigung des Kräfteparallelogrammsatzes.

Mein Kräfteparallelogramm-Versuch besteht aus einem Vorversuch und einem Hauptversuch. Im Vorversuch lasse ich eine Masse von 50 g durch die Gewichte von 20 g\* und 15 g\* auf horizontaler Unterlage gleitend sich bewegen. Auf der Unterlage ist mit Kreide ein Rechteck aus 20 und 15 Längeneinheiten gezeichnet. Die Schüler beobachten, daß der Körper sich auf der Diagonale des Rechtecks bewegt. Im Hauptversuch lasse ich ein auf Schienen gesetztes Wägelchen von ca. 470 g in der Richtung der Rechtecksdiagonale durch die Gewichte 20 g\* und 15 g\* eine Sekunde lang ziehen. In der Oberstufe von Poske ist zur Ableitung der Formel  $k = m \cdot b$  ein Versuch angegeben, in dem ein solches Wägelchen durch Gewichte von 10 g\*, 20 g\*, 30 g\* gezogen wird und in der Sekunde einen Weg von 10 cm, 20 cm, 30 cm zurücklegt. Ist den Schülern dieser Versuch schon bekannt, so erledigt sich der Hauptversuch schnell; man braucht nur festzustellen, daß die Gewichte 20 g\* und 15 g\* das Wägelchen in einer Sekunde auf dem Diagonalwege 25 cm fort ziehen, also vermindert das leisten, was das Gewicht von 25 g\* in der Diagonalrichtung allein zustande bringt.

Für die Schüler ist die beschriebene Versuchsanordnung einwandfrei. Hinterher freilich wird man ihnen den Umstand nicht verschweigen dürfen, daß die Gewichte außer der Masse  $m$  noch die eigenen Massen fortzubewegen haben; ihn allzustark hervorzuhoben verbietet sich schon aus dem Grunde, weil die Schüler bei Anstellung dieses Fundamentalversuchs noch Anfänger sind, die verwirrt werden, wenn zu viel auf sie eindringt.



### Kleine Mitteilungen.

#### Einfache Demonstration von Farbmischungen.

Von **H. Teike** in Straßburg i. Els.

Die Mischung von farbigem Licht läßt sich in einfacher Weise mit Hilfe von farbigen Spiegeln zeigen. Es werden hierzu 3 gewöhnliche Spiegel im Format  $12 \times 15$  cm benutzt, die in passenden Rahmen an einem Stativ (s. Fig. 1) nach allen Seiten beweglich übereinander angebracht sind. Jeder Spiegel ist mit einer Schicht farbiger Gelatine überzogen, so daß die 3 Spiegel etwa die Grundfarben Rot, Grün, Blau (die in der Photographie gebräuchlichen Filterfarben) zeigen. — Der Apparat wird im unverdunkelten Zimmer in das direkte Sonnenlicht gestellt und so gerichtet, daß die 3 farbigen Reflexe auf einen passend aufgestellten Schirm fallen. Durch Drehen der Spiegel lassen sich 2 oder alle 3 Reflexe zur Deckung bringen, und man erhält durch Vereinigung von

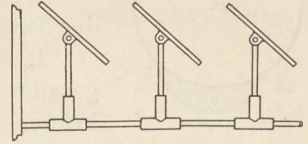


Fig. 1.

- Blau und Grün . . . . . Hellblau,
- Rot und Blau . . . . . Violett,
- Rot und Grün . . . . . ein kräftiges Gelb,
- Rot, Grün und Blau . . . . . ein klares Weiß.

Die Spiegel sind leicht aus ihren Rahmen zu entfernen und durch andersfarbige zu ersetzen, falls andere Mischungen gezeigt werden sollen.

Sind mehrere Reflexe auf dem Schirme vereinigt, so wirft ein vor einen der Spiegel gehaltener Gegenstand (Bleistift) einen Schatten, dessen Farbe sich leicht erklärt, wenn man bedenkt, daß der Gegenstand eine Farbe zurückhält, diese also in dem Schattenbilde ausfällt.

In dem von einem einzelnen Spiegel entworfenen Reflex erhält man Schatten in den komplementären Tönen (Kontrasterscheinung). Der Schirm muß bei diesem Versuch außer durch den farbigen Spiegel auch genügend von weißem Licht beleuchtet sein, was durch geeignete Stellung des Schirms oder durch den Reflex eines farblosen gewöhnlichen Spiegels zu erreichen ist. —

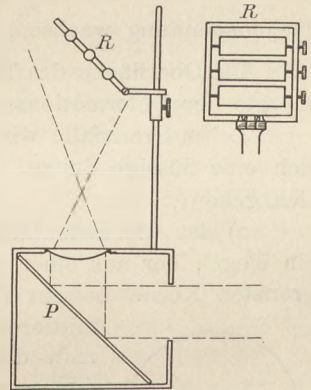


Fig. 2.

Es versteht sich, daß zu den Versuchen auch künstliches Licht, etwa das einer Projektionslaterne, benutzt werden kann. Man stellt dann die Spiegel in den Strahlenkegel des Projektionsapparates oder, wenn eine Einrichtung zur Projektion horizontaler Gegenstände (*P* in Fig. 2) vorhanden ist, bringt man zweckmäßig ein mit 3 kleinen farbigen Spiegelstreifen versehenes Rähmchen (*R*) an Stelle des oberen Spiegels an. Das Objektiv des Projektionsapparates wird bei diesen Versuchen entfernt.

Das Stativ mit 3 beweglichen Spiegeln in den Grundfarben Rot, Grün, Blau, ebenso wie das Rähmchen mit 3 Spiegelstreifen für den Projektionsapparat liefert Herr Mechaniker F. Majer, Straßburg i. E., Krämergasse 10.

#### Über elektrische Erscheinungen an Wassertropfen.

Von Dr. **Alfred Schmidtmayer**, Mähr.-Weißkirchen.

Auf einen mit einer Elektriziermaschine verbundenen Leiter (z. B. eine Metallkugel *K*) wird ein Wassertropfen gebracht und durch einen Projektionsapparat das Schattenbild auf die Wand geworfen. Fig. 1 zeigt den Tropfen im unelektrischen

Zustande. Wird jetzt der Leiter elektrisiert, so findet ein Strömen der Elektrizität nach dem Punkte kleinster Krümmung  $C$  hin statt, in dem ein Maximum elektrischer Dichte besteht. Die leichtbeweglichen Wasserteilchen streben unter dem Einflusse der elektrischen Spannung gleichfalls nach  $C$ , so daß eine Verlängerung und Verschmälerung des ganzen Tropfens eintritt (Fig. 2).

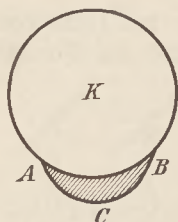


Fig. 1.

Wächst die Spannung noch weiter, so treten der Reihe nach folgende Erscheinungen ein:

1. Das durch die Strömung gegen  $C$  dort angesammelte Wassergewicht kann von den Kapillarkräften nicht mehr getragen werden, ein Teil der Flüssigkeit wird losgerissen, womit zugleich eine teilweise Entladung eintritt. Die nachströmende

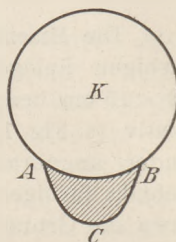


Fig. 2.

Elektrizität erzeugt wieder eine Ansammlung um  $C$ , eine neue Wassermasse fällt ab, und so sieht man diesen Vorgang sich mehrere Male wiederholen, bis das schließlich übriggebliebene Tropfengewicht kleiner ist als ein gewisser Betrag  $\mu$ . Ist der Tropfen von vornherein leichter als  $\mu$ , so findet kein Abtropfen statt.  $\mu$  ist dabei eine Funktion des elektrischen Potentials sowie der Kapillaritätskonstanten.

2. Ist das Tropfengewicht  $\leq \mu$  geworden und ist  $\sigma$  die Dichte der Elektrizität an irgendeinem Punkte der Oberfläche (der Einfachheit wegen wird hier angenommen, daß die elektrische Ladung nicht ins Innere des Tropfens eindringt, als ob dieser ein vollkommener Leiter wäre), so wird der nach innen wirkende Überdruck  $\frac{\sigma^2}{2} \left( \frac{1}{r'} + \frac{1}{r''} \right)$  um die nach außen wirkende Spannung  $2\pi\sigma^2$  verringert. Da die Oberfläche sich geschlossen zu erhalten sucht, muß mit der Elektrisierung die Oberflächenspannung wachsen, d. h. die Krümmung  $\frac{1}{r'} + \frac{1}{r''}$  strebt einem Maximum zu.

Die Oberfläche des Tropfens spitzt sich dabei stets soweit zu, daß die Ladungsenergie der Deformationsarbeit in jedem Momente gleich ist.

3. Im Grenzfall wird bei  $C$   $r' = r'' = 0$  also  $\sigma = \infty$ , d. h. an der Stelle  $C$  bildet sich eine flüssige Spitze. Diese Spitzenbildung kann wieder in doppelter Weise vor sich gehen:

a) Ist die Potentialhöhe des Konduktors  $K$  noch relativ gering, so zeigt sich ein Kegel, der aus einer durchscheinenden Spitze und einem dunkleren, konvex begrenzten Kerne besteht (Fig. 3). Diese Zweiteilung läßt unschwer auf eine intermittierende Entladung schließen, was sich auch bestätigt, wenn man den Tropfen stroboskopisch betrachtet. Wird nämlich mit der wachsenden Oberflächenspannung  $r' = r'' = 0$ , d. h. tritt der Grenzfall ein, wo  $\sigma$  unendlich wird, so strömt die Elektrizität aus der Spitze heraus, und der dadurch unelektrisch gewordene Tropfen sinkt wieder zusammen bis auf den durch den dunklen Kegelteil dargestellten Raum.

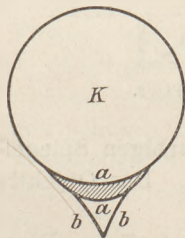


Fig. 3.

Aus der Spitze werden äußerst kleine Wasserteilchen, besonders auch Wasserdämpfe, weggeschleudert, die als heftiger, feuchter, elektrischer Wind gespürt oder an einem darunter gehaltenen Körper aufgefangen und kondensiert werden können. Im Dunkeln leuchtet an der Tropfenspitze je nach der Art der Elektrizität negatives Glimmlicht oder positives Büschellicht in auffallender Intensität.

Bemerkenswert ist folgender Umstand: Wird der Leiter  $K$  entladen, so zeigt der Tropfen eine Kontur, welche genau mit der Trennungslinie des dunklen und lichten Kegelteils übereinstimmt, ein Beweis, daß durch die sich bildende flüssige Spitze jedesmal eine vollständige Entladung des Konduktors eintritt. Im Diagramm



Fig. 3 ist *aa* die Trennungslinie und zugleich der Umriß des unelektrischen Tropfens, *bb* der des äußeren Flüssigkeitskegels. Bei geringem Potentiale ist die intermittierende Entladung eine so langsame, daß man die einzelnen Zuspitzungen bequem zählen kann.

b) Wächst das Potential noch weiter, so stellt sich ein stationärer, wie gedrechselt aussehender flüssiger Kegel her, dessen Schatten völlig einfarbig und scharf begrenzt erscheint, und der auch bei Anwendung einer stroboskopischen Methode oder intermittierender Beleuchtung in seiner Gleichartigkeit beharrt.

Auch wenn das Potential noch weiter wächst, erhält sich dieser Kegel. Anders ist es, wenn das Potential sich sehr rasch auf hohe Werte erhebt, oder wenn man einen Tropfen auf den stark geladenen Konduktor fallen läßt. Dann bemerkt man einen von lebhaftem Zischen begleitete lebhafte Abnahme des Wasservolums. Da ein Abtropfen nicht bemerkbar ist, muß angenommen werden, daß das Wasser an der Spitze des Kegels rasch verdampft. Doch stellt sich auch in diesem Falle, wenn auch kleiner, ein sein Volum konstant bewahrender Kegel schließlich her.

## § 2. Influenzerscheinungen.

Die Flüssigkeitsspitze ist infolge ihrer Beweglichkeit sehr empfindlich gegen Influenz. Ein Tropfen spitzt sich sofort zu, wenn in seine Nähe ein genügend stark geladener Körper gebracht wird. Ist umgekehrt der Tropfen mit einer Elektrizitätsquelle leitend verbunden, die Ladung aber so schwach, daß sie den Wasserkegel nicht zu erzeugen vermag, und nähert man dem Tropfen einen zur Erde abgeleiteten Leiter, z. B. die Hand, so rufen die sich gegenseitig verstärkenden Influenzelektrizitäten sofort die Spitze hervor. Führt man die Hand im Kreise um den Tropfen, so folgt die Spitze des Kegels der Bewegung.

Ganz anders ist es, wenn ein isolierter Leiter genähert wird. Ganz kurze Zeit findet gleichfalls eine Verstärkung der Zuspitzung statt; dann tritt jedoch das Gegenteil ein. Auch wenn *K* so stark geladen wird, daß der stationäre Kegel Fig. 3 entsteht, so sinkt bei jeder Annäherung des isolierten Leiters dieser Kegel in die runde Tropfenform zusammen. Grund ist, daß der Leiter durch die der Spitze entströmende Elektrizität, namentlich auch durch die mitgeschleuderten, hochgeladenen Wassertropfchen, in gleichem Sinne wie *K* geladen wird und so die Elektrizität des Tropfens zurückstößt.

Durch Anwendung einer solchen Wasserspitze kann ein isolierter Leiter rasch bis zur Erfüllung seiner Kapazität geladen werden. Da man annehmen muß, daß bei jeder einzelnen Zuspitzung im Falle Fig. 3 die gleiche Elektrizitätsmenge die Spitze verläßt, so ist die auf einen Leiter so übergeführte Elektrizitätsmenge der leicht bestimmbaren Zahl der Zuspitzungen proportional, was zur Erzielung von in bestimmtem Verhältnis stehenden Ladungen Verwendung finden könnte.

Der leichte Übergang zu einem fremden Konduktor, den die Wasserspitze der Elektrizität bietet, bewirkt auch, daß wenn die Entladung durch einen Funken geschieht, dieser immer aus der Spitze des Kegels hervorbricht.

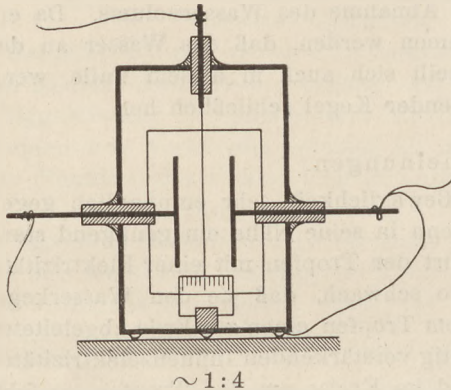
Befinden sich zwei Tropfen einander gegenüber, so induzieren sie sich gegenseitig. Spitzt sich der obere zu, so erhebt sich auch der untere. Beide erreichen gleichzeitig den Höhepunkt und ihre Oberflächen bleiben in jedem Momente einander ähnlich.

Die Empfindlichkeit des Wassertropfens gegen Influenz gestattet, ihn zu Demonstrationszwecken, z. B. statt der Hollundermarkkugeln an den Rießschen Apparaten, zu verwenden.

## Ein empfindliches Goldblattelektroskop.

Von A. H. Borgesius in Haag.

Es ist immer wünschenswert, ein Elektrometer zu besitzen, welches genügend empfindlich ist, um damit Spannungen bis 1 Volt herab zu messen. Man vermeidet damit die Benutzung des Voltaschen Kondensatorelektrometers, eines für Lehrer und Schüler an mittleren Schulen gleiche Schwierigkeiten bringenden Apparates. In Ermangelung eines Quadrantenelektrometers und der nötigen Zeit oder Geschicklichkeit, selbst ein solches anzufertigen, ist es nun sehr leicht, ein Gold- oder Aluminiumblattelektroskop herzustellen, welches obiger Anforderung genügt und nicht so kleine Ausschläge gibt wie das von Grimsehl (diese Zeitschr. XVI, S. 5) beschriebene.



Man nehme ein kleines Kistchen oder eine Dose von Holz, starker Pappe oder Blech (Kreide-, Zigarettenkästchen oder dergleichen), mache in den Boden eine rechteckige Öffnung, etwa  $5 \times 7$  cm, welche mit einer Glasplatte wieder verschlossen wird, und ersetze auch den Deckel durch eine leicht abnehmbare Glasplatte. Das Kistchen wird dann auf die schmale Seite gestellt (s. Fig.).

In die zwei Seitenwände und in die Oberwand werden mit Siegelack drei kurze Glas- (besser noch Bernstein-) röhren<sup>1)</sup> eingesetzt, durch die steife Kupferdrähte

mit einiger Reibung gehen (durch sanfte wellenförmige Biegung des Drahtes zu erreichen). Die zwei seitlichen Drähte tragen je eine kleine rechteckige Metallplatte (am besten Aluminiumbleche), der obere Draht ein langes Gold- oder Aluminiumblatt (das letztere ist jetzt überall zu haben und weit leichter, mit einer scharfen Schere zwischen Papier, zu schneiden; ich nahm die ganze etwa 8 cm lange Diagonale eines Blattes). Unter dem Blättchen wird eine kleine Zelluloidskala (photographischer Flachfilm) mittels eines Korkes an den Boden des Gehäuses befestigt.

Ein solches Elektroskop kann nun in allerlei verschiedenen Schaltungen benutzt werden, gerade wie ein Quadrantenelektrometer, wobei dann hier an Stelle der Nadel das Goldblatt tritt. Das Gehäuse soll auch hier natürlich immer gut geerdet sein.

Werden Goldblatt und eine Metallplatte mit dem Körper, dessen elektrische Spannung gemessen werden soll, verbunden, die andere Platte mit der Erde, so hat man ein gewöhnliches Elektroskop, bei kleinem Plattenabstand ein Grimsehlsches. Zur Messung sehr kleiner Potentiale ist diese Schaltung nicht geeignet, da dann ein sehr kleiner Plattenabstand und genaue Parallelstellung auch des Blättchens nötig wäre, welche nur bei genauerer Ausführung des Apparates zu erreichen ist.

Eine zweite Schaltung ist die des altbekannten Bohnenberger-Elektroskopes. Hierbei werden die zwei Platten mit den Polen einer Trockensäule oder Wasser-

<sup>1)</sup> Gut mit rotem Siegelack überzogene Glasstäbe oder Glasröhren isolieren genügend für kleinere Spannungen. Mechaniker bevorzugen leider immer Ebonit, weil es sich leicht und schön bearbeiten läßt. Doch ist dieser Stoff wohl der schlechteste Isolator. Zwar kann mit allerhand Kunstgriffen (Aulbewahrung im Dunkeln, Reservestöpsel usw.) eine Zeitlang eine leidliche Isolation erhalten werden, nach längerer Zeit aber versagt der Ebonit immer. Man findet in fast allen Sammlungen dieser Ursache wegen unbrauchbare Apparate. Durch Ersetzung der Ebonitstöpsel durch Bernstein kann man manchen unbrauchbaren oder ab und zu versagenden Apparat mit wenig Mühe zu einem immer verlässlichen umändern. Größere Apparate, Kugeln usw. sollte man niemals auf Ebonitfüßen, sondern immer auf solchen aus Flintglas verlangen.



batterie ziemlich hoher Spannung verbunden, und die Mitte dieser Batterie wird geerdet. Das Goldblatt wird dann an die zu messende Spannung gelegt. Man erhält so leicht große Empfindlichkeit, hat aber mit allerhand Schwierigkeiten zu kämpfen; speziell ist es nicht so leicht, die Potentiale der zwei Metallplatten stets entgegengesetzt gleich zu halten. Das in den meisten Kabinetten vorhandene Bohnenbergersche Elektroskop ist darum auch niemals viel gebraucht und gilt jetzt überall wohl nur mehr als historische Merkwürdigkeit.

Die dritte und praktisch bewährteste Schaltung ist die gewöhnliche des Quadrantenelektrometers. Die zwei Metallplatten [Quadrantenpaare] werden verbunden mit den Leitern, deren kleiner Potentialunterschied zu messen ist, das Goldblatt [die Nadel] wird auf konstantem ziemlich hohen Potential gehalten. Man erreicht dies mit einer guten Trockensäule (wobei Einschaltung einer kleinen Leidener Flasche zu empfehlen ist) oder mit einer kleinen Elektrisiermaschine und großer Flasche oder Batterie — wobei man immer ein gewöhnliches Elektroskop oder Braunsches Elektrometer einschalten soll, um sich zu jeder Zeit von Höhe und Konstanz des angelegten Potentials überzeugen zu können — oder auch, wenn man Gleichstrom-Lichtleitung hat, am bequemsten durch Verbindung mit einem nicht geerdeten Pol dieser Leitung mittels eines dünnen Bindfadens (nicht durch Metalldraht!).

Durch Regelung 1. der am Goldblatt angelegten Spannung, 2. des Abstandes der zwei Metallplatten kann nun eine größere oder kleinere Empfindlichkeit des Elektroskops erreicht werden. Natürlich sind dieselben Vorkehrungen zu treffen wie beim Quadrantenelektrometer: Gehäuse, eine der Metallplatten und der eine Pol der Säule, deren Spannung gemessen werden soll, sind gut miteinander zu verbinden und abzuleiten; das Goldblatt muß durch Neigung des Apparates oder die Platten durch Verschiebung, so eingestellt werden, daß das Blättchen vor und nach der Ladung (bei verbundenen und abgeleiteten Platten) ungefähr denselben Stand erhält.

Bei kleinerem Plattenabstande soll die Ladung des Goldblattes sehr langsam und vorsichtig erfolgen und nicht zu hoch getrieben werden, sonst schlägt das Blättchen bei der geringsten Asymmetrie der Aufstellung an eine der Platten, entlädt sich und bleibt kleben. Diese Neigung zur Instabilität ist der Hauptfehler des Apparates. Ein zweiter, wodurch es sich nicht so sehr zu Messungen eignet, ist die Ungleichmäßigkeit der Skala; wie bei allen Goldblattelektroskopen sind auch hier die Ausschläge anfangs kleiner. Natürlich kann man von so einfachen Instrumenten auch nicht dasselbe verlangen wie von einem guten Quadrantenelektrometer; doch ist der Apparat nach meiner Erfahrung noch praktischer als das Kondensatorelektroskop, womit Lehrer, welche nicht sehr erfahrene und sichere Experimentatoren sind, oft unangenehme Erfahrungen machen. Die regelmäßige Zunahme des Potentials, wenn sukzessive 1, 2, 3, 4 galvanische Elemente angelegt werden, läßt sich sehr gut zeigen.

Das Elektroskop läßt sich leicht projizieren, nur muß man, wenigstens beim Gebrauche einer Bogenlampe in der Laterne, dasselbe durch einen Wassertrog gegen Wärmestrahlung schützen; ohne diese Vorsorge treten leicht Luftströmungen auf, die das Goldblatt in Bewegung bringen.

### Schalttafel für Demonstrationsgalvanometer.

Von A. H. Borgesius in Haag.

Seit einigen Jahren werden von verschiedenen Mechanikern stark gedämpfte und ziemlich empfindliche Vertikalgalvanometer vom Westontypus zu Demonstrationszwecken gebaut, welche beim Unterricht sehr bequem sind. Zu einem solchen von der Nederl. Instr. Fabr. in Utrecht mir gelieferten, als Milliampereometer geeichten Instrumente ließ ich mir eine einfache Schalttafel anfertigen, welche durch Verstellen einer Kurbel der Galvanometerskala fünf verschiedene Werte erteilt, so daß ein

Skalenteil resp. = 0,001; 0,01; 0,1; 1 Amp.; 1; 10 Volt. Das Galvanometer ist hierdurch für fast jede vorkommende Messung sofort gebrauchsfähig, die Skala bleibt eine dezimale, während ein an der Tafel angebrachtes Zifferblatt das Auditorium den jeweiligen Wert des Skalenteils deutlich sehen läßt.

Die Einrichtung ist folgende: Unten sind die 3 Nebenschlußwiderstände zu  $\frac{1}{9}$ ;  $\frac{1}{99}$ ;  $\frac{1}{999}$  des Galvanometerwiderstandes  $w$  (ca. 40 Ohm) befestigt, welche einerseits durch einen Kupferstreifen mit der Klemmschraube  $G'$ , andererseits mit je einem der Kupfersektoren  $A_{1,2,3}$  verbunden sind. Oben stehen 2 Vorschaltwiderstände, von  $1000-w$  und  $10000-w$  Ohm, welche die Klemmschraube  $B$  mit den Sektoren  $C_{1,2}$  verbinden.  $BB'$  sind die Batterie-,  $GG'$  die Galvanometerklemmen.

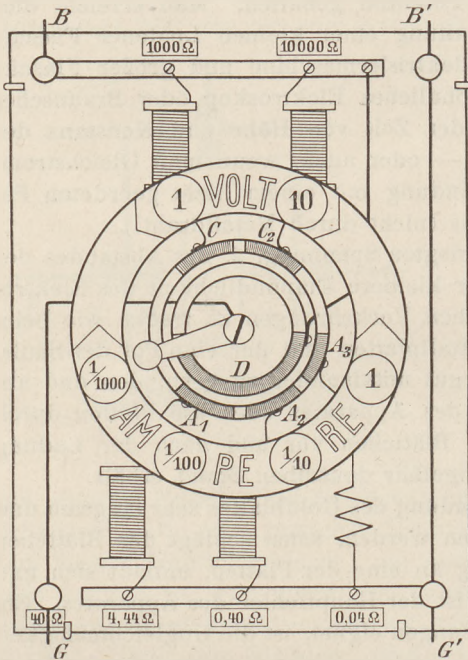


Fig. 1.

$B'$  ist mit  $G'$  durch einen dicken Kupferdraht verbunden,  $G$  mit der Achse der Kurbel. Die Kurbel trägt an ihrer Unterseite eine breite Messingfeder mit angelöteten Kupferstücken, so daß sie die Metallstücke  $A$  mit dem Halbkreisbogen  $D$

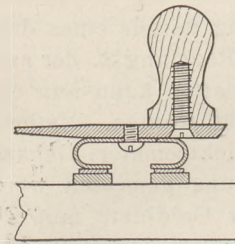


Fig. 2.

und mit  $G$  verbindet. Sie ist federnd gemacht (Fig. 2), so daß, wenn die Kontaktstücke gut geputzt sind, immer ein guter Kontakt gesichert ist. Die Zwischenräume der Kupfersektoren sind mit Ebonit ausgefüllt.

Wie aus der Figur deutlich wird, geht, wenn die Kurbel auf 0,001 Amp. steht, der ganze Strom durch das Galvanometer. Steht sie auf 0,01; 0,1 oder 1 Amp. so wird  $\frac{9}{10}$ ;  $\frac{99}{100}$  oder  $\frac{999}{1000}$  abgezweigt, da dann  $D$  zugleich mit  $A_1$ ;  $A_2$  oder  $A_3$  verbunden ist. Steht endlich die Kurbel oben, auf 1 oder 10 Volt, so ist der Kontakt mit  $D$  unterbrochen, es ist also einer der Vorschaltwiderstände im Stromkreis eingefügt, und das Milliampereometer zeigt 1 oder 10 Volt pro Skalenteil.

Die Vorrichtung hat vor den meist bei derartigen Instrumenten gebräuchlichen, losen oder im Fuß eingebauten, Widerständen den für den Unterricht nicht zu unterschätzenden Vorteil großer Übersichtlichkeit und einfacher Handhabung. Man kann dem Galvanometer ein für allemal einen festen Platz geben, auf einem Wandschrank oder einer Konsole, durch einen Handgriff die Empfindlichkeit regeln und diese bleibt immer sichtbar. Die Tafel wird mit vier Schraubenhaken an der Wand befestigt, so daß sie leicht abnehmbar ist.

### Demonstration der oscillierenden Entladung.

Von A. H. Borgesius in Haag.

Die oscillierende Entladung eines elektrisch geladenen Leitersystems kann man einem größeren Auditorium sehr bequem demonstrieren mittels einer rasch rotierenden Geißlerschen Röhre. Ich befestigte die Lechersche oder auch eine gewöhnliche



Spektralröhre quer über das Ende eines  $\pm 20$  cm langen und 4 cm dicken runden Holzstabes, welcher auf der Zentrifugalmaschine schnell um seine Achse gedreht wurde. Der Strom wurde zugeleitet durch zwei um den Holzzylinder gebundene Streifen aus dünnem Kupferblech, worauf zwei mit dem Induktor verbundene Kupferdrähte schleiften. Ein durch eine in spitzem Winkel mit der Achse des Zylinders geführte Bohrung gesteckter isolierter Leitungsdraht verband den hinteren Kupferferring mit der einen Elektrode der Vakuumröhre, ein zweiter kürzerer den vorderen mit deren anderer Elektrode.

