

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1903.

Parallelversuche mit einer schwingenden Saite und mit einem Kautschukschlauch.

Von

Dr. E. Giltay in Wageningen (Holland).

Ursprünglich war meine Absicht nur, meinen Schülern das Prinzip der Interferenz in Erinnerung zu bringen, und zwar zur Erläuterung der sehr hinderlichen Licht- und Schattenringe, die an mikroskopischen Objekten bei Beleuchtung mit schmalen Lichtkegeln auftreten. Es zeigte sich aber, daß die dazu gebrauchte Einrichtung auch weitere Verwendung finden könnte.

Ich wählte zunächst den von TYNDALL¹⁾ empfohlenen, mit Sand gefüllten und an einem Ende aufgehängten Kautschukschlauch. Weil mir aber daran gelegen war, die Analogie mit einer gewöhnlichen tönenden Saite weiter zu führen, ließ ich das andere Ende des Schlauches nicht frei, sondern die beiden (nahe an Decke und Boden reichenden) Enden wurden eingeklemmt und der Schlauch in verschiedenem Grade gespannt²⁾.

Der Schlauch besteht aus schwarzem Kautschuk bester Qualität (Para-Gummi); er ist 2 cm dick und mit sehr feinem Sand gefüllt. Die ganze Vorrichtung ist in Fig. 2 (auf S. 195) dargestellt. Das obere Ende des Schlauches ist über ein kupfernes Endstück geschoben (Fig. 1), welches zur bequemen Festmachung dieses Endes dienen soll. Bei *Co* trägt es einen konisch geschliffenen Ansatz, und dieser Teil paßt genau in eine Hülse *H* (Fig. 2). Am anderen Ende wird ein Zylinder aufgeschraubt, der bei *Cy* (Fig. 1) abgenommen dargestellt ist. Dieser ist mattschwarz und hat einen weißen Ring, der dazu dient, um auch in größerer Entfernung den Endpunkt des Schlauchs zu markieren. Der Schlauch wird emporgehüßt mit einem Seil, welches bei *b* (Fig. 2) leicht lösbar an einem Flaschenzug befestigt ist. Am Endstück *Co* (Fig. 1) wird dieses Seil befestigt mittels eines besonders eingeschraubten Teils *e*. Die Schraube *S* soll verhindern, daß sich *e* durch die Schwingungen des Schlauches vielleicht allmählich löst. Will man den Schlauch gebrauchen, so wird das Seil *S* des Flaschenzugs (Fig. 2) angezogen. Hierdurch bringt man zunächst *Co* in die Hülse *H*; zieht man noch mehr an, so wird das Gewicht *G* gehoben, sodaß dessen ganze Schwere *Co* in der Hülse hält; *S* wird dann bei *f* befestigt. Das andere Ende des angezogenen Schlauchs wird durch Klemme *K* bewegungslos gemacht. Zum Abmessen der Lage der Knotenpunkte dient der Maßstab *M*, welcher der Bequemlichkeit halber in zwei Teile



Fig. 1.

¹⁾ John Tyndall, Sound, 7th ed. S. 90.

²⁾ Beim Nachschlagen sehe ich, daß Tyndall gelegentlich auch (S. 96) einen an beiden Enden befestigten Schlauch verwendet hat.

zerlegbar ist; dieser hat unten einen konischen Stift, welcher in ein Brettchen (B) paßt, das mit 4 Schrauben (v) so gestellt werden kann, daß M zum Schlauch parallel läuft. Der Maßstab ist größtenteils mattschwarz angestrichen; die darauf vorhandene Einteilung in Intervallen von 1 dm ist in hellen Farben aufgetragen. Bei den Teilstrichen befinden sich in der Figur nicht sichtbare Maßzahlen; nur die durch besondere Farben hervorgehobenen Höhen von 1,0, 1,5 und 2,0 Meter sind auch in unserer Figur angegeben³⁾. Wenn beide Enden des Schlauchs unbeweglich festgemacht sind, läßt man noch vor dem eigentlichen Versuch den hellen Schirm Sch fallen, damit die Schwingungsform des Schlauchs besser hervortritt.

Dieser Schlauch war nicht nur für meinen speziellen Zweck geeignet, es ließen sich mit demselben auch mehrere Versuche, die sonst nur mit dem Sonometer ausgeführt werden, sehr instruktiv anstellen. Bei einer Spannung wie der Schlauch sie gestattet, ist zwar kein Ton zu hören, aber die verschiedenen Schwingungen sind um so besser sichtbar, sodaß sich beiderlei Experimente aufs beste ergänzen dürften.

Die von mir in dieser Richtung bisher ausgeführten Versuche sind im folgenden in vier Gruppen zusammengestellt.

1a. Der Schlauch wird in bekannter Weise zur Demonstration laufender und stehender Wellen verwendet. Die Hand wird lose um das untere Ende des Schlauchs gelegt, und diesem in einer zur Länge des Schlauchs senkrechten Richtung ein Stoß erteilt. Dieser Stoß erzeugt eine Welle, die man den Schlauch hinauflaufen, oben reflektiert und dabei umgekehrt werden, und wieder zurücklaufen sieht. Durch Zählen bestimmen wir die für einen Hin- und Hergang erforderliche Zeit t . Welche Welle wir durch den Stoß erzeugten, tut zunächst nichts zur Sache, denn wir beabsichtigen nur die Zeit t zu kennen, und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist für sämtliche Wellen gleich. Nur ist vielleicht die Bestimmung etwas leichter bei einer sehr kurzen Welle.

Bekanntlich ist nun das Intervall t gleich der Schwingungszeit, während welcher der Schlauch als Ganzes eine stehende Schwingung ausführt, und um diese stehende Schwingung zu erzeugen, wird es genügen, daß wir irgend einer Stelle des Schlauches eine Transversalschwingung mit der Schwingungszeit t erteilen. Es ist leicht, dies direkt mit der Hand zu tun, wenn man sich nur größtenteils vom Schlauch selbst führen läßt. Wenn man nämlich nach Bestimmung von t den Schlauch wiederum lose umfaßt, und diese Stelle einfach mit der Hand im Intervall t hin und her bewegt (wobei die Bewegung der Hand nicht die einer Schwingungsbewegung zu sein braucht), so fühlt man sofort die Neigung des Schlauches, in einer bestimmten Art hin- und her zu gehen. Man hat dann weiterhin nichts zu tun, als dieser Bewegung zu folgen und allerdings dabei zugleich die Hin- und Hergänge zu unterstützen. Die Schwingung, die wir auf diese Weise hervorbringen, nennen wir aus Analogie mit einer tönenden Saite die Grundtonschwingung.

Bei nur geringer Übung gelingt es weiterhin leicht, auch noch verschiedene andere Schwingungsweisen des Schlauches hervorzurufen. Wenn ich nämlich zweimal so schnell zähle als vorher, und dann eine Stelle nahe beim unteren Ende des

³⁾ Während die sonstigen Teilstriche und Zahlen gelb sind, sind 1,0 und 2,0 rot und 1,5 in zwei Farben vorhanden: blau (auf dem unteren Teil des Maßstabs), und weiß (auf dem oberen). Blau 1,5 dient also zum Markieren des Knotenpunkts des ersten Obertons eines gewichtslos gedachten Schlauchs; weiß 1,5 dagegen für den mittleren Knotenpunkt des dritten. Wird dieser letztere Oberton besonders betrachtet, dann werden seine beiden anderen Knotenpunkte mit Kreide angegeben (also in übereinstimmender Farbe).

Schlauches mit dem Intervall $t/2$ hin- und herführe, so wird gerade, wenn ich die Hand zum zweiten Mal von links nach rechts zu bewegen anfangte, die vorige Bewegung oben angekommen sein und, als umgekehrte Bewegung reflektiert (also von rechts nach links gehend), wieder beginnen den Schlauch hinabzulaufen. Wo sich diese beiden Bewegungen begegnen, werden sie sich — weil entgegengesetzt und wenigstens nahezu gleich — aufheben. Diese Aufhebung wird jedoch nicht nur für das betrachtete Stadium der Schwingung eintreten, sondern ebenso für alle andern Stadien. An der angegebenen Stelle wird also ein Knotenpunkt auftreten, und der Schlauch schwingt nunmehr in der Oktave des Grundtons; wir können dies — wieder aus Analogie mit einer tönenden Saite — die Flageolet-Oktave nennen.

Es liegt vielleicht auf der Hand, den erwähnten Knoten in der Mitte des Schlauchs zu erwarten. Bei genauerem Zusehen stellt es sich leicht heraus, daß er etwas tiefer liegt, und dies ist auch sehr begreiflich, denn der obere Teil des Schlauchs wird nicht nur gespannt durch den Zug, den das Anziehen erzeugte, sondern auch durch das Gewicht des unteren Teils. Der obere Teil ist also etwas stärker

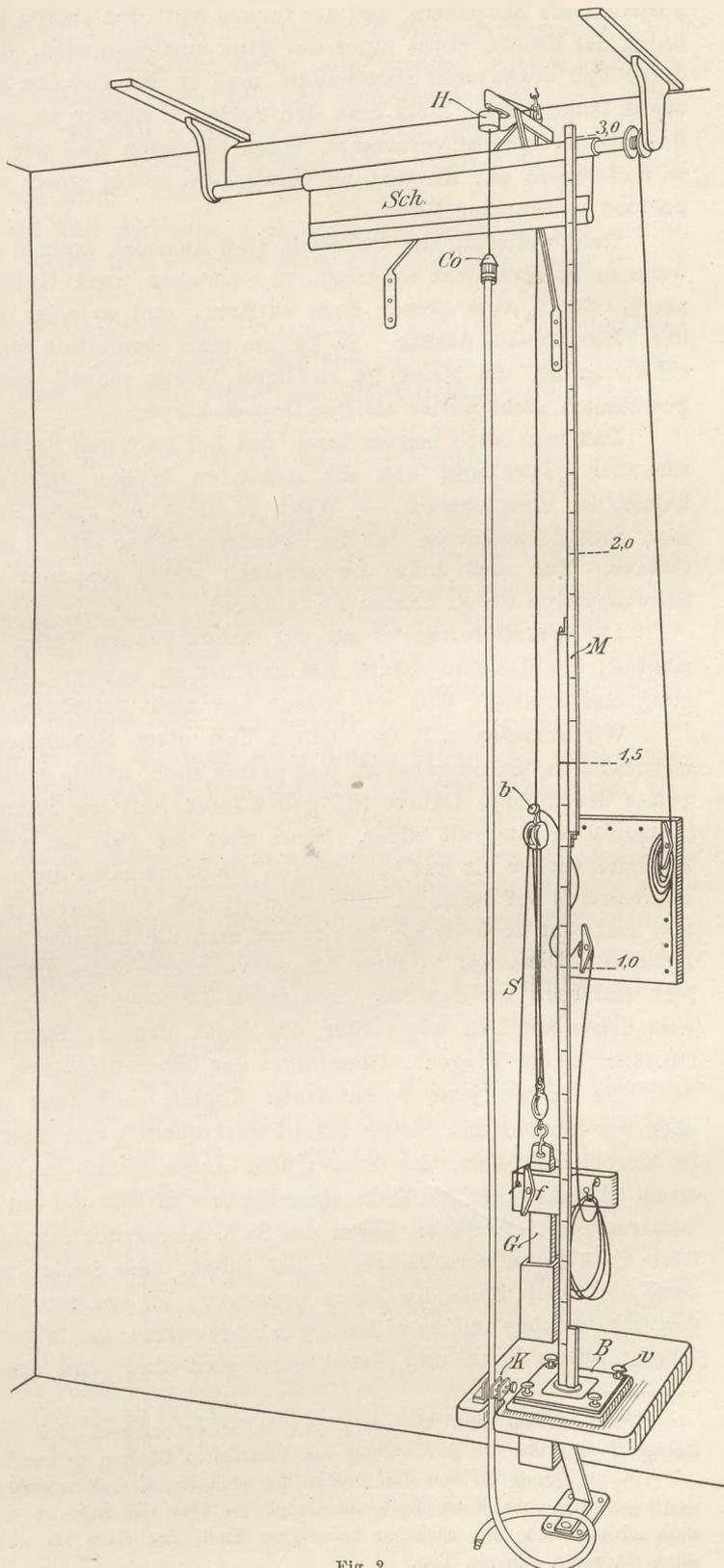


Fig. 2.

gespannt als der untere, und der Impuls wird den oberen etwas schneller durchlaufen, sodaß der Knoten etwas unter der Mitte entstehen wird. Oder anders gesagt: weil der obere Teil etwas mehr gespannt ist, muß er, um dieselbe Schwingungsdauer zu haben, etwas länger sein. Zieht man den Schlauch stärker an, sodaß die Spannung, welche das eigene Gewicht verursacht, einen kleineren Teil der gesamten Spannung bildet, so nähert sich der Knoten der Stelle, die er bei einem gewichtslosen Schlauch einnehmen würde: der Mitte.

Geht weiterhin der Schlauch, statt zweimal, dreimal so schnell hin und her, als wenn er im Grundton schwingt, so entstehen zwei Knoten (wiederum etwas mehr als $\frac{1}{3}$ oder $\frac{2}{3}$ vom oberen Ende entfernt), und es zeigt sich deutlich die Bewegung der Flageolet-Duodezime. So könnte man theoretisch weitergehen; weil es jedoch schwierig ist, die Hand im richtigen Tempo schnell genug zu bewegen, gehe ich gewöhnlich nicht weiter als zur Doppeloktave.

Daß man auch zeigen kann, daß bei stärkerer Spannung die laufenden Wellen schneller gehen und daß die stehenden Wellen eine geringere Schwingungszeit haben, ist einleuchtend. — Wenn es nicht auf große Genauigkeit ankommt, kann man auch demonstrieren, daß der Grundton halb so schnell schwingt als die (Flageolet)-Oktave. Nur muß dann der Schlauch wenig gespannt sein, sonst kann man den Schwingungen durch Zählen nicht folgen.

1b. Parallelversuche an der schwingenden Saite. Bei einer Saite ist es unmöglich, die Hand so schnell hin und her zu bewegen, daß die erforderliche Schwingung erzielt wird. Was wir jedoch hier nicht vermögen, tut eine Stimmgabel.

Wir stimmen z. B. den dritten Teil einer Sonometersaite genau auf eine gewöhnliche (a_1 -)Stimmgabel ab, und prüfen auch, ob die ganze Saite, die nun die Unterquinte der tieferen Oktave (d) geben muß, mit der Stimmgabel das entsprechende harmonische Intervall bildet. Wenn dies der Fall ist, verkürzen wir mit dem Steg die Saite wieder bis auf $\frac{1}{3}$, schlagen die Stimmgabel an und legen dieselbe mit einer Zinke sofort auf die Saite. Diese bewegt sich, wie begreiflich ist, in demselben Tempo mit, und tönt noch einige Zeit, wenn man die Stimmgabel sofort darauf wieder entfernt hat. Diese auf $\frac{1}{3}$ ihrer Länge verkürzte Saite ertönt also in ihrem Grundton. Nun entfernen wir den Steg, und legen die tönende Gabel wieder auf. Wir erhalten jetzt denselben Ton wie vorher, das heißt also, die Saite schwingt in ihrem zweiten Oberton: in der Flageolet-Oberquinte der höheren Oktave.

Die beiden jetzt vorhandenen Knoten sind zwar nicht unmittelbar sichtbar, aber wir können uns mittels eines Papierreiters⁴⁾ von ihrer Existenz überzeugen. Es ist hierbei instruktiv, die Stimmgabel abwechselnd in zwei Arten aufzulegen, und zwar: a) ganz nahe am Ende einer Zinke und b) nahe am Stiel, und dann in diesem letzteren Fall die Gabel, gegen die Saite angedrückt, ganz gleichmäßig und gelinde über dieselbe zu verschieben, sodaß zuletzt eine Stelle der Gabel aufliegt, die sich nahe am freien Ende der Zinke befindet⁵⁾. Im ersteren Fall wird der Reiter anfangs deutlich unruhig und zuweilen sogar abgeworfen; im letzteren gelingt es bei geringer Übung, wenn Saite und Gabel ganz glatt sind (und also z. B. ganz frei von Rost-

⁴⁾ Dieselben sind hier möglichst leicht zu nehmen. Ich verwende immer das sehr dünne farbige Papier, das zur Anfertigung von künstlichen Blumen gebraucht wird.

⁵⁾ In Bezug auf den Fall b füge ich noch hinzu, daß es sich empfiehlt, die aufgelegte Gabel nicht nur nach dem freien Ende der Gabel hin über die Saite zu verschieben, sondern sie zugleich auch seitlich nach dem nächsten befestigten Ende der Saite hin zu bewegen. Man bekommt dann einen stärkeren reineren Ton.

flecken), den Reiter fast oder ganz ruhig zu halten. Die Erklärung scheint mir einleuchtend. Im ersteren Fall empfängt der Reiter den ziemlich starken Stoß des ersten von der Gabel ausgehenden und noch nicht mit einer reflektierten Welle interferierenden Impulses; im letzteren Fall ist jedoch dieser erste Impuls sehr schwach und weiterhin empfängt der Reiter nur noch Stöße, deren größter Teil von einer rückläufigen Welle aufgehoben wird.

Stimmt man den dritten Teil der Saite z. B. einen Ton tiefer als die tönende Gabel, und legt man diese wieder auf, so erhält man, wie begreiflich, nur ein unangenehmes Geklirr.

2a. Es wurden beim Sonometer auch Flageolettöne nach der gewöhnlichen Manier erzeugt, die bekanntlich darin besteht, daß man an einen Punkt, der zum Knoten werden soll, den Finger ganz lose anlegt und die Saite dann reißt oder anstreicht⁶).

2b. Die Analogie ist am Schlauch wieder leicht zu erzielen. Man hat nur, wie unter 1a beschrieben, zunächst die Lage der Knotenpunkte, z. B. der Flageolet-Oktave und die ihrer Quinte möglichst genau zu bestimmen und die Stelle mit Kreide zu markieren. Wenn man dann an dieser Stelle mit dem umgebogenen Finger oder mit den Spitzen zweier Finger den Schlauch festhält, kann man denselben zupfen, wie es Tyndall schon gemacht hat⁷). Schöner jedoch gelingt die Sache — und mehr der Art entsprechend, wie es bei einer Saite geschieht — wenn man ihn anstreicht. Man kann dann einfach den Schlauch lose in den Winkel zwischen zwei Fingern legen (ich verwende immer Daumen und Zeigefinger), sodaß er nicht eigentlich gefaßt wird, und ihn dann in der Richtung nach diesem Winkel hin anstreichen. Auch dürfte das Anstreichen selbst eine nicht unhübsche Analogie sein zu dem, was bei einer Saite geschehen kann.

Ich verwende hierbei ein Instrument, das dem Bogen unserer Streichinstrumente nachgebildet ist. Es besteht aus einem Stück spanischen Rohrs, das mittels einer mit größeren Knoten versehenen Schnur in Bogenform gespannt wird. Die Schnur des Bogens wird hergestellt aus bestem Flanell; Tau würde den Schlauch zu sehr verletzen. Sie wird aus 3 Bündeln zusammengedreht, jedes aus 3 Bändern bestehend von ca. 1½ cm Breite. Die Knoten werden in ca. 5 cm Entfernung angebracht und sind ca. 3 cm dick. Wenn man mit diesem Bogen den Schlauch anstreicht, geschieht, was bei einer Saite unter dem Einfluß des Bogens stattfindet: der Schlauch wird vom Bogen mitgeführt, bis die dadurch geweckte Spannung so groß geworden ist, daß er zurückschnellt; er wird dann aufs neue mitgeführt u. s. w.⁸). Die Knoten

⁶) Beiläufig mag erwähnt werden, daß bei unseren Streichinstrumenten, soviel ich weiß, durch Anreißen erhaltene Flageolettöne nur bei der Gitarre vorkommen; bei den Streichinstrumenten werden sie wohl nur durch Anstreichen erhalten und nie pizzicato gemacht. Früher scheint ein jetzt wenig bekanntes Instrument sehr verbreitet gewesen zu sein, bei dem die einzige darauf vorkommende Saite, außer im Grundton, nur noch in Flageolettönen gestrichen wurde. Es ist dies der Trumscheit (Trompetgeige, Tromba marina, trompette marine), dessen Klangfarbe mit der einer Trompete Ähnlichkeit gehabt haben soll, und der daher auch in Nonnenklöstern zum Spielen von Trompetenpartien ziemlich viel Verwendung gefunden hat; vergl. V. C. Mahillon, Catalogue descriptif & analytique du musée instrumental du conservatoire de Bruxelles, namentlich T. I, 2e ed. Gand, Ad. Hoste 1893, S. 310 (dort und in T. 3 S. 36 auch abgebildet). In Riemanns Musiklexikon (4. Aufl.) wird erwähnt, daß es auch noch hinzugefügte Saiten geben konnte, die stets als Bordune mitgestrichen wurden. Es scheint dies jedoch für keines der Exemplare vom Konservatorium in Brüssel zu gelten.