Führt man nun den Entladungsschlag eines kleinen Induktors (etwa 4 cm) durch die stillstehende Röhre, so sieht man bekanntlich, daß die Entladung einseitig, nicht pendelnd ist, da die zwei Elektroden die deutlich verschiedene positive und negative Lichterscheinung zeigen. Wird aber in den Entladungskreis eine Leidener Flasche eingeschaltet, so nimmt man gewöhnlich an beiden Elektroden die gleiche Lichterscheinung wahr, was schon den Hin- und Hergang der Elektrizität anzeigt. Auch bei Parallelschaltung eines Kondensators mit der Geißlerschen Röhre tritt unter Umständen diese Symmetrie auf, obwohl nicht so leicht.

Bei der letzteren (parallelen) Schaltung sieht man, wenn dann der Zylinder gedreht wird, den bekannten leuchtenden Stern gerade so wie ohne Leidener Flasche: auch wenn die elektrische Schwingung existiert, hat sie, da die Flasche sich durch die kleine Selbstinduktion der Röhre entlädt, eine viel zu kurze Periode, um mit so rohen Mitteln aufgelöst zu werden. Man hat den „Thomsonkreis“, womit jetzt die drahtlose Telegraphie arbeitet.

Bei der Serienschaltung dagegen ist die ganze Sekundärwicklung des Induktors in den Entladungskreis eingefügt; dies ist die ursprüngliche Schaltung FEDDERSENS, womit man langsame Schwingungen erhält. Die Periode wird jetzt groß genug, um die Schwingungen am leuchtenden Rad sichtbar zu machen; jede Speiche erscheint deutlich doppelt oder dreifach.

Die Erscheinung wird deutlicher, wenn die Vakuumröhre durch einen mit dem Unterbrecher des Induktors synchron laufenden Motor in Drehung versetzt wird, da dann die Speichen des Rades stillzustehen scheinen; doch ist auch ohne diese Vorsorge die Auflösung jeder Entladung in zwei oder drei Komponenten schon deutlich wahrzunehmen. Diese Teilung, kombiniert mit der vorher wahrgenommenen Gleichheit der Lichterscheinung an beiden Elektroden, scheint mir eine deutliche Demonstration des oscillatorischen Charakters der Flaschenentladung.

### Für die Praxis.

**Zur relativen spezifischen Wärme.** Von P. Meutzner in Annaberg. Mit Recht nimmt KOLBE (diese Zeitschr. XIV, 160) Anstoß an dem Drahtstern, an dem Weinhold die 5 heißen gleichgroßen Kugeln aus verschiedenen Metallen (nach Tyndall) auf den Paraffinkuchen überträgt. Aber auch die Kolbesche Abstreichvorrichtung gewährleistet kein zuverlässiges Experimentieren. Die Kugeln bleiben jedoch sicher an ihrem Ort, wenn man eine, mit 5 entsprechend weiten, kreisförmigen Löchern versehene Messingscheibe benutzt. Durch die Mitte der Scheibe geht der Vertikalstab des Drahtsterns leicht drehbar hindurch; an seinem Ende sitzen die 5 Trägerarme (wie bei Weinhold), die mit etwas aufwärts zu drehenden kurzen Enden den in die Löcher gelegten Kugeln als Widerlager dienen. Hat man die so zubereitete Vorrichtung genügend lange im Siedegefaß erhitzt, so setzt man sie, am Vertikalstab anfassend, auf den Paraffinkuchen. Hebt man hierauf die Scheibe — ohne Hast — an ihrem Bügel empör, so erteilt das Gewicht der Kugeln der Spinne eine leichte Drehung,

infolge deren die Kugeln langsam durch die Löcher gleiten und auf dem Paraffin-  
kuchen ruhig liegen bleiben, um ein- bzw. durchzuschmelzen.

**Über einen Pinzettenschraubstock für physikalisch-technische Zwecke.** Von Dr. E. Hering  
aus Düsseldorf a. Rh. Der Pinzettenschraubstock ist im wesentlichen ein Schraubstock,  
dessen starre Backen durch die federnden Arme einer Pinzette ersetzt sind, und dient für  
solche Zwecke, wo der Schraubstock die einzuspannenden Gegenstände infolge jener  
Starrheit leicht beschädigt. — Das von mir ausgedachte Werkzeug läßt sich in ver-  
schiedenen Formen herstellen. Ich konstruierte dasselbe, um einen möglichst mannig-  
faltigen Gebrauch zu ermöglichen, in den zwei Arten der Figuren 1 und 2, die ich  
folgend kurz erläutere. Auf das Brett  $B_1$  (Fig. 1) sind mittels zweier Winkeleisen  $W$   
die Brettchen  $B_2$  und  $B_3$  senkrecht aufgeschraubt. Oben auf  $B_2$  ist ein Metallstück  $M$   
befestigt, an welches die Schraube  $Sch$  hart angelötet ist. Auf diese Schraube läßt

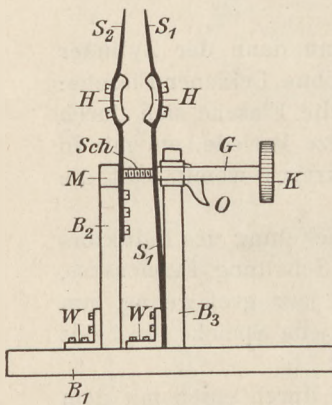


Fig. 1.

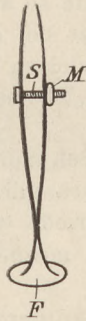


Fig. 2.



Fig. 2 a.

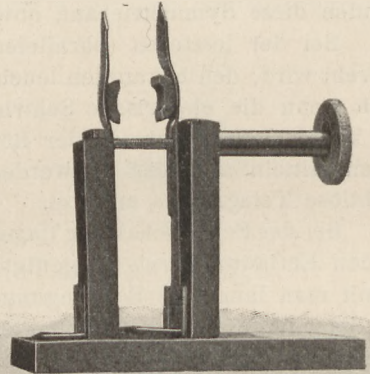


Fig. 1 a.

sich ein in einer Öffnung  $O$  von  $B_3$  ruhendes Muttergewinde  $G$  mit handlichem Kopf  $K$   
aufdrehen. Dieses bewegt dann den mit dem Winkeleisen an das Brett  $B_3$  ange-  
schraubten Messingstreifen  $S_1$  gegen den an dem Brett  $B_2$  angeschraubten fixen  
Messingstreifen  $S_2$ . Die beiden Streifen haben je eine Durchbohrung, durch welche  
die Schraube  $Sch$  hindurchgeht, und sind an ihren oberen Enden zugespitzt. An den  
Stellen  $H$  sind Holzbacken angeschraubt, um dort auch größere Gegenstände ein-  
klemmen zu können. — Die in Fig. 2 dargestellte Form ist nichts anderes als eine  
Pinzette mit angelötetem Fuß  $F$  und Armen, die durch eine Schraube  $S$  mit Mutter  $M$   
bewegt werden. — Die Form 1 kann ausgiebigere Verwendung finden als Form 2.  
Der Pinzettenschraubstock ist von Vorteil, wo man es mit dem Fixieren von kleinen,  
feinen und leicht zerbrechlichen Gegenständen zu tun hat, sei es für ihre optische  
Untersuchung, sei es für ihre technische Bearbeitung (namentlich in Fällen, wo man  
sonst mit 2 Pinzetten zu arbeiten genötigt ist). Im besonderen kann das neue Werk-  
zeug als Nebenapparat zum Projektionsapparat dienen, da man mit Hilfe des Pinzett-  
schraubstocks kleine Körper (Kristalle u. dgl.) ohne Unterlage, fast frei projizieren  
kann. Für diese und ähnliche Zwecke läßt sich der Schraubstock auch senkrecht  
zur Zeichenebene so umlegen, daß er auf den Kanten der Bretter  $B_1$  und  $B_3$  ( $B_3$  ist  
so breit wie  $B_1$ ) ruht. — Der Pinzettenschraubstock wird von der Firma Ed. Liesegang,  
Optische Werkstätten in Düsseldorf, geliefert.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

Der Quecksilberdampfgleichrichter des Amerikaners Peter Cooper Hewitt wurde am 25. September v. J. gelegentlich der Jahreshauptversammlung des Vereins sächsischer Realschullehrer in der mathematisch-physikalischen Abteilungssitzung von Herrn Realschuldirektor Prof. Dr. Schmidt zugleich mit der neuen elektrischen Anlage im physikalischen Kabinett der Realschule zu Reichenbach i. V. vorgeführt. Da dies wohl die erste deutsche Schule sein dürfte, welche diesen relativ jungen Gleichrichter für Unterrichtszwecke benutzt, so soll im folgenden über die Anlage und die damit gemachten Erfahrungen berichtet werden.

Der Erfinder des Quecksilberdampfgleichrichters<sup>1)</sup> ist der Amerikaner Hewitt, dem wir auch die technische Vervollkommnung der Quecksilberlampe zu verdanken haben. Das Prinzip des Gleichrichters beruht auf der Tatsache, daß beim Übergange von Elektronen aus metallischen in gasförmige Leiter eine hohe Spannung erforderlich ist, wenn die Austrittsstelle z. B. der negativen Elektronen — die Kathode — kalt ist; dagegen ist nur wenig Spannung erforderlich, wenn die Kathode heiß ist. Beim Eintritt der Elektronen in die Anode ist stets nur ein geringes Spannungsgefälle erforderlich, unabhängig von der Temperatur der Elektrode. Eine kalte Elektrode ist also bei geringer Spannung ein Elektronenventil, d. h. die Elektronen können wohl in eine kalte Elektrode hinein-, aber nicht aus derselben herausgelangen, während die warme Elektrode in beiden Richtungen passierbar ist. Die prinzipielle Anordnung ist also so zu treffen, daß die Elektronen aus einer heißen Elektrode mit geringer Spannung in das Gas und von diesem wieder in eine kalte Elektrode gelangen; denn dann ist ihnen in umgekehrter Richtung der Weg versperrt, weil die kalte Elektrode keine Elektronen mehr herausreten läßt.

Für die praktische Verwertung ist also zu fordern:

1. daß die Kathode heiß ist; denn man kann in technischen Betrieben nur mit relativ niedriger Spannung arbeiten, und die Spannung beträgt für eine kalte Kathode beispiels-

weise ca. 30 000 Volt bei 1 cm Elektrodenabstand, bei heißer Kathode etwa 80 Volt<sup>2)</sup>,

2. die Anode muß kalt bleiben im Vergleich zur hohen Temperatur der Kathode (dabei ist Rotglut der Anode noch zulässig gegenüber den 6000° C der Kathode); denn die Anode soll ja das Elektronenventil abgeben.

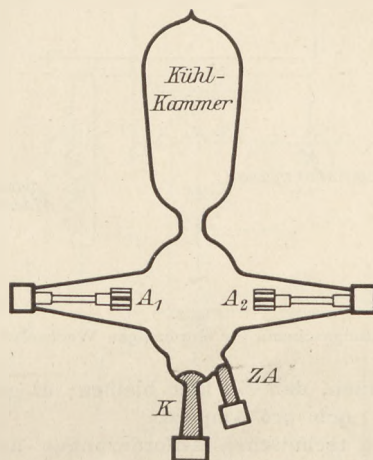


Fig. 1.

Jetzige Form des Einphasengleichrichters der Westinghouse Co. für 30 Amp. (Längsschnittfigur.)

Diese Forderungen werden dadurch erfüllt, daß man die Kathode aus Quecksilber, die Anode aus Eisen oder Graphit (noch besser, aber sehr teuer wäre Tantal) herstellt und den Zwischenraum zwischen beiden Elektroden hoch evakuiert. Die hohe Temperatur der Kathode erhält man durch einen Lichtbogen, der in den neueren Gleichrichtern durch momentanen Kurzschluß zwischen der Kathode und einer daneben liegenden Zündanode erreicht wird. Dabei besteht die letztere ebenfalls aus Quecksilber und ist so angebracht, daß durch leichtes Schütteln des Gefäßes das Quecksilber in der Kathode (*K*) und in der Zündanode (*ZA*) in augenblickliche Berührung kommt (Fig. 1), um sofort wieder infolge Kohäsion zurückzugehen und einen Lichtbogen zwischen beiden Elektroden entstehen zu lassen. Der entstehende Quecksilberdampf gestattet nunmehr den Elektronen

<sup>1)</sup> Litt. Helios, Zeitschr. f. Elektrotechnik 1909, Nr. 20, S. 185—189.

<sup>2)</sup> Im Laboratorium sind Gleichrichter bis zu 36 000 Volt Spannung benutzt worden, wobei naturgemäß der Abstand zwischen den Elektroden entsprechend groß gewählt werden mußte.

ihre Wanderung nach den Arbeitsanoden  $A_1$  bzw.  $A_2$ , schlägt sich alsdann an den Glaswänden der Kühlkammer nieder, um von selbst nach  $K$  bzw.  $ZA$  zurückzulaufen. Die Oberflächen der Arbeitsanoden sind so groß

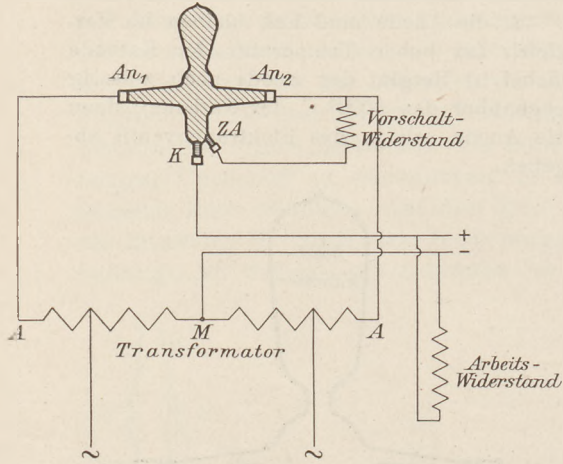


Fig. 2.

Schaltungsschema für einphasigen Wechselstrom.

zu wählen, daß sie kalt bleiben; es genügt  $\frac{1}{2}$  bis 1 qcm pro Ampere.

Die technischen Anforderungen an den Gleichrichter sind also durchaus nicht gering. Das Gefäß muß aus widerstandsfähigem, vorzüglich isolierendem Material bestehen, das die entwickelte Wärme gut ableitet, ein hohes Vakuum dauernd erhält und die vollkommen luftdichte Einführung der Zuleitungsdrähte zu den Elektroden gestattet. Gerade die Schwierigkeit des Einschmelzens stärkerer stromführender Drähte und der Ableitung der beträchtlichen Wärmemengen (in einem Gleichrichter von 30 Ampere wird fast  $\frac{1}{2}$  Kilowatt in Wärme verwandelt) gestatteten bisher nur die Ausführung von Gleichrichtern bis zu 30 Ampere ohne besondere Kühlvorrichtung, bis zu 40 Ampere mit Kühlung durch Wasser, Öl oder Fächermotoren. Was endlich den Abstand zwischen Arbeitsanoden und Kathode anbetrifft, so darf derselbe nicht zu klein sein, damit keine Rückzündung, d. h. ein Übergang der Elektronen in der „undurchlässigen“ Richtung oder von einer Anode zur andern erfolgt; er darf aber auch nicht zu

groß sein, um den Spannungsverlust in der Gasstrecke, der etwa 0,3 Volt pro Zentimeter Länge beträgt, möglichst gering zu machen. Der Abstand ist um so größer zu wählen, je höher die Spannung ist, und je heißer die Anoden werden.

Endlich ist noch ein weiterer wesentlicher Umstand zu berücksichtigen. Bei einphasigem Wechselstrom ist der Strom während der Hälfte jeder Periode Null; der Gleichrichter würde sich also nicht selbst in Tätigkeit erhalten können. Man hilft sich nach einem Verfahren von Weintraub, indem man (Fig. 2) den Gleichstrom zwischen der Kathode des Gleichrichters und dem Mittelpunkt des Transformators fließen läßt, so daß jedesmal ein Außenpunkt, der positiv gegen den Mittelpunkt ist, durch den angeschlossenen Arm des Gleichrichters (Anode) einen Strom sendet. In den Transformator führen also zwei Drähte hinein, während drei herauskommen. Von den letzteren wird der Mittelleiter als der eine Leitungsdraht für den Gleichstrom benutzt, während die beiden Außenleiter nach den Arbeitsanoden des Gleichrichters gehen. Dadurch entsteht im Gleichrichter ein pulsierender Elektronenübergang von  $K$  sowohl nach  $A_1$ , als auch nach  $A_2$ , und der hieraus resultierende Gleichstrom, der von der Kathode aus durch den

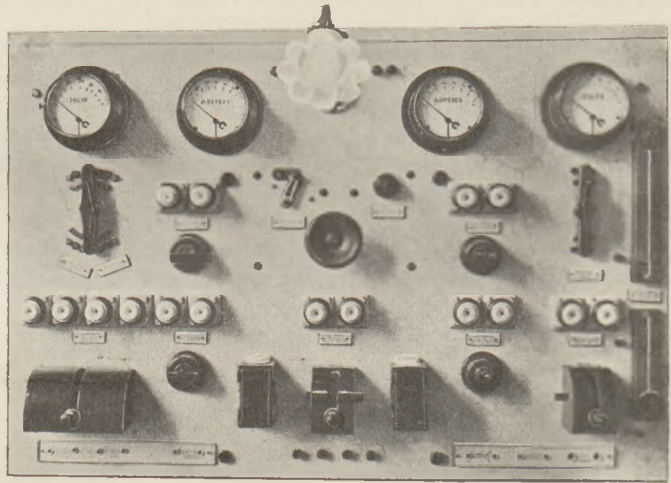


Fig. 3.

einzuschaltenden Apparat nach dem Mittelleiter fließt, hat nunmehr die Eigenschaft, daß jeder Periode des Wechselstroms zwei aufeinanderfolgende Pulsationen des Gleichstroms entsprechen. Da aber die einzelnen Ströme sich nicht übereinanderlagern, wie z. B. beim Drehstrom, sondern nur aneinander



angrenzen, so muß trotzdem während jeder Periode der Strom an der Kathode zweimal den Wert Null annehmen, also würde der Gleichrichter immer noch nicht selbsttätig arbeiten. Ja, der Quecksilberlichtbogen erlischt sogar schon dann, wenn der Strom unter einen bestimmten Minimalwert sinkt (ca. 3 Ampere). Der Grund liegt vermutlich darin, daß der Strom dann die hohe Temperatur der Kathode bei den großen Ableitungs- und Strahlungsverlusten nicht aufrecht erhalten kann.

ist das Einschalten eines Arbeitswiderstandes in den Gleichstromkreis nötig, da ja sonst der Gleichstromkreis nicht geschlossen ist. Es zeigte sich nun beim Betriebe, daß der ursprünglich gelieferte Widerstand zu gering war, da die im Unterricht benutzten Apparate in der Regel zu geringe Belastung für den Gleichrichter besitzen. Wir mußten daher einen größeren Arbeitswiderstand einbauen, der nun für alle Schulversuche in den Stromkreis eingeschaltet bleibt und nur beim Betrieb der Projektionslampe ausgeschaltet werden

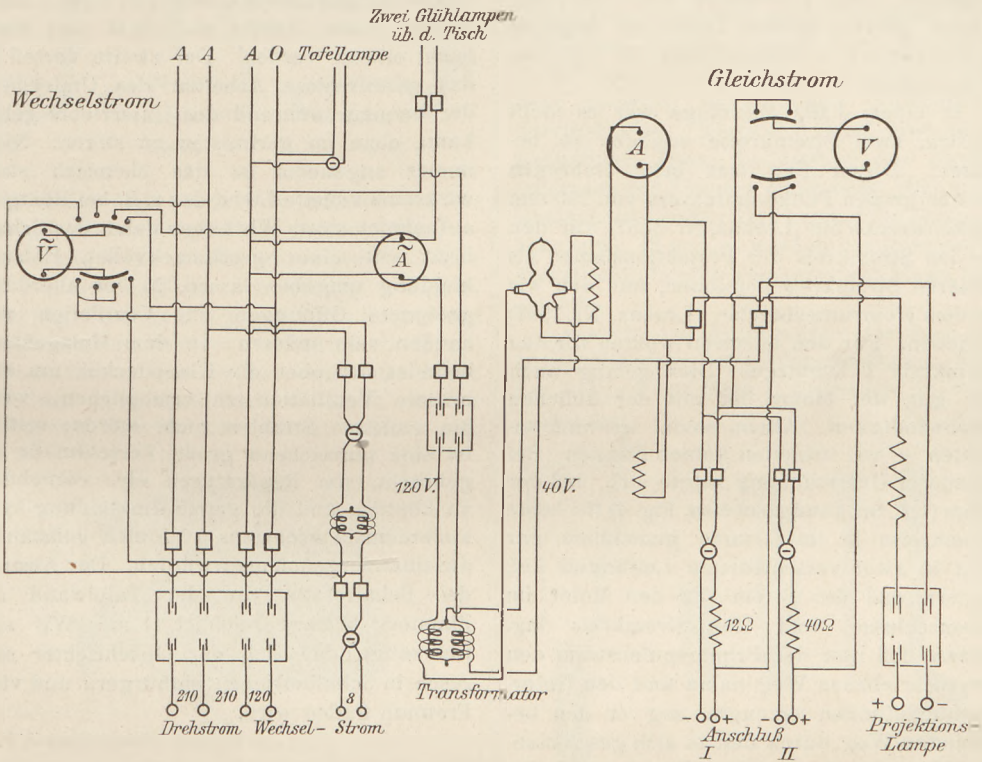


Fig. 4.

Um nun das Herabsinken des Stromes unter den erwähnten Mindestwert zu verhindern, schaltet man in den Gleichstromkreis eine Drosselspule, die die Pulsationen des Gleichstroms hinreichend dämpft, m. a. W. die den ersten Stromstoß erst dann erlöschen läßt, wenn der zweite bereits auf eine hinreichende Höhe gestiegen ist. Diese Drosselspule kann auch, wie es z. B. an unserer Anlage geschehen ist, in den Autotransformator durch entsprechende Abänderung eingebaut werden.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, kann man den Gleichstrom von den beiden Drähten, die von der Kathode bzw. vom Nullpunkt des Transformators ausgehen, abnehmen. Will man nun den Gleichrichter anlassen, so

kann. Letzteres ist aber insofern nicht empfehlenswert, als bekanntlich bei der Gleichstrombogenlampe der Lichtbogen erlischt, sobald die positive Kohle hinreichend abgebrannt ist. Tritt dieser Fall ein, so erlischt auch der Gleichrichter und muß unter Wiedereinschaltung des genannten Arbeitswiderstands von neuem angelassen werden.

Von dem erhaltenen Gleichstrom verwandten wir die beiden Drähte, die von der Kathode bzw. dem Mittelpunkt des Transformators ausgehen, zur Speisung der Projektionslampe, die wir mit einer maximalen Stromstärke von 30 Ampere beschicken können. Der erforderliche Regulierwiderstand ist (vgl. Fig. 4) in den positiven Leitungs-

draht eingeschaltet. Außerdem führen zwei Leitungen nach zwei besonderen Anschlüssen, von denen der eine 12 Ohm, der andere 40 Ohm Widerstand besitzt, der erstere also der stärkere, der letztere der schwächere ist. Damit ist die Möglichkeit gegeben, zu gleicher Zeit aus zwei Leitungen Gleichstrom zu entnehmen, wie dies z. B. bei den bekannten Projektionsversuchen über Diamagnetismus der Fall ist. Die Versuche gelingen sehr gut. Für die meisten Fälle ist der Anschluß I zu verwenden, so z. B. zum Laden von Akkumulatoren, zur Elektrolyse etc. Für den Betrieb unseres großen Induktors dagegen verwenden wir den Stromkreis für die Projektionslampe.

In einem Falle allerdings war es nicht möglich, zwei Stromkreise zugleich zu benutzen. Dieser Fall trat beim Gebrauch unseres großen Funkeninduktors von 250 mm Funkenstrecke ein (Lorenz, Nr. 1587), für den wir den Stromkreis der Projektionslampe als primären Stromkreis benutzten, und den wir mit dem Motorunterbrecher (Lorenz, Nr. 1594) antrieben. Für den letzteren wollten wir den Stromkreis I benutzen. Dies gelang auch sehr gut, der Motor lief mit der üblichen Geschwindigkeit. Allein, soviel wir uns bemühten — wir erhielten keinen Funken. Bei genauerer Untersuchung zeigte sich, daß der Strom (vgl. Schaltungsschema, Fig. 4) für beide Stromkreise ja im Grunde genommen gar nicht in zwei verschiedenen Leitungen lief, sondern daß der Strom für den Motor im Nebenschlusse vom Hauptstromkreis lag. Anstatt daß nun der Primärspulenstrom den vorgeschriebenen Weg nahm und den Unterbrechungsfunkten erzeugte, zog er den bequemeren Weg durch den in sich geschlossenen Motorstromkreis vor. Wir halfen uns, indem wir den Motorstrom aus dem Akkumulator nahmen. Eine andere Schaltung haben wir noch nicht versucht.

Sehr bequem und vorteilhaft erscheint uns die Ausführung der Schaltbrettanlage, deren Schaltungsschema in Fig. 4 gegeben ist. Wir können sowohl Drehstrom zu 210 Volt als auch Wechselstrom in drei verschiedenen Schaltungen zu 120 Volt und in einer besonderen Schaltung zu 8 Volt außer den drei Gleichstromanschlüssen entnehmen, und wir haben so die Möglichkeit, auch die technischen Apparate für Dreh- und Wechselstrombetrieb vorzuführen, wie z. B. die verschiedenen Motoren, das elektrische Kochen oder die Wechselstromklingeln, die neuerdings sich vorteilhaft einzubürgern scheinen.

Die ganze Anlage ist von der Firma W. Strödel, Reichenbach i. V., in sehr schöner Weise ausgeführt worden und hat sich nicht nur unsere persönliche, sondern auch die Sympathien aller Herren Fachkollegen erworben, die sie bis jetzt besichtigt haben.

Der bedeutendste Vorteil ist in erster Linie der billige Preis des Umformers. Eine Lampe, deren mittlere Lebensdauer auf mindestens 1400 Brennstunden bei 40 Ampere (2500 Stunden bei 20 Ampere und 4500 Stunden bei 10 Ampere) angegeben wird, die also für unterrichtliche Zwecke sehr gut 4 bis 5 Jahre reichen kann, kostet ca. 120 M und kann leicht ersetzt werden. Der zweite Vorteil ist das geräuschlose Arbeiten des Umformers, der bequem während des Unterrichts gehen kann, ohne im geringsten zu stören. Nicht immer angenehm ist das chemisch stark wirksame violette Licht, das z. B. bei Röntgenaufnahmen stört. Wir haben daher das Schaltbrett mit einer geschmackvollen Holzumkleidung umgeben lassen, in der allerdings geeignete Öffnungen zur Ventilation vorhanden sein müssen. In dem Holzgehäuse befindet sich oben ein Klappdeckel, um eine bessere Ventilation zu ermöglichen, wenn die violetten Strahlen nicht stören; seitlich ist eine hinreichend große Verschlusstür angebracht, um Reparaturen etc. vornehmen zu können, und die ganze Umkleidung kann außerdem in höchstens 5 Minuten vollständig auseinandergenommen werden. Der Abstand des Schaltbretts von der Tafelwand des Zimmers beträgt reichlich 1 m. Wir sind überzeugt, daß sich der Gleichrichter sehr rasch in Schulbetrieben einbürgern und viele Freunde finden wird.

*Dr. Gelfert, Reichenbach i. V.*

**Hilfsmittel für das physikalische Laboratorium.** In der Physikalischen Zeitschrift 1909 (S. 594—607) hat M. IKLÉ eine größere Zahl älterer und neuerer weniger bekannter Hilfsmittel dieser Art zusammengestellt, von denen nachstehend einige besonders auch für Unterrichtszwecke geeignete ausgewählt sind.

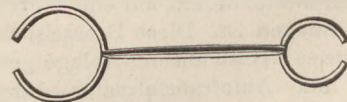
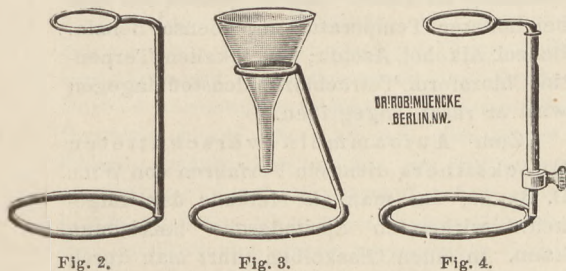


Fig. 1.

Als Trichterhalter ist statt des geschlossenen Ringes, der ein Zubehör zum Bunsenstativ bildet, der in Fig. 1 dargestellte geschlitzte Ring zu empfehlen, den man in



eine Muffe des Stativs einklemmt; er bietet den Vorteil, daß das Aufheben des Trichters vermieden werden kann. — Als Träger für leichte Gegenstände sind die aus Draht gefertigten Gestelle Fig. 2 (nach OSTWALD) und Fig. 3 (nach OMEIS) verwendbar; auch gibt es eine Form (Fig. 4), bei der der Hals aus-



ziehbar ist und durch eine Schraube in beliebiger Höhe festgehalten werden kann. — Zum Ausgleich von Höhenunterschieden ist folgende einfache Vorrichtung geeignet. Man sägt einen rechteckigen Klotz längs einer Diagonalebene entzwei und beklebt die Hypotenusenflächen der beiden erhaltenen Keile mit Samt. Legt man dann die Keile mit den bezogenen Flächen aufeinander, so kann man

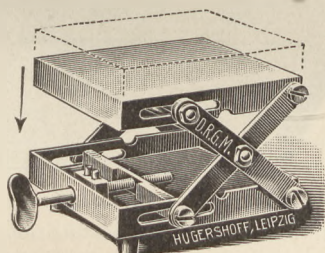


Fig. 5.

sie gegeneinander verschieben und die Gesamthöhe um beliebig kleine Beträge ändern. Bei größeren Lasten bedient man sich mit Vorteil des „verstellbaren Laboratoriumsklotzes“ nach F. KRÜGER (Fig. 5), dessen Tragplatte durch eine verstellbare Führung gehoben und gesenkt werden kann. —

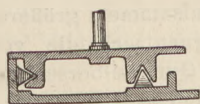


Fig. 6.

Eine sichere Schlittenführung ermöglicht die von O. LEPPIN erdachte Anordnung, die in Fig. 6 im Querschnitt dargestellt ist. —

Zur Herstellung einer längeren Schlauchleitung aus mehreren Stücken dienen Verbindungsstücke von der Form Fig. 7, aus Glas oder Messing hergestellt. Für Verzweigungen sind zweckmäßig T- oder V-Stücke aus ebensolchem Material verwendbar. —

Von Leuchtgasbrennern werden besonders die Formen von ALLIHN (bei Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin) und von Rob. Muencke in Berlin empfohlen, bei denen



Fig. 7.

das Verstopfen durch hineinfallende Fremdkörper und das Zurückschlagen vermieden wird. In Deutschland noch kaum bekannt ist der Mekerbrenner (*Bec Meker*), von der Firma Leune, rue du Cardinal Lemoine, Paris, vertrieben. Er hat (Fig. 8) eine rechteckige Ausströmungsöffnung, die von einer großen Zahl rostartig angebrachter Nickelplatten durchsetzt ist. Hierdurch wird eine starke Luftzufuhr ohne die Gefahr des Zurückschlagens der Flamme ermöglicht. Bei einem Querschnitt von  $2 \times 5$  cm beträgt die Flammhöhe etwa 12 cm; es werden damit angeglich in einem Muffelofen Temperaturen bis zu  $1600^{\circ}$  erreicht.

Für die Ausrüstung elektrischer Leitungsschnüre mit verschiedenen Endkontakten hat Herr P. SZYMAŃSKI in Berlin

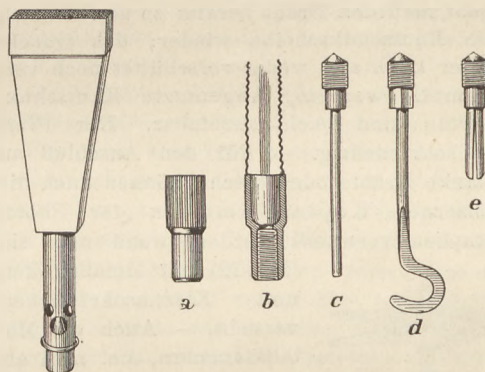


Fig. 8.

Fig. 9.

folgende Einrichtung (Fig. 9) ersonnen. Das Stück *a*, das in *b* im Querschnitt wiedergegeben ist, sitzt dauernd an der Leitungsschnur fest, die Endkontakte *c*, *d*, *e* werden aber nicht angelötet, sondern mit ihren Endkonussen fest in das Gehäuse gepreßt; auch legt man zweckmäßig noch zwischen Konus und Gehäuse ein wenig Stanniol, um einen zuverlässigen Kontakt zu erhalten. Bei dieser Anordnung kann man nach Bedarf die verschiedenen Ansatzstücke wie Stift *c*, flachen Haken *d*, Steckkontakt *e* rasch auswechseln, ohne Lockerung der Litze befürchten zu müssen. — Gute und sichere Kontakte werden auch durch den Quecksilber-Kontaktapparat der Frankfurter Physikalischen Werk-

stätten (jetzt bei LEYBOLD NACHF.) gewährleistet (Fig. 10 und 11). Der Napf ist aus isolierendem Material gefertigt und wird mit Quecksilber gefüllt; der aufgeschraubte Deckel enthält vier konische Löcher, unter dem Deckel liegt eine Kautschukscheibe, die durch eine mit entsprechenden Löchern versehene Metallscheibe fest an den Deckel gepreßt wird. Um einen Kontakt zwischen

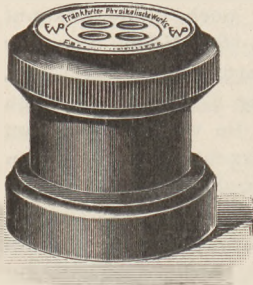


Fig. 10.

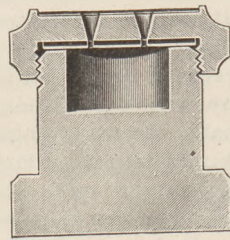


Fig. 11.

zwei Drähten herzustellen, führt man deren Enden durch je eines der Löcher des Deckels ein, dabei wird die Kautschukscheibe durchstoßen und legt sich fest um den Draht; zieht man den Draht heraus, so schließt sich die Kautschukscheibe wieder; das Quecksilber kann also weder verschüttet noch verschmutzt werden. Abgenutzte Kautschukplatten sind leicht ersetzbar. Der Preis ist sehr niedrig. — Für den Anschluß an blanke Drähte oder Bleche können auch die hölzernen Kopierklammern der Photographen verwandt werden, wenn man sie

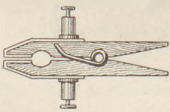


Fig. 12.

(Fig. 12) mit Metallstreifen und Klemmschraubchen versieht. — Auch die Metallklammern, die man als Huthalter oder Krawattenklammern käuflich erhält,

lassen sich für denselben Zweck verwenden. — Für Glühlampenwiderstände eignen sich besonders die Illuminationsfassungen der Firma SIEMENS & HALSKE; die Zuleitungen in Gestalt von Streifen aus Kupfer- oder Messingblech befinden sich an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen und sind unten zu federnden Klemmen umgebogen, die mit Leichtigkeit gut schließend an den Leitungsdrähten befestigt werden können; diese werden blank auf Isolierknöpfe parallel zueinander ausgespannt. — Als Isolierdraht für Wicklungen sehr empfehlenswert ist der von der A. E.-G. in Berlin fabrizierte Emaillendraht, der bei einem Kern von 0,1 mm nur 0,12 mm Dicke

hat und so widerstandsfähig ist, daß man ihn auf Spulen von der einfachen Stärke seines Eigendurchmessers ohne Gefahr aufwickeln kann. Wegen des größeren Wärmeleitungsvermögens der Emaillenhülle im Vergleich mit Baumwolle und Seide verträgt der Draht Temperaturen bis 150°, auch die Durchschlagsspannung ist höher. Säuren greifen ihn erst bei höherer Temperatur an, ebenso Benzin, Benzol, Alkohol, Azeton; von Alkalien, Terpenin, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff dagegen wird er rasch angegriffen. —

Zum Aufsammeln verschütteten Quecksilbers dient ein Verfahren von WILL. C. BAKER, das man als Methode der umgekehrt wirkenden Spritzflasche bezeichnen kann. In einen Glaskolben führt man durch einen Gummistopfen zwei Glasröhren, von

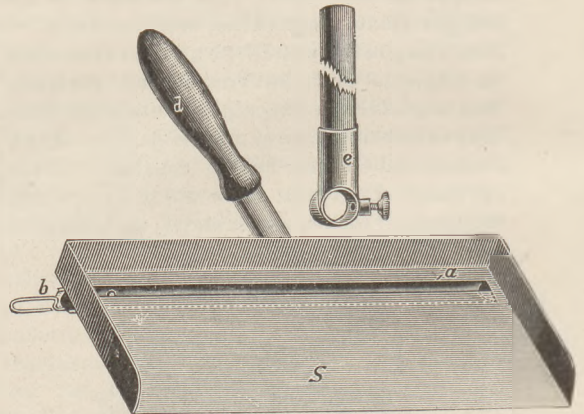


Fig. 13.

denen die eine an eine Wasserstrahlsaugpumpe angeschlossen ist, während die andere durch ein kurzes Schlauchstück mit einer kurzen, kapillar ausgezogenen Glasröhre verbunden ist. Nähert man die Öffnung der Kapillare einem Quecksilbertropfen, so wird dieser in die Röhre hineingezogen. Man kann auf diese Weise Quecksilber selbst aus Ritzen und Fugen herausaugen, deren Breite noch unter  $\frac{1}{2}$  mm liegt. Zum Aufsammeln größerer Mengen Quecksilbers eignet sich die von F. W. BRAUN angegebene Quecksilberschippe (Fig. 13; Firma Dr. R. Muencke, Berlin NW). Das Quecksilber wird mit einer Bürste auf die Fläche *S* der Schippe gefegt, läuft dann in die Rinne *a*, die bis zu der punktierten Linie reicht, und kann aus dieser durch Vorziehen des Schiebers *b* ausgelassen werden; *e* ist ein längerer, gegen *d* auswechselbarer Stiel.



## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Aus der Optik.** 1. Veränderlichkeit von Körperfarben. Wird Gold durch Elektrolyse oder Kathodenzerstäubung auf Glas niedergeschlagen, so erhält man meist gründurchsichtige, gelbreflektierende, bisweilen aber auch blaudurchsichtige, gelblichweißreflektierende Schichten. H. HOULLEVIGUE<sup>1)</sup> fand, daß das blaue Gold Wasserstoff einschließt und vermutlich ein Goldhydrür ist. Durch anodische Sauerstoffbeladung und durch Erwärmung auf 120–152° ließ sich blaues Gold in grünes verwandeln. Bei Kathodenzerstäubung durch Wasserstoff erhält man blaues, nach Austreibung des Wasserstoffs aus den Goldkathoden erhält man grünes Gold.

Um die Abhängigkeit der Körperfarben von der Temperatur festzustellen, untersuchte KURBATOW eine große Anzahl Farblösungen bei Temperaturen von +20° bis –180°, außerdem bei Erwärmung bis zu 1100°.<sup>2)</sup> Allgemein zeigten sich bei Temperaturerniedrigung die grüngelben, gelben, orange-farbenen, roten, purpurnen und vielleicht auch violetten Töne schwächer werdend, während niemals ein auch noch so geringes Schwächerwerden von Indigo, Hellblau, Grünblau und Grün beobachtet wurde. An Metallen und anderen Körpern mit metallischer Reflexion wurde bei Abkühlung in flüssiger Luft keine Farbenänderung wahrgenommen.

2. Eine Methode zum Nachweis von Chlorophyll beschreibt N. UMOW<sup>3)</sup>. Der Verf. hatte bereits früher gezeigt, daß ein Bündel polarisierter Strahlen, das von einem Körper zerstreut wird, mehr oder weniger depolarisiert ist für diejenigen Strahlen, welche vom Körper durchgelassen werden; die größte Polarisation zeigen aber Strahlen, die der Körper am meisten absorbiert. Ist das einfallende Licht ein natürliches, nicht polarisiertes, so werden in dem zerstreuten Strahlenbündel diejenigen Strahlen am stärksten polarisiert, welche auch am stärksten absorbiert werden. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, aus der Analyse des Polarisationsgrades des vom Körper zerstreuten Lichts auf seine Beschaffenheit zu schließen. Umow wandte diese Grundsätze an auf eine Papierscheibe, die mit einem konzentrierten Auszug von Chloro-

phyll in Alkohol getränkt und dann getrocknet war. Er projizierte auf die vertikal gestellte Scheibe den Faden einer Nernstschen Glühlampe und beobachtete das Bild des Fadens mit einem Savartschen Polarisations-spekroskop. Die Savartschen Streifen durchzogen dann das Spektrum in horizontaler Richtung und zeigten an den Stellen größerer Absorption besondere Eigentümlichkeiten. Im Rot, wo die Absorption des Chlorophylls am stärksten ist, zeigen die Streifen schwarze, stark ausgeprägte Flecke; an der Grenze des Orange, wo sich ein zweiter Absorptionsstreifen befindet, sind die Streifen ebenfalls dunkler und erweitert. Dann verblasen die Streifen wieder, werden aber vom Grün an immer breiter und dunkler und verschwinden endlich in der Dunkelheit des Indigos. Dieselbe Beobachtung wie an der chlorophylldurchtränkten Scheibe konnte an Blättern lebender Pflanzen gemacht werden. Auch andere Farbstoffe mit auswählender Absorption sowie verschiedene Gesteine zeigten Ähnliches. Der Verf. schlägt vor, diese Methode auf die Beobachtung der Planeten anzuwenden, um auf ihnen vielleicht das Vorhandensein von Chlorophyll festzustellen.

3. Über den Einfluß des Mediums auf die Linien im Funkenspektrum. Von H. FINGER<sup>4)</sup>. Der Verf. untersuchte die Veränderungen des Spektrums, die beim Übergange vom „Luftfunken“ zum „Flüssigkeitsfunken“ eintreten. Der letztere wurde in Wasser zwischen Elektroden verschiedener Metalle erzeugt und verlief hier explosionsartig. Mit einem Rowlandschen Konkavgitter wurden Spektralaufnahmen sowohl des Luftfunkens als auch des Flüssigkeitsfunkens auf derselben Platte gemacht. Im Spektrum des letzteren fehlt das Spektrum der Luft; dafür tritt ein mehr oder weniger ausgedehntes kontinuierliches Spektrum auf, dessen Maximum bei verschiedenen Elementen verschieden liegt, und das sich unter Umständen bis ins äußerste Ultraviolett erstreckt. Daneben tritt bei einigen Elementen noch das Wasserdampfspektrum, und zwar umgekehrt, auf. Von den Linien des gewöhnlichen Funkenspektrums fehlen einige; andere sind gegen den kontinuierlichen Grund umgekehrt, wieder andere selbstumgekehrt, symmetrisch oder einseitig verbreitert; bei manchen kombinieren sich diese Erscheinungen, und es treten scheinbare

<sup>1)</sup> Journal de Physique **6**, 596 (1907); Beibl. **32**, 633 (1908).

<sup>2)</sup> J. d. russ. phys.-chem. Ges. **39**, Chem. T. 1521 (1907); Beibl. **32**, 725 (1908).

<sup>3)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 259 (1909).

<sup>4)</sup> Verh. der Deutschen Phys. Ges. 1909, S. 369.

Verschiebungen auf. Bei einigen Spektren, wie z. B. beim *Ta*, fehlen alle diese Veränderungen. Bei keinem Spektrum waren Linien des *H* oder *O* oder der im Wasser gelösten Salze zu sehen. Alle Linien, die zu „Serien“ gehören, verhalten sich gleich hinsichtlich der im Flüssigkeitsfunken auftretenden Veränderungen. Andererseits findet man aber auch Linien, die trotz ihres regelmäßigen Verhaltens in keinem bisher erkennbaren Zusammenhang stehen. Im allgemeinen stellt die Veränderung, welche die Funkenspektren beim Übergang vom Licht- zum Flüssigkeitsfunken erfahren, einen sehr komplizierten Vorgang dar, dessen Erklärung noch große Schwierigkeiten bereitet.

4. Steinsalz und ätherische Öle im Ultraviolett. Von A. PFLÜGER<sup>5)</sup>. Da Steinsalz vor Quarz und Flußpat den Vorzug sehr großer Dispersion hat, so benutzt der Verf. für Untersuchungen im Ultraviolett, die große Lichtstärke und große Absorption erfordern, Steinsalzprismen, deren brechende Flächen durch mit Glycerin aufge kittete dünne Quarzplatten geschützt sind. Das größte so hergestellte Steinsalzprisma hatte brechende Flächen von  $5 \times 12$  cm und besaß die dreifache Dispersion des Quarzes, ist aber viel billiger als ein gleichgroßes Quarzprisma. Während des Nichtgebrauchs wird es unter Chlorkalziumverschluß aufbewahrt und ist dann sehr haltbar. Die Durchlässigkeit geht bis etwa  $230 \mu\mu$ . Mit Quarz und Steinsalz lassen sich auch vorzügliche, im Ultraviolett achromatische Objektive herstellen; zwischen zwei Quarzlin sen ist die mit Glycerin eingekittete Steinsalzlin se völlig geschützt. — Der Verf. gibt ferner Zahlen an über die Absorption ätherischer Öle im Ultraviolett von 280 bis  $363 \mu\mu$ . Seine Hoffnung, ein Kittmittel von größerer Ultraviolettdurchlässigkeit als Glycerin zu finden, wurde dabei nicht erfüllt.

5. Methoden der photographischen Spektralphotometrie. Von P. P. KOCU<sup>6)</sup>. Die bisher hierbei angewandten Methoden beruhen auf dem Prinzip, daß zwei Lichtintensitäten gleicher Wellenlänge gleich sind, wenn sie in gleichen Zeiten auf einer photographischen Platte die gleiche Schwärzung hervorrufen. Die zu photometrierenden Erscheinungen werden auf einer photographischen Platte aufgenommen und mit einer Reihe von „Intensitätsmarken“ von bekanntem Intensitätsverhältnis in bezug auf gleiche

Schwärzung verglichen. Sind die zu vergleichenden Intensitäten ( $i_1$  und  $i_2$ ) sehr verschieden voneinander, so muß man sie mit Hilfe verschiedener Expositionszeiten ( $t_1$  und  $t_2$ ) auf die gleiche Schwärzung bringen: nach Schwarzschild ist  $i_1 t_1^{\theta} = i_2 t_2^{\theta}$ , wo  $\theta$  eine von  $i$  und  $t$  unabhängige, aber von Platte und Entwicklungsart abhängige Größe darstellt. Zum Drucken der Intensitätsmarken braucht man die Kenntnis einer Reihenfolge von Intensitätsverhältnissen monochromatischen Lichts. Die Variierung von Lichtintensitäten erfolgt am besten durch Änderung der Strombelastung einer Glühlampe. Diese wird photometrisch verglichen mit einer konstanten Nernstlampe, deren Intensität durch einen rotierenden Sektor geschwächt wird. Die Beziehungen zwischen Strom und Licht werden graphisch aufgetragen und die bestimmten Stromstärken entsprechenden relativen Lichtintensitäten daraus entnommen. Der Verf. hat so Meßreihen für die Wellenlängen  $652 \mu\mu$ ,  $570 \mu\mu$  und  $500 \mu\mu$  ausgeführt. Für kürzere Wellenlängen wurde das Prinzip der Lichtschwächung durch in den Strahlengang eingeschaltete Blenden angewandt. Ein Vergleich der durch eine zu verengernde Schieberblende erhaltenen Intensitätsskala stimmte mit der aus dem rotierenden Sektor erhaltenen Skala völlig überein. Die Ausmessung der Schwärzung der photographischen Platten erfolgte mittels eines Mikrophotometers nach Hartmann. Als photographische Platten waren die von Hauff und Lumière von genügender Konstanz der Empfindlichkeit. Um einige immer hier und da vorhandene fehlerhafte Stellen zu eliminieren, empfiehlt es sich, die zu photometrierenden Erscheinungen und die Intensitätsmarken auf jeder Meßplatte mindestens doppelt auszuführen. — Die Resultate der mittels der Methoden der photographischen Spektralphotometrie angestellten Untersuchungen wird der Verf. gesondert veröffentlichen.

6. Interferenzfarbenphotographie mit festem Metallspiegel. Von H. LEHMANN<sup>7)</sup>. Das bekannte Lippmannsche Verfahren erfordert eine besondere Quecksilberkassette; auch treten bei Verwendung des Quecksilberspiegels bisweilen chemische Störungen auf, die die Bildqualität ungünstig beeinflussen. Der Verf. nahm daher statt des Quecksilbers zuerst einen festen Spiegel von

<sup>5)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 405, 406 (1909).

<sup>6)</sup> Ann. d. Physik **30**, 841 (1909).

<sup>7)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **11**, 428 (1909).



versilbertem Glas, der in einer besonderen Druckkassette gegen die lichtempfindliche trockne Schicht einer in der gewöhnlichen Weise auf eine Glasplatte präparierten kornlosen Platte gepreßt wurde. Eine mit einer solchen Platte erhaltene Spektrumaufnahme zeigte eine große Anzahl von Kurvensystemen, die dadurch entstehen, daß die Schichtoberfläche doch nicht überall dem Metallspiegel parallel verläuft. Die Kurven entsprechen den Durchschnittslinien der Zenkerschen Lamellen mit der Schichtoberfläche, indem hier die farbige Tiefenwelle mit der weißen Oberflächenwelle interferiert. Der Verf. schlägt vor, diese Kurven wegen der von O. Wiener gegebenen Erklärung Wienersche Streifen zu nennen. Um diese für das Spektralbild sehr störenden Streifen zu beseitigen, wurden dann an Stelle des Glases versilberte Zelluloidfolien von ungefähr 0,01 mm Dicke verwendet. Dadurch wurde ein fast vollkommenes Anschmiegen des Spiegels an die empfindliche Schicht erreicht, und die Spektrumaufnahme zeigt die Wienerschen Streifen nicht mehr. In gleicher Weise wurden auch Mischfarbenaufnahmen (Landschaften, Blumenstücke) hergestellt, die in Farbe und Leuchtkraft den mit Quecksilberspiegel hergestellten nicht nachstanden.

Um nun nicht noch eine besondere Druckkassette, sondern eine gewöhnliche Kassette zur Herstellung der Interferenzfarbenbilder benutzen zu können, suchte LEHMANN die empfindliche Schicht auf der spiegelnden Fläche selbst herzustellen. Dann zeigten sich aber die Wienerschen Streifen noch deutlicher als vorher. Dagegen erwies sich diese Methode als sehr erfolgreich, wenn man den Spiegel nach der Belichtung entfernte. Durch Einschaltung einer geeigneten Zwischenschicht von sehr geringer Dicke und optischer Indifferenz ließ sich die empfindliche Schicht abziehbar auf die Spiegelfläche präparieren. Der Verf. erhielt auf diese Weise sowohl Spektralfarben als auch Mischfarben mit derselben Reinheit und Leuchtkraft wie bei einem Quecksilberspiegel. Schk.

**Die Farbe der Jodlösungen.** Die Verschiedenheit, welche die Färbungen der Jodlösungen je nach dem angewandten Lösungsmittel zeigen, hat man lange Zeit durch die Annahme erklärt, daß dem Jod in den einzelnen Lösungen eine verschiedene Molekulargröße zukomme, bis Beckmann i. J. 1889 durch die Bestimmung der Siedepunkterhöhung verschieden gefärbter Jodlösungen

den Nachweis erbrachte, daß ein Unterschied in der Molekulargröße des gelösten Jods nicht vorhanden ist. Durch spätere, gemeinsam mit A. Stock ausgeführte Untersuchungen (1895) bestätigte er dieses Ergebnis und fand zugleich den Grund für die abweichenden Resultate, welche andere Forscher erhalten hatten, darin, daß sich beim Sieden der Lösungen ein Teil des gelösten Jods verflüchtigt. Die Ergebnisse Beckmanns sind denn auch inzwischen in anderer Weise (durch kryoskopische Messungen, relative Löslichkeitsbeeinflussung) bestätigt worden, so daß über die Tatsache, daß dem Jod in seinen verschiedenen Lösungen dasselbe Molekulargewicht zukommt, kein Zweifel bestehen kann.

Um nun die verschiedene Farbe der Jodlösungen zu erklären, nahmen Beckmann und Stock das Vorhandensein von Additionsverbindungen zwischen dem Jod und seinen Lösungsmitteln an, deren Menge (im Verhältnis zu dem nicht in eine solche Verbindung übergegangenen Jod) für die Farbe der Lösung maßgebend ist. Für die Richtigkeit dieser Ansicht sind inzwischen von den verschiedensten Seiten her Gründe beigebracht worden; einen wertvollen Beitrag zur Klärung der Frage hat in jüngster Zeit PERCY WAENTIG durch die eingehende Untersuchung der optischen Eigenschaften der verschiedenen Jodlösungen geliefert (*Zeitschr. f. physikalische Chemie*, Bd. 58, S. 513, 1909). Er verwendete außer den gewöhnlich zum Lösen von Jod benutzten Flüssigkeiten (Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Äther, Alkohol) noch eine große Anzahl anderer (Hexan, Phosphortrichlorid, Toluol, Benzol, Cymol, p-Xylol, Äthylazetat, Essigsäure, Pyridin, Azeton, flüssiges Schwefeldioxyd, Thiophen, Paraffinöl und Phosphoroxchlorid). Die Lösungen wurden, weil sie außer bei gewöhnlicher Temperatur noch bei hohen und bei tiefen Temperaturen untersucht werden sollten, in Glasröhren eingeschlossen, die in den Strahlengang des als Lichtquelle dienenden, zwischen Eisenelektroden überspringenden Induktionsfunken gebracht wurden. Die Lichtstrahlen fielen alsdann auf das Prisma eines Spektroskops, dessen Okularrohr durch ein photographisches Objektivrohr mit Kasettenschieber ausgetauscht werden konnte. Bei Untersuchungen im ultravioletten Spektralteil wurden Quarzröhren und ein Quarzprisma verwendet. Auf diese Weise wurden die von den einzelnen Lösungen erzeugten Absorptionsspektren photographisch abgebildet. Es zeigte sich, daß man zwei Gruppen dieser Spektren

unterscheiden kann. Die einen, welche in typischer Weise die Lösung des Jods in Schwefelkohlenstoff liefert (derartige Lösungen werden als violette Lösungen bezeichnet, wiewohl sie bisweilen, wie die hierher gehörende Lösung des Jods in Äther. subjektiv anders gefärbt erscheinen), weisen ein breites Absorptionsgebiet im mittleren Teil des Spektrums auf, das bei  $\lambda = 500-560 \mu\mu$  beginnt und sich bis etwa  $\lambda = 440 \mu\mu$ , in einzelnen Fällen aber auch weiter nach dem kurzwelligen Teil des Spektrums hin erstreckt. Das Absorptionsmaximum liegt in diesem Streifen ungefähr an derselben Stelle wie im Absorptionsspektrum des Joddampfes. Ein zweiter Absorptionsstreifen beginnt bei diesen Lösungen im Ultraviolett. Die Spektren der zweiten Art liefert in charakteristischer Weise die Lösung des Jods in Äthylalkohol, welche daher das typische Beispiel einer sog. braunen Lösung darstellt. Sie zeigen eine besonders starke Absorption im kurzwelligen Teil des Spektrums, deren Maximum im Ultraviolett gelegen ist.

Bei Temperaturänderung findet nun bei den violetten Lösungen eine Verschiebung der Absorptionsbanden in dem Sinne statt, daß bei Temperaturerniedrigung die im mittleren Spektralteil gelegene Bande nach dem violetten Ende des Spektrums, bei Temperaturerhöhung in entgegengesetzter Richtung wandert. Bei tiefen Temperaturen werden also die violetten Lösungen den braunen Lösungen von Zimmertemperatur ähnlich, während ihr Farbenton bei höherer Temperatur reiner violett wird; indes sind die durch Temperaturerhöhung hervorgerufenen Änderungen des Absorptionsspektrums erheblich geringer als die durch Temperaturerniedrigung bewirkten. Auch der Absorptionsstreifen der braunen Lösungen wird durch Temperaturerniedrigung nach dem violetten Ende verschoben, so daß diese Lösungen einen deutlich grünen Farbenton erhalten.