⁷) Tyndall, l. c. S. 96.

⁸) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen, 5. Ausg., 1896, S. 142.

der Schnur geben also die zum Mitführen des Schlauchs erforderliche größere Reibung, und ersetzen das Kolophonium am Geigenbogen. Wenn man in der beschriebenen Weise nun den Schlauch an einer der gefundenen Knotenstellen ruhig hält und ihn in der erwähnten Richtung mit dem Bogen anstreicht, so kommt die der gewählten Knotenstelle entsprechende Flageolet-Schwingung sehr schön zum Vorschein.

3a. Obertöne in den Klängen tönender Saiten werden am Sonometer in bekannter Weise durch Reißen oder Anstreichen und nachheriges Dämpfen an der Stelle irgend eines Obertons in bekannter Weise demonstriert.

3b. Auch unser Schlauch kann sehr schön zu analogen Experimenten dienen. Hierzu spannt man denselben zunächst etwas stark an und bestimmt wieder genau die Lage der Knotenpunkte bei 3–4 Obertönen. Man kann nun den Schlauch wieder reißen oder anstreichen. Wenn man ihn anstreicht, erhält man eine anscheinend ziemlich unregelmäßige Bewegung, obgleich ihre Periodizität wohl bemerkbar ist.

Um nun zu zeigen, daß in dieser Bewegung einfachere Schwingungen vorhanden sind, fasse ich während ein paar Sekunden mit Daumen und Zeigefinger den Knotenpunkt des ersten Obertons an, und zwar sofort nach dem Anstreichen. An dieser Stelle bleibt er nun in Ruhe, die Schwingungen, die hier keinen Knotenpunkt haben, werden zerstört. Überall sonst jedoch bleibt er noch einige Zeit in Bewegung und führt die Schwingungen des ersten Obertons aus, zugleich aber auch diejenigen des dritten, des fünften u. s. w. Weil die höheren aber schwach sind, treten hauptsächlich doch die Bewegungen des ersten hervor.

In ähnlicher Weise können höhere Obertöne in solchen durch Anstreichen erhaltenen komplizierten Schwingungen demonstriert werden.

Wenn jemand, dem die Lehre von den schwingenden Saiten unbekannt ist, die anscheinend unregelmäßige Bewegung sieht, in die der Schlauch durch den Bogen versetzt wird, so könnte er meinen, daß sozusagen jede Bewegung im Schlauch vorhanden wäre, daß also jede Stelle zu einem Knotenpunkt deutlicher Schwingungen gemacht werden könnte. Bekanntlich ist dem nicht so, und es sind in einer klingenden Saite die Obertöne nur bis zu einer gewissen Höhe und meistens noch mit sehr stark verminderter Intensität nachzuweisen. An unserem Schlauch ist Ähnliches wiederum sehr leicht ad oculos zu demonstrieren.

Hierfür wollen wir zunächst in Betracht ziehen, daß der vierte Oberton der nächste Partialton ist, der bei einer gespannten Saite einen Knotenpunkt hat zwischen dem Knotenpunkt des ersten und einem der beiden des zweiten Obertons. Nachdem nun der Schlauch wieder kräftig angestrichen ist, fasse ich ihn genau in $\frac{2}{5}$ vom unteren Ende, an einem Punkt, den wir bei unserem Schlauch zwischen den beiden mit Kreide markierten des ersten und zweiten Obertons liegen sehen. Innerhalb weniger Sekunden ist dann alle Schwingung zur Ruhe gekommen. Der berührte Punkt kann nicht Knotenpunkt des vierten Obertons sein (weil der Schlauch nicht gewichtslos ist); er könnte als Knotenpunkt nur höheren Partialtönen angehören. Aber, wenn dies auch der Fall wäre, dann wären diese Partialschwingungen doch nicht oder kaum mehr merkbar. Man ist bei dem letzteren Versuch durchaus nicht auf einen Punkt beschränkt, der gerade $\frac{2}{5}$ von einem Ende entfernt ist. Es ist aber gut, nicht tiefer zu gehen, denn dann könnte man gerade auf einen Knotenpunkt des vierten Obertons stoßen, was man daran bemerkt, daß der Schlauch nicht alsbald in völlige Ruhe übergeht. Die genaue Lage der Knotenpunkte des vierten Obertons ist übrigens, wenn es darauf ankommt, noch sehr wohl zu bestimmen.

4a. Bekanntlich ist bei einer Saite die Art, worin sie in Bewegung gebracht wird, und die Stelle, wo dies geschieht, von großem Einfluß auf die Klangfarbe. Nach Helmholtz kommen sogar die Töne, die an der gerissenen Stelle einen Knotenpunkt haben, gar nicht in dem Klang vor⁹⁾.

4b. Beim Schlauch sieht man Analoges. Reiße ich denselben am Knotenpunkt des ersten Obertons und bringe dann diese Stelle mit Daumen und Zeigefinger zur Ruhe, so ist alsbald im Schlauch eine Schwingungsbewegung kaum noch oder garnicht mehr vorhanden. Reiße ich alsdann dieselbe Stelle, aber dämpfe an einem Knoten des zweiten Obertons, so kommt die Schwingung dieses Tones sehr deutlich zum Vorschein u. s. w.

Der beschriebene Schlauch scheint mir mit Vorteil auch noch in verschiedenen anderen Fällen verwendbar zu sein, die ich aber bis dahin nicht verwirklichen konnte, weil die Physik meiner gewöhnlichen Tätigkeit fernliegt. Die vornehmsten davon werden im folgenden kurz besprochen.

1. Demonstration der Resonanz. Zu diesem Zweck würde ich die Hülzen *H* (Fig. 2) zweier Schläuche mittels eines Bügels an einer Kette aufhängen und ihre seitliche Verbindung herstellen mittels eines elastischen Metalldrahtgewebes (bestehend aus ineinandergedrehten Spiralen), wie es die Firma Auping in Deventer (Holland) für ihre Matratzen verwendet.

2. Synthese und Analyse verschiedener Schwingungsformen.

Oben haben wir gesehen, daß, wenn die Hand in geeigneter Weise den Schlauch hin und her bewegt, dieser in stehende Schwingung übergeht. Wenn man — wie oben angegeben — mit der Hand der Neigung des Schlauchs soviel wie möglich folgt, so wird, wenigstens der Hauptsache nach, die stehende Welle einer einfachen Schwingung erhalten werden; denn in der auf diese Weise hervorgerufenen Bewegung lassen sich nur schwache Obertonschwingungen demonstrieren, im Gegensatz zu dem, was sich zeigt, wenn der Schlauch gerissen oder gestrichen wird.

Wir können uns aber auch vorstellen, daß ein Punkt des Schlauches dazu gebracht wird, eine zusammengesetzte Schwingung auszuführen, das heißt also eine Bewegung, welche die Resultante wäre von zwei oder mehr einfachen Schwingungen und die dann einzeln auch noch in verschiedener Amplitude vorhanden sein könnten. Es wäre wohl unmöglich, dies ohne Hilfsapparate zu erreichen. Wie mir mein Kollege van Dam mitteilt, könnte das, was ich wünsche, nach einiger Modifikation, wahrscheinlich erreicht werden mit dem von ihm konstruierten Apparat zur Zusammensetzung von Wellenbewegungen¹⁰⁾. Mit diesem muß es möglich sein, eine von der Hand ausgeübte gleichmäßig rotierende Bewegung so zu transformieren, daß eine aus zwei einfachen Schwingungen resultierende Schwingungsbewegung entsteht. Wäre z. B. für die eine dieser Schwingungen die Schwingungszeit t vom Grundton des Schlauchs gewählt und für die andere die Schwingungszeit $\frac{1}{2} t$ und dieser letzteren auch eine kleinere Amplitude gegeben, so würde, falls die resultierende Schwingung auf den Schlauch übertragen würde, eine Schwingungsform entstehen, von der man ein Stadium bei Helmholtz, a. a. O., S. 50, Fig. 11 C abgebildet findet.

⁹⁾ Ich muß gestehen, daß ich an meinem Sonometer diesen Ton, wenn auch zuweilen sehr schwach, immer noch höre. Das Resultat scheint aber sehr abzuhängen von der Genauigkeit, mit der die richtige Stelle getroffen wird.

¹⁰⁾ Diese Zeitschrift, VII. Jahrg., 1894, S. 178.

Diese Schwingungsform ist aber nicht die einer echten stehenden Welle; die Punkte befinden sich zwar zu gleicher Zeit in der Gleichgewichtslage, aber die größten Abweichungen werden nicht in demselben Moment erreicht. Wie eine einfache Konstruktion zeigt, bleibt immer eine den Schlauch entlang auf- und ablaufende Welle von veränderlicher Höhe bestehen.

Diese, und bei entsprechender Veränderung im wellenerzeugenden Apparat auch andere Schwingungsformen, müßten sich also an unserem Schlauch hervorbringen lassen.

Man könnte aber die im Schlauch erregten Schwingungsformen auch wieder analysieren. Durch Dämpfen an der Stelle der Knotenpunkte gewisser darin vorhandenen Bewegungen könnte man diese bestehen lassen, aber andere, die an denselben Punkten Bäuche hätten, ausschalten. Hierdurch wäre es vielleicht möglich, zu zeigen, daß in dem bewegenden Schlauch nur diejenigen Partialerschwingungen deutlich nachzuweisen sind, die auch im wellenerzeugenden Apparat tätig sind, daß aber alle anderen ganz oder fast fehlen. Die Ausführung des Dämpfens muß natürlich so geschehen, daß man nicht durch ungeschickte Stöße neue Bewegungen im Schlauch hervorruft.

Wenn man vielleicht einige Mühe hat, dies zu erreichen, so dürfte es sich empfehlen, den Schlauch zu fassen mittels zweier einander mit den Haaren zugewendeter Bürsten.

3. Bildliche Fixierung des Übergangs von laufenden in stehende Wellen. Obgleich sich beim Schlauch die stehenden Wellen sehr gut mit dem Auge verfolgen lassen, sind doch seine Bewegungen noch zu schnell, um den Übergang der laufenden in stehende Wellen wahrnehmen zu können. Meiner Meinung nach wäre dies aber dadurch zu erreichen, daß der Schlauch beim Beginn der Bewegung kinematographisch aufgenommen wird, nachher könnten zum Studium und zur Demonstration die Aufnahmen mit jeder gewünschten Verzögerung projiziert werden. Diese Methode hätte vor der stroboskopischen den Vorteil, daß sich mit ihr das Entstehen der stehenden Wellen verfolgen ließe, was mir nicht ohne Interesse zu sein scheint.

Januar 1903.

Direkte und indirekte Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Wellenbewegung.

Von

Dr. W. Elsässer in Charlottenburg bei Berlin.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit, mit der sich eine Wellenbewegung in einem homogenen Mittel fortpflanzt, benutzt man zwei verschiedene Methoden, eine direkte und eine indirekte. Im ersten Falle mißt man die zum Durchlaufen einer vorher bestimmten Strecke gebrauchte Zeit und bestimmt hieraus den Weg, um den die Erschütterung in einer Sekunde fortschreitet, im anderen Falle benutzt man die Beziehung, die bei jeder Wellenbewegung zwischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Schwingungszahl und Wellenlänge besteht. Diese durch die Formel $c = n \cdot \lambda$ ausgedrückte Beziehung gestattet, wenn λ und n bekannt sind, die Geschwindigkeit der Fortpflanzung in jedem einzelnen Falle zu berechnen. Im allgemeinen sind die indirekten Bestimmungen leicht ausführbar, sie finden daher auch im Unterricht ohne weiteres Verwendung. Anders steht es mit den direkten Messungen. Diese haben

bisher in den physikalischen Unterricht kaum Eingang gefunden, obgleich die unmittelbare Anschaulichkeit derselben es wünschenswert macht, wenigstens in einem Falle dem Schüler die hier zur Verwendung kommende Methode vor Augen zu führen. Die Gründe hierfür liegen in den experimentellen Schwierigkeiten, mit denen die meisten dieser Versuche verbunden sind. Das gilt nicht nur für das Gebiet der Optik und der Elektrizitätslehre — die hierher gehörigen Versuche bleiben Laboratoriumsversuche und können für die Schule nicht in Betracht kommen — auch die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit enthält noch mancherlei Unbequemlichkeiten, die zur Vornahme eines Versuchs im Unterricht wenig ermuntern.

Das Charakteristische beider Methoden läßt sich leicht vor Augen führen, wenn man die Schwingungen weicher Fäden benutzt. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Transversalwellen ist hier verhältnismäßig gering und kann daher ohne Schwierigkeiten direkt bestimmt werden, andererseits läßt sich die Wellenlänge aus den schön ausgebildeten stehenden Wellen und der Lage ihrer Knotenpunkte bequem messen.

1. Indirekte Bestimmung von c .

Eine kräftige, 2 mm dicke Stahlfeder von 20 cm Länge und 5 cm Breite wird bei A (Figur 1) so festgeklemmt, daß sie vertikale Schwingungen ausführen kann. Die Schwingungen werden dadurch hervorgerufen, daß man das freie Ende mit der Hand herunterbiegt, und dann wieder los läßt. Sie verlöschen wegen der nicht unbeträchtlichen Dämpfung allerdings bald, aber ihre Dauer reicht für die folgenden

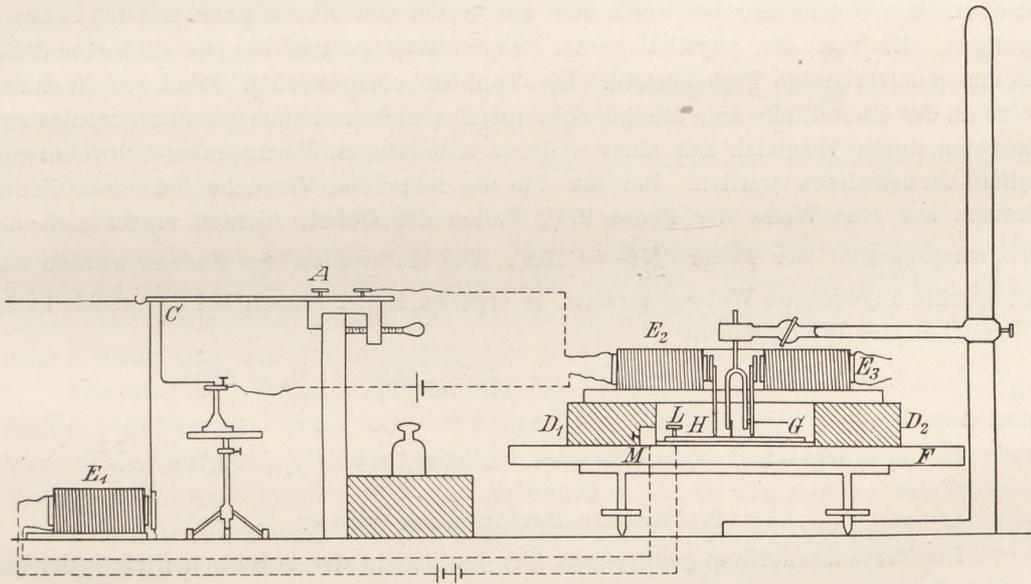


Fig. 1.

Fig. 2.

Versuche vollkommen aus, nötigenfalls kann man immer wieder von neuem die Schwingungen erregen. An dem freien Ende befindet sich ein Haken, an dem ein dünner weicher Seidenfaden angeknüpft wird. Er wird auf eine Länge von etwa 10 m horizontal ausgespannt und an der gegenüberliegenden Wand oder einem passenden Stativ befestigt. Durch Verschieben der Klemmvorrichtung für die Feder in der Richtung des Fadens läßt sich die Spannung innerhalb weiter Grenzen verändern. Biegt man nun die Feder langsam herunter und läßt sie dann plötzlich wieder frei, so pflanzt sich die Erschütterung in einer Transversalwelle längs des

Fadens fort, erreicht das andere Ende, wird hier reflektiert, sodaß eine neue Welle (mit einem gewissen Verlust an Energie) den Faden zurückläuft. Folgen mehrere Wellen von λ aus hintereinander, so tritt eine Interferenz der direkten und reflektierten Wellen ein und der Faden wird in erzwungene Schwingungen versetzt, welche durch die Meldeschen Versuche allgemein bekannt sind. Es entstehen Stellen größter und geringster Schwingungsweite, die dann am markantesten auftreten, wenn die Länge des ganzen Fadens ein Vielfaches der Länge der fortschreitenden Welle beträgt. Die Theorie zeigt, daß der Abstand zweier benachbarter Knotenpunkte dann gleich der halben Länge der fortschreitenden Welle ist, wobei beachtet werden muß, daß das Ende der schwingenden Feder als Knotenpunkt bei der Messung nicht in Betracht kommen darf. Man reguliert nun die Spannung so, daß die Knotenpunkte sich recht deutlich ausbilden, und mißt den Abstand derselben. Damit erhält man die Wellenlänge λ . Die Schwingungszahl der Feder wird dadurch bestimmt, daß man sie mit einer bekannten Schwingungszahl vergleicht. Man befestigt zu diesem Zweck an dem freien Ende der Feder die Spitze einer Nähnadel, ebenso an dem einen Zinkenende einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl. Beide Spitzen läßt man dann möglichst nahe nebeneinander auf einer bestaubten Glasplatte schleifen, die man auf horizontaler Unterlage schnell unter den Spitzen vorzieht. Ein gleichmäßiges Bewegen der Platte ist hierbei zu empfehlen, aber nicht unbedingt Erfordernis. Man bestimmt die Zahl der bei beiden Kurven auf dieselbe Strecke kommenden Wellen, das Verhältnis dieser Zahlen gibt das Verhältnis der Schwingungszahlen. Als Vergleichsgabel wählt man am besten eine Normalgabel mit 435 Schwingungen, die von der physikal.-techn. Reichsanstalt geacht ist; sie gibt eine vollkommen zuverlässige Periodenzahl. Die Tonhöhe einer solchen Gabel wurde durch eine an der einen Zinke angebrachte Schreibspitze nicht merklich geändert, wenigstens konnten durch Vergleich mit einer anderen unbelasteten Normalgabel Schwebungen nicht nachgewiesen werden. Bei der für die folgenden Versuche benutzten Feder kamen auf eine Welle der Feder $27\frac{1}{2}$ Wellen der Gabel, hieraus ergibt sich als Schwingungszahl der Feder $\frac{435}{27,5} = 15,8$. Die Halbwellen des Fadens wurden auf die vorhin angegebene Weise gemessen, es ergeben sich hiernach bei 4 verschiedenen Versuchen die Wellenlängen

$$\lambda_1 = 4,40 \text{ m} \quad \lambda_2 = 3,30 \text{ m} \quad \lambda_3 = 2,64 \text{ m} \quad \lambda_4 = 2,20 \text{ m}$$

und hieraus

$$c_1 = 69,5 \text{ m/sec}, \quad c_2 = 52,14 \text{ m/sec}, \quad c_3 = 41,7 \text{ m/sec}, \quad c_4 = 34,76 \text{ m/sec}.$$

2. Direkte Bestimmung von c .

Die Versuchsanordnung entspricht hier im Prinzip der graphischen Methode, die zuerst Regnault anwandte, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Röhren und in freier Luft zu bestimmen. Es ist in diesem Falle nur nötig, eine einzige Welle den Faden entlang laufen zu lassen. Man wählt auf dem Faden einen bestimmten Punkt aus — etwa 5 m vom Anfangspunkt entfernt — und bestimmt die Zeit, welche die Welle gebraucht, um vom Anfangspunkt bis dahin zu gelangen. Unmittelbar neben dem Haken der schwingenden Feder wird ein Zwirnfaden befestigt und vertikal nach unten zu einem Elektromagneten E_1 geführt; er wird bei Beginn des Versuchs etwas nach unten gezogen und durch Schließen des Stromes zwischen Anker und Eisenkern festgeklemmt. Die Feder wird hierdurch etwas abwärts gebogen und in dieser Stellung festgehalten. Bei C berührt die heruntergebogene

Feder eine Kontaktspitze, von der eine Leitung zu dem einen Pol eines Trockenelementes führt, während die Feder mit dem linken Elektromagnet E_2 und dieser mit dem anderen Pol des Elementes in Verbindung gebracht wird. Dem Elektromagnet E_2 steht in kurzer Entfernung (Fig. 2) ein gleicher E_3 gegenüber. Die Anker dieser Elektromagnete bestehen aus federnden Streifen von Eisenblech; zwischen ihnen und den Eisenkernen bleibt durch ein aufgeklebtes Kartonstück ein geringer Zwischenraum. Auf der dem Elektromagneten abgewandten Seite tragen die Anker ein dünnes Holzstäbchen, das schräg nach vorn vorspringt und am Ende mit einer Nadelspitze versehen ist. Die Grundplatte der beiden Elektromagnete ist auf zwei Holzklötze D_1 und D_2 aufgesetzt, die auf einer dicken, gut horizontal gerichteten Glasplatte F fest aufgeleimt werden. In den Zwischenraum paßt eine dünne, gleichmäßig starke Glasplatte G , die auf ihrer Unterlage verschoben werden kann. Eine schmale am vorderen Rand der Glasplatte aufgesetzte Holzleiste H dient dabei als Handhabe, die Innenseiten der Holzklötze als Führung. Auf der Platte schleifen lose die Spitzen der beiden Ankerstäbchen, ebenso eine dritte Spitze, die an einer Normalstimmgabel befestigt wird, welche man zwischen den beiden Elektromagneten aufstellt. An dem linken Ende der Holzleiste H ist seitlich eine weiche kurze Feder eingesetzt, die einerseits mit der Klemmschraube L in Verbindung steht, andererseits das vierkantige Messingstück M schleifend berührt. Diese Kontaktvorrichtung ist zugleich mit dem Elektromagneten E_1 in den Stromkreis eines kleinen Akkumulators eingeschaltet. Der Elektromagnet E_2 wird durch ein zweites Trockenelement gespeist, dessen Leitung die Kontaktvorrichtung Fig. 3 enthält. Diese besteht aus einem etwa 20 cm langen bei P umgebogenen Platindraht, dem in der Mitte ein kurzes Querstäbchen aus Platin aufgelötet ist. Dieses Querstäbchen ruht in 2 Ösen, die aus kräftigem Kupferdraht gebogen sind und die somit als Achsenlager für den Drahthebel dienen. Der rechts von der Achse liegende Teil des Hebels ist etwas länger als der andere, sodaß das Ende P sich mit leichtem Druck gegen die Metallplatte R anlegt. Die Vorrichtung wird so aufgestellt, daß das Hebelende S direkt auf dem Faden aufliegt.