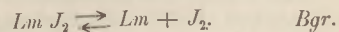
Nach der oben erwähnten Annahme würde man in allen Jodlösungen ein Gleichgewicht zwischen dem freien gelösten Jod und einer Additionsverbindung zwischen Jod und dem betreffenden Lösungsmittel anzunehmen haben, und da chemische Gleichgewichte sich mit der Temperatur verschieben, so tritt auch hier eine Änderung der relativen Mengen der beiden genannten Stoffe in der Weise ein, daß mit steigender Temperatur die Menge des freien Jods, mit sinkender die der Additionsverbindung wächst. Das Absorptionsspektrum der violetten Lösungen,

die viel freies Jod enthalten, ist dem des Joddampfes ähnlich, das Absorptionsspektrum der braunen Lösungen ist dagegen mit demjenigen der Additionsverbindungen identisch. Daß in allen Jodlösungen, auch den am reinsten violett gefärbten, ein Gleichgewichtszustand zwischen den beiden Stoffen besteht, ist daraus zu folgern, daß in sämtlichen Lösungen die erwähnte Verschiebung der Absorptionsbande mit der Temperaturänderung beobachtet wird.

Nach dem allgemein gültigen Verschiebungsgesetz, demzufolge sich ein im Gleichgewicht befindliches System von Stoffen bei einem von außen her ausgeübten Zwang so verändert, daß es sich dem Zwange widersetzt, d. h. dessen Wirkung teilweise aufhebt, muß die Vereinigung des Jods mit dem Lösungsmittel, die bei Abkühlung des Systems erfolgt, ein exothermischer, also unter Wärmeentwicklung stattfindender Vorgang sein, weil dieser Vorgang für sich alsdann eine Temperaturerhöhung bewirkt, also der beabsichtigten Abkühlung entgegenwirken würde. Tatsächlich ergab die Bestimmung der Lösungswärme des Jods in verschiedenen Lösungsmitteln, daß sie in dem Maße wächst, wie die Farbe der Lösung von Violett in Braun übergeht. Denn während sie für 1 g Jod in Chloroform und Schwefelkohlenstoff bzw.  $-21,58$  und  $-20,64$  cal beträgt, ist ihr Wert bei Anwendung von Äther und Alkohol nur noch bzw.  $-7,87$  und  $-7,64$  cal und wird bei Anwendung von Pyridin sogar positiv ( $+17,69$  Cal).

Die übrigen Versuche, das Vorhandensein einer Additionsverbindung in den braunen Lösungen nachzuweisen, können an dieser Stelle nicht geschildert werden. Nur darauf mag noch hingewiesen werden, daß es gelang, die bei gewöhnlicher Temperatur braunen Lösungen des Jods in Schwefeldioxyd und Thiophen durch bloßes Erhitzen auf  $+70^{\circ}$  bzw.  $+150^{\circ}$  in violette Lösungen überzuführen.

Bezeichnet man daher mit  $L_m$  ein beliebiges Lösungsmittel, so besteht, wie sich aus der Gesamtheit der Versuche ergibt, in allen Lösungen des Jods ein Gleichgewicht von der Form



**Aus der Radiographie.** 1. Eine neue Röntgenröhre von konzentrierter Wirkung. Von W. SERRZ<sup>1)</sup>. Will man eine

<sup>1)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **11**, 505 (1909). Phys. Zeitschr. **22**, 830 (1909).



relativ kleine Fläche möglichst intensiven Strahlen aussetzen, so muß man das zu bestrahlende Objekt möglichst nahe an die Antikathode heranbringen. Das ist am ehesten möglich, wenn man die Antikathode als Fenster in die Röhrenwand einsetzt. Zu dem Zwecke hatte der Verf. auf ein in die Glaswand eingeschmolzenes Platinrohr von 1,5 bis 2 cm Durchmesser und 2 bis 3 cm Länge eine Messingfassung und auf diese das Antikathodenblech aufgelötet. Als solches wurde aufeinandergewalztes Aluminiumkupferblech verwendet. Auf der Innenseite war das Kupfer bis auf eine äußerst dünne Haut abgeschliffen und dann elektrolytisch blank platinieren; hier trafen die Kathodenstrahlen auf. Das Aluminium bildete die Außenseite. Zur Verhinderung der Erwärmung der Antikathode war das Platinröhrchen von einer Wasserkühlung umgeben; außerdem waren als Luftkühlung noch 20 Blechflügel an den das Wasser enthaltenden Becher angelötet. Die Kathode war umgeben von einem Glasmantel; an der Anode befand sich eine Müllersche Regeneriervorrichtung. Obwohl die Röhre nur den vierten Teil der Strahlenmenge einer gewöhnlichen Röntgenröhre aussendet, so wird dieser Nachteil durch den Vorteil, das zu bestrahlende Objekt direkt an die Strahlenquelle anlegen zu können, weitaus ausgeglichen. Im Vergleich mit einer gewöhnlichen Röhre von 12 cm Kugelradius kann man das Objekt hier etwa 200 mal so intensive Strahlen aussetzen.

2. Röntgenaufnahmen in kurzen Zeiten. Von F. DESSAUER<sup>2)</sup>. Für medizinische Zwecke ist es oft nötig, Röntgenaufnahmen in etwa  $\frac{1}{100}$  Sekunden zu machen. Von der Pulsation des Herzens und des arteriellen Systems gehen rhythmische Stöße aus, die zahlreiche Organe in leichte Vibration versetzen, so daß man bei längerer Exposition keine scharfen Radiogramme erhält. Der Verf. suchte daher nach einem Verfahren, das die Röntgenröhre nur während  $\frac{1}{100}$  Sek. aufleuchten läßt. Zu dem Zwecke wurde zunächst ein Induktorium besonderer Art gebaut, dessen magnetische Dimension sehr groß war, so daß es an der Unterbrechungsstelle einen Stromstoß von  $\frac{1}{200}$  bis  $\frac{1}{60}$  Sek. Dauer durch eine mittelharte Röntgenröhre lieferte. Die Zeitdauer des Aufleuchtens wurde durch den Eindruck bestimmt, den die durch einen

Schlitz gesandten Strahlen auf einem auf einer rotierenden Scheibe befestigten Film hervorriefen. Um eine stark beschleunigte Unterbrechung des Primärstromes herbeizuführen, wurde ein genau kalibrierter Metallfaden mit einer dicken Hülle eines Feuchtigkeit haltenden Materials (Gemische von Gips, Ton, Smirgel etc.) umhüllt und in den Stromkreis eingeschaltet. Beim Einschalten des Stromes bildet sich durch den glühenden Faden Wasserdampf, durch dessen Druck der Schmelzkörper unter lebhafter Detonation zum Zerfliegen gebracht wird. Die feinen Staubteilchen der zerplatzenden Schmelzpatrone löschen den Selbstinduktionsfunken, und man erhält in der Sekundärspule Induktionsstöße von noch nicht gesehener Stärke. Die Röntgenröhre blitzt dann hell auf. Der Verf. erhielt so Aufnahmen des Brustkorbes, die eine wie mit einem spitzen Bleistift gezogene Herzgrenze und eine reiche Struktur des bronchialen Gewebes und der Lunge zeigten. In Verbindung mit P. H. EICKMANN stellte er ein Röntgenkinematogramm des schlagenden menschlichen Herzens her, das über jede Phase der Herzbewegung deutlich Aufschluß gibt. Schk.

**Radioaktivität.** 1.  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen. Einen direkten Nachweis der positiven Ladung der  $\alpha$ -Strahlen lieferte H. GREINACHER<sup>1)</sup>. Eine Messingplatte wurde mit einer Schellackschicht von etwa 0,03 mm Dicke überzogen; darüber wurde eine Aluminiumfolie von 0,0028 mm Dicke aufgeklebt. Das ganze wurde in Paraffin eingebettet, so daß nur ein kleines Stück der  $\text{Al}$ -Belegung freibleib. Diesem gegenüber befand sich jenseits eines Kupferschiebers ein Poloniumpräparat, das pro Sek. nahezu 2 Mill.  $\alpha$ -Teilchen aussandte. Nach Wegziehen des Schiebers zeigte dann ein mit der Messingplatte verbundenes Elektrometer einen positiven Strom an. War die Schellackschicht dicker (0,14 mm) oder die Entfernung des Poloniums größer (18 mm), so zeigte sich keine Wirkung mehr; die Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen war dann überschritten. Ein Radiumpräparat ließ bei gleicher Anordnung eine durch die  $\beta$ -Strahlen erzeugte negative Ladung erkennen.

Über die Verzögerung der  $\alpha$ -Strahlen durch Metalle und Gase wurden von T. S. TAYLOR neue Untersuchungen angestellt<sup>2)</sup>. Unter dem „Luftäquivalent“ versteht er den

<sup>2)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **11**, 523 (1909). Phys. Zeitschr. **22**, 859 (1909).

Beide Versuche vorgenommen auf der Naturforscherversammlung in Salzburg.

<sup>1)</sup> Verh. der D. Phys. Ges. **11**, 179 (1909).

<sup>2)</sup> Phil. Mag. **18**, 604 (1909).

Betrag, um welchen die Reichweite der  $\alpha$ -Teilchen in Luft beim Durchgang durch Metallblätter herabgesetzt wird. Es ergab sich, daß die Luftäquivalente mit der Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen abnehmen. Die Abnahme ist sehr gering für dünne Blätter der leichteren Metalle, wenn die Geschwindigkeit der Teilchen groß ist; sie wird größer bei geringer Geschwindigkeit oder bei dickeren Blättern. Für verschiedene Blätter desselben Metalls ist die Änderung proportional den Luftäquivalenten der Blätter. Für Blätter verschiedener Metalle von gleichen Luftäquivalenten sind die Änderungen annähernd proportional den Quadratwurzeln der entsprechenden Atomgewichte. Die Luftäquivalente von Wasserstoffschichten wachsen mit abnehmender Geschwindigkeit der Teilchen. Die Luftäquivalente von Blättern aus Papier und Zellulose bleiben konstant, die entsprechenden Wasserstoffäquivalente aber nehmen mit der Geschwindigkeit der Teilchen ab. Die durch  $\alpha$ -Teilchen in Luft erzeugte totale Ionisierung ist dieselbe wie in Wasserstoff.

Vergleichende Versuche, die H. L. BRONSON über die von den  $\alpha$ -Teilchen der Emanation und des aktiven Niederschlags bewirkte Ionenbildung angestellt hatte, führten zu dem Ergebnis, daß wohl bei Radium jedes  $\alpha$ -Strahlen-Produkt ein  $\alpha$ -Teilchen pro Atom aussendet, daß dagegen ein Atom der Aktiniumemanation zweimal, ein Atom der Thoriumemanation viermal so viel  $\alpha$ -Teilchen aussendet als ein Atom des betreffenden aktiven Niederschlags (diese Zeitschr. XXII, 188). Dieses Ergebnis konnten H. GEIGER und E. MARSDEN durch eine direkte Zählung der  $\alpha$ -Teilchen mittelst der Szintillationsmethode bestätigen<sup>3)</sup>. Die in einen evakuierten Raum gebrachte Emanation ist nach einiger Zeit mit dem sich bildenden aktiven Niederschlag im Gleichgewicht; man zählt nun die von beiden auf einem Zinksulfidschirm erzeugten Szintillationen. Nach Verlauf einer weiteren Zeit ist die Emanation zerfallen, und man beobachtet nun die von dem Niederschlag allein herrührenden Szintillationen. Bei Aktinium sowohl wie bei Thorium wurden im ersten Falle dreimal so viel Szintillationen beobachtet als im zweiten. Das würde heißen, daß von der Aktiniumemanation zwei, von der Thoriumemanation vier  $\alpha$ -Teilchen beim Zerfall eines Atoms ausgesandt werden, vorausgesetzt, daß *Akt B* bzw. *Th B* und *C* nur je ein Teilchen aussenden.

Das gleichzeitige Auftreten zweier  $\alpha$ -Teilchen bei der Aktiniumemanation konnten die Verf. auch direkt beobachten. Dazu wurde die Emanation in den Zwischenraum zwischen zwei sehr nahe aneinander stehenden parallelen Zinksulfidschirmen gebracht und mit zwei Mikroskopen gleichzeitig die auf beiden Schirmen auftretenden Szintillationen beobachtet. Es zeigte sich, daß weitaus die meisten von der Emanation herrührenden Szintillationen paarweise auftraten, entweder gleichzeitig auf einem Schirm oder auf beiden Schirmen an gerade gegenüberliegenden Stellen. Bei der Radiumemanation zeigten sich, wie zu erwarten war, nur wenige Szintillationspaare. Bei der Thoriumemanation zeigten sich die Szintillationen in rascher Aufeinanderfolge an benachbarten Stellen des Gesichtsfeldes, was auf ein rasch zerfallendes  $\alpha$ -Strahlenprodukt hindeutet. Es konnte hier nur festgestellt werden, daß die vier  $\alpha$ -Teilchen nicht gleichzeitig ausgeschleudert werden.

Die Einwirkung der Materie auf einfallende  $\beta$ -Strahlen wurde von verschiedenen Seiten untersucht. CROWTHER fand, daß die  $\beta$ -Strahlen des Radiums schon durch sehr dünne Schichten eines Stoffes zerstreut werden. MADSEN untersuchte die nach verschiedenen Richtungen zerstreuten Strahlen und fand ihre Verteilung unsymmetrisch in bezug auf eine senkrecht zu der Richtung des einfallenden Strahlenbündels stehende Ebene<sup>4)</sup>. Absorption der  $\beta$ -Strahlen, verbunden mit den Wirkungen der Zerstreuung und Schwächung, genügt nach MADSEN zur Erklärung aller Erscheinungen; die Annahme einer neuen sekundären Strahlung ist nicht notwendig. Wie H. W. SCHMIDT mitteilt, erfahren die  $\beta$ -Strahlen beim Durchgang durch die Materie einen geringen Geschwindigkeitsverlust, der um so größer ist, je niedriger das Atomgewicht der durchstrahlten Substanz ist und je mehr die Strahlen aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden<sup>5)</sup>. Die Intensität der durchgelassenen Strahlung läßt sich durch eine Exponentialformel darstellen; gewisse Konstanten in derselben hängen außer vom Atomgewicht der Substanz noch von zwei für die betreffende Strahlenart charakteristischen Konstanten ab. MADSEN und SCHMIDT fanden beide, daß die Absorptionskurven der  $\beta$ -Strahlung sehr von den Versuchsbedingungen abhängig sind. SCHMIDT schloß aus seinen Beobachtungen, daß die  $\beta$ -Strahlen beim

<sup>3)</sup> Phys. Zeitschr. 11, 7 (1910).

<sup>4)</sup> Phil. Mag. 18, 909 (1909).

<sup>5)</sup> Phys. Zeitschr. 10, 929 (1909).



Durchgang durch die Materie teils absorbiert, teils diffus zerstreut werden; und zwar ist der absorbierte Anteil proportional der Querschnittssumme der Atome der durchstrahlten Materie, der diffus zerstreute Anteil proportional 1. dem von den Atomen wirklich eingenommenen Raum, 2. der Anzahl der an ihnen haftenden Elektronen.

Im Gegensatz zu Schmidt stehen Beobachtungen von WILSON, nach denen die Absorption homogener  $\beta$ -Strahlen nicht nach einem Exponentialgesetz erfolgt; dieses gelte nur bei inhomogenen Strahlen<sup>6)</sup>. Die Verringerung der Geschwindigkeit der  $\beta$ -Strahlen beim Durchgang durch die Materie glaubte er auch zu beobachten. In einer Kritik der Wilsonschen Arbeit halten O. HAHN und L. MEITNER die Geschwindigkeitsänderung nicht für richtig, während das Exponentialgesetz gerade für homogene Strahlen zutrefte<sup>7)</sup>. Die Entscheidung dürfte weiteren Untersuchungen vorbehalten sein.

Für die Absorption der  $\gamma$ -Strahlung des Radiums durch Blei hatte Rutherford eine nahezu exponentielle Abnahme mit wachsender Schichtdicke gefunden. Dabei waren aber nur Bleischichten von geringer Dicke benutzt worden. Y. TUOMIKOWSKI prüfte die Gültigkeit des Exponentialgesetzes für eine Strahlung, die bereits größere Bleischichten durchdrungen hat<sup>8)</sup>. Es dienten als Strahlenquelle Radiumemanation innerhalb eines Glasrohrs, zur Absorption Bleiplatten von 2 bis 3 mm Dicke, zur Strahlungsmessung ein Goldblattelektroskop. Die Strahlung, welche Bleischichten von 0,3 bis 19 cm passierte, nahm von 1,5 bis 12 cm Blei nahezu exponentiell ab; der Absorptionskoeffizient war gleich 0,52 bis 0,50/cm. Bei Bleischichten von 12 cm und 15,7 cm zeigte die Absorptionskurve zwei Wendepunkte mit den Koeffizienten 0,37 bzw. 0,25/cm.

Nach MADSEN scheinen die  $\gamma$ -Strahlen des Radiums und möglicherweise auch die des Thors aus zwei verschiedenen homogenen Bündeln zu bestehen, bei denen die Größe  $\lambda/D$  (Absorptionskoeffizient durch Dichte) für die weichen Strahlen nahezu viermal so groß ist als für die harten Strahlen<sup>9)</sup>. Für jedes Strahlenbündel ist  $\lambda/D$  konstant und praktisch unabhängig von der Natur des absorbierenden Materials. Für die sekundären  $\gamma$ -Strahlen

fand MADSEN ähnliche Verhältnisse wie für die  $\beta$ -Strahlen. Sie bilden sich durch Zerstreung der Primärstrahlen und sind in Bezug auf Härte und Intensität abhängig von der Substanz des Radiators und der Strahlungsrichtung. KLEEMAN machte die gleiche Beobachtung<sup>10)</sup>. Derselbe untersuchte ferner die von den  $\gamma$ -Strahlen in verschiedenen Gasen erzeugte Ionisierung und fand, daß diese bei Gasen, deren Moleküle aus H-, C-, N-, O-, Cl-Atomen zusammengesetzt sind, für primäre und sekundäre Strahlen gleich groß ist, während für Gase mit Atomen von höherem Atomgewicht die von sekundären  $\gamma$ -Strahlen erzeugte Ionisation größer ist; bei  $C_2H_5I$  ist sie z. B. dreimal so groß als die Ionisation durch primäre Strahlen.

Die  $\gamma$ -Strahlen des Urans waren schon früher durch ihre außerordentlich geringe Stärke und ihr geringes Durchdringungsvermögen aufgefallen. EVE fand, daß Uran nur etwa  $1/10$  so viel  $\gamma$ -Strahlen aussendet wie Thorium, wenn die Untersuchung durch eine Bleischicht von 0,64 cm hindurch erfolgt; dagegen sendet Uran sechsmal mehr  $\beta$ -Strahlen aus. Weitere Untersuchungen von SOBBY und RUSSELL ergaben, daß die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Urans von dem *Ur-X* ausgehen, das andererseits keine  $\alpha$ -Strahlen aussendet<sup>11)</sup>. Die  $\gamma$ -Strahlen klingen ebenso schnell ab wie die  $\beta$ -Strahlen, nämlich in 22 Tagen auf die Hälfte. Verglich man die  $\gamma$ -Strahlung des Urans mit der des Radiumbromids nach dem Durchgange durch eine 2,5 cm dicke Bleischicht, so zeigte sich das *Ur-X* mit 0,053 mg Radiumbromid gleichwertig. Absorptionsmessungen in 14 Substanzen zeigten, daß die  $\gamma$ -Strahlen des Urans ungefähr  $2\frac{1}{2}$  mal so stark absorbiert werden als die des Radiums. Das Verhältnis  $\lambda/D$  ist für die  $\gamma$ -Strahlen des Urans ungefähr 0,055 gegenüber 0,021 für die  $\gamma$ -Strahlen des Radiums für Schichtdicken von mehr als 2,8 cm Blei. Bei Schichtdicken von mehr als 5 cm Blei und entsprechend dicken Schichten anderer Metalle scheint sich  $\lambda$  zu ändern und sehr viel kleiner zu werden, was auf das Vorhandensein einer noch durchdringenderen Strahlung hindeutet.

Die Erscheinungen des Rückstoßes, den ein radioaktives Atom nach Aussendung von  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlen erleidet (d. Zeitschr. XXII 188), wurde von S. RUSS und W. MAKOWER

<sup>6)</sup> Proc. Roy. Soc. **82**, 612 (1909).

<sup>7)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 948 (1909).

<sup>8)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 372 (1909).

<sup>9)</sup> Phil. Mag. **17**, 423 (1909).

<sup>10)</sup> Proc. Royal Soc. **82**, 358; Beibl. **33**, 1414 (1909).

<sup>11)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 249 (1909); Phil. Mag. **18**, 620 (1909).

weiter verfolgt<sup>12)</sup>. Wenn die Radiumemanation unter Aussendung von  $\alpha$ -Strahlen sich in Radium *A* umwandelt, so erleidet das *Ra A*-Teilchen einen Rückstoß in entgegengesetzter Richtung wie das  $\alpha$ -Teilchen. Die Energie des Rückstoßes ist aber gering, so daß das *A*-Teilchen in Luft nur den Bruchteil eines Millimeters durchläuft. Im Vakuum aber wird diese Strecke viel größer. Da bei der Bildung von *Ra B* auch  $\alpha$ -Teilchen ausgesandt werden, so werden sich auch hier Rückstoßäußerungen zeigen. Die Verfasser brachten ein die Emanation enthaltendes Glasrohr in flüssige Luft, so daß die Emanation auf dem Boden der Röhre kondensiert wurde; hierauf wurde die Röhre evakuiert. Eine am oberen Ende der Röhre aufgehängte Messingscheibe zeigte dann nach einiger Zeit einen aktiven Niederschlag, der sowohl aus *Ra A* als aus *Ra B* bestand. Diese Teilchen waren also durch Rückstoß der in der Emanation gebildeten  $\alpha$ -Teilchen auf die Scheibe gestrahlt. Versuche in Luft und Wasserstoff ergaben diese Strahlung als eine Exponentialfunktion des Gasdrucks. Wurde der so aktivierten Scheibe nach einiger Zeit — als das darauf befindliche *Ra A* abgeklungen, das *Ra B* aber noch vorhanden war — im Vakuum eine zweite Scheibe gegenübergestellt, so zeigte diese auch eine Aktivität, die auf *Ra C* zurückzuführen war. Da *Ra B* nur  $\beta$ -Teilchen aussendet, so muß die *Ra C*-Strahlung von dem Rückstoße herrühren, den die Atome erleiden, wenn  $\beta$ -Teilchen ausgesandt werden. Diese durch Rückstoß erhaltene Umwandlung von *Ra B* in *Ra C* wurde von den Verfassern noch weiterhin eingehend untersucht<sup>13)</sup>. Das ausgestoßene *Ra C* kann dabei auch merkliche Strecken in Luft zurücklegen, und es gelang auch, seine Absorption in Luft zu messen. Eine Ladung des *Ra C*-Atoms konnte nicht nachgewiesen werden.

2. Besondere Wirkungen der Strahlen. An radioaktiven Körpern von prismatischer Form bemerkte H. GREINACHER eine eigenartige Strahlenverteilung<sup>14)</sup>. Ein auf eine photographische Platte gestelltes Prisma von metallischem Uran ergab vor den Flächen stärkere Schwärzung als vor den Ecken. Prismen aus Uranoxyd und Gips oder aus Gips und Balmainscher Leuchtfarbe zeigen die Wirkung eben-

falls. Bei letzteren ist diese rein optisch und auf totale Reflexion der aus dem Innern kommenden, nach den Ecken gelangenden Strahlen zurückzuführen. Bei den radioaktiven Prismen bringen  $\beta$ -Strahlen die Wirkung hervor, da dieselbe auch bei Ablendung der  $\alpha$ -Strahlen bestehen bleibt. Hiernach müßte auch eine Art innerer totaler Reflexion der  $\beta$ -Strahlen stattfinden. H. W. SCHMIDT, der die Versuche mit Erfolg wiederholte, gelangte zu einer ähnlichen Auffassung der Erscheinung, indem er dabei noch das Lambert'sche Gesetz in Rechnung zog<sup>15)</sup>. Nach diesem Gesetz ist die von einem diffus zerstreuen Körper kommende Strahlung senkrecht zur Oberfläche am stärksten und nimmt nach der Seite hin proportional dem Kosinus des Winkels ab. GREINACHER versuchte die Erscheinung auf Grund dieses Gesetzes mathematisch darzustellen; doch decken sich die Ergebnisse seiner Rechnung nicht ganz mit den Beobachtungen.

Einen Einfluß des Radiums auf die Geschwindigkeit der Kristallisation bemerkte L. FRISCHAUER<sup>16)</sup>. Er beobachtete unter dem Mikroskop die Erstarrung geschmolzener Schwefeltröpfchen, von denen ein Teil den Strahlen von 25 mg Radiumbromid ausgesetzt, ein anderer Teil durch Blei abgeschirmt war. Die Tröpfchen hatten einen Durchmesser von 54 bis 90  $\mu$ , ihre Zahl betrug im Mittel 65 auf 1 qmm. Schon nach drei Stunden war eine Zunahme der Kristallisationszentren in der bestrahlten Hälfte zu bemerken. Nach ein bis zwei Tagen hatte deren Zahl das Doppelte von der der bedeckten Hälfte erreicht; nach 25 Tagen war sie fast fünfmal so groß. Ähnliche Beobachtungen wurden mit der Emanation gemacht. Dagegen zeigten Röntgenstrahlen keine ähnliche Wirkung. Daraus dürfte hervorgehen, daß die  $\gamma$ -Strahlen des Radiums bei der Kristallisation ohne Einfluß sind. Da der Verfasser auch die  $\alpha$ -Strahlen wegen ihrer Absorbierbarkeit nicht als Träger der Wirkung ansehen will, so müßte diese allein den  $\beta$ -Strahlen des Radiums zugeschrieben werden.

Eine Verwandlung der Elemente der Kohlenstoffgruppe in Kohlenstoff unter dem Einfluß der Radiumemanation glauben W. RAMSAY und F. L. USHER beobachtet zu haben<sup>17)</sup>. Die aus einer Lösung von Radiumbromid gewonnene und gerei-

<sup>12)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 361 (1909).

<sup>13)</sup> Phil. Mag. **19**, 100 (1910).

<sup>14)</sup> Phys. Zeitschr. **9**, 385 (1908); **10**, 145 (1909).

<sup>15)</sup> Phys. Zeitschr. **9**, 537 (1908).

<sup>16)</sup> C. R. **148**, 1251; Naturw. Rdsch. **24**, 432 (1909).

<sup>17)</sup> Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. **42**, 2930 (1909).



nigte Emanation wurde in ein leer gepumptes Glaskölbchen eingeführt, das diejenige Lösung enthielt, deren Beeinflussung durch die Emanation geprüft werden sollte. Nach vier Wochen, in denen die Energie der Emanation fast erschöpft war, wurden die Gase abgepumpt und analysiert. Es zeigte sich, daß die Elemente der Kohlenstoffreihe unter Einwirkung der Emanation ohne Ausnahme Kohlenstoffverbindungen ( $\text{CO}_2$  oder  $\text{CO}$ ) liefern; die erzeugten Mengen sind jedoch nicht alle gleich. So lieferte 1 cmm Emanation in einer Lösung von  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  0,518 mg Kohlenstoff, in  $\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$  0,982 mg,  $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4$  1,071,  $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$  2,93,  $\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$  0,102 mg. Die Elemente mit hohem Atomgewicht schienen im allgemeinen leichter spaltbar zu sein als die mit niedrigem Atomgewicht; nur Blei schien besonders stabil zu sein und wenig Tendenz zu haben, sich in Kohlenstoff zu verwandeln.

Die durch Radiumstrahlen bewirkte Änderung der Leitfähigkeit der Dielektrika ist zuerst von Curie beobachtet, dann von Becquerel und Becker näher untersucht worden. Mehrere neuere Arbeiten beschäftigen sich mit der Einwirkung der verschiedenen Strahlenarten auf Dielektrika. JAFFÉ untersuchte in dieser Beziehung dielektrische Flüssigkeiten, wie Petroläther, Tetrachlorkohlenstoff, Schwefelkohlenstoff, Benzol, die zwischen Kondensatorplatten der Einwirkung der durchdringenden  $\gamma$ -Strahlen ausgesetzt wurden<sup>18</sup>). Diese kamen von 20 mg Radiumchlorid, das sich unter dem Kondensator befand; die Strahlen mußten 4 mm Messing und 10 mm Flüssigkeit durchdringen, bevor sie in die Ionisationskammer gelangten, waren also von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen fast ganz befreit. Der zwischen den Platten übergehende Strom wurde in seiner Abhängigkeit von der Strahlungsintensität, vom Elektrodenabstand und vom Potential gemessen. Im allgemeinen ließ sich die Leitfähigkeit als aus drei Komponenten gebildet auffassen: aus den von der Primär- und Sekundärstrahlung herrührenden beiden Ionisationsströmen, die durch hinreichende Feldstärken gesättigt werden können, und aus einem „Leitungsstrom“, der dem Ohmschen Gesetz gehorcht, aber dennoch der durch die Strahlung erzeugten Ionenzahl proportional ist, also mit dem Plattenabstande wächst. Zur Erklärung nimmt der Verf. zweierlei Arten von Elektrizitätsträgern an, 1. leichtbewegliche, die schon von einem Feld von

1000 Volt/cm vollständig aus dem Ionisationsraum entfernt werden, und 2. träge Ionen, die auch bei den höchsten Feldern keine Sättigung ergeben. Die Ionen erster Art ähneln denen in Gasen und werden durch die Strahlung erzeugt („Strahlungsionen“), während die anderen mehr denelektrolytischen Ionen ähnlich sind und von der Flüssigkeit allein gebildet werden („Leitungsionen“).

Andere, auch feste Dielektrika, untersuchte HODGSON in bezug auf ihre Leitfähigkeit durch durchdringende Radiumstrahlen<sup>19</sup>). Es waren Paraffinöl, festes Paraffin, Vaseline, Glas, Ebonit. Auch bei diesen Stoffen zeigte sich die starke Zunahme der Leitfähigkeit durch Bestrahlung; die erhaltenen Kurven sind von ähnlichem Charakter wie die von JAFFÉ.

Waren bei diesen Versuchen im wesentlichen die durchdringenden  $\gamma$ -Strahlen für die Änderung der Leitfähigkeit maßgebend, so zeigte GREINACHER, daß auch  $\alpha$ -Strahlen diese Einwirkung hervorrufen<sup>20</sup>). Bei festen Dielektrics ließ sie sich allerdings nicht gut nachweisen; doch schiebt der Verf. das nicht auf einen Mangel an Ionenbildung, sondern auf eine schnelle Wiedervereinigung der Ionen infolge ihrer äußerst geringen Beweglichkeit. Dielektrische Flüssigkeiten aber wie Paraffinöl und Petroläther zeigten unter Einwirkung der  $\alpha$ -Strahlen eine Erhöhung ihrer Leitfähigkeit. Das strahlende Präparat bestand aus Polonium; die Strahlen gelangten durch ein Aluminiumfenster in den Ionisierungsraum. Die Erhöhung der Leitfähigkeit war unabhängig von der Stromrichtung. Der Strom wuchs zuerst schneller als die Spannung, bei höheren Spannungen langsamer als diese. Mit höheren Spannungen tritt Sättigung der Leitfähigkeitserhöhung ein. Der Effekt nähert sich mit zunehmender Potentialdifferenz nur langsam der vollkommenen Sättigung. Bei Paraffinöl zeigte es sich besonders, daß die Zunahme der Leitfähigkeit erst allmählich eintrat und nach Aufhören der Bestrahlung bei schwachen Feldern auch allmählich aufhörte. In starken Feldern und bei Petroläther wurde dagegen ein rasches Verschwinden des Effekts beobachtet. Eine Vergleichsbestimmung der Ionisierungseffekte in Flüssigkeiten und in Luft ergab, daß ein  $\alpha$ -Teilchen bei vollkommener Absorption in Petroläther etwa 2000 mal, in Paraffinöl etwa 1000 mal weniger Ionen erzeugt als in Luft.

<sup>18</sup>) Ann. d. Physik 25, 257 (1908).

<sup>19</sup>) Phil. Mag. 18, 252 (1909).

<sup>20</sup>) Phys. Zeitschr. 10, 936 (1909).

Eine Einwirkung der  $\alpha$ -Strahlen auf Glas beobachtete RUTHERFORD<sup>21)</sup>. Er hatte eine größere Menge gereinigter Radiumemanation längere Zeit hindurch in einer zugeschmolzenen Kapillarröhre von Sodaglas aufbewahrt; der größere Teil der Emanation war hierbei transformiert. Unter dem Mikroskop beobachtete man nun längs dem Kapillarraum im Glase eine rötlich gefärbte Zone, die gegen den ungefärbten Teil des Glases scharf abgegrenzt war. Die Tiefe des gefärbten Raumes wurde zu 0,039 mm gemessen. Berechnet man nun aus der Bragg'schen Annahme, daß die  $\alpha$ -Teilchen aufhaltende Kraft eines Atoms der Quadratwurzel aus dem Atomgewicht proportional ist, jene Größe für das Glas von bekannter Zusammensetzung, so erhält man eine Reichweite für  $\alpha$ -Teilchen im Glase gleich 0,041 mm. Die Übereinstimmung beider Zahlen zeigt, daß die Färbung des Glases den  $\alpha$ -Teilchen zugeschrieben werden muß.

Der violettrosa gefärbte, unter dem Einfluß von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen fluoreszierende Kunzit nimmt nach ST. MEYER durch Bestrahlung mit einem starken Radiumpräparat nach wenigen Tagen eine grüne Färbung an<sup>22)</sup>. Durch Einwirkung violetten oder ultravioletten Lichts wird die ursprüngliche Färbung wiederhergestellt.

Nach Versuchen von O. FLASCHNER zeigen  $\beta$ -Strahlen bei manchen chemischen Reaktionen eine ähnliche Wirkung wie Lichtstrahlen<sup>23)</sup>. So z. B. änderte sich das Potential einer  $AgBr/KBr$ -Elektrode unter Einwirkung der  $\beta$ -Strahlen in derselben Weise wie durch die Wirkung des Lichtes. Ebenso ließen sich noch andere photochemische Reaktionen nachweisen. Bei der chemischen Einwirkung der  $\beta$ -Strahlen des Radiums auf Wasser wird, wie M. KERNBAUM zeigt, kein Sauerstoff, sondern nur Wasserstoff und Wasserstoffsperoxyd gebildet<sup>24)</sup>. Die hierbei verbrauchte Energie beträgt höchstens  $\frac{1}{10000}$  der gesamten vom Radium abgegebenen Energie.

3. Radioaktive Stoffe. Zur Bestimmung des Kondensationspunktes der Emanation preßte RUTHERFORD die aus 100 mg gewonnene reine Emanation in eine feine Glaskapillare, die in ein auf beliebig tiefe Temperaturen abgekühltes Pentanbad

tauchte<sup>25)</sup>. Der Beginn der Kondensation machte sich durch das Erscheinen eines glänzenden Punktes von Phosphoreszenzlicht innerhalb der Kapillare bemerkbar. Die Temperatur der beginnenden Kondensation unter Atmosphärendruck wurde zu  $-65^{\circ}C = 208^{\circ}$  abs. bestimmt. In der Reihe der Siedepunkte der trägen Gase Argon, Krypton, Xenon, Emanation, die bzw.  $86,9^{\circ}$ ,  $121,3^{\circ}$ ,  $163,9^{\circ}$ ,  $208^{\circ}$  abs. sind, steht der Siedepunkt des Kryptons etwa in der Mitte zwischen dem des Argons und Xenons, der des Xenons ebenso zwischen Krypton und Emanation. Das Atomgewicht der Emanation nimmt RUTHERFORD = 222, die Dichte der flüssigen Emanation beim Siedepunkt schätzt er auf 5.

Verschiedenheiten im Abklingen der Radiumemanation wurden von RUTHERFORD und TUOMIKOWSKI beobachtet<sup>26)</sup>. Große Mengen Emanation wurden in zugeschmolzene Röhren eingeschlossen und das Schwinden der Aktivität an den  $\gamma$ -Strahlen mit einem bleiumhüllten Elektroskop gemessen. Die Abklingungsgeschwindigkeit zeigte sich als abhängig von der vorherigen Behandlung der Emanation. So stieg die Halbwertskonstante bei einer Emanationsprobe von 3,58 Tagen in den ersten 5 Tagen bis auf 3,85 Tage nach 20 bis 40 Tagen. Ein anderes Präparat ergab eine Periode von 4,4 Tagen. Es wurde beobachtet, daß Emanationsproben, die am schnellsten abklingen, leichter vom Wasser absorbiert und in flüssiger Luft kondensiert werden als die langsamer verschwindenden Proben. Die Emanation scheint hiernach keine homogene chemische Substanz zu sein; ihre Atome scheinen vor dem Zerfall eine progressive Änderung ihrer Eigenschaften zu erleiden.

Den Diffusionskoeffizienten der Radiumemanation in Luft und anderen Gasen bestimmte L. CHAUMONT in der Weise, daß er die Geschwindigkeit maß, mit der die Emanation durch eine lange enge Röhre in einen mit dem Gase gefüllten Ballon diffundiert<sup>27)</sup>. Das Gesetz, daß der Diffusionskoeffizient proportional der Quadratwurzel aus dem Molekulargewicht ist, wurde bestätigt bei  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $CS_2$ , nicht bei Äther.

Die Verflüchtigungstemperatur verschiedener Zersetzungsprodukte

<sup>21)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 775 (1909).

<sup>22)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 483 (1909).

<sup>23)</sup> J. Chem. Soc. **95**, 327; Beibl. **33**, 1416 (1909).

<sup>24)</sup> C. R. **149**, 116 (1909); Beibl. **33**, 1416.

<sup>25)</sup> Phil. Mag. **17**, 723 (1909).

<sup>26)</sup> Mem. and Proc. of the Manchester Literary and Philos. Soc. **53**, Nr. 12; Naturw. Rdsch. **24**, 461 (1909).

<sup>27)</sup> Le Radium **6**, 106; Beibl. **33**, 1232 (1909).



des Radiums bestimmte W. MAKOWER<sup>28)</sup>. Ein Nickelstab wurde in einer zu erhaltenden Eisenröhre der Emanation ausgesetzt und erhielt dabei zunächst die Aktivität des rasch abklingenden *Ra A*. Besitzt die Eisenröhre die Verflüchtigungstemperatur des *Ra A*, so kann sich dieses am Stabe nicht mehr absetzen, der dann also auch keine Aktivität zeigt. Die Messungen ergaben, daß das *Ra A* bei 800° zu verdampfen beginnt und bei 900° vollständig verflüchtigt ist. Um die Verflüchtigungstemperatur von *Ra C* zu bestimmen, wurden Platten von Platin, Nickel oder Quarz mehrere Stunden lang der Radiumemanation ausgesetzt und in einem elektrischen Ofen, nachdem *Ra A* und *B* bereits verflüchtigt waren, in bezug auf das sie dann bedeckende *Ra C* untersucht. Dieses begann sich zwischen 700 und 800° zu verflüchtigen und war auf den Metallflächen bei 1200°, auf den Quarzflächen erst bei über 1300° verflüchtigt.

Eine direkte Bildung von Radium aus Uran konnte bisher nicht festgestellt werden. Dagegen gelang es SODDY in sorgfältig gereinigten Uranyl-nitratlösungen die allmähliche Bildung von Radium zu beobachten<sup>29)</sup>. Eine derartige Lösung enthielt 255 g Uran als Element und war 3,53 Jahre alt; sie enthielt  $4 \cdot 10^{-11}$  g Radium, doppelt so viel, als anfangs beobachtet wurde. Weitere Messungen ergaben, daß die Radiumproduktion proportional dem Quadrate der Zeit fortschritt. Dieses Gesetz hatte Rutherford bereits theoretisch aus der Annahme abgeleitet, daß in der Reihe Uran-Radium nur eine Übergangssubstanz von sehr langer Lebensdauer vorhanden sei. SODDY berechnet diese Lebensdauer zu 10000, nach einer anderen Messung zu 18500 Jahren<sup>30)</sup>. Weitere Überlegungen führen ihn dazu, zwischen Uran X und dem unmittelbaren Vater des Radiums noch ein Zwischenprodukt von der Periode etwa eines Jahres anzunehmen.

Das letzte radioaktive Produkt der Uranreihe ist das *Ra F*, das mit dem Polonium der Frau Curie und dem Radiotellur Marckwalds identisch ist. Es zerfällt in 140 Tagen zur Hälfte und sendet dabei nur  $\alpha$ -Strahlen aus. Aus einer Betrachtung RUTHERFORDS entnehmen wir, daß, weil Radium erst in 5000 mal so langer

Zeit zur Hälfte transformiert wird, die in einem Mineral enthaltene Poloniummenge nur  $\frac{1}{5000}$  der Radiummenge betragen, seine Aktivität aber 5000 mal so groß sein wird<sup>31)</sup>. Frau CURIE und A. DEBIERNE gelang es, aus einigen Tonnen Pechblende den berechneten Betrag an Polonium darzustellen<sup>32)</sup>. Die Pechblende wurde mit warmer Salzsäure behandelt und ergab zunächst 200 g eines Stoffes von der Aktivität 3500 (auf Uran bezogen), der aber noch stark verunreinigt war. Nach fortgesetzter Reinigung und Konzentration blieben etwa 0,1 mg Polonium auf 2 t guter Pechblende, was mit dem von den Verff. berechneten Werte übereinstimmte. Die spektralanalytische Untersuchung zeigte außer einer Anzahl bekannter Metalllinien vier Linien, die wahrscheinlich dem Polonium angehören. Das Spektrum des Bleis war nur schwach vorhanden. Die Poloniumlösung entwickelte unaufhörlich Gas, was auf eine Zersetzung des Wassers durch die  $\alpha$ -Strahlen zurückzuführen ist. Auch Ozonbildung war in der Nähe des Präparats zu beobachten. Der Gasrückstand war reines Helium, von dem sich in 100 Tagen 1,3 cmm entwickelte (nach der Theorie 1,6 cmm). Die direkte Bildung des Heliums aus Polonium haben auch RUTHERFORD und BOLTWOOD beobachtet<sup>33)</sup>.

Der Zerfall des Poloniums in Helium und Blei läßt sich nach RUTHERFORD aus der Betrachtung der Atomgewichte folgern. Da bei der fortlaufenden Zersetzung der Uran-Radiumprodukte bis zur Entstehung des *Ra F* nacheinander 7  $\alpha$ -Teilchen ausgestoßen werden, von denen jedes 1 Heliumatom vom Atomgewicht 4 darstellt, so müßte das Atomgewicht des Poloniums  $7 \cdot 4 = 28$  Einheiten weniger als das des Urans (238,5) enthalten, also gleich 210,5 sein. Nach dem Verlust eines weiteren  $\alpha$ -Teilchens bliebe ein Atomgewicht 206,5, ein Wert, der dem Atomgewicht des Bleis (207) sehr nahe steht.

Daß das Blei als Endprodukt der Uranreihe anzusehen ist, hatte BOLTWOOD daraus geschlossen, daß das Verhältnis des Bleis zum Uran in gleichaltrigen Uranmineralen stets dasselbe war, während es mit dem Alter des Minerals zunahm. Die bisher in dieser Hinsicht geprüften Minerale enthielten aber noch Beimengungen anderer Stoffe, und man konnte einwenden, daß das Blei zu diesen gehörte. Daher untersuchte

<sup>28)</sup> Mem. and Proc. of the Manchester Lit. and Phil. Soc. **53**, Nr. 7, Naturw. Rdsch. **24**, 480 (1909).

<sup>29)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 396 (1909).

<sup>30)</sup> Phil. Mag. **18**, 846 (1909).

<sup>31)</sup> Nature **82**, 491 (1910).

<sup>32)</sup> C. R. **150**, 386 (1910).

<sup>33)</sup> Manchester Lit. and Phil. Soc. 30. Nov. 1909.

J. A. GRAY drei Mineralproben, die frei von Verunreinigungen sind: den Autunit aus Portugal (der 50 Proz. Uran enthält), einen Autunit unbekannter Herkunft und den Tobernit von Cornwall<sup>34</sup>). Das erste ist ein Doppelfosphat von Calcium, das zweite von Kupfer und Uran. Die Substanzen wurden im Bogenlicht verflüchtigt, wobei Calciumchlorid als Flußmittel diente. Das Spektrum wurde mit dem Spektrum reinen Uranoxyds verglichen; zur Feststellung der Wellenlänge diente ein Eisenspektrum. Außer den stets vorhandenen Eisenlinien und den Linien des mit Calcium meist verbundenen Baryums und Strontiums wurden nur die Linien des Bleis beobachtet. Nach der in dem ersten Autunit geschätzten Bleimenge (0,0001 g für 1 g Uran) und der aus der Lebensdauer des Radiums berechneten Zeitdauer der Bleibildung ( $9 \cdot 10^{-3}$  g Blei für 1 g Uran) folgerte GRAY das Alter des Minerals zu etwa 1 Million Jahre.

Eine direkte Schätzung des Minimalalters des Thorianits versuchte SPRUTT<sup>35</sup>). Er bestimmte einerseits die gesamte, in einer Thorianitprobe aufgespeicherte Heliummenge, andererseits die Geschwindigkeit, mit der das Helium in demselben Material jetzt entsteht. Das Thorianit enthielt 9 ccm Helium per Gramm; es wurde dann gelöst und durch Kochen alles Helium entfernt. Nach 7 Wochen wurde das Volumen des neugebildeten Heliums bestimmt; daraus ergab sich die Bildungsgeschwindigkeit des Heliums pro Gramm und Jahr als unter  $3,7 \cdot 10^{-8}$  ccm. Zur Aufspeicherung der 9 ccm waren hiernach mindestens 240 Millionen Jahre nötig.

Ein besonderes Kriterium für die Art einer radioaktiven Substanz erhält man in der Menge der von ihr entwickelten Wärme. So bestimmte H. POOLE die Wärmeentwicklung in dem Urgestein des Radiums, der Pechblende, und fand pro Gramm und Stunde doppelt soviel Wärmemengen, als nach dem Radiumgehalt zu erwarten war<sup>36</sup>). Nach PEGRAM und WEBB werden von 1 g Thorium im radioaktiven Gleichgewicht  $238 \cdot 10^{-5}$  kl. Kalorien entwickelt. Hieraus berechnete BLANC für die in römischer Gartenerde und verschiedenen Graniten enthaltenen Thormengen eine Wärmeentwicklung von  $1,01 \cdot 10^{-9}$  kl. Kal., auch etwa doppelt soviel als die vom Radium und seinen Produkten erzeugte

Wärme<sup>37</sup>). W. DOUANE fand für das Radiothorium, das dritte Zerfallsprodukt des Thoriums (d. Zeitschr. XXI, 255), eine Wärmeentwicklung, die von derselben Größenordnung war wie die vom Radium entwickelte Wärme<sup>38</sup>). In welcher Beziehung die von den verschiedenen Forschern gefundenen Ergebnisse zueinander stehen, läßt sich aus den gemachten Angaben nicht ersehen.

Die Bedeutung des Thoriums in gewissen Teilen der Erdrinde geht auch daraus hervor, daß in den von BLANC untersuchten Gesteinen die Intensität der emittierten  $\gamma$ -Strahlen 5,7 mal so groß war als die Intensität der vom Radium in den vulkanischen Gesteinen emittierten Strahlung. Auch JOLY fand, daß von 25 Gestein- und Wasserproben aus den verschiedensten Gegenden alle mit nur drei Ausnahmen Thorium enthielten, die festen Stoffe etwa  $10^{-5}$  pro g, das Seewasser  $10^{-8}$  g ro ccm<sup>39</sup>).

Weitere Untersuchungen über die Radioaktivität der Alkalimetalle durch CAMPBELL ergaben — im Gegensatz zu früheren Beobachtungen — eine erhebliche Aktivität des Rubidiums<sup>40</sup>). Zu den Versuchen diente Rubidiumsulfat. Die dem Rubidium eigene Aktivität erwies sich sogar als mindestens siebenmal so groß als die des Kaliums; aber die Durchdringungsfähigkeit der Rubidiumstrahlen ist viel geringer als die der Kaliumstrahlen. Die Aktivitäten der beiden Elemente dürften daher nicht einem gemeinsamen Bestandteil zugeschrieben werden. Bestätigt wurde die Aktivität des Rubidiums von W. STRONG, der auch das Erbium radioaktiv wirksam fand<sup>41</sup>). Der Verf. untersuchte in eingehendster Weise eine große Anzahl von Metallsalzen in bezug auf ihre Wirkung auf eine photographische Platte und fand, daß die meisten Kaliumsalze und alle Erbium- und Rubidiumverbindungen diese Wirkung ausübten, während nicht ein einziges von den anderen Salzen auch nur die geringsten Andeutungen von Radioaktivität zeigte. Wiederholte chemische Reaktionen, die E. HENRIOT und G. VARON mit Kaliumsalzen vornahm, führten zu keiner Absonderung

<sup>37</sup>) Rendic. R. Acc. dei Lincei 18, 289; Naturw. Rdsch. 24, 364 (1909).

<sup>38</sup>) C. R. 148, 1448; Naturw. Rdsch. 24, 456 (1909).

<sup>39</sup>) Phil. Mag. 17, 760; 18, 140 (1909).

<sup>40</sup>) Proc. of the Cambridge Phil. Soc. 15, 11; Naturw. Rdsch. 24, 336 (1909).

<sup>41</sup>) Amer. Chem. Journal 42, 147; Naturw. Rdsch. 24, 544 (1909).

<sup>34</sup>) Phil. Mag. 18, 816 (1909).

<sup>35</sup>) Nature 80, 308; Beibl. 33, 1410 (1909).

<sup>36</sup>) Brit. Assoc. Rep. Dublin 1908, S. 635; Beibl. 33, 1234 (1909).



eines besonderen radioaktiven Stoffes<sup>42)</sup>. Die Aktivität ist hiernach eine Eigenschaft der Substanzen selbst. Die von ihnen ausgehenden Strahlen ließen sich aus dem Sinne der magnetischen Ablenkung als  $\beta$ -Strahlen nachweisen.

4. Radioaktivität der Luft- und Wasserhülle der Erde. Die in der Atmosphäre vorhandene  $\gamma$ -Strahlung wurde von TH. WULF an verschiedenen Orten der Rheinprovinz, Hollands und Belgiens untersucht<sup>43)</sup>. Es zeigte sich, daß die tägliche Periode der durchdringenden Strahlung im allgemeinen dem täglichen Verlauf des Luftpotentials folgt. Die im Herbst angestellten Beobachtungen zeigten für das Potentialgefälle den Übergang vom sommerlichen zum winterlichen Typus, indem die Mittagsdepression immer geringer wurde. Dementsprechend verschwand mit fortschreitender Jahreszeit auch die Mittagsdepression der durchdringenden Strahlung immer mehr, um im Dezember ganz aufzuhören. Konnte man hiernach zunächst auf einen wesentlichen Einfluß der in der Atmosphäre selbst erzeugten Strahlung schließen, so zeigten weitere Versuche des Verf., daß die Hauptquelle der  $\gamma$ -Strahlung in den obersten Schichten des Bodens (bis etwa 1 m unter der Oberfläche) gesucht werden muß. Die Strahlung war demzufolge auch verschieden groß je nach der Bodenart, über der die Messung vorgenommen wurde, so z. B. über Kreide sehr viel geringer als über Ackererde. Schon geringe Ortsunterschiede wiesen unter Umständen bedeutende Unterschiede in der Strahlung auf. Auf Seen war die (vom Wasser leicht absorbierbare) Strahlung sehr gering. Die zeitlichen Schwankungen in der  $\gamma$ -Strahlung in verschiedenen Jahreszeiten und bei verändertem Luftdruck müssen hier nach dadurch erklärt werden, daß die emanationsreicheren Luftmassen innerhalb der Erde durch die Schwankungen des Luftdrucks in größere oder geringere Tiefen verschoben werden. Bestätigt wird diese Ansicht durch Versuche von GÖCKEL, der nachwies, daß die tägliche Periode der durchdringenden Strahlung denselben Verlauf hat wie die Ansammlung der Emanation in den obersten Bodenschichten<sup>44)</sup>. Die Übereinstimmung der täglichen Periode der Strahlung mit der des

Potentialgefälles wäre dann eine nur indirekte, insofern beide Faktoren von den Schwankungen des Luftdrucks und der Sonnenstrahlung abhängig sind. Von diesen beiden hängt eben die Menge der aus dem Boden entweichenden Emanation, damit also die Ionisierung der Luft und die Strahlung ab. Derselben Annahme entsprechen die Ergebnisse einer genauen Registrierung der dem Boden entquellenden Emanationsmengen durch EBERT in München<sup>45)</sup>. Aus den von ihm auf photographischem Wege erhaltenen Elektrometerkurven, die mit den gleichzeitigen Luftdruck- und Temperaturkurven zusammengestellt sind, läßt sich eine deutliche tägliche und vielleicht auch jährliche Periode der dem Boden entsteigenden Emanationsmengen sowie deren Abhängigkeit von Druck- und Temperaturverhältnissen erkennen.

Der Radiumgehalt des Seewassers ist in den letzten Jahren mehrfach untersucht worden, doch mit sehr verschiedenen Ergebnissen. So fand STRUTT  $7,5 \cdot 10^{-14}$  g Radium in 1 g Seesalz; das wäre gleich  $2,3 \cdot 10^{-12}$  g Radium in 1 kg Seewasser. EVE hatte im Wasser aus der Mitte des Atlantischen Ozeans 0,3 und  $0,6 \cdot 10^{-12}$  g, JOLY in Wasserproben in der Nähe des Landes in verschiedenen Meeren Werte zwischen 8 und 40 (im Mittel  $16 \cdot 10^{-12}$  g Radium pro kg Wasser gefunden. Andere Versuche, die EVE auf einer Fahrt von Liverpool nach Montreal anstellte, ergaben im Mittel  $0,94 \cdot 10^{-12}$  g, also nur  $\frac{1}{17}$  des JOLYschen Ergebnisses<sup>46)</sup>. Nach den Versuchen beider Forscher ist das Meerwasser etwa viermal so aktiv als das Flußwasser. Der große Unterschied zwischen den Beobachtungen von JOLY und EVE ist daher wohl zum Teil auf die verschiedene Beschaffenheit der Wasser zurückzuführen. Wichtige Messungen mit 12 Proben atlantischen Wassers führte W. KNOCHE auf einer Reise nach Südamerika aus<sup>47)</sup>. Je 1 l Wasser wurde mit Luft in einem geschlossenen Gefäß geschüttelt; der gleich darauf gemessene Spannungsverlust der Luft betrug im Mittel pro Stunde 13,9 Volt oder 0,00012 elektrostatische = 0,12 Machesche Einheiten. JOLY berechnet hieraus eine Radiummenge von  $17 \cdot 10^{-12}$  g pro Liter Seewasser<sup>48)</sup>. Auch KNOCHES Beobachtungen zeigen große Verschiedenheiten: Maxima nahe dem Äquator (bei ca.  $4^{\circ}$  n. u. s. Br.), Minima zwischen  $12^{\circ}$

<sup>42)</sup> C. R. **149**, 30; Beibl. **33**, 1409 (1909).

<sup>43)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 152, 997 (1909).

<sup>44)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **11**, 508 (1909).

<sup>45)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 346 (1909).

<sup>46)</sup> Phil. Mag. **18**, 102 (1909).

<sup>47)</sup> Phys. Zeitschr. **10**, 157 (1909).

<sup>48)</sup> Phil. Mag. **18**, 396 (1909).

und 30° s. Br. Letztere würden mit einem Minimum, das JOLY bei 17° s. Br. fand, übereinstimmen. Da die Aktivität der Luft über dem Meere nur gering ist, so dürfte der größte Teil der im Seewasser gefundenen Emanation aus dem Wasser selbst bzw. aus den Sedimenten des Meeresbodens stammen. Nimmt man für diese die mittlere Aktivität des Globigerinenschlammes, so wären im Laufe geologischer Zeiträume nach JOLY etwa  $10^6$  Tonnen Radium von dem Ozean ausgesondert. Derselbe Verf. weist auch auf die Möglichkeit hin, daß kleine Organismen des Planktons radioaktive Stoffe aus dem Wasser an sich ziehen, und daß hierauf vielleicht auch die großen Verschiedenheiten im Radiumgehalt des Meerwassers zurückzuführen seien.

Mit einigen Worten sei hier noch auf die oben angeführte Machesche Einheit ein-

gegangen<sup>49)</sup>. Man mißt den Radiumgehalt einer Wassermenge durch den Sättigungsstrom, den die aus einem Liter Wasser in Luft übergetriebene Emanationsmenge unterhält. Diese Messung wird gewöhnlich elektrostatisch in elektrostatischen Einheiten ausgeführt. Da diese für die Praxis zu groß ist, so hat MACHE in Wien vorgeschlagen, den tausendsten Teil davon als Einheit anzunehmen. Eine Machesche Einheit bezeichnet hiernach einen Strom von  $3,3 \cdot 10^{-13}$  Ampere. Der Emanationsgehalt von Heilquellen wird jetzt oft in Macheschen Einheiten angegeben. So besitzt der Karlsbader Mühlbrunnen etwa 32, das Trinkwasser der Kreuznacher Salinenverwaltung 2000 M. E. Eine sehr schwache aktive Quelle hat 2 M. E.; das Seewasser hat nach Knoche also nur  $\frac{1}{20}$  der Aktivität einer schwachen Quelle. Schk.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Die Fortschritte der Schülerübungsfrage im Jahre 1909.** Die hervorragendste Schrift über die Schülerübungen an den preußischen höhern Schulen ist die Abhandlung von J. NORREBERG über *die naturwissenschaftlichen Schülerübungen an den höheren Lehranstalten Preussens* (Monatsschr. f. höh. Schulen 8, 481; 1909). Ihren erfreulichen Inhalt und ihre hohe Bedeutung hat bereits F. POSKE in dieser Zeitschr. (XXII, 386; 1909) eingehend gewürdigt. Die Unterrichtsverwaltung hat durch die kräftige Förderung der Übungen deren überraschend schnelle Ausbreitung bewirkt und damit trotz der geringen Mittel, die zur Verfügung standen, einen glänzenden Erfolg erzielt.