Fig. 3.

Um eine gute Schreibfläche herzustellen, habe ich ein Verfahren bewährt gefunden, welches schon früher in dieser Zeitschrift (*IV 177*; *VII 121*) empfohlen wurde. Man wischt die vorher trocken geputzte Glasplatte mit einem Leinwandläppchen, das mit gutem Maschinenöl nur wenig angefeuchtet ist, ab und streut etwas Bärlappsaamen darauf. Dann neigt man die Platte nach unten und läßt das Pulver in einem breiten Streifen herunterrollen, welcher der Entfernung der beiden äußeren Schreibspitzen etwa entspricht. Bläst man noch leicht über die Platte, sodaß das überschüssige Pulver entfernt wird, so erhält man eine schöne und gleichmäßige Staubschicht, die für alle graphischen Aufzeichnungen mit Vorteil zu verwenden ist.

Vor Beginn des Versuchs überzeugt man sich durch langsames Bewegen der Platte, ob alle Spitzen lose auf der Schreibfläche schleifen, dann werden alle Stromkreise geschlossen, sodaß die Anker der Elektromagnete E_2 und E_3 angezogen werden. Wird nun die Stimmgabel erregt und die Platte schnell vorgezogen, so erhält man als Spur der drei Spitzen die in Fig. 4 abgebildeten Linienzüge. Die mittlere Wellenlinie wird von der Stimmgabelspitze beschrieben, die beiden seitlichen Linien bilden die Spur der Ankerspitzen. Im Anfang, solange im Stromkreis keine Änderung ein-

tritt, laufen diese Linien parallel, bei weiterer Bewegung der Platte wird dann der Kontakt bei M gelöst, sodaß der Faden des Elektromagneten E_1 losgelassen wird und die bis dahin abwärts gezogene Feder in die Höhe schnell. In diesem Augenblick wird auch der Kontakt bei C gelöst und der Anker von E_2 wird abgerissen. Er macht dann einige Schwingungen von abnehmender Amplitude und kommt schließlich wieder zur Ruhe. In der Form des linken Linienzuges ist dieser Vorgang zum Ausdruck gebracht; von Wichtigkeit für die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist der Punkt V , welcher dem Abreißen des Ankers entspricht. Die bei A durch die Bewegung der Feder hervorgerufene aufwärts gerichtete Erschütterung

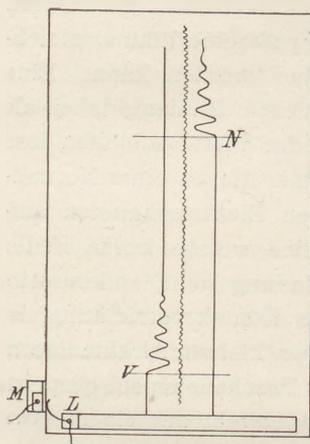


Fig. 4.

pflanzt sich nun durch den Faden fort, gelangt nach dem Punkte S (Fig. 3) — 5 m vom Anfangspunkt entfernt — und stößt hier den Hebel PS in die Höhe. Bei der dadurch bewirkten Stromöffnung wird der zweite Anker abgerissen und man erhält als Bild seiner Bewegung den rechten Linienzug, bei welchem der Punkt N dem Augenblick des Ankerabreißen entspricht. Projiziert man NV auf die Mittellinie und zählt die zwischen den beiden erhaltenen Marken liegenden Stimmgabelwellen, so kann man hieraus die Zeit bestimmen, welche die Erschütterung gebraucht, um von B nach S zu gelangen. Damit hat man die beiden zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit notwendigen Stücke. Um die nach beiden Methoden erhaltenen Resultate vergleichen zu können, wurden dieselben Fadenspannungen benutzt, wie sie den 4 Versuchen zu Grunde liegen, die am Schluß von 1) angegeben sind. Es wurden im ersten Falle 31, im zweiten 41, im dritten 52 und im vierten 63 Stimmgabelwellen gezählt. Da in allen 4 Fällen dieselbe Strecke von 5 m durchlaufen wurde und die Stimmgabel 435 Schwingungen in der Sekunde macht, mithin einer Welle die Zeit $\frac{1}{435}$ Sek. entspricht, so ergeben sich hieraus die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten:

$$c_1 = \frac{5 \cdot 435}{31} = 70 \text{ m/sec.}, \quad c_2 = \frac{5 \cdot 435}{41} = 53 \text{ m/sec.}$$

$$c_3 = \frac{5 \cdot 435}{52} = 42 \text{ m/sec.}, \quad c_4 = \frac{5 \cdot 435}{63} = 34,2 \text{ m/sec.}$$

Die erhaltenen Zahlen stimmen mit den nach 1) erhaltenen Resultaten gut überein.

Eine einfache Ableitung für die Grundgleichung der kinetischen Gastheorie.

Von

Theodor Schwedoff, Professor der Physik an der Universität Odessa.

Die Ableitung der Gleichungen der kinetischen Theorie der Gase beruht bekanntlich auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung und ist daher erst dann verständlich, wenn die Studierenden sich diese Wissenschaft schon vorher angeeignet haben. Auch ist es üblich die Ableitung zu vereinfachen, indem man die Geschwindigkeit jedes Gasmoleküls in drei Komponenten parallel den Koordinatenachsen zerlegt; oder man ersetzt gar die Moleküle selbst durch die dreifache Zahl neuer Moleküle, deren Geschwindigkeiten parallel den drei Kanten

eines Kastens gerichtet sein sollen. Dadurch wird aber ein noch grösseres Gewimmel in die schon an sich lebhafte Bewegung des Molekülschwarms eingeführt, was die Anstrengung der Einbildungskraft schwerlich erleichtert.

Da aber die kinetische Theorie der Gase nicht nur für die wissenschaftliche Naturforschung von größter Bedeutung ist, sondern auch dem Unterrichte ein vortreffliches Mittel bietet, um die verwickelten Erscheinungen bei Gasen und Dämpfen logisch zu verknüpfen, so ist es wünschenswert, wenigstens die Grundgleichungen dieser Lehre im Unterricht in der Weise zu behandeln, daß das geheimnisvolle Wesen der Molekülenwelt nicht durch eine komplizierte Erklärung noch dunkler wird. In dieser Absicht erlaube ich mir hier eine Ableitung jener Grundgleichungen vorzulegen, der es, wie mir scheint, an Klarheit nicht fehlt.

Anstatt eines parallelepipedischen Kastens wollen wir einen sphärischen Ballon wählen, um die von uns zu betrachtende Gasmenge zu begrenzen. Wir machen die Hypothese, daß die Gasmenge aus einer sehr großen Zahl vollständig elastischer Moleküle besteht, welche sich in allen möglichen Richtungen geradlinig bewegen, bis sie an die Gefäßwand oder aneinander stoßen, worauf sie nach den Gesetzen des elastischen Stoßes abprallen, um weiter fortzuschreiten. Um die Aufgabe zu vereinfachen, werden die Moleküle als kugelförmig angesehen.

Es sei nun AA' (Fig. 1) ein kugelförmiges Gefäß, in dem ein Gasmolekül m geradlinig mit der Geschwindigkeit u in der Richtung des Pfeiles fortschreitet. Wenn das Molekül die Wand unter einem gewissen Winkel α im Punkte a trifft, wird es unter demselben Winkel mit derselben Geschwindigkeit zurückgestoßen, um seinen Flug unter denselben Bedingungen in der Ebene eines großen Kreises weiter zu verfolgen, erst in der Richtung der Sehne ab , dann bb' u. s. w., bis es durch den Stoß mit einem anderen Moleküle von seinem Wege abgelenkt wird. Durch diese Reihe von Stößen wird das Molekül auf die Wand des Gefäßes einen gewissen Druck ausüben, der zu berechnen ist.

Aus der elementaren Mechanik ist bekannt, daß der Druck, den die Stöße auf eine Wand ausüben, gleich ist der Änderung der Bewegungsgröße während einer Sekunde. Man muß also jene Änderung im unseren Falle für einen Stoß berechnen und den erhaltenen Wert mit der Zahl der Stöße in einer Sekunde multiplizieren.

Es seien (Fig. 1): $\overline{bc} = u$ die Größe und Richtung der Geschwindigkeit nach dem Stoße; $bc' = u$ die Geschwindigkeit vor dem Stoße; oN eine Normale; $bd = u_1$ die normale Komponente der Geschwindigkeit \overline{bc} ; $bd' = -u_1$ die Komponente der Geschwindigkeit $\overline{bc'}$; m die Masse des Moleküls; q die gesuchte Änderung der Bewegungsgröße. Dann hat man:

$$q = m [u_1 - (-u_1)] = 2m u_1 = 2m u \cdot \sin \alpha.$$

Es seien ferner:

r der Radius des Ballons; $\overline{ab} = 2l$ die Länge der Sehne; t die Zeit zwischen zwei Stößen; N die Zahl der Stöße in einer Sekunde.

Dann ist:

$$2l = ut; \quad l = r \cdot \sin \alpha; \quad N = \frac{1}{t}$$

Folglich: $N = \frac{u}{2r \sin \alpha}$.

Bezeichnet endlich p_s den Druck auf die Wandoberfläche, so ist:

$$p_s = q \cdot N = \frac{m u^2}{r}.$$

Dies ist aber nichts anderes, als die Zentrifugalkraft. Wir erhalten also den Satz: Wenn ein elastisches Molekül in einem sphärischen Gefäße in allen möglichen Richtungen hin-

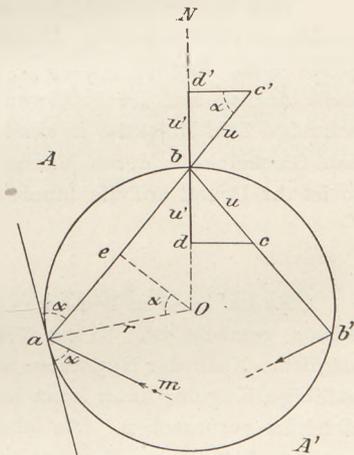


Fig. 1.

und herfliegt und der Wand Stöße erteilt, so ist der dadurch erzeugte Druck ebenso groß, als ob das Molekül längs der inneren Oberfläche des Gefäßes mit der Geschwindigkeit seines Fluges rollte. Dabei ist zu bemerken, daß der Druck sich zunächst nur auf die Punkte des großen Kreises bezieht, in dessen Ebene das Molekül herumfliegt.

Jetzt wenden wir uns zu dem Falle, daß zwei Moleküle von verschiedenen Massen m und μ , und mit Geschwindigkeiten u und η im Gefäße vorhanden sind, wobei die Ebenen ihrer Bahnen mit einander einen beliebigen Winkel bilden. Um den von ihnen auf die Wand ausgeübten Druck zu berechnen, und bloß zu diesem Zwecke, können wir, nach dem soeben Gesagten, ihre wirklichen Bewegungen im Gefäßraum durch das Rollen auf der inneren Oberfläche des Ballons, längs der großen Kreise ihrer Bahnen, ersetzen. Es ist möglich, daß in dem einen Durchschnittspunkte dieser Kreise beide Moleküle zu derselben Zeit eintreffen. Dann folgt ein Stoß zwischen ihnen. Die beiden Moleküle können dann ganz andere Richtungen und andere Geschwindigkeiten annehmen. Es seien u' und η' diese neuen Geschwindigkeiten und p'_s der neue Oberflächendruck. Vor dem Stoße war der Druck, den beide Moleküle ausübten,

$$p_s = \frac{m u^2}{r} + \frac{\mu \eta^2}{r} = \frac{1}{r} (m u^2 + \mu \eta^2).$$

Nach dem Stoße hat man:

$$p'_s = \frac{m u'^2}{r} + \frac{\mu \eta'^2}{r} = \frac{1}{r} (m u'^2 + \mu \eta'^2).$$

Nun ist die lebendige Kraft des Stoßes dieselbe wie vor dem Stoße, da die Elastizitätskräfte innere Kräfte sind. Daraus folgt, daß die rechten Seiten der beiden letzten Gleichungen gleich sind, folglich $p_s = p'_s$. Ein Stoß zwischen zwei Molekülen ändert also den Druck nicht, den sie auf die Gefäßwand ausüben. Dieselbe Auseinandersetzung kann man für eine beliebige Zahl Moleküle anwenden. Daraus folgt der Satz: Haben wir im Gefäße eine große Zahl Gasmoleküle, deren Massen $m', m'', m''' \dots$ und Geschwindigkeiten $u', u'', u''' \dots$ sind, so ist ihr Druck auf die innere Wand

$$p_s = \frac{1}{r} \sum m u^2.$$

Es ist dabei zu bemerken, daß kein Unterschied zwischen zentralen und nichtzentralen Stößen gemacht ist. In der Tat ist in dem von uns betrachteten Falle kein Unterschied möglich. Nach der Hypothese sind die Gasmoleküle vollständig elastische, folglich reibungsunfähige Kugeln; dann kann auch ein nicht zentraler Stoß keine rotierende Bewegung des Moleküls verursachen. Die lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung kann daher in unserem Falle keine Verluste erleiden.

Wie gesagt, ist p_s der Druck auf die Oberfläche des Gefäßes. Will man den Druck p auf die Flächeneinheit erhalten, so hat man p_s durch die Größe der Oberfläche zu dividieren. Bezeichnet v das Volumen des Gefäßes, so hat man:

$$p = \frac{p_s}{4 \pi r^2} = \frac{1}{3} \frac{\sum m u^2}{\frac{4}{3} \pi r^3} = \frac{1}{3} \frac{\sum m u^2}{v}$$

Haben wir nur eine Gasart im Ballon, und ist dabei n die Zahl der Moleküle und M die Gasmenge, so folgt:

$$p v = \frac{1}{3} n m \frac{1}{n} \sum u^2 = \frac{1}{3} M U^2 \dots (1)$$

Dies ist die Grundgleichung der kinetischen Theorie der Gase, welche sich so aussprechen läßt: das Produkt des Druckes in das Volumen ist gleich $\frac{1}{3}$ des Produktes der Gasmenge in den Mittelwert des Quadrats der Geschwindigkeit U der Gasmoleküle.

Stellen wir uns jetzt vor, daß der Ballon durch eine ebene diametrale Scheidewand adc (Fig. 2; in dieser Fig. ist unten ein c zu setzen) in zwei gleiche Teile abc und $ab'c$ geteilt ist, und daß die linke Seite $ab'c$ abgeschnitten ist. In der rechten Seite bleibe es nur die Gas-

menge $M/2$. Es ist zu ermitteln, wie groß der Druck auf die ebene Wand ac ist. Zuerst ist zu bemerken, daß die Bedingungen der Stöße auf die sphärische Oberfläche abc durch die Einführung der Scheidewand nicht im mindesten verändert sind. Denn, hätte früher ein Molekül m (Fig. 2), welches in der Richtung md fortschreitet, den Punkt e' der linken Seite unter einem Winkel α getroffen, so trifft es jetzt die rechte Seite abc im Punkte e unter demselben Winkel α , nachdem es von der ebenen Wand zurückgestoßen wurde. Die Länge seiner Bahn bleibt auch dieselbe, weil $de = de'$. Nur die Zahl der Stöße gegen die rechte Seite ist jetzt doppelt so groß geworden, als früher; denn alle die Stöße, welche früher für die linke Seite bestimmt waren, wenden sich auf den rechten Teil abc der sphärischen Wand. Da aber die Gasmenge nur die Hälfte des vorigen ist, so bleibt jede Flächeneinheit der sphärischen Wand demselben Druck p unterworfen.

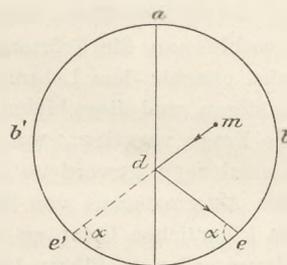


Fig. 2.

Was die ebene Scheidewand anbetrifft, so hat sie auch denselben Druck auszuhalten. Denn sonst wären die Kräfte, welche den halbsphärischen Körper nach rechts und nach links drücken, ungleich. Dann würde der Körper unter der Wirkung innerer Kräfte in fortschreitende Bewegung geraten, was mechanisch unmöglich ist.

Da eine diametrale Scheidewand in allen möglichen Lagen denkbar ist, so folgt daraus, daß der Druck im ganzen Raum des Gefäßes derselbe ist, als an seiner inneren Oberfläche.

Es ist jetzt noch aufzuklären, wie die Gasdichtigkeit im inneren Raum verteilt ist. Nach der Hypothese fliegen die Moleküle ganz willkürlich hin und her, ohne irgend welche vorbestimmte Ordnung. Es kann daher nicht ohne weiteres selbstverständlich sein, daß die Zahl der Moleküle in einer Volumeneinheit überall dieselbe sein wird. Stellen wir uns vor, daß im Inneren der Gasmasse eine Blase entsteht, d. h. ein sphärisches Gefäßchen von Volumen β . Dieses Bläschen wird in sich eine Gasmenge μ einschließen. Nach dem soeben Gesagten soll der Druck im Inneren der Blase derselbe sein als draußen.

$$p = \frac{1}{3} \frac{M}{V} U^2$$

Da aber die Blase selbst auch ein kugelförmiges Gefäß ist, so soll in ihrem Inneren der Druck sein

$$p = \frac{1}{3} \frac{\mu}{\beta} U^2$$

Aus beiden Gleichungen folgt

$$\frac{M}{V} = \frac{\mu}{\beta}$$

Also die mittlere Dichtigkeit in jedem Teile des Raumes ist gleich der mittleren Dichtigkeit der ganzen Gasmenge; also sie ist überall dieselbe.

Wenden wir diese Folgerung zu der Grundformel (1) an, so bekommen wir:

$$p = \frac{1}{3} \rho U^2; \quad \rho = \frac{3p}{U^2} \dots (2)$$

Jetzt sind wir im stande zu beweisen, daß die Grundgleichung (1) nicht nur für ein sphärisches, sondern auch für ein beliebig geformtes Gefäß gültig ist.

Denken wir uns, daß eine geschlossene Wand von beliebiger Form im Innern des Ballons ein Volumen V' begrenzt. Es sei M' die in diesem Volumen eingeschlossene Gasmenge. Die Dichtigkeit dieser Gasmenge ist jedenfalls M'/V' . Nach der Gleichung (2) aber soll die Dichtigkeit gleich sein $3p/U^2$; daraus folgt:

$$\frac{M'}{V'} = \frac{3p}{U^2}, \quad \text{oder } p V' = \frac{1}{3} M' U^2.$$

Astigmatismus bei Hohlspiegeln.

Von

Joh. Kleiber in München.

Der Begriff des Astigmatismus findet im Unterrichte am besten seine Besprechung im Anschluß an die Erörterungen, die an den Photographenapparat geknüpft werden. Dort wird ohnehin dem Lehrer von denjenigen seiner Schüler, die bereits dem Photographensport huldigen, und diese bilden — wie jedem von uns bekannt ist, — keinen geringen Prozentsatz, die Frage vorgelegt, was denn ein Anastigmat sei. Mit Vergnügen wird der Lehrer das einmal rege gewordene Interesse durch Vorführung einiger diesbezüglicher Versuche über den Astigmatismus von Brillengläsern und größeren Demonstrationslinsen im Sonnen- oder im künstlichen Licht zu vertiefen suchen. Der einfachste Versuch, den jeder Schüler zu Hause selbst ausführen kann, ist bekanntermaßen der folgende: Man lasse auf ein gewöhnliches Brillenglas (für Weitsichtige) oder auf ein einfaches Lupenglas (Botanisierlupe) die Sonnenstrahlen (oder abends das Lampenlicht) schief auftreffen und suche mit einem Blatt Papier das entworfenene Sonnenbildchen (oder das Bild der sonst benutzten Lichtquelle) aufzufangen. Es gelingt nicht. Man erhält dafür in verschiedenem Abstand von der Linse zwei helle Linien, die zu einander senkrecht stehen, die sogenannten Brennlinien des durch die Brechung an der Linse astigmatisierten Strahlenbündels.