Einen überaus ermutigenden Einblick in die Einrichtungen eines preußischen Gymnasiums für Schülerübungen gewährt der zu Ostern 1909 erschienene *Jahresbericht des Königl. Kaiserin-Augusta-Gymnasiums zu Charlottenburg*. Er enthält einen sehr lehrreichen Bericht von KARL SCHWARZ über die Einrichtung des physikalischen Schülerlaboratoriums und die bisher angestellten Übungen. Der Arbeitsraum ist mustergültig ausgestattet. Die äußere Einrichtung hat ohne Maurer-, Maler- und Monteurarbeiten 2347,25 M gekostet. Für die Ausstattung mit Apparaten sind 2070 M aufgewandt worden. Die Mittel wurden teils vom Unterrichtsministerium zur Verfügung gestellt, teils der Anstaltskasse entnommen. Es ist zu wünschen, daß der weitere Ausbau diesem trefflichen Anfang entspricht, und daß dieses ausgezeichnete Vorbild andere einsichtige und tatkräftige Direk-

toren und Fachlehrer zur Nacheiferung anspornt.

Zu dem Bericht über die Fortschritte der Schülerübungsfrage im Jahre 1908 ist noch eine wichtige Arbeit nachzutragen, die dort nicht berücksichtigt werden konnte, da sie leider an einem Ort veröffentlicht wurde, wo man solche Abhandlungen nicht sucht. Es ist der Aufsatz von PAUL MILAU (an der Realschule in Kreuznach), *Vorschläge für Einrichtung von Schülerübungen in der Unterstufe realer Lehranstalten*, der im Märzheft des *Pädagog. Archivs* 1908 erschienen ist. Der verdiente Verfasser tritt auf Grund seiner erfolgreichen Unterrichtserfahrung für verbindliche Übungen auf der Unterstufe ein und zeigt mit großem Geschick, wie man während der Übergangszeit die Übungen am besten einrichtet, die erforderlichen Stunden gewinnen und bei sparsamer Wirtschaft die erforderlichen Mittel beschaffen kann. Er hat damit vielen Berufsgenossen einen großen Dienst erwiesen, der rückhaltlose Anerkennung verdient.

Auf der 54. Versammlung der Eastern Association of Physics Teachers zu Boston hielten am 19. Nov. 1909 FREDERICK G. JACKSON von der Dorchester High School, der ein Vierteljahr lang am Andreas-Gymnasium zu Hildesheim tätig war, LYMAN G. SMITH von der High School of Commerce zu Boston, der während eines Jahres als Austauschlehrer der Carnegie-Stiftung erst am Realgymnasium zu Harburg und dann an der Oberrealschule

<sup>49)</sup> Nach Prometheus 21, 65 (1910).



zu Rixdorf wirkte, und J. C. PACKARD von der Brookline High School Vorträge über die deutschen Schulen. JACKSON behandelte mehr das äußere Schulleben und SMITH mehr die innern Einrichtungen der preußischen höhern Schulen mit für uns sehr schmeichelhafter Anerkennung und Hochachtung. JACKSON erwähnte dabei, daß ihm das Zuhören an andern Schulen abgeschlagen worden ist, und bemerkte dazu scherzhaft: „Tatsächlich war es mir leichter, in die Feste Ehrenbreitstein, das Gibraltar des Rheins, zu kommen als in eine öffentliche Schule, doch muß ich gestehen, daß mir das Hinausgehen noch schwerer fiel.“

Smith sagte in seiner Rede: „In den höhern Schulen gibt es Arbeitsräume und Lehrer der Physik und Chemie, die es mit jedem auf der Welt aufnehmen können. Diese Männer haben durch ihre Beharrlichkeit und Betriebsamkeit und durch ihre Geschicklichkeit im Aufstellen von Arbeitsplänen für Übungen und Klassenunterricht sehr wertvolle und praktische Arbeit geleistet. Doch ist hierin das Erziehungswesen selbst ziemlich langsam fortgeschritten. Die Naturwissenschaften sind zwar als Lehrgegenstände eingeführt, doch werden sie nicht sehr unterstützt, und selten wird ausreichende Zeit für Übungen gewährt. Die Anzahl der Schüler, die an den naturwissenschaftlichen Übungen teilnehmen, ist überraschend klein, und daher kommt der naturwissenschaftliche Unterricht nur langsam vorwärts.“ Im Anschluß an ein warmes Lob auf die preußische Schulverwaltung und nach einem Hinweis darauf, daß die Schulen von den *intrigues of local politics* frei gehalten würden, bemerkte er: „*This is due largely to the high character and superior ability of the men composing the central educational authority, but for much of the progress credit is due to the active interest taken in the secondary education by the Emperor himself. He has promoted many reforms, noth the least of which is the recognition of the value of practical laboratory work.*“ Wenn auch für uns die Bewunderung sehr angenehm ist, die der gewaltige Bau unsers Schulwesens bei den amerikanischen Berufsgenossen erregt, so müssen wir doch noch schärfer auf die Kritik J. C. PACKARDS, eines ältern, hochangesehenen amerikanischen Schulmanns hinhören, der ein ebenso warmer wie aufrichtiger Freund der deutschen Schule ist. Dieser getreue Eckhard bemerkte im Anschluß an die Rede von SMITH, „*that one, who wanted to get another picture of German Schools, had only to go to England. There is some question*

*about the efficiency of the German system in developing initiative, leadership, and independence. The product of this wonderful machine is, generally speaking, remarkably accurate in following orders, but is an follower rather than an originator. This cast iron system does not consider enough the individual aptitudes of the students.*“

I. C. PACKARD übermittelte bei Beginn seiner eigenen Rede der Association die Grüße des Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin und bahnte damit eine wertvolle Verbindung zwischen den deutschen und amerikanischen Physiklehrern an. Er besprach dann eingehend und anerkennend die Berliner und Münchener Bestrebungen, den Physikunterricht zu verbessern. Das Berliner Schulwesen sei konservativ, und die Umgestaltung des physikalischen Unterrichts schreite daher zwar langsam, doch nichtsdestoweniger sicher vorwärts. Er hob die Bedeutung der Lehrpläne für Physik an den bayerischen Oberrealschulen hervor und schilderte die Arbeitsräume und die Übungen an der Königl. Luitpold-Kreisoberrealschule zu München. Er ist überzeugt, daß die Deutschen bei ihrem wohlbekannten Hang zur Gründlichkeit auf dem Gebiet der Schülerübungen vieles erreichen werden, und schloß mit den Worten: *America must look to her laurels.* —

Für die bayerischen Realschulen ist von Wert das Büchlein von JOH. KLEIBER, *Zur Einrichtung der physikalischen Schülerübungen auf der Unterstufe, R. Oldenbourg, München 1909.* Es bildet eine Ergänzung zu den bekannten und verbreiteten Lehrbüchern des Verfassers und behandelt die Entwicklung der physikalischen Schülerübungen in Deutschland, den Übungsraum und seine Einrichtung, die Aufgaben, die zum Betrieb notwendigen Apparate und Hilfsmittel und die Handbibliothek. Die in eckige Klammern eingeschlossenen noch nicht ausgeführten Übungen hätten nicht aufgenommen werden sollen, da einige doch zu einem Mißerfolg führen könnten. Das geschickt abgefaßte Büchlein ist dem Senior und unermüdlchen Förderer der physikalischen Schülerübungen in Deutschland, KARL NOACK, gewidmet, dessen vorangestelltes Bild sicher vielen Lesern große Freude bereiten wird.

Über die jetzt wieder aufgegebenen Schülerübungen am Wilhelms-Gymnasium zu Hamburg berichtet EDM. HOPPE in seiner Schrift: *Freiwillige Schülerübungen in Physik, Quelle & Meyer, Leipzig 1909.* Wir erfahren darin, daß bereits SPRATON, KTESIBIUS und

HERO Übungen eingerichtet hatten. Das Praktikum hat „keinen Pfennig“ gekostet. Gleichwohl sind bei keiner andern Schule auf der ganzen Welt so genaue Ergebnisse wie bei diesen Übungen erzielt worden, und die von den Schülern bestimmten Konstanten übertreffen oft in der Stellenzahl die Angaben in KOHLRAUSCHS *Lehrbuch der praktischen Physik*.

Der Jahresbericht des evangelischen Obergymnasiums A. B. zu Beszterce (Bistritz) für 1909 enthält eine wertvolle Arbeit von MICHAEL SALZER über physikalische Schülerübungen. Sie gewährt einen lehrreichen Einblick in die Bestrebungen, diese Übungen in die ungarischen Schulen einzuführen. SALZER beschränkt sich nicht darauf, durch treffliche allgemeine Erörterungen erfolgreich für die Einführung der Übungen zu kämpfen, sondern er zeigt auch, wie er selbst sie an seiner Schule eingerichtet hat. Er gibt genau die behandelten physikalischen Übungen an, aus denen besonders die astronomischen Übungen hervorzuheben sind, ein Gebiet, das seither in Deutschland leider nur wenig behandelt worden ist. Diese anregende Arbeit verdient die sorgfältige Beachtung der Berufsgenossen und besonders derjenigen, die an Gymnasien wirken.

Die aufsehenerregenden neuen französischen Lehrpläne vom 31. Mai 1902 waren für den mathematischen Unterricht durch eine Verfügung vom 27. Juli 1905 abgeändert worden. Diese Verbesserung wirkte notwendig auf den Physikunterricht besonders in der classe de Mathématiques zurück. Die erforderlichen Änderungen wurden durch das Rundschreiben vom 23. März 1906 eingeführt. Ein weiteres Rundschreiben vom 1. Oktober 1906 (*La Revue de l'Enseignement des Sciences* 1, 131; 1907) enthält neben der Anerkennung der Ergebnisse der verbindlichen Schülerübungen sehr beachtenswerte Erörterungen über die schriftlichen physikalischen Aufgaben. Die Aufgaben sollen scharf gefaßt und, damit die Ergebnisse mit der Wirklichkeit übereinstimmen, frei von unwahrscheinlichen oder falschen Angaben sein. Die Angaben sollen vielmehr gut gewählt sein, d. h. der Genauigkeit der Messungen und den Tatsachen entsprechen. Es sei ausgezeichnet, Berichte über gemachte Übungen anfertigen oder aus dem behandelten Lehrstoff Übungsaufgaben ableiten zu lassen, die dann später im Laboratorium ausgeführt werden. Die Aufgaben sollen nicht eine einfache Wiedergabe des erledigten Lehrstoffes verlangen, sondern so gewählt und gefaßt sein, daß sie eine wirk-

liche Bearbeitung einer Frage erfordern. Sie sollen zeigen, daß der Schüler den Stoff verstanden hat und das Gelernte anwenden kann. Sie sollen nicht nur das Einsetzen numerischer Werte in gelernte Formeln, sondern eine wirkliche Untersuchung erfordern. Im Anfang 1909 hat die französische Unterrichtsverwaltung ein Rundschreiben über den naturwissenschaftlichen Unterricht erlassen (*La Revue de l'Enseignement des Sciences* 3, 286; 1909), das die methodischen Erläuterungen der Lehrpläne von 1902 ergänzt und damit auch die Ausführungen von K. T. FISCHER in seinem Aufsatz: *Der naturw. Unterr. bei uns u. im Auslande* (*Abh. z. Didaktik u. Philosophie der Naturw.* 1, 197), und von H. HAHN in seiner Abhandlung: *Die Lehraufgaben d. physik. u. chem. Unterr. an d. höh. Schulen Frankreichs. Beilage zum Jahresber. d. Dorotheenst. Realgymn. 1906*. Das neue Rundschreiben, das sorgfältige Beachtung verdient, zeigt, wie die französische Unterrichtsverwaltung unermüdlich bemüht ist, den naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern. Hervorgehoben sei vor allem die größere Freiheit, die jetzt den französischen Lehrern in den Unterrichtsverfahren und in der Auswahl des Lehrstoffes gewährt wird, und die sicher die Erfolge des Unterrichts und dessen Weiterentwicklung mächtig fördern wird. Hingegen ist es für den Physikunterricht an den französischen höhern Schulen schädlich, daß die Unterrichtsverwaltung die Berücksichtigung des Werdeganges des physikalischen Erkennens in der Schule nicht billigt. Sie schaltet damit auf diesem Lehrgebiet unentbehrliche erziehende Kräfte aus. Die Beachtung der Leistungen von MACH, POSKE u. a. könnte die Verfahren des physikalischen Unterrichts an den französischen Schulen noch wesentlich verbessern.

Der von dem englischen Board of Education herausgegebene *Educational Pamphlet*, Nr. 17 enthält einen *Report on Science Teaching in Public Schools, Represented on the Association of Public School Science Masters*. Diesen Bericht hat O. H. LATTER von Charterhouse verfaßt, er ergänzt jetzt in vielen Punkten das ausgezeichnete Buch von K. T. FISCHER, *Der naturw. Unterr. in England*. LATTERS Büchlein verdient die besondere Beachtung eines jeden, der sich über den gegenwärtigen Zustand des Physikunterrichts an den englischen Stiftschulen unterrichten will. LATTERS wertvolle Angaben über die Arbeitsräume, die Höhe und die Deckungsart der Kosten sind vollständig mitgeteilt in der kleinen Schrift von H. HAHN: *Die Zeit- und*



*Kostenfrage der physikalischen Schülerübungen* (Leipzig, Quelle & Meyer, 1910). —

In Bulgarien beabsichtigt man jetzt, an den Realgymnasien und höheren Mädchenschulen schon in den untern Klassen physikalische Übungen einzuführen und mit dem Klassenunterricht zu verweben. —

Die physikalischen Schülerübungen sind ein Teil, man darf vielleicht ohne Übertreibung sagen, die Krone des Arbeitsunterrichts. Bei uns in Deutschland sind wohl erst drei Zweige des Arbeitsunterrichts, die Physik, die Chemie und das Zeichnen, zu sichern und schulgemäßen Lehrverfahren fortgeschritten. Die Lehrverfahren der übrigen Teile befinden sich noch in der Entwicklung, die freilich jetzt kraftvoll empordrängt. Diese Bewegung ist durch tausend Fäden mit dem Fortschreiten der naturwissenschaftlichen Übungen verknüpft und muß mithin auch im Rahmen dieses Berichts berücksichtigt werden. Viele sehr beachtenswerte Gedanken und Vorschläge in dieser Hinsicht enthält die kräftig anregende Schrift von Dr. H. SCHWARZ, *Schule und Leben. eine naturwissenschaftlich-pädagogische Studie als Beitrag zur Frage nach der Reform des Schulunterrichts* (Schultheß & Co, Zürich 1910).

Insbesondere aber ist der Handfertigkeitunterricht die naturgemäße Vorstufe des Physikunterrichts. Mit Freuden ist daher die Abhandlung von Dr. K. GIEBEL, *Die Handarbeit in den höheren Knabenschulen* (Beilage zum Jahresber. d. Oberrealschule i. d. E. zu Zeitz 1909, Nr. 373) zu begrüßen, die positive Vorschläge für die Gestaltung dieses Unterrichts bietet.

Von hervorragender Wichtigkeit ist ferner die Schrift von Prof. EM. GSCHIEDLEN, *Der Handfertigkeitunterricht an den höhern Schulen und sein Zusammenhang mit den naturwissenschaftlichen Schülerübungen*, Beilage zum Jahresbericht des Realgymnasiums mit Realschule (Lessingschule) zu Mannheim (1909, Progr. Nr. 847). GSCHIEDLEN will den Handfertigkeitunterricht und die Schülerübungen in U II und O II durch einen Zwischenbau, das mechanische Laboratorium, verbinden, worin die Schüler selbst naturwissenschaftliche Apparate und Geräte herstellen und sich mit der physikalischen und chemischen Technik vertraut machen. So sehr ich im allgemeinen mit dem Verfasser sympathisiere, so darf ich doch nicht mit dem Bekenntnis zurückhalten, daß ich selbst vor etwa zehn Jahren bei dem Versuch, verbindliche physikalische Schülerübungen mit dem Apparatenbau zu verknüpfen, gescheitert bin, und daß es, soviel ich weiß, allen anderen, die es auch versucht haben, schließlich ebenso

ergangen ist. Bei Übungen, die mit dem Unterricht verwebt sind, ist diese Verbindung undurchführbar, wohl aber ist diese Verknüpfung bei wahlfreien physikalischen Übungen möglich. Keine Meinungsverschiedenheit besteht aber darin, daß es dringend wünschenswert ist, daß dem physikalischen Unterricht ein gründlicher verbindlicher Handfertigkeitunterricht vorausgeht. Auch wäre es sicher vorteilhaft, wenn später neben dem Physikunterricht ein selbständiger, wahlfreier oder verbindlicher, Handfertigkeitunterricht einherginge, der selbstverständlich soviel wie möglich mit dem Unterricht in den Naturwissenschaften, der Mathematik und dem Zeichnen in Beziehung zu setzen wäre, jedoch vorwiegend eine mechanisch-technologische Richtung haben müßte.

Auch Dr. A. GÜNTHART, der in der Schweiz den physikalischen Übungen Heimatrecht verschaffen will, erklärt in seiner schönen Abhandlung, *Der physikalische Unterricht als Arbeitsunterricht* (Programm der höheren Töchterschule der Stadt Zürich 1909), daß es nicht ratsam ist, die Apparate durch die Schüler herstellen zu lassen. Auf die hübschen magnetischen Übungen im 2. Teil seiner Arbeit sei noch besonders hingewiesen.

Sehr anregend ist die Abhandlung von Dr. FERD. DAMMEYER, *Über Geschicklichkeitsunterricht im Anschluss an die Physik* (Beilage zum Jahresbericht der Realschule in Hamm-Hamburg, 1909, Progr. Nr. 994). Der Verfasser ist als Kandidat von GRIMSEHL ausgebildet worden, und seine Arbeit zeigt überall die erquickende Frische seines Meisters. DAMMEYER überschätzt unsre Leistungen, wenn er behauptet, daß Deutschland auf dem Gebiet der Schülerübungen alle Nationen überflügelt hätte. Das ist zwar unser Wunsch und Ziel, leider aber noch keine Tatsache. Auch die Rentabilitätsberechnung stimmt nicht ganz, da die Lebensdauer der hergestellten Apparate nicht in Anschlag gebracht worden ist. Diese kleinen Ausstellungen können und sollen aber der schönen Arbeit keinen Abbruch tun, die viele selbständige und wertvolle Gedanken enthält. DAMMEYER hat den Geschicklichkeitsunterricht in den Pausen erteilt, daraus werden über kurz oder lang Schwierigkeiten entstehen. Auf jeden Fall ist es Pflicht des Physiklehrers, die häusliche Anfertigung physikalischer Apparate durch die Schüler mit Rat und Tat zu fördern. Oft sind auch Schüler von gewissen Lehrstunden, z. B. von Turnen, Gesang, Religion usw., befreit. In solchen Fällen öffne man ihnen, wo es irgend

geht, Werkstatt und Arbeitsraum und lasse sie physikalische Apparate bauen und erproben. Verfehlt wäre es aber, wie es leider seinerzeit am Dorotheenstädtischen Realgymnasium geschah, für solche Schüler Ausgleichsstunden einzurichten und Geschicklichkeitsübungen gleichsam als Strafe, etwa für mangelhaften Gesang, einzuführen (Vgl. H. BOHN, diese Zeitschr. XII, 91; 1899). Der Geschicklichkeitsunterricht kann, wenn er kein selbständiges Lehrfach bildet, nur ein wahlfreies Anhängsel des Physikunterrichts bleiben.

Aus der großen Zahl der Abhandlungen über den Arbeitsunterricht ersieht man, daß sich hier Neues kräftig emporringt. Durch Worte und Erwägungen kann man ihn kaum noch fördern; es ist vielmehr dringend not-

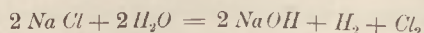
wendig, den Arbeitsunterricht im Rahmen unsers heutigen Schulwesens durch pädagogische Experimente gründlich zu erproben, d. h. an einigen geeigneten öffentlichen Schulen solchen Unterricht mit ausreichenden Mitteln in der erforderlichen Anzahl Stunden und unter anderweitiger Entlastung der Schüler einzurichten und ihn ohne Voreingenommenheit, mit Wohlwollen und Nachdruck durchzuführen. Den Wert des Unterrichts dürfte man freilich nicht an der erlangten Geschicklichkeit der Hand, sondern an der erzielten allgemeinen Ausbildung des Geistes messen. Die vollständige Durchführung eines solchen Versuches erfordert neun Jahre, man müßte also möglichst bald damit beginnen.

H. Hahn.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Die Elektrolyse in der chemischen Großindustrie** war das Thema eines außerordentlich lichtvollen Vortrages, den Herr B. LEPSIUS vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft hielt, und der über den Kreis der Leser der „Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft“ hinaus Beachtung und Interesse verdient, weshalb hier einige Abschnitte und Daten daraus mitgeteilt werden sollen. Der Verfasser entwirft in großen Zügen ein Bild von der allmählichen Umwälzung, welche die hauptsächlich in Deutschland ausgeübte Alkalichlorid-Elektrolyse in der Sodaindustrie hervorgerufen hat, wobei besonders das Schicksal des Leblancprozesses eine interessante Beleuchtung erfährt. Gleichzeitig legen seine Ausführungen Zeugnis ab für die erstaunliche Entwicklung der chemischen Großindustrie Deutschlands in den letzten Dezennien. — Anknüpfend an die fundamentalen Entdeckungen Voltas und Davys an der Schwelle des vorigen Jahrhunderts und an die weniger bekannten Tatsachen, daß bei der Elektrolyse einer Kochsalzlösung die alkalische Reaktion an der Kathode zuerst von dem Londoner Arzt W. Cruikshank 1800, dagegen die Entstehung von Chlor von dem Berliner Professor P. L. Simon 1801 entdeckt wurde, zeigt der Verfasser, wie erst auf Grund der Faradayschen quantitativen Untersuchungen sowie des von Robert Mayer aufgestellten Energiegesetzes die Möglichkeit gegeben war, sich über die Kosten bei der praktischen Durchführung elektrochemischer Prozesse Rechenschaft zu geben. Einsetzen konnte aber eine eigentliche elektrochemische Industrie erst mit der Aufstellung des elektro-

dynamischen Prinzips durch Werner Siemens (1866), d. h. mit der Dynamomaschine. Der Belgier Gramme baute 1872 die erste Maschine für die Galvanisieranstalt von Christoffe in Paris, eine größere 1875 für die Norddeutsche Silberaffinerie in Hamburg. Gleichzeitig bauten Siemens & Halske die erste Flachringmaschine für die galvanoplastische Anstalt von Grobe in Berlin und 1877 eine andere für das Königliche Hüttenwerk in Oker, mit der in 24 Stunden 300 kg Kupfer niedergeschlagen werden konnten. Aber erst infolge der Entwicklung der Elektrotechnik in den achtziger Jahren konnte die elektrochemische Industrie an weitere elektrolytische Prozesse herantreten. Gleichwohl hielt noch 1888 der verdienstvolle Chefchemiker der United Alkali Comp. in Widness, Dr Hurter, die Anwendung der Elektrolyse in der Sodaindustrie für ein ganz chimärisches Unternehmen. Vielleicht versäumte man es zufolge dieser Ansicht in England, sich an der neuen Industrie zu beteiligen, andererseits nimmt es nicht wunder, daß die technische Elektrolyse der Alkalichloride in Deutschland, dem salz- und kalireichsten Lande der Erde, zuerst durchgeführt worden ist. Die Chemische Fabrik Griesheim ist hieran in erster Linie beteiligt. Die seitens dieser Fabrik durchgeführten Versuche stießen zuerst auf viel größere Schwierigkeiten als die einfache Formel



erwarten ließ. Wissenschaftliche Untersuchungen der hierbei an den Elektroden sich abspielenden Reaktionen lagen kaum vor, vielmehr eilte hier wieder einmal die



Praxis des Chemikers der Theorie voraus. Von vornherein war klar, daß die Herstellung von Weltmarktprodukten wie Chlorkalk und Ätzalkalien nur bei Ausführung in größtem Maßstabe nutzbringend sein konnte. Die Apparatur mußte so kompendiös wie möglich gebaut werden, was durch vertikale Elektrodenflächen und die hierdurch bedingte Verwendung von Diaphragmen erreicht wurde. Als Kathode diente Eisen, als Diaphragma eine Komposition von Zement, Kochsalz und Salzsäure, als Anode zuerst Kohle. Man gelangte zu einer Anordnung der Bäder, wie sie Fig. 1 u. 2 im Längs- und Querschnitt zeigen.

bleiben, abgelassen und durch frische Chloridlösung ersetzt. Die Lauge wird in großen Vakuumapparaten bis auf eine Konzentration von 50% eingedampft, wobei das unzersetzt gebliebene Chlorid, das in den Betrieb zurückkehrt, bis auf sehr geringe Mengen ausfällt. Die erste Griesheimer Betriebsanlage arbeitete mit 400 PS. 1892 wurde sie verdoppelt und bald darauf eine große Fabrik von 2000 PS. in Betrieb gesetzt. Gleichzeitig wurde in Bitterfeld (wegen der dort in Tagebau billig gewonnenen Braunkohlen) eine Anlage von 3500 PS. errichtet. Auch in Frankreich und Spanien baute die Gesellschaft je eine elektro-

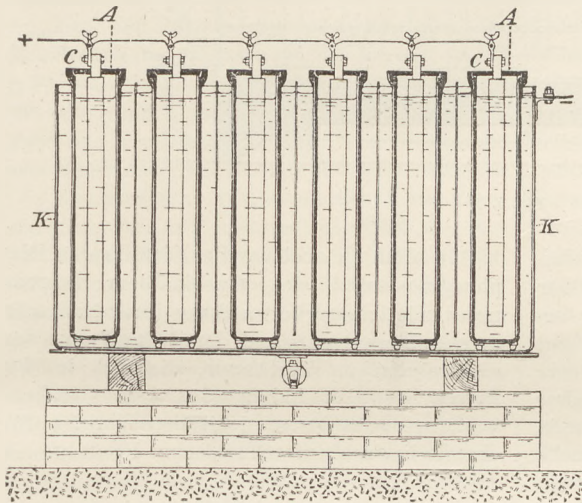


Fig. 1.

A Anodenzelle. K Kathodenzelle, C Kohleanoden, M Heizmantel, Z Salzzuführung, L Chlorleitung, B Eisenbleche (Kathoden).

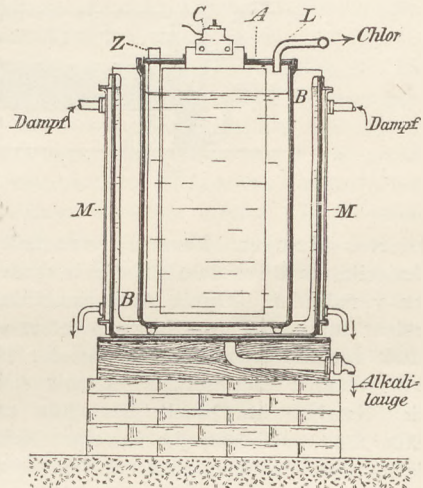


Fig. 2.