Interessanter gestaltet sich die Demonstration des astigmatisierten Strahlenbündels selbst. Zu dem Ende läßt man das astigmatisierte Strahlenbündel im verdunkelten Zimmer durch eine mit Tabakrauch erfüllte Glaswanne gehen. Als vorzüglich dazu geeignetes Gefäß benutze ich wegen seiner großen Dimensionen gerne ein großes Akkumulatorenglas (60 cm lang, 30 cm breit, 50 cm hoch), das von oben her durch ein Brett abgeschlossen wird. Noch deutlicher bildet sich das astigmatisierte Strahlenbündel ab, wenn man es in bekannter Weise durch mit Fluoreszin gefärbtes Wasser gehen läßt. Die mit in Kauf genommene neue Brechung des Lichtbündels verkürzt noch dazu die Entfernung der Brennlinien. Durch Verschieben einer Milchglasplatte in der mit der fluoreszierenden Flüssigkeit gefüllten Wanne demonstriert man gut den Wandel im Querschnitt des astigmatisierten Strahlenbündels.

Der rechnerische Verfolg ist aber für den Fall der Astigmatisierung des Parallelbündels an einer Linse eine recht schwierige Sache. Für den Fall der Astigmatisierung an einem Prisma hat zwar Herr Prof. Burmester an der Techn. Hochschule in München die wichtigsten Formeln in elementarer Weise entwickelt. Selbst dieser einfachste Fall kann aber auch reiferen Schülern nicht zugemutet werden, da die Verifikation der Resultate bei Dr. Burmester keine einfache Sache ist, sondern ein tieferes Verständnis des Hilfsapparates voraussetzt. (Herr Dr. Burmester beobachtet die erzielten Brennlinien durch ein Fernrohr und deren Ortsdifferenz durch Mikrometerverstellung am Okular des letzteren.)

Dagegen bietet die rechnerische Behandlung der Astigmatisierung eines Parallelstrahlenbündels an einem gewöhnlichen in jeder Schulsammlung vorhandenen Hohlspiegel zugleich ein dankbares Feld für die Kontrollierung der erhaltenen Resultate durch den parallel laufenden Versuch. Im folgenden sei es daher gestattet, die Behandlung der Frage kurz zu skizzieren.

Wie Fig. 1 andeutet, wollen wir voraussetzen, daß die „mittlere“ optische Achse des Hohlspiegels parallel zum Boden verlaufe und das Parallelbündel von Lichtstrahlen schief so gegen den Spiegel ein falle, daß die Projektion der Lichtstrahlen auf die Bodenfläche die nämliche Richtung habe, wie die Projektion der „mittleren“ optischen Achse auf den Boden. Dann zeichnen wir auf dem Spiegel, wie in Fig. 1 angedeutet, zwei Hauptkreisbogen aus, AB und CD , wovon AB parallel zum Boden, CD senkrecht dazu verläuft. Die Aufgabe, den Ort der Brennlinien des durch die Reflexion am Spiegel astigmatisierten Lichtbündels zu finden, kommt dann darauf hinaus, einmal den Brennpunkt X für die längs CD auftreffenden Strahlen des Bündels zu suchen und dann den Brennpunkt Y für die längs der Nachbarschaft von AB auftreffenden Strahlen.

Die Brennstelle X gibt der „Aufriß“ (obere Teil) in Fig. 2. Man verbindet in gewöhnlicher Weise C und D mit dem Spiegelmittelpunkt M und verdoppelt die Winkel u bzw. v . Also macht man $u = u'$; $v = v'$. Betrachtet man $\triangle DMR$, so findet man, da u Außenwinkel, v Innenwinkel ist, sofort $u - v = \varepsilon$. Betrachtet man ferner das $\triangle DXS$, so folgt, da $2u$ Außen-, $2v$ Innenwinkel ist, daß der Winkel σ bei X gleich 2ε ist.

Bezeichnet F den normalen Brennpunkt des Hohlspiegels, der bekanntermaßen den Radius halbiert, so ist auch der Zentriwinkel $CFD = 2\varepsilon$. Daher liegt die erste Brennstelle X auf dem Halbkreis (=Kugel) über der Brennweite.

Um die Brennstelle Y zu ermitteln, betrachten wir, wie oben angedeutet, die nahe dem Kreisbogen AB auftreffenden Strahlen; aber in ihrer Projektion auf den Boden. Dies zeigt der „Grundriß“ (untere Teil) in der Fig. 2. Die räumliche Winkelgleichheit $\sphericalangle r = \sphericalangle r'$ drückt sich als Winkelgleichheit auch in der Projektion aus. Daraus folgt, daß in der Projektion auf den Boden Y mit F zusammenfällt. Den wahren Ort von Y zeigt der „Aufriß“ in Fig. 3. Daraus folgt der weitere Satz:

Die zweite Brennstelle, Y , bewegt sich in der zur „mittleren“ optischen Achse senkrechten Ebene, welche durch den Brennpunkt F verläuft.

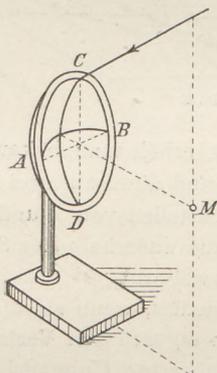


Fig. 1.

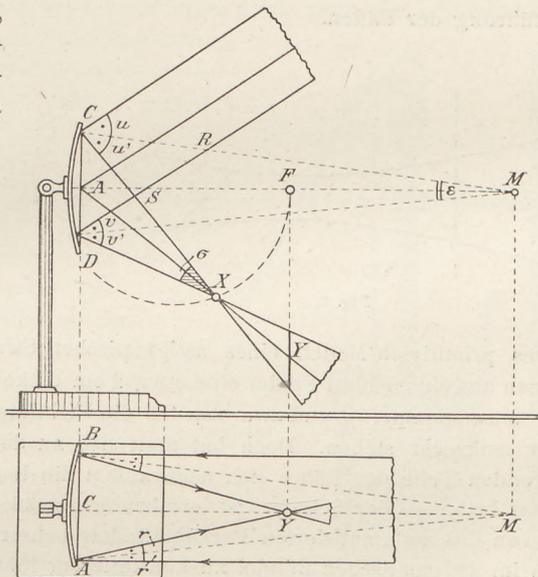


Fig. 2.

Diese einfachen, auch von Schülern leicht zu beherrschenden Resultate lassen sich im verdunkelten Zimmer, besonders in angerauchten Räumen sehr schön verifizieren. Vor den Augen der Schüler sucht man den Brennpunkt F , indem man aus dem Projektionsapparat ein Parallelstrahlenbündel auf den Spiegel sendet und von einem der Schüler den weithin erkennbaren Konzentrationspunkt F des reflektierten Bündels bestimmen läßt. Dann klebt man mit etwas Wachs einen bereit gehaltenen halbkreisförmig gebogenen dicken Neusilberdraht so an den Spiegel, daß er den in Fig. 2 oben angegebenen geometrischen Ort für X versinnlicht. Läßt man daraufhin die Strahlenbündel aus dem Projektionsapparat schief gegen den Spiegel treffen, so sieht man aufs deutlichste, wie sich die Brennstelle X längs des Drahtes verschiebt. Von der 2. Brennstelle Y konstatiert man leicht, daß sie stets senkrecht unter F in Bezug auf die Spiegelachse liegt.

Das körperlich im Raum vor dem Schüler liegende Gebilde des astigmatisierten Strahlenbündels (Fig. 3) erregt besonders wegen der wechselnden Querschnittsform die Phantasie der Schüler, da sie solche Körper nicht als Pyramide, Kegel, Tetraeder in ihre Nomenklatur zu subsumieren vermögen. Man hat hier dann Gelegenheit, die Gestalt des Konoids zu besprechen. Sehr angenehm ist es für den Lehrer, ein größeres Fadenmodell eines solchen Konoids zeigen zu können. Solche Modelle sind auch von Schülern ohne viel Mühe in folgender Weise zu fertigen.

Ein Konoid entsteht bekanntermaßen (Fig. 4), wenn eine Strecke XY konstanter Länge l mit ihren Endpunkten auf zwei zu einander senkrechten windschiefen Stäben MN und PQ gleitet. Betrachtet man das $\triangle XYx$ in Fig. 3, so sieht man, daß es seine Gestalt bei allen Lagen von XY stets beibehält, daß also Yx eine Strecke konstanter Länge l ist, die mit ihren Enden auf den Schenkeln des rechten Winkels PGn gleitet. Man lasse also auf diesen Schenkeln in möglichst symmetrischer Weise Punktepaare Y und x markieren, sodaß $Yx = l =$ den halben Längen der Stäbchen MN und PQ ist. (Dies geschieht mit ein paar Zirkelschlägen.) Die Punktgruppe der x übertrage man als Gruppe X auf das Stäbchen MN . Nachdem die 2 Stäbchen MN und PQ durch ein drittes GH fest so verbunden, daß $MN \perp PQ$, spannt man Fäden zwischen korrespondierende Punktepaare XY und erhält so das Fadenmodell des Konoids. Der Mittelschnitt des Konoids ist ein Kreis, da, wie leicht zu ersehen, die Mitten der Strecken Yx diese Bedingung erfüllen. Erfahrungsgemäß fertigen die Schüler solche Modelle nicht ungern, manche mit großem mechanischen Geschick zuweilen auch aus bestem Material, hier z. B. das Gerüste des Modells aus Metallstäben mit eingebohrten Löchern zur Einführung der Fäden.

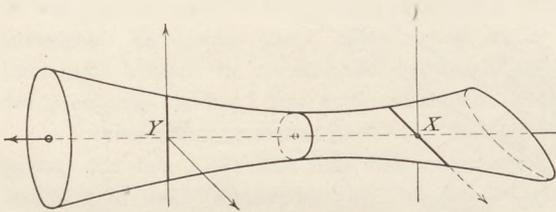


Fig. 3.

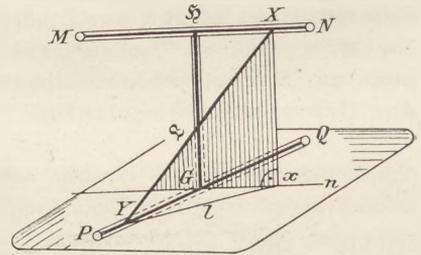


Fig. 4.

Das primitivste Modell eines astigmatischen Strahlenbündels erhält man bekanntlich, indem man aus einem Blatt Papier eine etwa 2 cm dicke Röhre rollt und diese an zwei Stellen X und Y zusammenpreßt, und zwar so, daß die Richtungen der Knickstellen von X und Y auf einander senkrecht stehen. Doch hat man sich zu denken, daß die außerhalb der Strecke XY liegenden Teile der Röhre sich nach außen hin kegelförmig erweitern.

Das Interesse der Schüler ist erfahrungsgemäß vollauf befriedigt, wenn sie die Umrißformen des astigmatisierten Parallelbündels beherrschen. Den eigentlichen Verlauf der Strahlen im astigmatischen Bündel zu konstatieren, führt auf kompliziertere Untersuchungen. Einen Einblick in diese hoch verwickelten Verhältnisse bot auf der mathem. Ausstellung 1892 in München das prächtige fast mannshohe Finsterwaldersche Modell eines Strahlensystems, das durch die Brechung eines exzentrisch gelegenen Strahlenbündels an einem zentrierten Linsensystem erzeugt wird. Ausgeführt war dies Modell von Herrn Dr. Diem (z. Z. Lohr a. M.) und zwar in der Art, daß die einfallenden Strahlen durch gelbrote Fäden dargestellt waren, die um so gelber gewählt wurden, je näher sie der Blendenmitte kamen, dagegen im Ton rötlicher, je näher sie dem Rande zu einfelen. Strahlen konzentrisch zur Blendenmitte gaben windschiefe Flächen 4. Ordnung; das Strahlensystem selbst war von der 5. Ordnung. (Vergl. den Dyckschen Katalog math. und math.-phys. Modelle, München 1892, S. 281.)

Die Bestimmung des elektrischen Wärmeäquivalents mit Hilfe der Glühlampe.

Von

Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

Die Glühlampe ist zu mannigfachen Versuchen als Demonstrationsapparat geeignet. Die folgende Mitteilung soll das schon bekannte Anwendungsgebiet um ein neues fruchtbares Feld erweitern.

Wenn man eine Glühlampe unter Wasser brennen läßt, so wird dadurch das Wasser warm; es gelingt sogar, mit der brennenden Glühlampe das Wasser zum Sieden zu bringen. Diese bekannte Erscheinung ist geeignet, die zahlenmäßige Beziehung zwischen elektrischer und kalorischer Energie zu bestimmen, wenn man die Glühlampe, ganz von Wasser umgeben, innerhalb desselben brennen läßt. Einige Schwierigkeit scheint die isolierte Zuführung der Drähte zur Lampe zu bilden, da gewöhnliche einfache Kittungen durch Siegelack oder ähnliche Materialien wenig zuverlässig sind und besonders bei Glühlampen, die bei höherer Spannung, also z. B. bei der gebräuchlichen Netzspannung von 110 Volt brennen, leicht zu Kurzschlüssen Veranlassung geben.

Nach mehreren Mißerfolgen gelang es mir, an eine Glühlampe ein längeres Glasrohr so anzuschmelzen, daß die Platindrähte, welche die Stromführung zum Kohlefaden bilden, ganz innerhalb der Glasröhre verliefen, auch konnte ich an diese Platindrähte Kupferdrähte anlöten, die ebenfalls das Innere der Glasröhre durchzogen und so eine vollkommene dichte und isolierte Stromzuführung zur Glühlampe bewerkstelligten. Die günstigen Messungsergebnisse mit der so hergerichteten Lampe veranlaßten mich dann, die Herstellung derartiger Lampen durch einen hiesigen geschickten Glasbläser besorgen zu lassen, sodaß dieselben nunmehr auch im Handel zu haben sind. Die Firma A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke hat den Vertrieb dieser Lampen übernommen.

Die durch das Produkt Stromstärke \times Spannung \times Zeit ausgedrückte elektrische Stromenergie setzt sich bei passender Versuchsanordnung vollständig in ein äquivalentes Wärmequantum um.

Fig. 1 zeigt die ganze Versuchsanordnung.

Die eingeschaltete Lampe brennt mit 110 Volt Spannung (die Lampen werden für jede gewünschte Spannung hergestellt). Man erkennt in der Figur die Glühlampe mit daran angeschmolzenem Glasrohr, innerhalb dessen die Zuleitungsdrähte verlaufen. Letztere sind am oberen Ende an einem Mignon-Edison-Gewinde, das auf den Glasstiel gekittet ist, angelötet. Mittels einer biegsamen Doppelleitungsschnur, die einerseits in einen Ansteckstöpsel für gewöhnliche elektrische Ansteckdosen, andererseits in eine Mignon-Edison-Fassung endet, läßt sich die Verbindung der Lampe mit einer elektrischen Ansteckdose bequem herstellen. Der Glasstiel der Lampe ist in eine Klemme eines Bunsen-Stativs so festgeklemmt, daß die eigentliche Birne ganz in das in einem Becherglase befindliche Wasser untertaucht. In dem Becherglase steht noch ein ringförmiger Rührer aus Messingdraht und ein in $0,1^\circ$ geteiltes Thermometer. Um eine Ableitung der Wärme aus dem Becherglase zu vermeiden, ist dasselbe auf eine dicke Lage Filz oder Watte gestellt.

Für Meßzwecke ist dann noch in die Leitung ein Ampèremeter und ein Voltmeter sowie ein Ausschalter eingeschaltet.

Bei meinen ersten Versuchen, den Koeffizienten K in der Gleichung $K \cdot J \cdot E \cdot t = Q$ (wo J die in Ampère gemessene Stromstärke, E die Spannung in Volt, t die Zeit in Sekunden, Q die Wärmemenge bedeutet) zu bestimmen, ergab sich stets eine zu kleine Zahl. Das erhaltene Resultat war durchweg um 10 Proz. zu klein, trotzdem ich alle sonst bei kalorimetrischen Messungen notwendigen Vorsichtsmaßregeln anwandte. Wesentlich anders gestaltete sich aber das Resultat, als ich das Wasser im Becherglase durch Zugießen einiger Tropfen

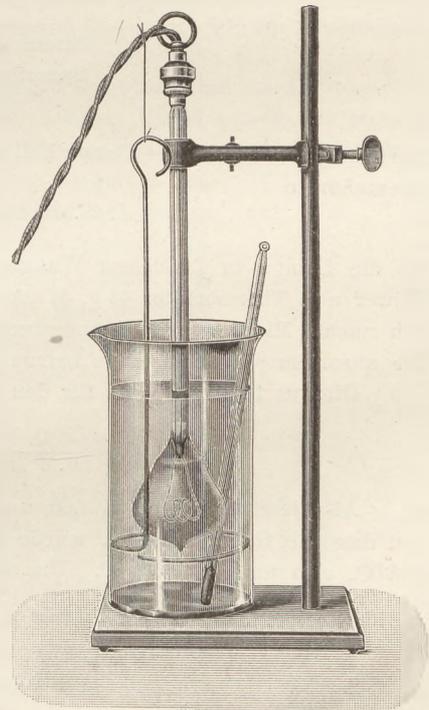


Fig. 1.

Nigrosinlösung dunkel färbte. Ich hatte bei den ersten Versuchen nur die Wärmestrahlen, nicht aber die hellen Lichtstrahlen im Wasser absorbieren lassen. Bei Benutzung des dunkel gefärbten Wassers erhielt ich bei jedem Versuche fast genau das zu erwartende Resultat, daß 1 Wattsekunde die Wärmemenge 0,24 Kalorien entwickelte.

Gerade durch diesen Umstand aber, daß es möglich war, sowohl die Wärmestrahlenenergie allein, sowie auch die Gesamtenergie zu messen, scheint es berechtigt zu sein, den Versuch weiterer Beachtung zu empfehlen. Der Versuch gestattet unmittelbar, das Güteverhältnis einer Glühlampe zu bestimmen. Es ist auch interessant zu beobachten, daß sich dieses Güteverhältnis ändert je nach der Beanspruchung der Lampe. Läßt man die Lampe mit der normalen Spannung brennen, so erreicht man durchweg, daß ca. 10 Proz. der Gesamtenergie in Lichtenergie verwandelt sind. Bei stärkerer Beanspruchung durch höhere Spannung erreicht man eine Lichtausbeute bis 15 Proz., während bei geringerer Spannung die Lichtausbeute bis auf ganz wenige Prozent, ja bis auf Null heruntergeht.

Es sei gestattet, einige Versuchsergebnisse mitzuteilen, die mit einer Lampe von 55 Volt und einer anderen von 110 Volt erhalten wurden.

1. An der Glühlampe wurde gemessen:

$$\begin{array}{r} \text{Stromstärke} \quad J = 0,8 \text{ Ampère} \\ \text{Spannung} \quad \quad \quad V = 55 \text{ Volt} \\ \hline J \cdot V = 44 \text{ Watt.} \end{array}$$

Die Lampe brannte im Wasser 6 Minuten = 360 Sekunden lang, also betrug die gesamte Stromenergie

$$J \cdot V \cdot t = 44 \cdot 360 = 15840 \text{ Wattsekunden.}$$

Als die Lampe in farblosem Wasser brannte (Wasserwert des Becherglases einschließlich Rührer und Thermometer 45 g, Wassermenge 1500 g, also Wärmekapazität $m = 1545$ g), ergab sich nach 6 Minuten eine Temperaturerhöhung von $14,2^\circ \text{C.}$ auf $16,3^\circ \text{C.}$, also um $\Delta\vartheta = 2,1^\circ \text{C.}$ Die absorbierte Wärmemenge betrug demnach $Q = m \cdot \Delta\vartheta = 1545 \cdot 2,1 = 3245$ Kalorien.

Hieraus folgt als Wert für den zu bestimmenden Koeffizienten

$$K = \frac{Q}{J \cdot V \cdot t} = \frac{3245}{15840} = 0,205 \text{ Kalorien.}$$

Als dieselbe Lampe in fast undurchsichtig gefärbtem Wasser (dieselbe Wassermenge und dasselbe Gefäß) brannte, wurde das Wasser in derselben Zeit erwärmt von $14,1^\circ \text{C.}$ auf $16,5^\circ \text{C.}$, also um $\Delta\vartheta_1 = 2,4^\circ \text{C.}$ Die absorbierte Wärmemenge betrug jetzt $m \Delta\vartheta_1 = 1545 \cdot 2,4 = 3708$ Kalorien. Hieraus folgt für $K_1 = \frac{Q_1}{J \cdot V \cdot t} = \frac{3708}{15840} = 0,234$ Kalorien.

$$\begin{array}{r} 2. \quad \text{Stromstärke} \quad J = 0,8 \text{ A} \\ \text{Spannung} \quad \quad \quad V = 110 \text{ V} \\ \hline J \cdot V = 88 \text{ Watt.} \end{array}$$

Zeitdauer des Versuchs $t = 23 \text{ Min.} = 1380 \text{ Sek.}$ Gesamte Stromenergie $J \cdot V \cdot t = 121440$ Wattsekunden. Wasserwert des Gefäßes einschließlich Rührer und Thermometer 45 g, Wassermenge 2000 g, also Wärmekapazität $m = 2045$ g. Temperaturerhöhung von $13,2^\circ$ auf $26,2^\circ$, also $\Delta\vartheta = 13^\circ \text{C.}$ Wärmemenge $Q = m \cdot \Delta\vartheta = 2045 \cdot 13 = 26585$ Kalorien. Hieraus folgt

$$K = \frac{Q}{J \cdot V \cdot t} = \frac{26585}{121440} = 0,219 \text{ Kalorien.}$$

Derselbe Versuch bei gefärbtem Wasser ergab die Temperaturerhöhung von $13,4^\circ$ auf $27,6^\circ$, also $\Delta\vartheta_1 = 14,2^\circ$, Wärmemenge $Q_1 = m \Delta\vartheta_1 = 2045 \cdot 14,2 = 29039$ Kalorien. Hieraus

$$K_1 = \frac{Q_1}{J \cdot V \cdot t} = \frac{29039}{121440} = 0,239 \text{ Kalorien.}$$

Im ersten Beispiele betrug der aus der Absorption der Wärmestrahlen allein berechnete Faktor $K = 0,205$, der bei der Absorption der Licht- und Wärmestrahlen sich ergebende Faktor war $K_1 = 0,234$. Hieraus berechnet sich der Prozentsatz der Lichtenergie zur Gesamtenergie auf 100.

$$100 \cdot \frac{K_1 - K}{K_1} = 100 \cdot \frac{0,029}{0,234} = 12,1 \text{ Proz.}$$

In derselben Weise ergibt sich aus dem zweiten Versuche der Prozentsatz der Lichtenergie zu

$$100 \cdot \frac{K_1 - K}{K_1} = 100 \cdot \frac{0,239 - 0,218}{0,239} = 8,4 \text{ Proz.}$$

Ähnliche Versuchsergebnisse ergaben sich bei veränderten Versuchsbedingungen. Auf das Schwanken der Lichtausbeute bei größerer oder geringerer Beanspruchung durch höhere oder niedrigere Spannung ist schon oben hingewiesen.

Der Umstand, daß die entwickelte Lichtmenge im Vergleich zur entwickelten Wärmemenge durch diese Versuche in so einfacher und übersichtlicher Weise demonstriert werden konnte, veranlaßte mich dann, einen noch einfacheren Demonstrationsapparat zu konstruieren, welcher zwar nicht gestattet, die absolute Energiemenge zu messen, der aber innerhalb weniger Minuten den Unterschied zwischen Wärmeenergie und Gesamtenergie zur Anschauung bringt. Dieser Apparat ist in Figur 2 abgebildet.

Das Kalorimetergefäß hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einer umgekehrten Dewarschen Röhre für flüssige Luft. Es ist ein doppelwandiges zylindrisches Gefäß von 35 mm äußerer Weite und 100 mm Höhe. Der innere Hohlraum ist so bemessen, daß er von einer in demselben brennenden röhrenförmigen Glühlampe beinahe ausgefüllt ist. Das Gefäß ist mit einer in den Hals der Flasche eingeschlifften engen Glasröhre von ca. 1 mm innerer Weite und von 250 mm Länge verschlossen. Die bei meinen Versuchen verwandte Röhrenlampe hatte eine Spannung von 36 Volt, doch werden solche Lampen für jede beliebige Spannung geliefert. An die Lampe ist ein Mignon-Edisongewinde gekittet, das in eine entsprechende Fassung, die man leicht in ein Bunsenstativ klemmen kann, eingeschraubt werden kann.

Das Kalorimetergefäß wird mit Wasser so weit gefüllt, daß das Wasser eben in das enge Glasrohr eintritt. Läßt man dann die Glühlampe im Inneren der Flasche brennen, so wird das Wasser erwärmt, dehnt sich aus und steigt im Glasrohr in die Höhe. Das Kalorimeter ist also gleichzeitig Thermoskop. Die Dimensionen sind so bemessen, daß beim Brennen der Lampe das Wasser in jeder Sekunde ungefähr um ein Millimeter steigt. Streift man über das Glasrohr an zwei etwa 70 mm von einander entfernten Stellen kleine Gummiringe (schmale Abschnitte eines dünnen Gummischlauches) über das Glasrohr, so beobachtet man bei brennender Lampe den Zeitpunkt, wann die Wasserkuppe erst den ersten, dann den zweiten Gummiring passiert. Die Marken sind in der Figur angegeben. Man notiert die Zeit, die zwischen dem Durchtreten der Wasserkuppe bei beiden Marken vergeht, und zwar macht man einmal den Versuch mit klarem Wasser, das andere Mal mit gefärbtem Wasser. Im letzten Falle ist der Zeitunterschied kleiner als im ersten. Es möge eine Zahlenangabe genügen: Bei klarem Wasser vergingen zwischen den Augenblicken des Durchtretens der Wasseroberfläche durch die beiden Marken 75 Sekunden, bei gefärbtem Wasser erfolgte der Durchtritt schon innerhalb 64 Sekunden. Die beiden Zahlen weichen um so mehr von einander ab, je heller die Lampe brennt. Auffallenderweise ergibt sich aber der Zeitunterschied bei diesem Versuche immer größer, als er zu erwarten ist. Der Grund liegt offenbar darin, daß bei ungefärbtem Wasser außer den hellen Lichtstrahlen auch noch einige Wärmestrahlen durch die dünne Wasserschicht hindurchgehen, ohne absorbiert zu werden. Ich denke, daß mit Vermehrung der Wassermenge, also mit Vergrößerung des Kalorimeterge-

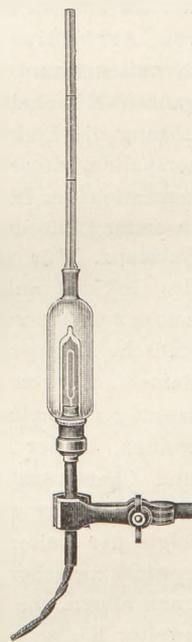


Fig. 2.

fäßes der beobachtete Prozentsatz sich dem wahren Prozentsatze mehr nähern wird. Da aber der Versuch in erster Linie für rasche Demonstration ausgearbeitet ist, so habe ich absichtlich nur eine geringe Wassermenge verwandt.

Es mag noch erwähnt werden, daß zu diesen Versuchen nur ausgekochtes Wasser verwandt werden darf, weil sonst durch die Erwärmung sich Blasen von ausgeschiedener Luft bilden, die den Erfolg des Versuches illusorisch machen.

Der jetzige Stand der elektrolytischen Dissoziationstheorie.

Von

Dr. W. A. Roth in Berlin.

Das Jahr 1887 ist als das Geburtsjahr der elektrolytischen Dissoziationstheorie anzusehen. Sie ist nicht plötzlich, mit dem ganzen theoretischen und experimentellen Rüstzeug angetan, dem Haupte eines Mannes entsprungen, sondern hat sich langsam aus kleinen Keimen entwickelt. Die anormalen osmotischen Drucke und Gefrierpunktserniedrigungen in Salzlösungen, deren theoretische Werte van 't Hoff zu berechnen gelehrt hatte, die am eklatantesten von Helmholtz sichergestellte Tatsache, daß keine Kraft nötig ist, um die gelösten Molekeln in die abzuschheidenden Ionen zu zerreißen, das von Kohlrausch gefundene Gesetz von der unabhängigen Wanderung der Ionen und andere Tatsachen mehr hatten schon vor 1887 Clausius, Hittorf und andere Forscher zu Anschauungen geführt, wie sie ähnlich in der elektrolytischen Dissoziationstheorie niedergelegt sind. Das Verdienst von Arrhenius war es, jene anscheinend ganz heterogenen Reihen von Tatsachen thermischer und elektrolytischer Natur zu kombinieren und die Dissoziationstheorie in ihrer ganzen Kühnheit präzise auszusprechen. Nach Arrhenius ist jede Substanz, welche in Lösung die Elektrizität zu leiten vermag, zu einem ganz bestimmten Bruchteil in Ionen zerspalten, dessen Größe in erster Linie von der Natur des Lösungsmittels und der Konzentration der Lösung abhängt. Nur die Ionen sind die Träger der Elektrizität und zugleich in erster Linie die Träger der chemischen und physikalischen Eigenschaften der betreffenden Substanz. Für die osmotischen Erscheinungen, bei denen es auf die Gesamtkonzentration des Gelösten ankommt, wirkt jedes freie Ion wie ein selbständiges Molekül. Arrhenius selbst zog aus seiner Theorie eine Reihe von Konsequenzen; er erklärte verschiedene physikalische Eigenschaften der Lösungen aus der Additivität der Eigenschaften der Ionen. Daß damals die von Arrhenius vorgeschlagene radikale und scheinbar paradoxe Zusammenfassung der heterogensten Erscheinungen, welche sich bis dahin keiner Theorie unterordnen wollten, in der Luft lag, erhellt aus der Lebhaftigkeit, mit der die Theorie von Physikern und Chemikern wie van 't Hoff, Planck, Ostwald, Nernst u. a. aufgenommen und weiter geführt wurde. Schlag auf Schlag, oft gleichzeitig von seiten mehrerer Forscher erfolgte der weitere Ausbau der Theorie. Das Massenwirkungsgesetz wurde auf das Gleichgewicht zwischen Ionen und nichtdissoziierten Molekeln angewendet. Nernst konnte eine ganz allgemeine Erklärung und Berechnung der bei der Berührung von Leitern erster und zweiter Klasse auftretenden Potentialdifferenzen geben. Die Löslichkeitsbeeinflussungen der Salze und Säuren und viele aus der anorganischen Chemie her längst bekannte und bei der Analyse benutzte Erscheinungen ließen sich jetzt ohne Schwierigkeiten und ohne Hypothesen erklären. Begreiflicherweise begegneten die revolutionären Anschauungen von Arrhenius und seinen Anhängern auf Seiten der Physiker und Chemiker anfänglich dem heftigsten Widerspruch. Aber die direkten Einwände gegen die Theorie und die anderen Annahmen, die man vorschlug, um die beobachteten Anomalien zu erklären, erwiesen sich als nicht stichhaltig. So neigte sich der leidenschaftlich geführte Kampf, bei dem es auf beiden Seiten nicht an Mißverständnissen und Übertreibungen fehlte, zu Gunsten der Dissoziationstheorie. Dieselbe wirkte auch auf andere Wissenschaften, wie die Physiologie und Medizin, befruchtend ein. Eine Schar von Physikern und Chemikern machte sich daran,

die Theorie für immer neue Probleme nutzbar zu machen und sie durch genauere Versuche, als die alten von Arrhenius, Ostwald und Nernst waren, zu stützen. Aber hierbei wurde es allmählich klar, daß man sich in der ersten Zeit zu häufig mit einer approximativen, mehr qualitativen Gültigkeit der Dissoziationsgesetze begnügt hatte, daß sich bei genauer experimenteller und theoretischer Prüfung viele Lücken, viele Abweichungen zeigten, die man früher nicht bemerkt oder beachtet oder Versuchsfehlern zugeschrieben hatte. Und nachdem die Theorie längst ihre Brauchbarkeit auf den verschiedensten Gebieten erwiesen hat, ist jetzt ein neuer Kampf im eigenen Lager entbrannt, ein Kampf um die Ursachen, welche das Versagen der Theorie für ionenreiche Lösungen bedingen, und um die Änderungen, die man anzubringen hat, um sie für alle Fälle gültig und nutzbar zu machen.

Betrachten wir kurz die wichtigsten Differenzen zwischen den Forderungen der Theorie und den Beobachtungen.

Nach Arrhenius kann man den Dissoziationsgrad eines jeden Elektrolyten aus dem elektrischen Leitvermögen entnehmen, indem man das molekulare Leitvermögen durch den in der unendlichen Verdünnung, also bei vollständiger Dissoziation, erreichten Grenzwert dividiert: $\frac{A}{A_{\infty}} = \alpha$. Diese Berechnung ist nur begründet, wenn die Beweglichkeiten beider

Ionen in dem ganzen in Betracht kommenden Konzentrationsintervall vollständig konstant bleiben, eine Annahme, die nicht bewiesen ist, ja kaum bewiesen werden kann. Aus der Konstanz der Hittorfschen Überführungszahlen in verdünnten Lösungen, die wohl zum Beweise herangezogen worden ist, folgt nur, daß die Beweglichkeiten beider Ionen bei weiterer Verdünnung in gleicher Weise geändert werden. Für konzentrierte Lösungen von Alkalisalzen haben Arrhenius und Abegg eine Korrektur für die Werte des Leitvermögens wegen der erhöhten Viskosität der Lösungen berechnet. Diese Korrektur erhöht das Leitvermögen in einfach normalen Lösungen im Durchschnitt um 5%, wird aber schon in $\frac{1}{5}$ normalen Lösungen sehr klein, sodaß nach der Meinung beider Forscher für Lösungen, deren Gehalt kleiner als $\frac{1}{10}$ normal ist, $\frac{A}{A_{\infty}}$ ohne Bedenken = α gesetzt werden kann.

Acceptiert man diese Annahme, so müsste, wie van 't Hoff, Ostwald und Planck gleichzeitig i. J. 1888 gezeigt haben, $\frac{A^2}{A_{\infty}(A_{\infty} - A)v} = \text{konst.} = K$ sein. Dieses sogen. Ostwaldsche Verdünnungsgesetz ist namentlich von Ostwald für eine Unzahl von organischen Säuren, von Bredig u. a. für eine große Reihe von Basen geprüft worden und hat sich für alle schwach dissoziierten binären und ternären Elektrolyten ausgezeichnet bestätigt. Die Werte von A_{∞} , die sich direkt nicht messen lassen, hat Ostwald aus den Werten für $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{5000}$ normale Lösungen geschätzt.

Für die stark dissoziierten Salze und Säuren aber versagt die Ostwaldsche Gleichung vollständig. Rechnet man mit den genauesten Werten, denjenigen von Kohlrausch, so wird der Ostwaldsche Ausdruck nie konstant, selbst nicht in den verdünntesten Lösungen, sondern nähert sich asymptotisch der Null. Die ionenreichen Lösungen haben also ein zu großes Leitvermögen und nach Arrhenius einen zu großen Dissoziationsgrad.

Jahn hat versucht, durch die Kombination von Leitvermögen und Überführungszahlen sowie der elektromotorischen Kräfte von Konzentrationselementen die Änderung der Ionenbeweglichkeiten, die nach seiner Meinung die Ungültigkeit des Ostwaldschen Verdünnungsgesetzes verursacht, direkt festzustellen. Aus den ersten beiden Daten erhält man das Produkt aus Ionenbeweglichkeit und Ionenkonzentration, die elektromotorischen Kräfte geben nach der bekannten Nernstschen Formel das Verhältnis der Ionenkonzentrationen in den beiden Lösungen, aus denen man das Konzentrationselement aufgebaut hat. In der Tat ergaben sich für die konzentrierteren Lösungen zu große Ionenbeweglichkeiten und setzte man die aus den Potentialdifferenzen abgeleiteten Ionenkonzentrationen in die Ostwaldsche Gleichung ein, so erhielt man gute Dissoziationskonstanten. Leider hat sich die Schlußfolge als trügerisch erwiesen. Aus lebhaften Diskussionen zwischen Jahn, Arrhenius, Nernst u. a. ergab sich, daß die Nernstsche Formel das Massenwirkungsgesetz schon implicite enthält,

sodaß ein *circulus vitiosus* bei Benutzung von sehr genauen Versuchsdaten tatsächlich zu Dissoziationskonstanten führen mußte.

Außer jener theoretischen Formel für das Gleichgewicht zwischen den Ionen und dem nichtdissoziierten Anteil, die sich bei der Benutzung von $\frac{A}{A_\infty}$ nicht bestätigte, sind eine Reihe von empirischen Formeln aufgestellt. Van 't Hoff erhob $\alpha \left(= \frac{A}{A_\infty} \right)$ nicht in das Quadrat, sondern führte $\frac{\alpha^3}{(1-\alpha)^2}$ in die Gleichung ein. Seine Formel stimmt mit den Beobachtungen ziemlich gut überein. Man kann die Übereinstimmung vollkommen machen, wenn man (nach Storch und anderen Forschern) die Exponenten von $Sa z$ zu $Sa z$ variiert. In den meisten Fällen liegt das Verhältnis der beiden Exponenten dem van 't Hoff'schen Wert 1,5 sehr nahe. In der empirischen van 't Hoff'schen Dissoziationsgleichung scheint also ein Naturgesetz versteckt zu liegen. Doch ist es bisher nicht einwandfrei gelungen, es herauszuschälen und mit Bekanntem in Beziehung zu setzen.

Die angedeuteten Schwierigkeiten werden nicht kleiner, wenn man zu anderen Lösungsmitteln als Wasser übergeht, z. B. wenn man das Wasser successive durch Äthylalkohol ersetzt. Die Beweglichkeit der Ionen wird dadurch stark erniedrigt, die Überführungszahl ändert sich etwas und der Dissoziationsgrad geht zurück. Aber trotz der geringeren Ionenkonzentration gilt das Ostwald'sche Gesetz für starke Elektrolyte nicht, ja auch für schwache organische Säuren bekommen die Konstanten einen immer deutlicheren Gang. In anderen organischen und anorganischen Lösungsmitteln treten oft noch mehr Komplikationen ein. Die gelöste Substanz assoziiert häufig und addiert eine große Zahl von Molekeln des Lösungsmittels, sodaß die Beziehung zwischen Leitvermögen und dem nach den osmotischen Methoden gefundenen Molekulargewicht vollkommen verschleiert wird. Ein Grenzwert des molekularen Leitvermögens läßt sich häufig garnicht finden. In vielen Fällen ist die Beweglichkeit der Ionen weit größer als im Wasser; daß der Dissoziationsgrad größer ist, ist bisher nur in einem einzigen Fall konstatiert, nämlich für Lösungen in wasserfreier Blausäure, deren Dielektrizitätskonstante um mehr als 10 % größer ist als die des Wassers. Ich beschränke mich in folgendem auf die reinwässrigen Lösungen.

Wenn man daran festhält, daß $\frac{A}{A_\infty}$ unter allen Umständen den Dissoziationsgrad darstellt, muß man die Nichtgültigkeit des Massenwirkungsgesetzes durch sekundäre Erscheinungen erklären. Auf diesem Standpunkt stehen Arrhenius und seine Schüler. Die Hülfsypothesen, die sie heranziehen, sind verschieden. Die komplizierteste ist die, daß durch den Einfluß der Elektrolyte das Gleichgewicht zwischen den einfachen Wassermolekeln und den Röntgenschen Eismolekeln verschoben wird, daß man daher in konzentrierten und verdünnten Lösungen mit ganz verschiedenen Lösungsmitteln zu tun hat. Eine Veränderung des mittleren Molekulargewichts des Wassers, auf welche diese Hypothese herausläuft, würde sich jeder experimentellen Feststellung und somit jeder mathematischen Behandlung entziehen. Die Hypothese erledigt sich indessen dadurch, daß bei höheren Temperaturen, wo der Assoziationsgrad des Wassers weit kleiner ist, die Abweichungen, welche die Elektrolyte gegen die Theorie zeigen, unverändert fortbestehen. Statt eine Änderung der Konstitution nahmen nun andere Forscher eine Änderung der physikalischen Eigenschaften des Lösungsmittels an. So erhöht der Ionenzusatz nach einer von vielen Forschern verfochtenen Anschauung die Dielektrizitätskonstante und nach der Nernst-Thomson'schen Regel damit zugleich seine dissoziierende Kraft. Da nun viele Substanzen mit hoher Dielektrizitätskonstante selbst relativ stark dissoziiert sind, so könnte der Zusatz des Salzes zugleich die Dissoziation des Wassers erhöhen. Setzt man die Dissoziationskonstante des Salzes der Anzahl der dissoziierten Wassermolekeln proportional und die des Wassers der Anzahl der dissoziierten Salzmolekeln, so gelangt man nach einigen Umformungen zu dem van 't Hoff'schen Verdünnungsgesetz. Doch ist die Grundannahme, daß das Wasser seinen Dissoziationsgrad durch den Salzzusatz erhöht, recht unsicher.