Später, als sich Nachteile, besonders die Bildung von Kohlensäure, herausstellten, benutzte man Eisenoxyduloxyd zu den Elektroden. Diese wurden aus Eisenoxyd gefertigt, das im elektrischen Lichtbogen schmilzt, wobei es sich in jene Oxydstufe verwandelt. Sie besitzen gute Leitfähigkeit und unbegrenzte Haltbarkeit, da sie vom Anodensauerstoff nicht angegriffen werden. Vielmehr wird nun statt der unerwünschten Kohlensäure in recht erheblichen Mengen ein sehr nützlich Nebenprodukt gewonnen: Indem der Sauerstoff verhindert wird, Kohlenstoff zu verbrennen, oxydiert er bei der Badtemperatur, die auf 70 bis 80° gehalten wird, vorhandenes Alkalichlorid zu Chlorat, das in der Anodenzelle auskristallisiert und von Zeit zu Zeit entfernt wird. Hat die Kathodenflüssigkeit den gewünschten Alkaligehalt erreicht, so wird das Bad stromfrei gemacht, die Lauge, während die Anodenzellen gefüllt

lytische Anlage. — Auch die Badische Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen erwarb das Griesheimer Verfahren, wodurch sie den für die Fabrikation von künstlichem Indigo erforderlichen Bedarf an Ätznatron und Chlor unter sehr günstigen Bedingungen zu decken vermag. Auch die Konsolidierten Alkaliwerke in Westeregeln sowie eine Sodafabrik in Südrußland verwenden das Griesheimer Verfahren. Inzwischen hat sich die Chemische Fabrik Griesheim mit der Chemischen Fabrik Elektron unter der Firma Chemische Fabrik Griesheim-Elektron vereinigt. In Bitterfeld erbaute gleichzeitig die Berliner A. E. G. ein Werk von 3000 PS., das nach einem Verfahren von Dr. W. Rathenau ebenfalls auf die Elektrolyse von Chloralkali gerichtet war, und verband damit die Gründung der Elektrochemischen Werke. Diese Fabrik nebst einer weiteren Werke wurde ebenfalls von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron 1898 übernommen. Gegen-

wärtig arbeiten nach dem Griesheimer Verfahren etwa 33000 PS., was, auf Kochsalz-Zersetzung berechnet, einer jährlichen Produktion von 50000 t Ätznatron und 120000 t Chlorkalk entsprechen würde.

Der Umstand, daß beim Diaphragma-Verfahren der Prozeß wegen der allmählichen Anhäufung des Alkalihydroxyds und der dadurch herbeigeführten Stromverluste unterbrochen werden muß, bevor man zu konzen-

Die Castner-Patente wurden von der Aluminium-Company in Oldbury ausgeübt, während die Kellnerschen Patente von Solvay & Cie angekauft wurden; beide Gruppen vereinigten sich zu der Castner-Kellner-Alkali-Co., die 1895 mit einem Kapital von 6000000 M gegründet wurde, so daß gegenwärtig die Quecksilberverfahren alle in einer Hand sind. Nach diesem Verfahren arbeiten auch die Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning.

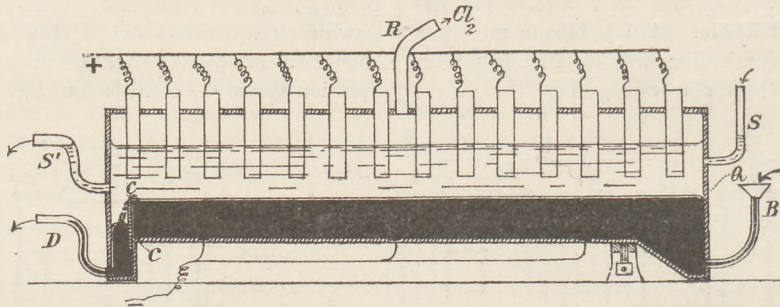


Fig. 3.

trierten Laugen kommt, veranlaßte den Amerikaner CASTNER als Kathode Quecksilber zu verwenden. Durch Amalgambildung erreicht man, daß das Natrium sofort entfernt und verhindert wird, sich an der Kathode mit Wasser umzusetzen. Damit sich aber das Natrium im Quecksilber nicht anhäufte, läßt man es beständig in eine Nebenzelle laufen, wo das Amalgam mit Wasser zersetzt wird. Die Zersetzung beschleunigt man, indem man das Amalgam hier als Anode und eine darüber befindliche Eisenplatte als Kathode anordnet. Für diese Wasserzersetzung konstruierte der Österreicher KELLNER eine sinnreiche Verbesserung. Auch die in der chemischen Großindustrie bekannte Firma SOLVAY & Cie in Brüssel benutzte das Quecksilber als Kathode. Das Charakteristische der Zersetzungszelle — die hier unbeweglich ist, während beim Castnerschen Verfahren regelmäßige, durch einen Exzenter herbeigeführte Schaukelbewegungen das Quecksilber abwechselnd mit Anoden- und Kathodenraum in Berührung bringen — ist ein durch ein Pumpwerk in dünner Schicht unter den Kohleanoden dahinfließender Quecksilberstrom, wie dies aus Fig. 3 zu ersehen ist, wo B den Einlauf, D den Auslauf, C einen verstellbaren Überlauf des Quecksilbers, S und S' den Ein- und Auslauf der Kochsalzlösung und R das Rohr für das entweichende Chlor bedeutet. Bezüglich weiterer Einzelheiten muß auf die Originalarbeit und die dort genannten Spezialwerke verwiesen werden. —

In dem Bestreben, die Vorteile des Diaphragma- und des Quecksilberverfahrens unter möglicher Vermeidung ihrer Nachteile zu vereinigen, entstand der dritte Typus der elektrolytischen Verfahren, die sich in der Praxis bewährt haben, das sog. Glockenverfahren des Österreichischen Vereins für chemische und metallurgische Produkte in

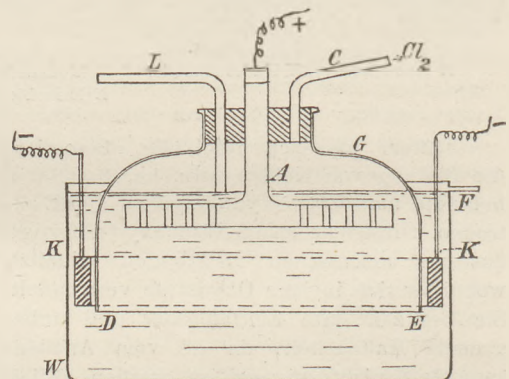


Fig. 4.

Aussig in Böhmen, das auch noch in Deutschland in zwei Anlagen ausgeübt wird. Dies Verfahren vermeidet Diaphragma und Quecksilber, indem es die verschiedenen spezifischen Gewichte der leichteren Anoden- und der durch das entstehende Ätznatron beschwerten Kathodenflüssigkeit benutzt, sie übereinanderschichtet und, um den nach der Anode strebenden Hydroxylionen entgegenzuwirken, eine langsame Strömung des Elektrolyten

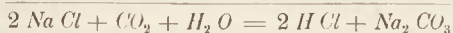
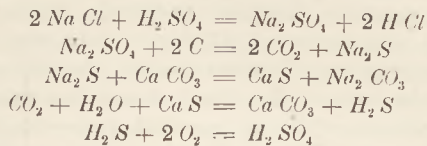


von der Anode zur Kathode unterhält. Die aus Kohle und Eisen bestehenden Elektroden sind durch nichtleitende, undurchlässige Wände geschieden, die die abziehenden gasförmigen Produkte getrennt aufzufangen gestatten. Die Apparatur ist jedoch eine ziemlich ausgedehnte, z. B. besitzt die Aussiger Anlage bei 3000 PS nicht weniger als 25000 „Glocken“. Fig. 4 gibt eine schematische Darstellung des Glockenverfahrens: *A* ist die Kohleanode, *K* die Kathode, beide sind durch die nichtleitende Glocke *DE* getrennt. Die Wanne *W* ist mit Kochsalzlösung gefüllt, die bei *L* zu- und bei *F* abfließt; das Chlor entweicht durch das Rohr *C*.

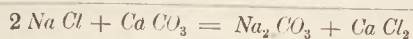
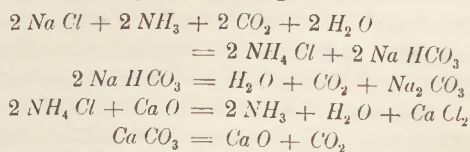
Um den Einfluß zu schildern, den die Ergebnisse der elektrolytischen Verfahren auf die chemische Großindustrie, im besonderen auf die Soda- und Chlorindustrie, ausgeübt haben, geht der Verfasser näher auf die Geschichte und das Wesen des Leblancsodaprozesses ein.

Das tragische Lebensschicksal des französischen Arztes Leblanc, der 1789 die von der Französischen Akademie gestellte Preisaufgabe zur Darstellung künstlicher Soda so glänzend löste, und der verarmt und gebrochen an Leib und Seele in seiner eigenen zerstörten Fabrik 1806 durch einen Pistolenschuß endete, müssen wir hier übergehen. Noch in dem Todesjahr des Begründers der chemischen Großindustrie entsteht eine Leblancsodafabrik in Paris, bald darauf weitere in verschiedenen Teilen Frankreichs, während das Verfahren 1814 nach England gelangt. In Deutschland wird, nachdem Liebig 1840 seine epochemachenden Arbeiten über die Anwendung der Chemie auf Agrikultur und Physiologie herausgegeben hat, die erste Leblancsoda herstellende Fabrik 1843 in Schönebeck bei Magdeburg gebaut, der bald weitere folgen. Ein wesentliches Merkmal des Leblancprozesses ist die Tatsache, daß neben der Soda die äquivalente Menge Salzsäure entsteht. So lange diese nicht in dem Maße ihrer Entstehung Verwendung fand, war sie ein recht lästiges Nebenprodukt, besonders für die Umgebung. Mit dem Emporblühen der durch A. W. Hofmanns wissenschaftliche Arbeiten inaugurierten Teerfarbenindustrie und auch mit dem Wachstum der Gewerbe nahm der Bedarf an Salzsäure, und mit der Einführung des Weldon- und Deaconprozesses Ende der sechziger Jahre der Bedarf an Chlor stark zu, so daß die Salzsäure bald ein gesuchter Artikel wurde. Läßt man den Leblancprozeß in den von Chance und Claus gefundenen Regenerationsprozeß der lästigen schwefel-

haltigen Sodarückstände ausgehen, so sieht man, daß er einen bewundernswerten in sich geschlossenen Kreisprozeß bildet, bei dem als Eingangsstoff nur Kochsalz, Kohlensäure und Wasser, als Ausgangsprodukte Salzsäure und Soda erscheinen und alle übrigen Stoffe theoretisch einen Kreislauf durchmachen.



Hiermit schien der Leblancprozeß in sich vollendet zu sein und nicht mehr übertroffen werden zu können. Da gründete der Belgier Ernest Solvay auf die Unlöslichkeit des primären Ammoniumcarbonats in Kochsalzlösung das nach ihm benannte Ammoniak-sodaverfahren. Ein erbitterter Konkurrenzkampf beginnt; die Sodapreise fallen in wenigen Jahren auf die Hälfte. In Deutschland steigt die Ammoniak-sodaproduktion in den Jahren 1877–1894 auf 210 000 t, während die Leblancsoda in diesem Zeitraume nur ein Viertel dieses Betrages erreichte. Ähnlich sind die Erfolge in England, Frankreich, Belgien und anderen Ländern. Im Jahre 1900 werden insgesamt 900 000 t, 1903 bereits 1 600 000 t und gegenwärtig über 2 000 000 t Ammoniak-soda produziert, die natürlich den Leblancsodafabriken, namentlich in England, enormen Schaden zufügen. — Immerhin haftet dem Solvayverfahren ein prinzipieller Fehler an, der sich überhaupt nicht beseitigen läßt, und der allein den Leblancprozeß vor völliger Vernichtung geschützt hat. Der Mangel besteht darin, daß nur der eine Teil des von der Natur so bereitwillig gelieferten Kochsalzes verwertet wird, nämlich das Natrium, während das im Leblancverfahren als wertvolle Salzsäure erscheinende Chlor in den wertlosen Chlorcalciumlaugen des Ammoniakprozesses unrettbar verlorengeht, wie dies die resultierende Gleichung des sonst so idealen Kreisprozesses zeigt:



So wird die zuerst lästige Salzsäure der Retter des Leblancprozesses; mit den fallenden Sodapreisen sinkt die Soda allmählich

zum Nebenprodukt herab, und die inzwischen in steigendem Maße von den Farben- und anderen Fabriken gebrauchte Salzsäure sowie das bei den Baumwoll-, Papier- und Zellstoffbleichereien immer mehr Verwendung findende Chlor werden Hauptprodukte. — Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den erwähnten prinzipiellen Fehler zu beseitigen, doch hatten sie zumeist wenig Erfolg. Auch die Verwendung von Chlormagnesium, das bei hoher Temperatur durch Wasserdampf oder Sauerstoff unter Bildung von Salzsäure oder Chlor zersetzt wird, führte zu keiner umfangreicheren Industrie; doch werden immerhin gegenwärtig etwa 12000 t Salzsäure mit Hilfe von Chlormagnesium gewonnen.

Mit dem Auftreten der Griesheimer Elektrolyse trat nun ein Umschwung auf dem Chlormarkte ein, da hier eine neue, fast unerschöpfliche Chlorquelle geschaffen wurde. Wenn bis dahin den mächtigen Chlorbedarf der Welt mit Hilfe der Deacon- und Weldonverfahren fast ausschließlich der Leblancprozeß bestritten hatte, so trat ihm nun auch auf dem Gebiete der Chlorindustrie ein ebenso mächtiger Gegner entgegen, wie es der Solvayprozeß auf dem der Soda gewesen war. Den Erfolg dieser Wandlung zeigt die Handelsstatistik Deutschlands, wo im Jahre 1890 noch fast 7000 t Chlorkalk mehr ein- als ausgeführt wurden, während 10 Jahre später die Mehrausfuhr 30000 t beträgt. Von der gegenwärtigen etwa 300000 t betragenden Weltproduktion wird etwa der dritte Teil nach dem Griesheimer Verfahren gewonnen und  $\frac{1}{6}$  mit Hilfe anderer elektrolytischer Prozesse. Die Hälfte des Chlorkalkmarktes verbleibt also noch dem Deacon- und Weldonprozeß, deren Salzsäure aus den Sulfatöfen des Leblancprozesses stammt. Da sich diese Wandlungen in Deutschland weit schneller als in England vollzogen haben, so haben bei uns fast sämtliche Leblancfabriken den Sodabetrieb eingestellt. Die hierdurch eingetretene Minderproduktion an Soda ist natürlich dem Ammoniakprozeß zugute gekommen. Dagegen hat die in manchen Leblancfabriken betriebene Fabrikation von Pottasche, die nach dem Ammoniakverfahren bekanntlich nicht durchführbar ist, fast ganz aufgehört.

Auf dem Alkalimarkte ging mit dem Auftreten der Elektrolyse ein ähnlicher Umschwung vor sich wie auf dem Chlormarkte. Diese richtete sich zunächst weniger auf Ätznatron als auf Ätzkali, da durch das höhere Molekulargewicht bei gleichen Stromkosten eine höhere Ausbeute gewährleistet

war. Da die Kaliseife für alle Großwäsereien der Natronseife vorgezogen wird, so liegt der Hauptverbrauch des Ätzkalis in den Seifenfabriken. Die Fabrikanten waren bisher darauf angewiesen, sich ihre Kalilauge selbst herzustellen, indem sie die Pottasche des Handels in besonderen, mit ziemlichen Verlusten arbeitenden Apparaten kaustizierten. Sie erkannten bald, welche Vorteile der Bezug einer in großer Reinheit und in gewünschter Konzentration gelieferten Lauge hatte. So hat es nicht lange gedauert, bis die elektrolytische Lauge in den Seifenfabriken willkommenen Eingang fand. Diese Umwälzung wird am besten durch die Tatsache illustriert, daß im Jahre 1894 noch Ätzkali nach Deutschland importiert wurde, während 10 Jahre später eine Ausfuhr von 25000 t zu verzeichnen war.

Die weitere Entwicklung der Elektrolyse hängt hauptsächlich vom Chlormarkte ab. Es waren für das Chlor weitere Verwendungen aufzufinden, was vielfach gelang. Namentlich in der Fabrikation der organisch-chemischen Präparate, Chloroform, Chloral, Tetrachlorkohlenstoff, Chloressigsäure (für den künstlichen Indigo), hat das elektrolytische Chlor alsbald Aufnahme gefunden. Das bis dahin in der Industrie unbekannt gewesene Chlorbenzol ist zum Ausgangspunkt einer großen Zahl von Benzolderivaten geworden, die in der Farbenindustrie gebraucht werden. Aber auch bei dem altgewohnten Chlorkalk ist man nicht stehen geblieben. Man ist zum Versand von flüssigem Chlor übergegangen, das jetzt nicht nur in eisernen Flaschen, sondern nach dem Vorgange der Badischen Anilin- und Sodafabrik in ganzen Kesselwagenladungen von mehreren tausend Kilo dem Konsumenten zur Verfügung gestellt wird. Ferner hat man es bei dem Griesheimer Verfahren ganz in der Hand, das bereits erwähnte, recht wertvolle Kaliumchlorat in geringerer oder größerer Menge entstehen zu lassen, je nachdem man den Strom früher oder später unterbricht.

Das letzte Produkt bei der Elektrolyse der Alkalichloride ist der Wasserstoff. In den ersten Jahren ließ man ihn frei in die Atmosphäre entweichen. Aber zwei inzwischen aufgekommene Verwendungsarten haben veranlaßt, ihn einzufangen, und er ist gegenwärtig, in eisernen Flaschen unter einem Druck von 150 Atmosphären komprimiert, ein gangbarer Handelsartikel geworden. Die sauerstoffreiche, unter hohem Druck stehende Knallgasflamme wird neuerdings



zum Aufschmelzen zugesetzter Hochöfen sowie zum Durchbohren und Zerschneiden von Metallen verwendet. Man kann mit ihr starke Eisenbleche wie mit der Säge zerteilen, Öffnungen, Mannlöcher u. dergl. ausschneiden, 40 cm dicke Panzerplatten mit einem nur 3 mm starken Schnitt glatt durchschneiden. Aber auch zum Zusammenschweißen von Eisenblechen läßt sich die in diesem Falle wasserstoffreiche Knallgasflamme verwenden, ohne daß ein sonstiges Löt- oder Schweißmittel erforderlich wäre. Von diesen Anwendungen des komprimierten Wasserstoffs macht die Eisenindustrie bereits ausgedehnten Gebrauch. — Die zweite Verwendungsart, bei der Luftschiffahrt, braucht nur angedeutet zu werden. Die Fahrten der Militärluftschiffer-Abteilung, des Grafen Zeppelin usw. sind bisher fast ausschließlich mit Griesheimer elektrolytischem Wasserstoff ausgeführt worden. Auf die industrielle Verwendung der elektrischen Energie zur Herstellung von Brom, Jod und Jodoform, von Phosphor, von Chromat, Permanganat und Carbid, von Natrium, Magnesium, Calcium, Aluminium und anderen Produkten geht der Verfasser absichtlich nicht näher ein. Ref. kann sich nicht versagen, den Schluß der außerordentlich beachtenswerten Arbeit ausführlich wiederzugeben: Ein erbitterter internationaler Kampf hat sich zwischen dem in Frankreich geborenen, in England aufgewachsenen und

zur Weltherrschaft erstarkten Leblancprozeß und seinen beiden jugendlichen Rivalen vor unseren Augen abgespielt. Durch den Solvayprozeß hart bedrängt, wird ihm verwehrt, an der enormen Entwicklung der chemischen Industrie im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts gebührenden Anteil zu nehmen. In dem Maße jedoch, wie Salzsäure und Chlor für diese Entwicklung mitzuwirken berufen sind, vermag er seinen Besitzstand zu behaupten. Mächtige Gebiete entreißt ihm der belgische Gegner; viele Anlagen müssen unter gewaltigen Geldverlusten eingeschränkt oder ganz aufgegeben werden; vergeblich aber ist das Bemühen, ihm durch das Erfinden neuer Salzsäureverfahren auch noch den letzten Besitz zu rauben. In dem Maße vielmehr, wie Salzsäure und Chlor an dieser Entwicklung mitzuwirken berufen sind, vermag sich der Leblancprozeß zu behaupten. Da erstet in der Elektrolyse der Chloralkalien ein deutscher Gegner: Die siegreiche Eroberung des Chlormarktes und der erfolgreiche Kampf des Ätzkalis gegen die Pottasche bringen so vernichtende Wunden, daß der hundertjährige Prozeß nicht länger standzuhalten vermag. „Ihm aber, dem Leblancprozeß, wird es für alle Zeiten unvergessen bleiben, daß er in der Entwicklungsperiode der chemischen Industrie die hohe Schule aller industriellen chemischen Arbeit gewesen ist.“<sup>1)</sup> (*Chem. Berichte* 42, Nr. 13, S. 2892/2916.)

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die materialistische Epoche des 19. Jahrhunderts und die phänomenologisch-monistische Bewegung der Gegenwart.** Festrede von Paul Volkmann, Prof. a. d. Universität Königsberg i. Pr. B. G. Teubner, 1909. 30 S. M 1,—.

**Fähigkeiten der Naturwissenschaften und Monismus der Gegenwart.** Vortrag von Paul Volkmann, Prof. a. d. Universität Königsberg i. Pr. B. G. Teubner, 1909. 38 S. M 1,—.

Die erste Rede behandelt in sorgfältig abgewogener Charakteristik den Materialismus als die „Erstarrung einer durch die Entwicklung gezeitigten und gekräftigten Denkform über Wesen und Bedeutung der Materie“, schließt daran eine kritische Behandlung des phänomenologischen Monismus der Gegenwart und hebt gegenüber diesen unzureichenden Versuchen einer Weltanschauung den Wert einer Verständigung über Methoden- und Erkenntnislehre hervor, wofür der Verf. die Physik als besonders geeignet erachtet.

Die zweite Rede, die vor theologischen Zuhörern gehalten ist, beschäftigt sich mehr mit dem vulgären Monismus und dessen Hauptvertretern; statt des irreführenden Begriffs der Einheit wird der Begriff der Geschlossenheit empfohlen, der von einem Organismus gilt, und der auch auf ein wissenschaftlich in sich verfestigtes System wie das der Physik anwendbar ist. P.

**Vorlesungen über moderne Naturphilosophie.**

Von Dr. J. Claßen, Prof. am physikalischen Staatslaboratorium in Hamburg. Hamburg, C. Boysen, 1908. 180 S. M 3,50, geb. M. 4,50.

Die Schrift ist aus acht Vorlesungen hervorgegangen, die vor einem Laienpublikum gehalten worden sind. Kritischen Ausführ-

<sup>1)</sup> O. N. Witt, Die Chemische Industrie des Deutschen Reiches am Beginn des XX. Jahrhunderts, Berlin 1902, S. 82.

rungen über den wissenschaftlichen Materialismus und die neueren Naturphilosophen (Haeckel, Ostwald, Mach) schließen sich positive Darlegungen über das Wesen der modernen Physik (Helmholtz, Boltzmann, Poincaré) und besonders beachtenswerte Auseinandersetzungen über den Unterschied zwischen physikalischer und biologischer Forschung an. Wenn die Physik als der Zweig der Naturwissenschaft zu gelten hat, der seine Resultate in mathematischer Form darstellt, so besteht dagegen der Inhalt der Biologie nicht in selbstkonstruierten Formeln, sondern in selbsterlebten Ereignissen. Hieraus ergibt sich eine zutreffende Widerlegung des monistischen Irrtums, daß die Tatsachen der Biologie und Psychologie sich auf physikalisch-chemische Gesetze könnten zurückführen lassen. Den Schluß bildet ein Abschnitt über Kant und dessen Verdienste, namentlich um die Ethik. Die Schrift zeichnet sich durch große Klarheit und Präzision aus, auch wo sie die Grenzen des physikalischen Gebiets überschreitet. Wer Interesse für die Frage einer nicht monistischen und doch einheitlichen Weltanschauung hat, wird in der Schrift reiche Belehrung und Anregung finden. P.

**Beiträge und Skizzen zur Geschichte der Naturwissenschaften.** Von Dr. Franz Strunz, Hamburg und Leipzig, Leopold Voß, 1909. 192 S. M 5,—.

Eine Reihe kleinerer Abhandlungen, die an verschiedenen Stellen erschienen sind, hat der Verfasser in diesem Bande vereinigt. Sie beziehen sich auf die Geschichte der Alchemie, Chemisches bei Platon, auf Paracelsus, Comenius, Guericke, Kunkel, G. W. A. Kahlbaum, Th. Lindners Geschichtstheorie, David Thoreau, Maeterlincks Intelligenz der Bienen. Speziell zu dem Aufsatz über Guericke sei bemerkt, daß hier ein recht ansprechender kleiner Essay vorliegt. Zu berichtigen ist (S. 133), daß die Fundamenteigenschaft der Gase, dargebotene Räume sofort auszufüllen, Guericke noch nicht bekannt war, als er an die Konstruktion der Luftpumpe ging; die Erfindung kann jetzt auch mit Sicherheit bis 1641 zurückdatiert werden und ist wohl schon in den dreißiger Jahren erfolgt (W. Ahrens, vgl. ds. Zeitschr. XX, 397). Der Schluß auf die Erdrotation aus der östlichen Richtung der Passatwinde findet sich schon bei Galilei, im Dialog über die zwei Weltsysteme (Übersetzung von Strauß, S. 458 und 569). P.

**Lehrbuch der praktischen Physik** von Friedrich Kohlrausch. 11. stark vermehrte Auflage des Leitfadens der praktischen Physik. Mit 400 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. 736 S. Geb. M 11,—.

Der vor kurzem hingeschiedene Verfasser hat dieser Auflage ein ausführlicheres Vorwort beigegeben, worin er von dem Buche — und dessen Lesern — Abschied nimmt, und zugleich einen Rückblick auf die erstaunliche Entwicklung der Physik in den letzten vierzig Jahren wirft. Das Buch ist dem Vater des Verfassers, Rudolf Kohlrausch, dem „Begründer exakter Elektrometrie“ zu seinem 100. Geburtstage gewidmet; es ist nun zugleich zum ehrenvollen Denkmal für den Verfasser selbst geworden. In die Kapitel Elastizität, Festigkeit, Schall sind neue Abschnitte eingefügt, neu ist auch die Behandlung der elektrischen Hochfrequenzschwingungskreise. Ein umfangreicher Abschnitt über „den jungen Riesen“ Radioaktivität rührt von Herrn E. Dorn her. Die erdmagnetischen Elemente sind von der deutschen Seewarte für das Jahr 1910 zusammengestellt. Zahlreiche hervorragende Physiker haben mitgeholfen, das Buch in allen Teilen auf der Höhe des gegenwärtigen Standes der Wissenschaft zu halten. P.

**Angewandte Mechanik.** Von John Perry. Berechtigte deutsche Übersetzung von Rudolf Schick. Mit 372 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner 1908. 666 S. Geb. M 18,—.

Der Verfasser nennt das Buch selbst „ein Lehrbuch für Studierende, die Versuche anstellen und numerische und graphische Beispiele durcharbeiten wollen“. Es gibt den Lehrgang der angewandten Mechanik wieder, der am Finsbury Technical College in zwei Studienjahren durchgearbeitet wird. Es enthält außer dem Lehrtext viele Hunderte von Übungsbeispielen, zu denen teils ausführliche Lösungen, teils nur die Resultate hinzugefügt sind. Perry ist ein Lehrer allerersten Ranges, ein Meister der Darstellungskunst, der sich bemüht, nicht bloß Stoff darzubieten, sondern vor allem auf die Probleme hinzuweisen, die sich dem Techniker bei seinem Studium wie in der Werkstatt und beim Maschinenbetrieb aufdrängen. Auch Vieles, was den Physik-lehrer interessieren kann, ist in dem Buch zu finden, wie denn überhaupt die nähere Bekanntschaft mit den technischen Anwendungen ein heilsames Gegengewicht gegen unsere oft zu abstrakte Art der Behandlung des Gegenstandes bildet. P.



**Die Natur des Radiums.** Nach sechs an der Universität zu Glasgow im Jahre 1908 gehaltenen freien populären Experimentalvorlesungen bearbeitet von Frederick Soddy, M. A. Übersetzt von Prof. G. Siebert. Mit 31 Illustrationen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1909. 272 S. M 5.—, geb. M 6.—.