Arrhenius fand, daß die invertierende Kraft, also die Ionenkonzentration schwacher Säuren bei Zusatz von Neutralsalzen proportional der Quadratwurzel des Salzzusatzes wächst. Setzt man diese Steigerung der Dissoziation der dissoziierenden Kraft des Wassers auf Rechnung und verallgemeinert sie auf Ionen derselben Zusammensetzung, so resultiert ebenfalls das van 't Hoff'sche Gesetz. Arrhenius glaubt, daß die durch die Anwesenheit von Ionen bedingte progressive Steigerung des Dissoziationsgrades über das theoretische Maß hinaus auch bei schwachen Elektrolyten störend wirkt, daß das Ostwald'sche Verdünnungsgesetz also bei einer ganz scharfen experimentellen Prüfung auch für die schwächsten Elektrolyte nicht Stich hält; doch sind die Abweichungen von der Theorie naturgemäß um so größer, je größer der Dissoziationsgrad der Elektrolyte ist.

Zu dem unbedingten Festhalten an dem Satz $\frac{A}{A_\infty} = \alpha$ ist zu bemerken, daß es überraschend wäre, wenn die physikalische Änderung des Lösungsmittels nur auf den Dissoziationsgrad des Salzes, aber garnicht auf die Beweglichkeit der Ionen von Einfluß wäre. Es ist Abegg in neuester Zeit gelungen, die Änderung der Ionenbeweglichkeiten mit der Konzentration nachzuweisen. Ferner ist es nicht sicher, daß die Beweglichkeit der Ionen für solche dynamischen Vorgänge, wie die Katalyse von Methylacetat und von Rohrzucker ganz gleichgültig ist.

Arrhenius glaubte eine Stütze für seine Anschauungen in der guten Übereinstimmung zu finden, die sich zwischen den aus Gefrierpunktserniedrigungen und den aus Leitvermögen berechneten Dissoziationsgraden ergibt. Diese Übereinstimmung ist in der Tat für eine Reihe von starken Elektrolyten vorzüglich, für andere, wie die Nitrats, ergeben sich kleine Differenzen. Es ist bisher erst für einen einzigen starken Elektrolyten gelungen, aus Gefrierpunktserniedrigungen eine Dissoziationskonstante zu berechnen, nämlich für das Cäsiumnitrat, das Biltz untersucht hat. (Das Leitvermögen ergibt auch hier keine Konstante.) Für alle anderen kryoskopisch untersuchten Körper ergeben sich mit der Konzentration stark ansteigende oder abfallende Werte für die Dissoziationskonstante; ja für große Reihen von Salzen geht die molekulare Gefrierpunktserniedrigung durch ein Minimum, um mit steigender Konzentration wieder anzusteigen. Manche dieser Anomalien glaubte Biltz durch Hydratation des gelösten Salzes erklären zu können, die bei Nitraten und bei Cäsiumsalzen am geringsten sein sollte, eine Hypothese, die er durch Diskussion der Lösungswärmen und anderer physikalisch-chemischer Daten zu stützen suchte. Für das Vorhandensein von Ionenhydraten, komplexen Molekeln und komplexen Ionen (wie zum Beispiel $NaCl_2$, dem Anion des Komplexes Na_2Cl_2) sprechen eine Reihe von Instanzen, doch muß die Frage offen bleiben, bis ein reichhaltigeres und genaueres Versuchsmaterial vorliegt.

Die Schwierigkeit, Gefrierpunktserniedrigungen in verdünnten Lösungen mit der nötigen Genauigkeit zu messen, hat häufig dazu geführt, mit ziemlich konzentrierten Lösungen zu arbeiten, auf die sich die einfachen Gasgesetze unter keinen Umständen mehr anwenden lassen. Aus diesem Beobachtungsmaterial sind dann oft weittragende Schlüsse gezogen worden, deren Beweiskraft indessen sehr gering ist. Durch die Arbeiten von Nernst, Abegg, Loomis, Raoult u. a. sind die physikalischen Fehler der Gefrierpunktsbestimmungen erheblich verringert worden; vom chemisch-analytischen Standpunkt aber sind auch manche der neueren Präzisionsarbeiten nicht ganz einwandfrei. Doch sind die Unsicherheiten nicht so groß, daß sie die Resultate in den Hauptzügen beeinflussen könnten.

Nernst hat nun darauf hingewiesen, daß die Nichtgültigkeit des Massenwirkungsgesetzes in verdünnten Lösungen auch die Nichtgültigkeit des einfachen van 't Hoff'schen Gefriergesetzes bedingt, da beide auf derselben Grundlage beruhen, der Anwendung der Gasgesetze auf gelöste Stoffe. Für Lösungen von Nichteinktrolyten haben sich die Gasgesetze, wenigstens für die Mehrzahl der Substanzen, bis zu Konzentrationen hinauf bewährt, in denen sie für ionenhaltige Lösungen bei weitem nicht mehr gelten. Es bleibt also, wenn man einen allgemeinen Erklärungsversuch aller Diskrepanzen wagen will, nur ein Weg offen, die einfachen Gasgesetze zu revidieren und die Störungen, welche die Ionen und in konzentrierten Lösungen auch die nichtdissoziierten Molekeln verursachen, von vornherein zu berücksichtigen.

Diesen Weg haben sowohl Jahn wie Nernst eingeschlagen. Ihr Gedankengang war derselbe; sie nehmen gegenseitige Beeinflussungen aller in der Lösung befindlichen Molekülarten an; der Weg, den sie zur Gewinnung von handlichen Formeln einschlagen, ist verschieden. Nernst geht von der Verteilung des Gelösten zwischen zwei Medien aus; die Medien können zwei verschiedene, nicht mischbare Lösungsmittel oder ein Lösungsmittel und der darüber befindliche Dampf des Lösungsmittels sein. Jahn nimmt an, daß infolge der Wechselwirkung das Gesamtvolumen und der gesamte Energieinhalt der Lösung nicht mehr additiv aus dem der Komponenten zusammengesetzt werden kann, sondern daß quadratische Glieder hinzutreten. Auf dieser Annahme fußend, hat er die von Planck angegebene thermodynamische Gleichgewichtsformel umgestaltet und eine Reihe von physikalisch-chemischen Gesetzen erweitert. Die Formeln, zu denen beide Forscher gelangen, sind in den Bezeichnungen verschieden, im Wesen aber gleich. Vor dem Arrheniusschen Versuch, die Widersprüche zwischen Theorie und Beobachtung zu erklären, und vor der Annahme von Ionenhydraten und Komplexen hat der von Jahn und Nernst benutzte Gedankengang den großen Vorteil, daß er allgemeiner ist, daß er theoretisch begründet ist, und daß das zu Grunde liegende Prinzip, die Abweichungen durch Wechselwirkungen zu erklären, auch an einfacheren Systemen, wie Lösungen von Nichtelektrolyten, geprüft werden kann. Gehorcht ein Nichtelektrolyt in mäßig verdünnten Lösungen dem einfachen Gefriergesetz nicht, oder beeinflußt er die Löslichkeit eines anderen schwer löslichen, was den einfachen Gasgesetzen ebenfalls widersprechen würde, und kann man die Anomalien durch Wechselwirkung zwischen den gelösten Molekeln zahlenmäßig darstellen, so ist die Brauchbarkeit des Grundgedankens erwiesen. Das ist nun tatsächlich der Fall. Sowohl bei den Gefrierpunktserniedrigungen von Nichtelektrolyten bis zu 0,5—1,0 normalen Lösungen sowie bei den Löslichkeitserniedrigungen von Gasen durch Nichtelektrolyte leisten die Jahnschen Formeln gute Dienste, wo eine chemische Erklärung der Anomalien durch Annahme von Hydraten oder Komplexen so gut wie ausgeschlossen ist. Für Lösungen von Elektrolyten werden die Formeln allerdings, wenn man keine Größen zweiter Ordnung vernachlässigt, ziemlich unhandlich. Bleibt die Molekularkonzentration des Wassers groß gegen die des Elektrolyten, so nimmt das Massenwirkungsgesetz für binäre Elektrolyte die Form an

$$\frac{n_1^2}{N - n_1} e^{-\frac{aN}{n}} + n_1 \left(\frac{2a}{n} - \frac{b}{n} \right) = K.$$

Darin bedeutet N die Konzentration des nichtdissoziierten Elektrolyten, n_1 die der Ionen, n die des Wassers; b ist durch die Größe der Wechselwirkung zwischen den Ionen, a durch die zwischen den Ionen und dem nichtdissoziierten Anteil bestimmt, a und b sind von dem Druck und der Temperatur abhängig, von der Konzentration unabhängig, außerdem ändern sie sich von Substanz zu Substanz. In die einfache Ostwaldsche Form geht obige Gleichung nur über, wenn überhaupt keine Wechselwirkung eintritt. Ob jede Wechselwirkung von vornherein vernachlässigt werden kann, ist für verdünntere Lösungen zweifelhaft, für konzentriertere höchst unwahrscheinlich. Es sind Fälle bekannt, wo Ionen, deren Konzentration kleiner als $\frac{1}{30}$ normal ist, eine deutliche Löslichkeitserniedrigung hervorrufen, also mit dem nichtdissoziierten Anteil, allerdings eines fremden schwachen Elektrolyten, in Wechselwirkungen treten. Eine genaue Prüfung des Massenwirkungsgesetzes für verschiedene schwache Elektrolyten, bei verschiedenen Temperaturen, auch in konzentrierten Lösungen, ist jedenfalls dringend nötig.

Der allgemeine Ausdruck für die durch einen binären Elektrolyten hervorgerufene Gefrierpunktserniedrigung wird sehr kompliziert. Wenn man die Wechselwirkung des nichtdissoziierten Anteils, die für starke Elektrolyte jedenfalls unerheblich ist, und das Quadrat der Molekularkonzentration des Gelösten vernachlässigt, sich also auf ziemlich verdünnte Lösungen beschränkt, so erhält man:

$$T_0 - T = \frac{R T_0^2}{1000 r} \left[N + n_1 - \frac{b}{2n} n_1^2 - \frac{(N - n_1) n_1}{n} a \right]$$

wo r die Schmelzwärme bedeutet. Für kleine Erniedrigungen kann man a und b konstant setzen. Mit Benutzung des erwähnten modifizierten Massenwirkungsgesetzes und der Helmholtzschen Formel für die elektro-motorische Kraft eines Konzentrationselementes ergibt sich, wenn w die Überführungszahl des Kations ist,

$$E = \frac{w R T}{\varepsilon} \left[2 \ln \frac{n_1}{n_1'} - \left(\frac{b}{n} - \frac{a}{n} \right) (n_1 - n_1') - \frac{a}{n} (N - N') \right].$$

Man hat also, wenn man die elektro-motorische Kraft eines Elementes und die Gefrierpunkts-erniedrigungen (streng genommen bei derselben Temperatur) gemessen hat, vier Unbekannte: n_1, n_1' (die Konzentrationen der Ionen) a und b (die Faktoren der Wechselwirkung). Die Wechselwirkung b der freien Ionen untereinander kann man in erster Annäherung vernachlässigen, da sich die Wirkungen der gleich und entgegengesetzt geladenen Ionen kompensieren. Enthält die Anschauung Jahns, seine Ableitungen und Vernachlässigungen keinen inneren Widerspruch, so muß man also aus genau gemessenen Gefrierpunkts-erniedrigungen und elektromotorischen Kräften von Konzentrationselementen mit Hilfe einer einzigen Konstante a zu denselben Ionenkonzentrationen und Dissoziationskonstanten gelangen. Das ist in der Tat der Fall. So ergeben die von Abegg gemessenen Gefrierpunkts-erniedrigungen von Kaliumchlorid die Konstante 0,137, die von Jahn gemessenen Potentialdifferenzen 0,136, für Natriumchlorid sind die entsprechenden Werte 0,225 und 0,210. Da das Leitvermögen durchweg höhere Ionenkonzentrationen ergibt, ist der Schluß naheliegend, daß die Ionenbeweglichkeiten nicht konstant sind und Arrhenius' Berechnungsweise nur für sehr verdünnte Lösungen berechtigt ist. Ob die Theorie aber in allen Fällen den Ergebnissen des Experiments gerecht wird, kann erst nach Beibringung weiteren Versuchsmaterials entschieden werden. Dann wird zugleich die Entscheidung über die berührten strittigen Punkte der Dissoziationstheorie fallen.

Für Lösungen von beliebiger Konzentration, in denen höchst wahrscheinlich Assoziation und Hydratation neben Dissoziation hergeht, lassen sich bisher keine Formeln aufstellen. Für ternäre und quaternäre Elektrolyte, für welche verschiedene Arten der Dissoziation nebeneinander möglich sind, und welche außerdem zu hydrolytischer Zersetzung neigen, würden die Formeln sehr unhandlich werden und mehr unbekanntes als bestimmbare Größen enthalten.

Kleine Mitteilungen.

Elementare Darstellung der Berechnung des wahren Sonnendurchmessers.

Von Dr. **Bertold König** in Teschen.

Bei der Berechnung des wahren Sonnendurchmessers in der Schule geht man von der aus der Parallaxe bereits abgeleiteten Entfernung der Sonne von der Erde und ferner von dem Winkel aus, unter welchem der scheinbare Sonnendurchmesser dem irdischen Beobachter erscheint.

Im folgenden soll nun eine ebenso einfache als das lebendige Interesse des Schülers erweckende diesbezügliche Methode erläutert werden, die eine Berechnung des wirklichen Sonnendurchmessers ohne Zuhilfenahme von Parallaxe und Entfernung gestattet.

Der zunächst dem Schüler vorzuführen-Apparat (Fig. 1) besteht aus: 1. einem 50 cm langen und 5 cm breiten Streifen aus Zeichenpapier, der eine Zentimeterskala in der gezeichneten Weise enthält, sodaß dieselbe rechts und links vom Nullpunkte in verschiedener Farbe, z. B. grün und rot, ausgeführt ist; 2. einem Holzstativ, an welchem mittels einiger Reißnägeln der Streifen befestigt wird; 3. einem in der Mitte des Statives senkrecht zur Streifenebene angebrachten etwa 50 cm langen Maßstab. Letzterer hat an seinem Ende einen niedrigen Stützpunkt für das Kinn des beobachtenden Schülers. Längs dieses Maßstabes ist ein vertikaler Zeiger (Stricknadel) verschiebbar. (Zum Schutze vor Verletzung kann dieser oben ein kleines Kügelchen tragen.) Mit diesem Apparate werden folgende Versuche angestellt:

1. Der Zeiger wird an seinem Maßstabe in die Mitte geschoben. Der das Kinn aufstützende Schüler beobachtet nun bei gerader Haltung seines Kopfes die Deckung des

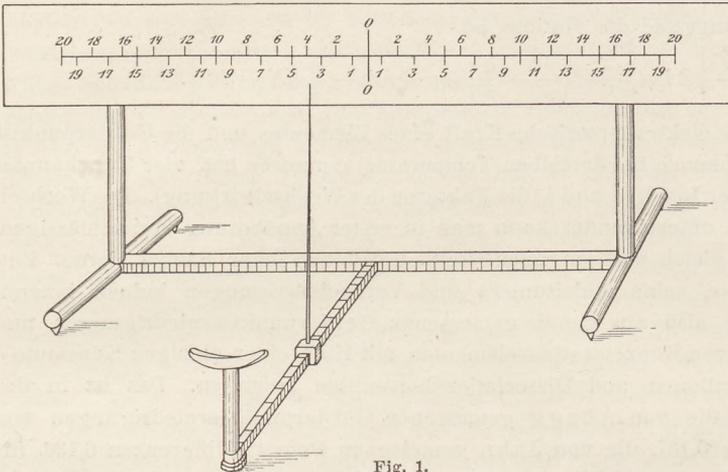


Fig. 1.

Zeigers mit dem Teilstriche „0“. Wenn jetzt der Schüler bei geschlossenem linken Auge nur mit dem rechten Auge beobachtet, so weist der Zeiger etwa auf „rot 3“, während er bei alleiniger Benutzung des linken Auges auf „grün 3“ hinweist. Der Abstand „grün 3“ von „rot 3“ beträgt 6 cm, und ebenso groß ist demnach auch die Pupillardistanz des Beobachters; denn (Fig. 2)

$\triangle LNR \simeq GNR'$, da ihre Hälften (rechtwinkelige Dreiecke) kongruent sind.

2. Der Zeiger wird im ersten Viertel seines Maßstabes aufgestellt, sodaß er 3mal soweit vom Papierstreifen als vom Auge des Beobachters absteht. Bei der Beobachtung bloß mit dem rechten Auge weist der Zeiger auf „rot 9“, bloß mit dem linken Auge auf „grün 9“.

Die geometrische Darstellung dieses Versuchs (Fig. 3) ergibt aus der Ähnlichkeit der Dreiecke LNR und GNR' wegen $ND' = 3ND$ auch $GR' = 3LR$.

Diese beiden Versuche genügen als Vorversuche für die beabsichtigte Berechnung. Wir wollen zu diesem Zweck von der Betrachtung kleiner irdischer Verhältnisse zu himm-

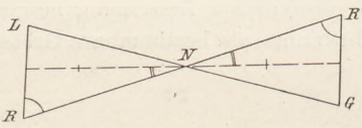


Fig. 2.

lischen Erscheinungen übergehen und uns an Stelle der beiden beobachtenden Augen zwei scharf in den Welt- raum hinausblickende Teleskope denken, die wir immer weiter auseinanderrücken lassen, bis sie an zwei diametral entgegengesetzten Punkten der Erde angelan- gt sind, von wo aus sie den beobachtenden Astronomen die Vorgänge auf der Sonne erkennen lassen.

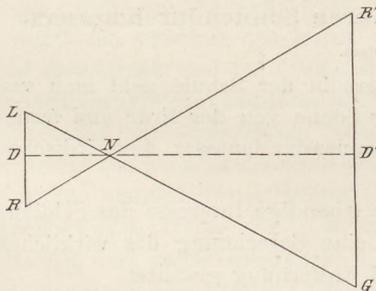


Fig. 3.

Die Venus, der uns am nächsten befindliche Planet, zeigt, durch ein Fernrohr beobachtet, alle verschiedenen Phasen des Mondes von der schmalsten Sichel bis zur vollbelegten Scheibe. In ihrer unteren Konjunktion mit der Erde (letzte Beobachtung am 6. Dezember 1882) erscheint uns der Durchmesser der uns zugekehrten dunklen Venus siebenmal so groß als zur Zeit ihrer oberen Konjunktion, in welcher sie uns ihre vollbe- leuchtete Hälfte zuwendet. Daraus folgt, daß die Venus bei ihrer oberen Konjunktion siebenmal soweit von uns

entfernt sein muß als bei ihrer unteren, daß also der Durchmesser ihrer sehr kreisähnlichen Bahn sechsmal so groß ist als ihre Entfernung von der Erde zur Zeit ihrer unteren Kon- junktion. In letzterwähnter Phase steht also Venus dreimal soweit von der Sonne als von der Erde ab.

Die zwei an diametral entgegengesetzten Erdpunkten beobachtenden Astronomen werden somit die finstere Venusscheibe nicht an einem und demselben Punkte der leuchtenden Sonnenscheibe, sondern an zwei verschiedenen Stellen sehen, welche, wie Fig. 3 beweist, um 3 Erddurchmesser von einander abste- hen. Für den einen der Beobachter zog denn auch

wirklich die Venus in der Geraden AB , für den anderen in der Geraden CD quer über die Sonne (Fig. 4).

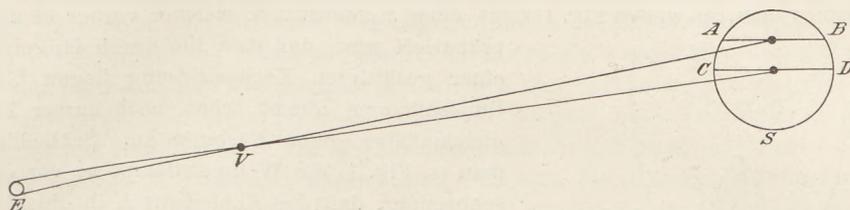


Fig. 4.

Nun fand man durch Messung, daß der Abstand der Bahnen AB und CD (in der Figur der Deutlichkeit halber größer gezeichnet) der $36\frac{1}{4}$ Teil des scheinbaren Sonnendurchmessers ist. AB ist aber von CD um 3 Erddurchmesser, d. i. um 3×1716 geogr. Meilen entfernt. Infolgedessen ist der wirkliche Sonnendurchmesser

$$2R_s = 3 \times 1716 \times 36\frac{1}{4} \text{ geogr. Meilen} = (\text{rund}) 187\,000 \text{ geogr. Meilen.}$$

Ein einfaches Verfahren zur Demonstration der Umkehrung der Natriumlinie.

Von Prof. Dr. O. Tumlirz in Czernowitz.

Ich habe im Jahre 1887 in Fr. Exners Repertorium der Physik ein einfaches Verfahren zur Demonstration der Umkehrung der Natriumlinie beschrieben und dieses Verfahren seither so wesentlich verbessert, daß es jetzt die Erscheinung in sehr befriedigender Weise zeigt. Es kommen, wie aus der Fig. 1 zu entnehmen ist, zwei einfache Apparate zur Verwendung. Der

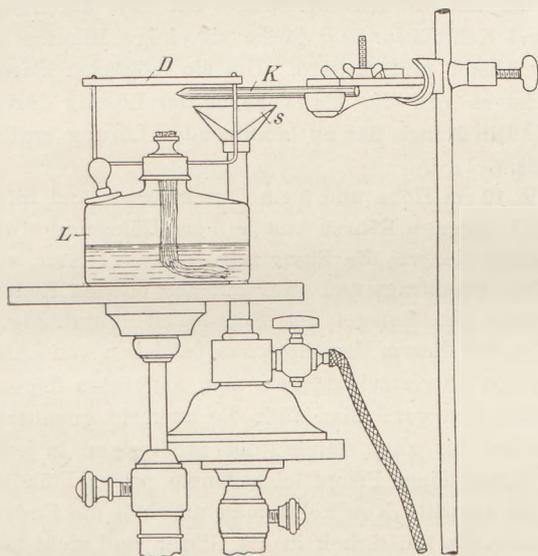


Fig. 1.

eine ist eine Weingeistlampe L , welche mit einer Mischung gespeist wird, die aus ungefähr 70% Weingeist, 25% Wasser und 5% einer gesättigten Kochsalzlösung besteht. Man reguliere den Docht so, daß die Flamme eine Höhe von ungefähr 8 cm erhält. Es ist angezeigt, die Fäden des Dochtes nicht auseinanderzulegen und ihre Spitzen öfter abzuschneiden.

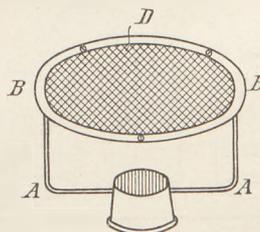


Fig. 2.

Hat die Flamme die genannte Höhe erreicht, so setzt man das in Fig. 2 besonders gezeichnete Drahtnetz D auf die Weingeistlampe. Das von mir verwendete Eisendrahtnetz hat quadratische Maschen von 3,5 mm Seite und eine Drahtstärke von ungefähr 0,5 mm. Es befindet sich in einer kreisförmigen Messingfassung, welche einen inneren Durchmesser von 70 mm hat und von zwei Messingdrähten ($AB = 40$ mm) getragen wird. Durch das Drahtnetz wird die Flamme zunächst abgeschnitten, doch schlägt sie nach einiger Zeit, wenn das Netz an der betreffenden Stelle rotglühend geworden ist, durch. Die ganze Flamme besteht dann aus zwei sehr verschiedenen Teilen, welche durch das Drahtnetz voneinander getrennt sind; der untere Teil leuchtet hell, der obere dagegen sehr schwach, infolge der Abkühlung durch das Drahtnetz. Das Eisendrahtnetz muß von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Der zweite Apparat ist ein Bunsen-Flachbrenner, dessen Spaltöffnung (s in Fig. 1) bei meinem Versuch 50 mm lang ist. In den unteren Saum der Flamme und parallel zur Spaltöffnung bringt man, so wie es Fig. 1 zeigt, einen Kohlenstift K , welcher vorher in der Weise präpariert wird, daß man ihn durch längere Zeit in einer gesättigten Kochsalzlösung liegen läßt. Die Bunsenflamme nimmt schon nach kurzer Zeit eine gleichmäßige gelbe Färbung an. Schließlich stellt man (s. Fig. 1) die Weingeistlampe so vor den Bunsenbrenner, daß der Kohlenstift K in die Ebene des Drahtnetzes D zu liegen kommt, (Fig. 3) und visiert durch den oberen, matt leuchtenden Teil o der Weingeistflamme gegen die gelbe Bunsenflamme. Man sieht dann den oberen Teil o der Weingeistflamme ganz schwarz, so wie es die Figur 3 darstellt. Es ist wichtig, bei dem Versuch einen schwarzen Hintergrund (z. B. die Schultafel) zu wählen. Noch geeigneter ist ein verdunkeltes Zimmer.

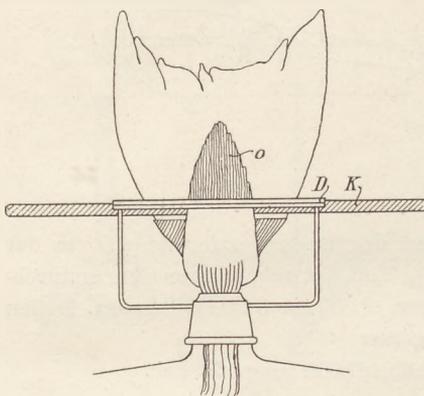


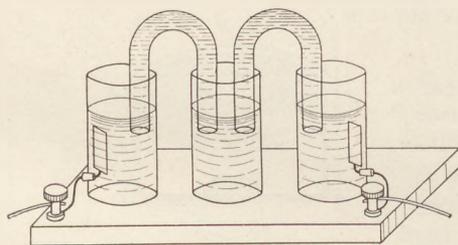
Fig. 3.

Ein elektrolytischer Demonstrationsversuch.

Von Prof. **Fred J. Hillig** in Buffalo N.-Y.

Das folgende Experiment eignet sich gut zur Darstellung einiger Hauptvorgänge bei der Elektrolyse und zur Erläuterung derselben an der Hand der Iontentheorie. Als Elektrolyt dient eine halb gesättigte Kochsalzlösung, die mit Rotkohlsaft gefärbt ist. Zur Bereitung des Farbstoffes wähle man ein halbes Dutzend Kohlblätter und koche sie einige Minuten in Wasser; dann löse man das Salz in dem Absud und filtriere. Um ein möglichst klares Farbspiel beim Experiment zu erzielen, ist es gut, die blaue Farbe der Lösung durch einen Tropfen Säure in Rot zu verwandeln. Die Menge der zu benutzenden Lösung ergibt sich aus den folgenden Dimensionen der Gläser.

Man wähle 3 zylindrische Gläser von je 10 cm Höhe und 5 cm Durchmesser und fülle sie mit der Flüssigkeit. Dann nehme man 2 U-förmige Röhren von je 5 cm Höhe und etwa 1½ cm Durchmesser, fülle auch diese und stülpe sie, wie die Figur zeigt, in die Gläser, so daß je eine Röhre in zwei Gläser von oben hineinragt und zwar mit den offenen Enden unter den Spiegel der Flüssigkeit (vergl. Fig.).



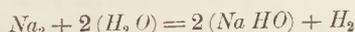
Um bei diesem Verfahren das Entstehen von Luftblasen zu vermeiden, geht man am besten folgendermaßen vor: Man füllt die aufrecht gehaltene Röhre bis zum Rande und preßt dann in jede Öffnung einen Pfropf leicht hinein, wobei Flüssigkeit austritt. Nun kehrt man um, hält die Enden unter die Flüssigkeit in die Gläser und zieht mit einer Zange die Pfropfen heraus. Schließlich senkt man die aus Platinblech bestehenden Elektroden in die beiden äußeren Gläser, aber so, daß die Elektroden nicht senkrecht unter die Öffnungen der U-Röhren zu stehen kommen. Will man den Apparat öfters benutzen, so empfiehlt es sich, die Elektroden seitlich einzuführen und mit Polschrauben, die auf einem Brett befestigt sind, permanent zu verbinden. An die letzteren kann man dann jederzeit die Drähte von der Stromquelle her anschrauben.

Der Strom, den man durch die Lösung leitet, darf schon recht stark sein. Ich benutze den Strom — natürlich Gleichstrom — der Beleuchtungsanlage. Übrigens läßt sich derselbe, falls es nötig wäre, durch Verdünnung der Lösung herabdrücken. Mit dem Strom von einigen schwachen Elementen erzielt man kein befriedigendes Resultat.

Wird nun der Strom geschlossen, so beginnt an beiden Polen Gasentwicklung, an der Anode wird Chlor, an der Kathode Wasserstoff frei. Nach kurzer Zeit färben sich die

Flüssigkeiten in den beiden äußeren Gläsern anders, und zwar wird das Rot in dem Anodenglas allmählich fahl und verblaßt schließlich ganz, während die Flüssigkeit in dem Kathodenglas sich grün färbt. Im mittleren Glas dagegen bleibt das Rot fortbestehen. Berührt man nun die U-Röhren mit der Hand, so bemerkt man, daß sie warm bzw. heiß geworden sind.

Folgendes sind nun die Schlüsse, die wir aus den Beobachtungen ziehen: 1. An der Anode, und nirgendwo anders, scheidet sich freies Chlor ab. Beweis dafür ist die Entfärbung des vegetabilen Farbstoffes. 2. An der Kathode, und sonst nirgendwo, scheidet sich Natrium ab. Dies nehmen wir indirekt daran wahr, daß sich die Flüssigkeit grün färbt. Dieser Farbenwechsel kann nur erklärt werden durch das Auftreten einer Base, und die hier mögliche Base ist natürlich Natriumhydrat. Das Gas, welches sich ebenfalls bildet, läßt sich gemäß der Formel

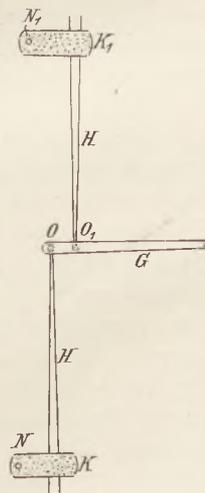


als Wasserstoff nachweisen. 3. Das mittlere Glas behält die ursprüngliche Farbe, also befindet sich dort weder freies Chlor noch freigewordenes zu Natriumhydrat verbundenes Natrium vor. 4. Die Ionen wandern von überall her in großen Mengen nach den beiden Polen, die Chlorionen zur Anode, die Natriumionen zur Kathode. Da nun in den dünnen U-Röhren die sich bewegenden Anionen und Kationen viel dichter zusammengedrängt sind als in den weiten Gläsern, so entsteht Reibung, und zwar sowohl zwischen den aneinander vorbeistreichenden Anionen und Kationen als auch zwischen Ionen und Wassermolekeln, was naturgemäß die Temperatur in den Röhren stark hinaufreiben muß, wie dies auch wirklich der Fall ist.

Stellt man den Versuch am Abend oder vor einer großen Versammlung an, so wirkt der erwähnte Farbenwechsel prächtig, wenn man hinter je eines der drei Gläser eine Kerze oder Glühlampe anbringt. Das Steigen der Temperatur in den beiden Röhren läßt sich ebenfalls durch Anwendung eines Differentialthermometers sichtbar machen.

Versuche mit einfachen Mitteln.

10. W. Weiler in Eßlingen: **Ein einfaches Hygroskop.** Durch zwei Korke KK_1 sind die Stecknadeln NN_1 gesteckt und diese irgendwo in die Wand eingetrieben. Durch jeden Kork ist ein Haar H gezogen und dieses durch eine mit glühender Nadel eingebrannte Öffnung O eines Stroh- oder Grashalms G oder eines leichten Stäbchens. Die Haare sind, wie bekannt, mit sehr verdünnter Sodalösung entfettet worden. Die Haarschleife liegt aber nicht wie in der Zeichnung, sondern beide Teile sind parallel der Wand. Die Haare kann man ersetzen durch Gelatinestreifen von 2 bis 3 mm Breite, durch Papierstreifen, und selbst Baumwollfäden zeigen sich hygroskopisch. Je länger G genommen wird und je näher die Öffnungen O, O_1 liegen, durch welche die Haare gezogen sind, desto größer werden die Ausschläge des Zeigers. Man bezeichnet den Stand desselben an einem sehr feuchten und an einem sehr trockenen Tag und teilt den Zwischenraum in beliebige Teile. Die Luft ist sehr feucht im Sommer bei Regenwetter und sehr trocken im kalten Winter bei geheiztem Zimmer.



11. W. Milewski in Stettin: **Ein Fritter mit Quecksilberfüllung** zum Abhören von Zeichen mit dem Telephone dürfte von Interesse sein, zumal dessen Herstellung und Regulierung sehr einfach ist.

In ein kurzes Glasröhrchen von etwa 4 mm Durchmesser kittet man mit Siegellack einen dünnen Kohlenstab mit einer kleinen Vertiefung zur Aufnahme eines Quecksilbertropfens von etwa 2 mm Durchmesser fest. Ein zweites dünneres Kohlenstäbchen wird mit dem mit der Feile abgerundeten Ende in die Glasröhre soweit hineingeschoben, daß die Spitze den Quecksilbertropfen eben berührt. Schaltet man diesen Quecksilberfritter mit

einem Telephon in den Stromkreis zweier kleinen Elemente und zwar so, daß der untere dickere Kohlenstab mit dem + Pol verbunden wird, so ist diese Vorrichtung zum Abhören von Funkentelegrammen bereit. Die Stellung des Fritters ist bei den vorzunehmenden Versuchen eine vertikale, die Entfrittung geschieht von selbst¹⁾.

Für die Praxis.

Projektionsbilder auf Mattglas. Von Dr. Penseler in Blankenese. Im Jahrgang XV S. 350 d. Zeitschr. habe ich ein Verfahren beschrieben, Projektionsbilder auf recht durchsichtigem Pauspapier herzustellen. Inzwischen hat nun einer meiner Schüler die folgende Methode herausgefunden, Mattglas für Projektionszwecke brauchbar zu machen.

Wegen der rauhen Oberfläche läßt sich auf Mattglas sehr gut zeichnen, aber da es wenig lichtdurchlässig ist, so erscheint eine Zeichnung mit Bleifeder, Tinte, Tusche oder Farbe auf Mattglas im Projektionsbilde recht verschwommen. Überzieht man aber das mit einer Zeichnung versehene Mattglas mit einer dünnen Schicht Schellack oder Spirituslack, so wird es hinreichend durchsichtig, sodaß jetzt das Lichtbild in voller Schärfe und Helligkeit hervortritt. Dieses Überziehen mit Lack hat außerdem den Vorteil, daß die Zeichnung fixiert ist²⁾. — Auf der Lackschicht läßt sich nun wieder zeichnen, wenn auch die Farb- oder Tintenstriche nicht ganz so gut darauf haften wie auf der rauhen Glasfläche. Diese letzten Zeichnungen lassen sich leicht mit Wasser abwaschen, ohne daß dadurch der Lacküberzug leidet. So kann man auf der Glasplatte zwei Arten übereinanderliegender Zeichnungen herstellen, von denen nur die letzte mit Wasser zu entfernen ist. Die Verwendbarkeit dieser Bilder ist mir besonders klar geworden in den Vorträgen, die einer meiner Kollegen kürzlich über „das Wetter“ gehalten hat. In jedem einmal wöchentlich stattfindenden Vortrage wurden die Wetterkarten der verflossenen Woche in Lichtbildern vorgeführt. Auf Mattglas waren mit Tusche die Umrisse des mittleren Europas aufgezeichnet, diese Skizzen wurden mit Lack fixiert und dann erst wurden die Isobaren mit roter, Windrichtung und Stärke mit schwarzer Wasserfarbe eingetragen. Für den nächsten Vortrag wurden dieselben Glasplatten benutzt; nachdem mit Wasser die zweite Zeichnung entfernt worden, wurde die neue Wetterlage eingezeichnet. Diese Projektionsbilder standen den käuflichen nicht an Übersichtlichkeit und Schärfe nach. — Auch die fixierte erste Zeichnung läßt sich, wenn man die Lackschicht mit Spiritus sorgfältig abgewaschen hat, wieder entfernen, sodaß die Glasplatte für ein ganz neues Bild verwendbar ist.

Reinigung des Quecksilberschlammes in Quecksilberunterbrechern. Von Prof. E. Grimsehl in Hamburg. Bei der Anwendung von Quecksilberunterbrechern an Induktionsapparaten bildet sich in dem Quecksilbergefaß nach kurzer Zeit ein undefinierbarer Schlamm, der der Reinigung und der Wiedergewinnung des Quecksilbers zu spotten scheint. Nach vielfachen Versuchen mit anderen Mitteln ist mir die Reinigung mit Hilfe von Kali- oder Natronlauge gelungen. Der Schlamm besteht nämlich zum größten Teile aus einer Emulsion von Quecksilber mit dem über dasselbe geschichteten Petroleum. Mikroskopisch kleine Quecksilbertröpfchen sind mit einer Petroleumhülle umgeben, welche die Wiedervereinigung der Quecksilbertröpfchen hindern. Gießt man aber konzentrierte Kali- oder Natronlauge zu der Emulsion, so lagert sich unter einem dicklichen schmutzigen Schaum das Quecksilber in kurzer Zeit als zusammenhängende Masse ab und kann dann durch Abgießen von dem Schaum getrennt werden. — Auch Schütteln mit Schmierseife (grüner Seife) und Wasser unter wiederholter Erneuerung des Mittels erfüllt denselben Zweck.

¹⁾ *Ann. d. Red.* Das Mikrophonfritter der italienischen Kriegsmarine besteht aus einer starken Glasröhre mit Elektroden aus Kohle oder Eisen, zwischen denen sich Quecksilberkügelchen befinden.

²⁾ *Ann. d. Red.* Dies Verfahren ist auch schon von Dallinger beschrieben worden (*L. Wright, Optical Projection, 403*). Neu ist die dann beschriebene weitere Behandlung der Platten.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einige neue Verfahren zur bequemen Demonstration elektrischer Wellen in Drähten sind neuerdings von F. A. SCHULZE mitgeteilt (*Sitzungsber. der Ges. zur Beförder. der ges. Naturwissenschaften in Marburg. No. 8, Dezember 1902, S. 121–127*). In recht schöner Weise kann man ja Drahtwellen nachweisen durch Verwendung von Induktorium mit Tesla-Apparat und dünnen Drähten bei etwas geänderten Blondlot-Erreger (Methode von Coolidge), oder durch Ausspannen der Drähte im Vakuumrohr (Methode von Arons), — beide erfordern aber, um deutlich zu sein, verdunkelte Zimmer. Man kann nun nach SCHULZE

1. sehr leicht die Knoten und Bäuche aufsuchen und nachweisen, wenn man bei der Anordnung nach Coolidge ein geladenes Elektroskop, etwa ein bis 3000 Volt anzeigendes Braunschens Instrument entweder unter oder mit seinem Knopfe zwischen die Drähte bringt. Es findet dann Entladung des Instrumentes statt und zwar an den Knoten mit der geringsten Geschwindigkeit, wohl infolge vorhandener Oberschwingungen, ein Bestehenbleiben der Ladung nur, wenn an den Knotenstellen Brücken liegen. Die Entladungsgeschwindigkeit ist größer bei positiver als bei negativer Ladung des Elektrometers, bei + 3000 Volt z. B. verschwindet die Ladung sofort, bei — 3000 Volt dagegen erst nach etwa 5 Sekunden. Diese Elektroskopentladung ist jedenfalls eine Folge einer Ionisation der Luft in der Umgebung der Drähte an den Bäuchen des elektrischen Potentials und kann entweder verursacht sein durch die an den dünnen Drähten stattfindende Spitzenausstrahlung oder durch das schnelle elektrische Wechselfeld zwischen den gegenüberliegenden Bäuchen des elektrischen Potentials, die schnelle Umkehr der dielektrischen Polarisation. Es ließ sich nun leicht feststellen, daß bei den hier beschriebenen Versuchen nur die Spitzenentladung als Ionisierungsursache in Betracht kommt, denn wenn man den Kopf des Elektrometers mit einem Ebonitzylinder umgibt, so hört jede Entladung auf, trotzdem die elektrischen Kraftlinien ungehindert das Instrument treffen können, während bei Ersatz des Ebonit- durch einen Drahtnetzzyylinder wieder eine, wenn auch langsame Entladung stattfand. Ebenso hindert jeder zwischen die Drähte und den Elektrometerknopf gebrachte Gegenstand, der eine unmittelbare geradlinige Einwirkung auf jenes seitens der Drähte ausschließt, die Entladung ebenfalls. Sowie durch Ausschalten des Induktoriums die Wellen aufhören, hört auch die Entladung des Elektroskopes auf. Andererseits kann man während der Wellenerregung die elektrisierte Luft fortblasen und durch sie am weiter entfernten Instrument Entladung hervorrufen. Jede Entladung hört auf, wenn man die dünnen Drähte ersetzt durch dicke, z. B. solche von 2 mm Durchmesser; in diesem Falle behält das Elektroskop seine Ladung vollständig auch in einem Bauche der elektrischen Schwingung, jedoch nicht mehr dann, wenn zwischen zwei benachbarten Knoten desselben Drahtes auf ihm noch ein 0,1 mm dünner Draht ausgespannt wurde.