Der dem Leser dieser Zeitschrift als bedeutender Forscher auf dem Gebiete der Radioaktivität bekannte Verfasser gibt in diesen Vorlesungen eine überaus klare, auch für weitere Kreise verständliche Darstellung der Erscheinungen der Radioaktivität. Er zeigt, daß diese Erscheinungen die einzigen sind, die wir nicht zu beeinflussen vermögen, daß völlig neue wissenschaftliche Prinzipien zu ihrer Erklärung nötig waren, daß wir durch sie zu einer neuen Auffassung vom Wesen der Atome und der in ihnen vorhandenen Energien geführt werden. Der Verfasser beschränkt seine Betrachtungen im allgemeinen auf das Radium; die andern radioaktiven Stoffe werden nur gelegentlich erwähnt. Die drei Strahlenarten und ihre Eigenschaften, die Zerfallsprodukte des Radiums und die Lehre von der Transformation der Atome finden eingehende Darstellung. „In wenigen Jahren werden“, so meint der Verf., „die Grundzüge der Radioaktivität in allen Schulen gelehrt werden, da sie zu den ersten Anfangsgründen der Physik gehören.“ Sollte dieses der Fall sein, so wären die Soddyschen Vorlesungen auch für den Lehrer zur Einführung in dieses neue Wissensgebiet sehr geeignet, um so mehr, als zugleich eine Reihe leicht auszuführender Versuche beschrieben und durch Abbildungen erläutert werden. *Schk.*

**Lehrbuch der anorganischen Chemie für die fünfte Klasse der Realschulen.** Von Prof. M. Rosenfeld in Teschen. Mit 36 Abbildungen und einer Spektraltafel. Wien und Leipzig, C. Fromme, 1908. 186 S.; geb. K 2,60.

Das Buch ist für Schulen mit zwei Stufen des chemischen Unterrichtes bestimmt und knüpft an den vorausgegangenen „Ersten Unterricht in der Chemie und Mineralogie“ an, der 1906 erschien und in dieser Zeitschr. XX, 130 besprochen wurde. Die den übrigen 14 Abschnitten des Buches vorausgeschickte „Einleitung“ behandelt die allgemeinen theoretischen Begriffe der Chemie, also das, was bei der Mehrzahl anderer Lehrgänge während des ganzen Unterrichtes erarbeitet wird. Es ist im Begleitwort ausgesprochen, daß diese Theorien nicht als Dogmen behandelt, sondern nur aus den Schülern

vom ersten Lehrjahre her bereits bekannten Tatsachen entwickelt seien. Es ließe sich dabei — in den ersten Lehrstunden des zweiten Jahres — das Wichtigste des Früheren wiederholen. Also auf Grund der Erinnerungen der Schüler, keineswegs gleichsam auf frischer Tat im Anschluß an den Demonstrationsunterricht werden in der „Einleitung“ auf 21 Seiten die quantitativen Grundgesetze, die Hypothese von Avogadro, das Gesetz von Dulong-Petit, der Wertigkeitsbegriff u. a. behandelt. Die Hoffnung der in die fünfte Klasse versetzten Schüler, ihre chemischen Erfahrungen durch anregende Versuche erweitert zu sehen, wird demnach in diesem Lehrgange in den „ersten Stunden“ nicht erfüllt. Der Theorie folgen Abschnitte der „speziellen Chemie“, beginnend mit den Titeln: A. Atmosphärische Luft, B. Oxyde, C. Stickstoffverbindungen, und endigend mit N. Beziehungen der Atomgewichte zu den Eigenschaften der Elemente und O. Systematische Übersicht der Elemente nach dem periodischen System mit besonderer Berücksichtigung der seltener vorkommenden Elemente. In diesen Abschnitten wird ein sehr reicher Lehrstoff dargeboten, wobei freilich das doch auf einen geringen Bruchteil zu beschränkende Unerläßliche meistens vom Übrigen nicht hervorgehoben ist. Im Kleindruck sind nur Abschnitt O, verschiedene technische und einzelne theoretische, sowie analytische und auf Versuche bezügliche Ausführungen gebracht. Die Theorie der Indikatoren, die wichtigsten Verbindungen von Selen und Tellur fehlen nicht. Andererseits vermißt man die Erwähnung des Quecksilberjodids oder den Hinweis auf Stoffumwandlungen, die wie beim Natriumthiosulfat so leicht durch Versuche verständlich zu machen sind. Vom Aluminium ist nicht der Schutz des Metalles durch das Oberflächenhäutchen aus Oxydhydrat, vom Magnesium nicht die Leichtlöslichkeit in verdünnten Säuren erwähnt, die zu lehrreichen Versuchen anregen könnte. Auch auf die Verwendung von Calcium ist nicht hingewiesen. Freilich stehen, wie das Begleitwort sagt, gute Experimentierbücher überall zu Gebote. Aber ohne eine „ausführliche Beschreibung der Versuche“ zu bringen, wäre es doch ein Verdienst der vielleicht bald wieder neu aufgelegten Schulbücher, kurz auf unzweifelhafte Fortschritte in der Technik des Experimentes zu verweisen. Neue Experimentierbücher werden weniger leicht angeschafft.

Die Atomgewichte sind, wie in der theo-

retischen „Einleitung“ auseinandergesetzt ist, auf  $O = 16$  bezogen. Dann haben die Grammmolekeln der Gase aber ein Volumen von 22,4 l, nicht von 22,22 l, was nur für „didaktische“ Atomgewichte stimmt, deren unterrichtliche Benutzung übrigens ja beständig und wohl mit Recht zurückgeht. Die für Alaun gegebene Formel ist die ältere; die gelblichgrüne Färbung von Glas durch Urangeb ist als Dichroismus bezeichnet, die ins Auge fallende Verschiedenheit der Arsen- und Antimonspiegel ist nicht, sondern nur deren chemische Trennung erwähnt. Der Name Fraunhofers ist nicht richtig geschrieben; die Beschreibung der Spektren von Strontium und Barium würde man vielleicht pädagogischer mit den Linien beginnen, die auch in den bengalischen Flammen die Färbung bewirken. Ob die verwickelten stofflichen Umwandlungen beim Härten und Anlassen des Stahls auf die Härtungskohle allein zurückzuführen sind (S. 153), erscheint wohl manchem zweifelhaft. Daß das Metall der Orgelpfeifen aus Blei mit nur 4% Zinn bestehe, ist etwas einseitig verallgemeinert, Berichte über die „Zinnpest“ von Orgelpfeifen würden sonst unverständlich sein. In der Hand von den Stoff richtig beschränkenden Lehrern wird das im übrigen sich von Irrtümern freihaltende Buch für den zweistufigen Unterricht von vielfältigem Nutzen sein.

H. Rebenstorff.

#### Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie.

II. u. III. Teil. Nach der schwedischen Ausgabe bearbeitet von H. Euler, Prof. d. Chemie an d. Univ. Stockholm. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1909. 297 S. M 7,—, in Leinw. M 8,—.

Der erste Teil dieses bedeutsamen Werkes wurde bereits in dieser Zeitschr. (XXI. S. 422) angezeigt. In dem vorliegenden II. Teile: „Die allgemeinen Gesetze des Pflanzenlebens“, wird insbesondere die Bedeutung der modernen chemischen Theorien für die Auffassung vieler Vorgänge im Pflanzenleben im einzelnen dargelegt. So wird der osmotische Druck und die Durchlässigkeit der Plasmahaut erörtert — wobei betont wird, daß semipermeable Membranen keineswegs allen gelösten Stoffen gegenüber undurchlässig sind —, ferner werden die Löslichkeit, die Kolloide, die pflanzlichen Enzyme usw. behandelt. Im III. Teil: „Die chemischen Vorgänge im Pflanzenkörper“, wird die Assimilation, die Atmung, die Gärung, der pflanzliche Stoffwechsel, ferner das Wachstum, die chemische Entwicklung einzelner Organe und die Befruchtung betrachtet. In mustergültiger Weise

werden hier die vielseitigen Ergebnisse der modernen Forschung zu einem Gesamtbilde vereinigt. Ein Schlußkapitel: „Die Entstehung der organischen und der organisierten Substanz“, enthält interessante Ausführungen zur Frage der Generatio spontanea. Auf die Bedeutung und Verwendbarkeit des Werkes für den — jetzt leider einer gewissen Stagnation sich nähernden — biologischen Unterricht der oberen Klassen sei von neuem hingewiesen. Der Verfasser wurde auf Grund dieses Werkes von der schwedischen Akademie der Wissenschaften mit einem Preise ausgezeichnet.

O.

**Anleitung zur chemischen Analyse**, nebst einem Anhang: Quantitative Übungen. Für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. F. Rüdorff. 12. verb. Aufl. von Dr. A. Krause. Berlin, H. W. Müller, 1908. 62 S. M 0,60.

**Leitfaden für die chemischen Schülerübungen.** Zur praktischen Einführung in die Chemie. Von Prof. Dr. E. Löwenhardt. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1909. X u. 127 S.

**Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium.** Von Dr. F. Dannemann. 4. Aufl. Hannover u. Leipzig, Hahn, 1909. 86 S. M 1,40.

1. Die vorliegende Ausgabe zeigt gegenüber den früheren entschiedene Verbesserungen. Die „Anleitung“ ist freilich, der Tradition gemäß, im wesentlichen bei der „Analyse“ stehen geblieben; um sie zu einer den modernen Bestrebungen gerecht werdenden „Anleitung für die chemischen Laboratoriumsübungen“ zu machen, würde eine durchgreifendere Umarbeitung notwendig sein. In der neuen Ausgabe sind im ersten Abschnitt: „Übungen zur qualitativen Analyse“, vier Kapitel, nämlich „Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Salze“, hinzugekommen, wobei auch die Ionenanschauung zur Anwendung gelangt. Im zweiten Teile ist unter zweckmäßiger Kürzung des bisherigen Textes ein „Anhang“ hinzugetreten, der zunächst eine Reihe instruktiver messender Übungen, ferner die Maßanalyse bringt. Es ist zu wünschen, daß in einer weiteren Auflage dieser „Anhang“ nicht durch kleineren Druck von dem Hauptteil unterschieden, sondern als vollwertiger Abschnitt diesem gleichgestellt werde. Alle genannten Änderungen gereichen dem Buche nur zum Vorteil.

2. Ein Teil dieses „Leitfadens“, in Gestalt einer Programm-Abhandlung, wurde in dieser Zeitschrift (XXI, S. 201) bereits anerkennend besprochen. Jetzt liegt die ganze



Arbeit vor, und sie hält, was die „Proben“ versprochen. Der Leitfaden stellt sich in erfreulicher Weise die Aufgabe, die Übungen mit dem Klassenunterricht aufs engste zu verbinden. Es wird hier also auf das Verfahren abgezielt, das in dieser Zeitschrift (XXI, S. 406) als „Übungsverfahren“ gekennzeichnet wurde. In einem „Vorbereitenden Lehrgang“ werden Trennungen, Lösungen, Verbrennungen, das Wasser, die Salzsäure, das Kochsalz u. a. in Übungen behandelt; daran schließen sich die „Nichtmetalle“, die „Metalle“ und „Organische Übungen“. Ein Anhang (S. 109 . . . 119) enthält die „Qualitative Analyse“ sowie „Tafeln zur Bestimmung der Mineralien durch das Lötrohr“. Daß der Leitfaden mehr enthält, als in den praktischen Übungen zu bewältigen ist, soll ihm nicht zum Vorwurf gemacht werden, nur wird sich vielleicht für eine weitere Auflage empfehlen, die besonders wichtigen und unentbehrlichen Versuche durch verschiedenen Druck oder eine Signatur zu kennzeichnen. Lobend hervorzuheben sind besonders die Versuche in dem „organischen“ Abschnitt. Das Buch sei der Beachtung angelegentlich empfohlen.

3. Da der Leitfaden in dieser Zeitschrift wiederholt besprochen wurde, genügt es, auf das Erscheinen der neuen vermehrten und verbesserten Auflage hinzuweisen ( ).

**Methodischer Leitfaden der Chemie und Mineralogie** für höhere Mädchenschulen sowie für den Anfangsunterricht in Studienanstalten. Von Prof. Dr. W. Lewin und Prof. W. Briecke. Berlin, O. Salle, 1909. 190 S. M 2,—.

Der vorliegende Leitfaden ist eine für die höheren Mädchenschulen neueren Stils bestimmte Sonderausgabe des „Methodischen Leitfadens für den Anfangsunterricht in der Chemie“ des erstgenannten Verfassers. Da diese neue Ausgabe im ganzen dieselbe Physiognomie besitzt wie der Leitfaden — die Überschriften sind vereinzelt ein wenig anders gefaßt, einzelne Paragraphen sind vertauscht, und den einzelnen Unterabschnitten

sind jetzt den Inhalt kennzeichnende Überschriften erteilt worden, ferner sind einige Weglassungen vorgenommen und dafür einige zweckentsprechende Ergänzungen hinzugekommen — und da dieser Leitfaden in dieser Zeitschrift wiederholt besprochen wurde, so erübrigt sich ein näheres Eingehen auf die zugrunde liegende, im ganzen dem Wilbrand'schen Lehrgange folgende Methode. Hervorzuheben ist nur, daß mehrere Abschnitte aus der organischen Chemie — besonders über Fette und Öle, Kohlenwasserstoffe, Harze, Eiweißstoffe — die der Bestimmung des Buches in anerkennenswerter Weise entsprechen, hinzugekommen sind. Ob es richtig war, an dem Hauptteil so wenig Änderungen vorzunehmen, z. B. auch die ziemlich zahlreichen stöchiometrischen Aufgaben zu belassen, möchten wir bezweifeln. Hier hätten wir gern eine gründlichere Umarbeitung, eine frischere, der weiblichen Individualität mehr entsprechende Behandlung gewünscht. Wir meinen nicht, daß eine für höhere Mädchenschulen bestimmte Chemie im ganzen weniger wissenschaftlich sein solle als eine für höhere Knabenschulen, aber es müßten die für den weiblichen Gesichtskreis wichtigeren Dinge und Erscheinungen noch intensiver und in lebendigerer Darstellung behandelt werden, als es hier geschehen ist. ( ).

**Chemiker-Kalender 1910.** Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle usw. Von Dr. R. Biedermann. In zwei Teilen. Berlin, J. Springer, 1910. Teil I: 385 S., Teil II: 580 S. Geb. in Leinw. M 4,—; geb. in Leder M 4,50.

Der bewährte Kalender hält sich in seinen beiden Teilen fortgesetzt auf der Höhe. Die wertvollen theoretischen Ausführungen, die durchgängig den neuen Anschauungen entsprechen, sowie die ungemein zahlreichen Angaben von Konstanten aus allen Gebieten machen das Buch für den praktischen Chemiker und Physiker zu einem unentbehrlichen Begleiter. ( ).

## Versammlungen und Vereine.

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

Sitzung am 29. Januar 1909. Herr Heyne demonstrierte einen neuen Kompensationsapparat (Marke „Nadir“), der im städtischen

Installationsbureau zu technischen Zwecken benutzt wird. — Derselbe zeigte die in den praktischen Übungen des Falk-Realgymnasiums angefertigten Kadmiumnormalelemente und demonstrierte ein hochempfindliches Galvanometer.

*Sitzung am 26. Februar 1909.* Herr Heit-chen sprach über die Herstellung stereoskopischer Photographien und zeigte verschiedene für diesen Zweck bestimmte Kameras, darunter eine, die zugleich als Betrachtungsapparat dienen kann. Er beschrieb ferner die Anwendung komplementärer Farben auf die Stereoskopie und die Projektion von Photographien sowie deren stereoskopische Betrachtung. Er teilte schließlich Rechnungen zur Photogrammetrie mit. — Herr Petzold projizierte seine auf dem Prinzip der Komplementärfarben beruhenden stereoskopischen Aufnahmen und sprach über sein Verfahren bei deren Herstellung.

*Sitzung am 26. März 1909.* Herr Hahn sprach über die Neueinrichtung der physikalischen Unterrichtsräume des Dorotheenstädt. Realgymnasiums. Herr Volkmann teilte die Erfahrungen bei der Neueinrichtung des physikalischen Instituts der Landwirtschaftlichen Hochschule, Herr Freese solche von den Pankower höhern Lehranstalten mit.

*Sitzung am 7. Mai 1909.* Herr Heyne sprach über den selbsttätigen Heber von NEUGEBAUER, woran sich eine längere Diskussion schloß. Herr Schenck teilte eine am KOLBESCHEN Elektroskop beobachtete Erscheinung mit.

*Sitzung am 11. Juni 1909.* Herr Volkmann zeigte einige technische Utensilien, u. a. einen Gravierapparat mit Uhrwerk, Karborundschleifstein, Pinzetten, Brenner für Lötzwecke. Derselbe demonstrierte eine Anzahl Interferenzversuche mit Spiegeln und Prismen sowie eine einfache Anordnung des Grundversuchs der Magnetinduktion. — Herr v. Czudnochowski besprach die Herstellung

von Kondensatoren und die Demonstration elektrischer Kraftlinien mit Hilfe von Papierbüscheln (diese Zeitschr. XXII, 362).

*Sitzung am 27. August 1909.* Anlässlich einer Anfrage fand eine Besprechung über die zweckmäßigste Art der Neueinrichtung eines physikalischen Kabinetts statt.

*Sitzung am 29. Oktober 1909.* Herr Poske sprach über die Notwendigkeit der Errichtung einer staatlichen Zentralanstalt für den naturwissenschaftlichen Unterricht, die ein Museum von Unterrichtsmitteln, eine Auskunfts- und Prüfungsstelle für Apparate, Ausbildungskurse für Lehramtskandidaten, Fortbildungskurse für Oberlehrer sowie Werkstatt und Fachbibliothek umfassen solle. (Die Begründung und der genauere Plan sind in einer vom Deutschen Ausschuss für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht veröffentlichten Denkschrift enthalten.) — In der darauf folgenden Diskussion fand der Vorschlag allseitige Zustimmung. — Herr Heyne sprach über die Einrichtung einer Eichstelle für Meßapparate im Falk Realgymnasium.

*Sitzung am 26. November 1909.* Herr Panck führte Versuche mit ungedämpften elektrischen Schwingungen nach Poulsen vor. Er demonstrierte zunächst den tönenden Lichtbogen und zeigte die Abhängigkeit der Tonhöhe von Kapazität und Selbstinduktion, beschrieb dann die Wirkungsweise des Ruhmerschen Flammenbogenunterbrechers und zeigte das Aufleuchten evakuierter Röhren in der Umgebung einer die Schwingungen aufnehmenden Spule sowie die Übertragung der Energie auf eine zweite mit der ersten gleichgestimmte Spule.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

Die Firma ROBERT ABRAHAMSOHN, Charlottenburg, Kantstr. 24, Spezialfabrik elektrischer Meßinstrumente und Widerstände, verwendet bei ihren Gleitwiderständen statt des Schieferkörpers ein dünnwandiges, stark emailliertes Stahlrohr. Hierdurch werden die Gewichte der Widerstände ganz erheblich reduziert und auch die Abkühlungsverhältnisse des Widerstandsträgers, der von sehr geringer Masse ist, vorteilhaft verbessert. Namentlich bei vertikaler Montage der Widerstände erzeugt die Stromwärme einen aufsteigenden Luftstrom, der die Kühlung des Widerstandes bewirkt.

Eine weitere Neukonstruktion der Firma besteht darin, daß sämtliche Typen von Gleitwiderständen ohne weiteres in Widerstände für Drehbewegung umgewandelt werden können, ohne daß irgendwelche wesentliche Veränderung mit dem Widerstand selbst vorgenommen zu werden braucht. Der Widerstand wird auf der Rückseite der Schalttafel montiert, während an der Vorderseite nur das Drehheft nebst einem kleinen Zeiger mit Skala angebracht ist. Diese Anordnung kommt in Betracht, wo man aus Raummangel, oder um stromführende Teile an der Vorderseite der Schalttafel zu vermeiden, die Widerstände



an der Rückseite der Tafel zu montieren wünscht.

Endlich ist eine Anordnung getroffen, bei welcher zwischen der Stromabnahmebürste und der Gleitstange ein Amperemeter geschaltet ist. Diese Anordnung schützt den Widerstand vor Überlastung, denn das Amperemeter ist mit einer der maximalen Stromstärke des Widerstandes entsprechenden Eichung

versehen. Das Amperemeter ist gleichzeitig mit dem Gleitschieber fest verbunden, so daß die Aufmerksamkeit des Experimentators nur auf einen Punkt gerichtet zu sein braucht.

Sämtliche Typen von Widerständen sowie auch die Anschlußapparate können mit einer Skala versehen werden, auf welcher entweder eine Grad-Einteilung, eine Ohm- oder aber eine Volt-Teilung aufgetragen werden kann.

### Zwei Kometen-Bahnen.

Die Karte (Fig. 1) stellt den Lauf des Kometen 1910a nach den in den Astronomischen Nachrichten veröffentlichten Beobachtungen und Ephemeriden dar. Hinzu-

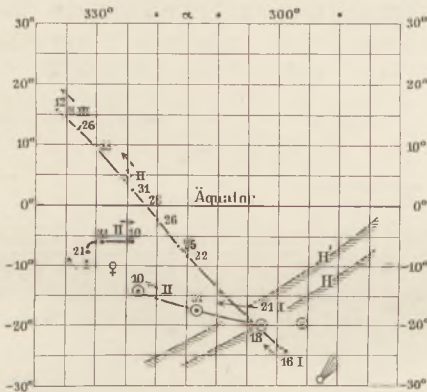


Fig. 1.

gefügt sind einige Orte der Sonne und der Venus sowie die Lage des Horizonts von Berlin zum Fixstern-Himmel bei Sonnenuntergang am 21. Januar (H) und am

morgens bei und nach Sonnenaufgang, dann auch fast im Zenit, beobachtet. Später erfuhr man, daß ihn schon am 12. und 13. Januar Arbeiter der Transvaal-Diamant-Mine gesehen hatten, die durch den Cullinan-Diamanten bekannt geworden ist. Bei seiner Auffindung soll der Komet 5 bis 10° SSW von der Sonne gestanden haben. Zum Verständnis dieser Angabe hat man die von der Sonne nach dem Nordpol des Himmels gezogene Linie als Nordrichtung, die im Sinne der täglichen Bewegung (in der Karte nach rechts) gezogene Linie als Westrichtung anzusehen. Die Helligkeit wurde etwa am 20. Januar mit der der Venus verglichen, hat dann aber schnell abgenommen.

Der Halleysche Komet, der zuletzt 1835 erschienen ist, wird seit September 1909 in Fernrohren beobachtet. Seine Bahn ist nach CROMMELINS Ephemeride in Fig. 2 dargestellt. Er wird am 19. Mai vor der Sonnenscheibe vorübergehen, vorher des Morgens,

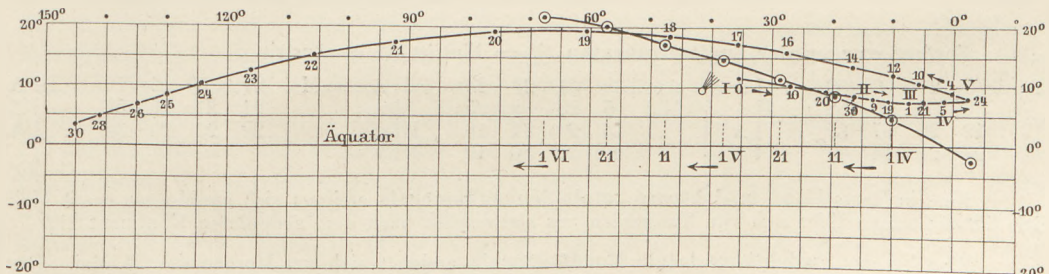


Fig. 2.

26. Januar (H'). Der Komet wurde am 15. und 16. Januar von Eisenbahnbeamten in Kopjes im Orange-Staat gesehen, auf die Nachricht hiervon auf der Sternwarte in Johannesburg (Transvaal) am 17. Januar

nachher des Abends sichtbar sein. Er läuft um die Sonne in einer Bahn, deren Neigung gegen die Ekliptik mäßig ist (17°), aber in entgegengesetzter Richtung wie die Planeten.

M. Koppe.

### Himmelserscheinungen im April und Mai 1910.

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

		April						Mai					
		3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28
♀	AR	0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	1 17	1.55	2.33	3. 8	3.38	4. 1	4.16	4.23	4.21	4.12	4. 2
	D	+ 3 <sup>o</sup>	+ 8 <sup>o</sup>	+ 12 <sup>o</sup>	+ 16 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 22 <sup>o</sup>	+ 23 <sup>o</sup>	+ 24 <sup>o</sup>	+ 23 <sup>o</sup>	+ 22 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>
☾	AR	21 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>	22.15	22.33	22.51	23. 9	23.28	23.48	0. 7	0.27	0.47	1. 8	1.29
	D	- 10 <sup>o</sup>	- 9	- 8	- 7	- 5	- 4	- 2	- 1	+ 1	+ 3	+ 5	+ 7
☉	AR	0 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	1. 6	1.24	1.42	2. 1	2.20	2.39	2.58	3.18	3.37	3.57	4.18
	D	+ 5 <sup>o</sup> 5'	+ 6 <sup>o</sup> 59'	+ 8 <sup>o</sup> 50'	+ 10 <sup>o</sup> 38'	+ 12 <sup>o</sup> 20'	+ 13 <sup>o</sup> 58'	+ 15 <sup>o</sup> 30'	+ 16 <sup>o</sup> 56'	+ 18 <sup>o</sup> 15'	+ 19 <sup>o</sup> 26'	+ 20 <sup>o</sup> 28'	+ 21 <sup>o</sup> 22'
♂	AR	4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	4.56	5.10	5.24	5.37	5.51	6. 4	6.18	6.32	6.45	6.59	7.12
	D	+ 24 <sup>o</sup>	+ 24	+ 24	+ 25	+ 25	+ 25	+ 25	+ 25	+ 25	+ 24	+ 24	+ 24
♃	AR	12 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>		12.32		12.28		12.24		12.21		12.20	
	D	- 2 <sup>o</sup>		- 2		- 1		- 1		- 1		- 1	
♄	AR	1 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>						1.48					
	D	+ 7 <sup>o</sup>						+ 9					
☉	Aufg.	5 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	5.22	5.11	5. 0	4.49	4.39	4.29	4.19	4.11	4. 3	3.56	3.50
	Unterg.	18 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	18.43	18.51	19. 0	19. 9	19.18	19.26	19.34	19.42	19.50	19.58	20. 4
☾	Aufg.	3 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	5.21	6.59	12. 5	18. 4	23.58	2.48	4.11	7.18	13.34	19.27	—
	Unterg.	9 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	16.42	—	3.33	4.45	6.12	11.18	18.41	0.16	2.32	3.32	6.33
Sternzeit im mittl. Mittg.		0 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	1. 3.19	1.23. 1	1.42.44	2. 2.27	2.22.10	2.41.53	3. 1.35	3.21.18	3.41. 1	4. 0.44	4.20.26
Zeitgl.		+ 3 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	+ 2. 6	+ 0.44	- 0.30	- 1.35	- 2.28	- 3. 9	- 3.38	- 3.48	- 3.46	- 3.31	- 3. 3

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	April 9, 22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> Mai 9, 6 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	April 16, 15 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> Mai 16, 3 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	April 24, 14 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> Mai 24, 6 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	April 3, 1 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> Mai 2, 14 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> Mai 31, 24 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	zuletzt abends 1 Stunde lang sichtbar	1 bis 3/4 Stunden lang als Morgenstern sichtbar	abends zuletzt noch 3 1/4 Stunden lang sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar	unsichtbar, Konjunktion am 17.
im Mai	wird Mitte des Monats wieder unsichtbar	1/2 bis 3/4 Stunden lang als Morgenstern sichtbar	zuletzt nur noch 1 1/4 Stunden lang sichtbar	zuletzt abends nur noch 4 Stunden lang sichtbar	unsichtbar

#### Verfinsterungen der Jupitertrabanten (E = Eintritt, A = Austritt):

April 5 21 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 39	IA	April 30 21 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	IIA	Mai 21 0 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup>	IIIA
6 0 20 58	IIA	Mai 5 23 8 25	IA	21 21 25 58	IA
12 22 57 30	IA	13 20 44 18	IIIA	28 23 20 36	IA
28 21 14 7	IA	20 22 30 19	IIIE		

Eine in Deutschland **unsichtbare totale Sonnenfinsternis** ereignet sich am Morgen des 9. Mai. Die Totalitätszone zieht sich von Tasmanien aus südwestlich nach dem südpolaren Kontinent hin.

Eine bei uns **unsichtbare totale Mondfinsternis** ereignet sich am Morgen des 24. Mai. Der Eintritt des Mondes in den Kernschatten erfolgt um 4<sup>h</sup> 47<sup>m</sup>, während der Mond für Berlin bereits um 3<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> untergeht.

Die Mitteilungen über **veränderliche Sterne** stellen wir von jetzt ab ein, da hierfür nur bei einem kleinen Teil unserer Leser Interesse vorhanden zu sein scheint. Jeder, der sich mit der Beobachtung veränderlicher Sterne befaßt, wird doch wohl eine ausführlichere Ephemeride, etwa die von Hartwig oder die im *Pariser Annuaire* enthaltene, benutzen. Die Minima der Algotsterne werden übrigens auch in den „Mitteilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik“ (Berlin, F. Dümmler) angegeben.

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.