2. Die Ionisation durch die Spitzenentladung an dünnen Drähten ermöglicht nun ein zweites Verfahren zum bequemen Nachweise des elektrischen Schwingungszustandes, indem sie gestattet das bekannte Dampfstrahlphänomen anzuwenden, wonach in der Nähe der Bäuche sich erhöhte Kondensation zeigen muß, während dieselbe an den Knoten ausbleibt. In der Tat tritt die Erscheinung auch sehr kräftig und deutlich auf, zeigt jedoch in ihrem Verhalten einen bemerkenswerten Unterschied gegen die vorherbesprochene, insofern die Wirkung auf den Dampfstrahl nicht abgeschirmt wird, sondern bestehen bleibt, solange irgendwie ein freier Weg durch die Luft zwischen Drähten und Dampfstrahl vorhanden ist. Erst wenn man die Drähte auf 10–20 cm Länge in Glas- oder Papierröhren einschließt, reagiert der Dampfstrahl nicht mehr. Anscheinend findet durch den Dampfstrahl selbst ein förmliches Ansaugen der ionisierten Luft statt, sodaß die Ionen auch auf krummlinigen Bahnen an den Dampfstrahl gelangen können.

3. Ein weiteres, namentlich für Demonstrationszwecke sehr angenehmes Verfahren beruht auf der sehr kräftigen Fluoreszenz eines Bariumplatincyanürschirmes in der Nähe elektrischer

Ausströmungen. Man legt dazu am besten einen langen etwa 5 cm breiten mit Bariumplatin-cyanür bestrichenen Papierstreifen mit seiner Schicht ganz dicht an einen der beiden Drähte; der Streifen leuchtet sehr hell an den Bäuchen und bleibt an den Knoten, die nicht überbrückt zu werden brauchen, vollkommen dunkel, die Erscheinung war in einem großen Auditorium noch auf 15 m Entfernung ganz hell zu sehen. *W. B. von Czudnochowski.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neue Arten von Lichtstrahlen. Von R. BLONDIOT (*C.R. CXXXIV 1559, CXXXV 666, 721, 763 (1902); CXXXVI 284, 487, 735, 1120, 1227 (1903)*). Der Verf. beschreibt zunächst eine Reihe sehr schöner Versuche, die er mit Strahlen erhalten hat, welche von der Antikathode einer Entladungsröhre ausgehen und die er anfangs für Röntgenstrahlen hielt. Zuletzt stellte sich aber heraus, daß diese Strahlen Eigenschaften besitzen, die den Röntgenstrahlen nach gesicherten Beobachtungen nicht zukommen und daß sie demzufolge als eine neue Art von Lichtstrahlen aufgefaßt werden müßten.

Eine Vakuumröhre wurde genau so angeordnet, wie es zur Erzeugung von Röntgenstrahlen nötig ist; um jeden Einfluß sichtbarer Lichtstrahlen auszuschließen, wurde die Röhre sorgfältig mit schwarzem Papier umhüllt. Dann treten aus ihr Röntgenstrahlen und gleichzeitig jene anderen Strahlen aus, welche auf sehr kleine elektrische Funken in ähnlicher Weise einwirken wie ultraviolette Lichtstrahlen. Man läßt den Funken zwischen zwei Metall-elektroden, die nur um einen Bruchteil von $\frac{1}{10}$ mm von einander entfernt sind, überspringen und macht die Potentialdifferenz etwas größer, als sie für die Funkenbildung ohne Bestrahlung nötig ist. Läßt man dann die Strahlen einwirken, so wird der Funke heller, unterdrückt man die Strahlen, so erhält der Funke wieder sein ursprüngliches Aussehen. Der durch ein Induktorium zwischen den beiden Hälften einer Kupferstange erzeugte kleine Funke befand sich in der Achse der Röntgen-Röhre. Man reguliert, nach Abblendung der Strahlen durch einen Bleischirm, den Abstand der Spitzen und die Entfernung der Röhre so, daß das Fünkchen absolut regelmäßig ist; es erscheint dann wie ein kleiner rötlicher Lichtschimmer. Wird dann die Bleiplatte entfernt, so wird der Funke augenblicklich heller und weißer; schiebt man die Platte wieder vor, so erhält der Funke sein erstes Aussehen; bei raschem Hin- und Herschieben der Platte macht er den Eindruck des Funkelns. Daß diese Helligkeitsänderungen des Funkens nicht auf durch die Bleiplatte bewirkte Änderungen der elektrischen Influenz beruhen, wurde vom Verf. durch besondere Versuche festgestellt. Die Wirkung der Strahlen auf den Funken hat wohl mit der durch die Strahlen veranlaßten Vergrößerung der Schlagweite eine gemeinsame Ursache, indem in beiden Fällen der Widerstand, den die Luft dem Durchgange der Elektrizität bietet, verkleinert wird. Das Phänomen ist nur mit außerordentlich kleinen Funken zu beobachten möglich: bei stärkeren Funken ist der Luftwiderstand schon sehr gering und seine Verringerung durch die Strahlen übt einen nicht bemerkbaren Einfluß auf die Helligkeit des Funkens aus.

Diese Einwirkung der neuen Strahlen auf kleine Entladungsfunken benutzte der Verf., um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen mit der Geschwindigkeit elektrischer Wellen zu vergleichen. Er wandte dabei folgende Versuchsanordnung an. Von den Polen B und B' einer Induktionsrolle (Fig. 1) gehen zwei Drähte aus und führen zu den Elektroden H und H' einer Vakuumröhre. Bevor sie die Röhre erreichen, sind diese horizontal und einander parallel ausgespannten Drähte verbunden mit den beiden Hälften eines Hertz'schen Erregers, der aus zwei Messingzylindern A und A' besteht, die sich innerhalb eines mit Vaselineöl gefüllten Fläschchens befinden. Unterhalb dieses (in der Figur nicht sichtbaren) Fläschchens liegt ein Resonator in Form eines Kupferdrahringens $D D' C$ (in der Figur seitlich gezeichnet),

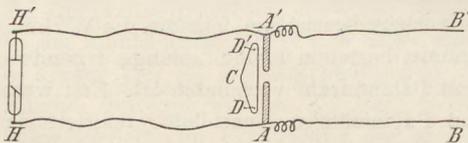


Fig. 1.

dessen Schlitz C nach der Röhre zu liegt, um die von dort kommenden Strahlen aufzunehmen; gegen jede andere Strahlung ist er durch Schirme aus schwarzem Papier und ein Aluminiumblättchen geschützt.

Durch passende Regulierung der Funkenlänge des Erregers im Öl kann man gleichzeitig die Röhre und den Erreger in Tätigkeit setzen. Bei jedem Stromstoß der Induktionsrolle erreicht die Potentialdifferenz zwischen H und H' einen für die Aktion der Röhre hinreichenden Wert; während diese Potentialdifferenz zunimmt, springt in dem Erreger der Funke über: die Röhre, plötzlich ohne Strom, verlöscht, während die oszillierende Entladung des Erregers fort dauert und sich vollendet. Zuerst seien die Röhre ganz nahe dem Erreger und die Drähte AH und $A'H'$ so kurz wie möglich (11 cm). Trägt man dann als Abszissen die Zeiten, gerechnet von dem Moment an, wo der Funke in dem Öl erscheint, und als Ordinaten die Potentialdifferenzen zwischen A und A' auf, so erhält man eine rasch gedämpfte Sinusoide $MNPQ$ (Fig. 2).

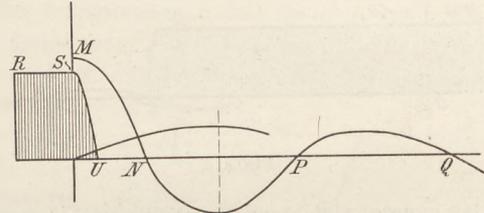


Fig. 2.

Ist der Apparat reguliert, so ist das für die Röhre notwendige Potential nur wenig geringer als das Entladungspotential des Erregers: es genügt in der Tat eine geringe Verkürzung der Schlagweite, damit die Entladung nicht mehr durch die Röhre, sondern ganz durch den Erreger geht. Hieraus folgt, daß die Röhre erlischt, sobald das Potential infolge der oszillierenden Entladung etwas kleiner geworden ist, und zwar in einer Zeit, die kleiner ist als ein Viertel der Periode des Erregers; die Kurve, welche die Intensität der Strahlen darstellt, wird daher gebildet von einem fast horizontalen Teil RS , der der Entladung vorhergeht, und einem steil hinabgehenden Teile SU . Zeichnet man die Kurve, deren Ordinate die an dem Schlitz des Resonators durch die Entladung des Erregers erzeugte elektrische Kraft darstellt, so wird diese Ordinate Null, solange die ganze Entladung durch die Röhre geht; sie erreicht erst einen merklichen Wert zu einer Zeit, in der der Erreger zum Teil schon entladen ist; ihr Maximum tritt ein, wenn der Erreger wieder entgegengesetzte Ladung besitzt, d. h. am Ende einer halben Schwingung. Daraus folgt, daß, wenn der Resonator zu oszillieren anfängt, die Strahlen schon ausgelöscht sind, sie mithin keine Wirkung mehr auf den sekundären Funken ausüben können. Der Versuch bestätigt dieses: bringt man eine Bleiplatte zwischen die Röhre und den Resonator, so ändert der Funke nicht sein Aussehen.

Ersetzt man bei unveränderter Stellung der Röhre die kurzen Drähte AH , $A'H'$ durch 25 cm lange, so wird das Erlöschen der Strahlen verzögert um die Zeit, welche die Hertzschellen Wellen brauchen, um $25 - 11 = 14$ cm zu durchlaufen. Um die gleiche Zeit später verschwinden die Strahlen an dem Schlitz des Resonators und können folglich noch auf den Funken einwirken. In der Tat bemerkt man jetzt, daß durch Zwischenstellen einer Bleiplatte der Funke weniger hell wird. Diese Wirkung der Strahlen nimmt zu, wenn man die Drähte AH und $A'H'$ verlängert; für Längen von 33 cm, 80 cm, 130 cm wird sie immer deutlicher bemerkbar. Die Versuche zeigen also, daß die Strahlen erlöschen, sobald die elektrische Entladung in der Röhre aufgehört hat. Bei den 11 cm langen Drähten zeigt sich keine, bei 25 cm langen schon eine deutliche Wirkung; wenn daher eine Verlängerung der Emission der Strahlen oder eine Verlängerung ihrer Wirkung auf den Resonator besteht, so muß die Summe beider sehr klein sein gegenüber $14/3 \cdot 10^{10}$ Sek.

Nimmt man die Drähte von unveränderlicher Länge, z. B. 50 cm, und entfernt allmählich die Röhre, so werden die Strahlen um die Zeit verzögert werden, welche sie für die Entfernung von der Röhre bis zum Resonator brauchen. Ihr Verschwinden an der Funkenstrecke wird um ebensoviel verzögert, und, wenn ihre Geschwindigkeit der der Hertzschellen Wellen vergleichbar ist, muß die Entfernung der Röhre dieselbe Wirkung haben wie die Verlängerung der Drähte, d. h. eine bessere Koinzidenz des Zeitpunktes, in dem die elektrische Kraft

in dem Resonator auftritt, mit dem Zeitpunkt, in dem die Strahlen hier zugegen sind, mithin eine verstärkte Wirkung der Strahlen auf den Funken. Man kommt so zu dem eigentümlichen Paradoxon, daß die Röhre in größerer Entfernung eine größere Wirkung ausüben muß als in der Nähe. Der Versuch bestätigte auch dieses in überraschender Weise: die Helligkeit des Funkens nahm zu in dem Maße, wie man die Röhre entfernte. Die Zunahme ist allein den von der Röhre kommenden Strahlen zuzuschreiben, da die Wirkung verschwindet, wenn man zwischen Röhre und Resonator eine Bleiplatte bringt.

Nimmt man die Drähte wieder länger (z. B. 80 cm) und entfernt die Röhre, so wird es bei einer gewissen Entfernung eintreten, daß die Strahlen an der Resonatoröffnung ihre volle Stärke während der ganzen Zeit besitzen, in der die elektrische Kraft dort einen beträchtlichen Wert besitzt (Fig. 3): die Wirkung der Strahlen wird dann so groß sein, als

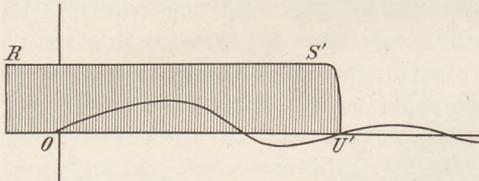


Fig. 3.

ihre Intensität zuläßt. Fährt man mit der Entfernung der Röhre fort, so wird sich die Koinzidenz zwischen der Anwesenheit der Strahlen und der der elektrischen Kraft in der Resonatoröffnung nicht mehr verbessern können, und man wird sie ebenso wie die Intensität der Strahlen verlieren. Die Wirkung der Strahlen wird also durch ein Maximum gehen.

Das zeigte sich auch wirklich: der Funke erreichte eine maximale Helligkeit, wenn die Röhre etwa 53 cm von der Resonatoröffnung entfernt war. Auch dieses Maximum verschwand bei Zwischenstellung einer Bleiplatte.

Aus den Versuchen geht schon hervor, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit V' der neuen Strahlen von derselben Größenordnung ist, wie die Geschwindigkeit V der Hertzischen Wellen. Das Verhältnis beider läßt sich mit Hilfe jenes Maximums bestimmen. Verlängert man nämlich die Zuleitungsdrähte um a cm, so wird das Aufhören der Strahlen an der Unterbrechungsstelle des Resonators um a/V Sekunden verzögert; man muß daher, um die Koinzidenz der Zeiten wiederherzustellen und das Maximum wiederzufinden, die Entfernung der Röhre vor der Resonatoröffnung um eine solche Länge β verkleinern, daß $\beta/V' = a/V$ ist. Es wurden für a eine große Anzahl verschiedener Werte genommen und die zugehörigen Werte von β bestimmt. Nimmt man für a und β die Mittelwerte aus 80 Beobachtungen, so erhält man für $V/V' = 161,7/163,5$; aus anderen Versuchsreihen ergab sich das Verhältnis 138/139, 146/144 u. s. w.; als Mittelwert findet man $V/V' = 0,97$. Anstatt die Länge der Zuleitungsdrähte zu verändern, kann man auch den Resonatordraht verlängern. Zu dem Zwecke wurde an die Enden des Resonators noch eine kurze Drahtleitung a angelötet, an deren Ende sich dann erst das Funkenmikrometer befand. Die von dem Erreger im Resonator erregte Welle hat dann noch die Länge a zu durchlaufen und der Funke in dem Mikrometer verzögert sich um a/V Sekunden; um das Maximum des Funkens zu erhalten, muß man ebenso wie vorhin den Abstand der Röhre um b cm vergrößern, so daß $b/V' = a/V$ wird. Aus sehr zahlreichen Versuchen, bei denen a von 0 bis 25 cm variierte, ergab sich $V'/V = 0,93$, also ein dem vorigen sehr nahestehender Wert. Aus beiden Versuchsreihen läßt sich jedenfalls der Schluß ziehen: Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der neuen Strahlen ist gleich der Geschwindigkeit der Hertzischen Wellen oder der des Lichtes in der Luft.

Der Erfolg einiger anderer Versuche ist nach dem vorigen vorauszusehen. Befinden sich die Zuleitungsdrähte in luftleeren Kautschukröhren und hat man sie auf eine Länge von 40 cm eng zusammengebunden, so muß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen kleiner sein, weil die Schwingungen hauptsächlich in dem Kautschuk stattfinden; dementsprechend mußte auch die Röhre zur Erzielung des Maximums um 11 bis 12 cm genähert werden. Die Verzögerung der Wellen wird noch größer, wenn man in die Leitungsdrähte einen Kondensator mit dazwischenliegender Ebonitscheibe einschaltet; man konstatierte hierbei, daß das Maximum verschwunden war und daß mit Entfernung der Röhre die

Intensität des Funkens beständig abnahm. Ebenso war kein Maximum mehr vorhanden, wenn die Zuleitungsdrähte bis auf $80 + 57$ cm, d. h. um 4 cm mehr verlängert wurden, als die Entfernung der Resonatoröffnung von der Röhre in ihrer maximalen Wirkung bei 80 cm Drahtlänge betrug; der Funke nahm bei Entfernung der Röhre beständig ab. Wurden die Drähte dagegen bis auf 64 cm und darunter verkürzt, so nahm die Intensität des Funkens bei Entfernung der Röhre aus ihrer Minimalstellung bis zum Abstand der Drahtlänge zu.

Die Einwirkung der neuen Strahlen auf kleine elektrische Funken führte den Verf. weiterhin zur direkten Beobachtung ihrer Polarisation. Da jeder X-Strahl aus einem Kathodenstrahl entsteht, so war es wohl denkbar, daß er in der durch die beiden Strahlen bestimmten Ebene besondere Eigenschaften habe. Aus dieser Überlegung glaubte BLONDLOT zuerst eine Polarisation der Röntgenstrahlen nachweisen zu können, während sich dann zeigte, daß eine solche auch nur den die X-Strahlen begleitenden neuen Strahlen zukomme. Zur Untersuchung diente die in Fig. 4 skizzierte Anordnung. Eine Vakuumröhre ist durch die mit Guttapercha isolierten Zuleitungsdrähte BH , $B'H'$ mit den Polen des Induktoriums verbunden; zwei andere ebenfalls isolierte Drähte AIC und $A'IC'$ endigen bei A und A' in zwei Ösen, welche die Drähte BH und $B'H'$ umgeben, während die Enden C und C' in einer kleinen Entfernung einander gegenüberstehen. Durch elektrostatische Wirkung der Zuleitungsdrähte auf die Ösen entsteht bei jedem Unterbrechungsstrom des Induktoriums an der Stelle CC' ein kleiner Funke, während gleichzeitig Strahlen in der Röhre auftreten. Die Funkenstrecke CC' läßt sich beliebig orientieren, der Einfluß der Röhre auf sie durch ein Aluminiumblatt aufheben.

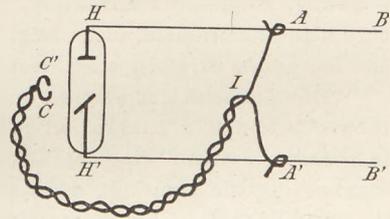


Fig. 4.

Denkt man sich drei aufeinander senkrechte Koordinaten, von denen OZ die vertikale bildet, und bringt die Röhrenachse und mithin auch die Kathodenstrahlen in die Richtung OY , so sendet die Antikathode in der Richtung OX Röntgenstrahlen aus. Wurde die Funkenstrecke parallel OY gebracht, so steigerte sich durch Bestrahlung die Helligkeit des Funkens CC' , wie durch Zwischenschieben einer Bleiplatte leicht festgestellt werden konnte. War dagegen CC' parallel OZ , so war die Wirkung der Strahlen auf den Funken verschwunden, und das Zwischenschieben der Platte verminderte seine Helligkeit nicht weiter. Jeder auf den Funken wirkende Strahl hat also eine Aktionsebene, die durch ihn und den erzeugenden Kathodenstrahl gebildet wird. Bringt man die Funkenstrecke allmählich aus der Lage OY in die Lage OZ , so nimmt die Wirkung der Strahlen ebenso allmählich ab. Dreht man den Funken um OX als Achse in der Ebene ZOY , so sieht man Helligkeitsänderungen des Funkens, ähnlich denen, die man bei polarisiertem Licht durch ein gedrehtes Nicol beobachtet; der kleine Funke dient also als Analysator. Eine Drehung der Fokusröhre um ihre Achse änderte die Erscheinung nicht; die Stellung der Antikathode hat also auf die Wirkungsebene keinen Einfluß. Ändert man die Lage des Funkens innerhalb der Aktionsebene, so beobachtet man, daß die Wirkung der Strahlen am größten ist, wenn der Funke zu ihnen senkrecht, dagegen Null wird, wenn er ihnen nahezu parallel ist. Von den verschiedenen von der Antikathode ausgehenden Strahlen zeigten sich diejenigen, welche fast in der Richtung der Kathodenstrahlen selbst — die Kathode streifend — verlaufen, nur sehr unvollkommen polarisiert.

Weitere Versuche zeigten, daß Quarz und Stückenzucker die Polarisationsebene der neuen Strahlen in demselben Sinne drehen, wie die Polarisationsebene des Lichts; beobachtet wurden Drehungen von 40° . Ebenso zeigten die auf den Funken wirkenden Strahlen auch alle übrigen Eigenschaften der Lichtstrahlen. Ein Glimmerblatt, dessen Achse um 45° gegen die Aktionsebene der Strahlen geneigt war, zerstörte die geradlinige Polarisation, indem die Wirkung auf den Funken nun unabhängig von dessen Azimut blieb. Durch ein zweites Glimmerblatt mit senkrecht zu dem vorigen stehender Achse oder durch einen Babinetschen Kompensator wurde die Polarisation wieder hergestellt. Es zeigten sich also auch alle Eigentümlichkeiten der zirkularen und elliptischen Polarisation. Daraus muß man auf das Vor-

handensein einer Doppelbrechung schließen; wenn aber diese existiert, so muß erst recht eine einfache Brechung vorhanden sein. Eine solche ließ sich mit Hilfe eines Quarzprismas in der Tat nachweisen. Die Funkenstrecke mußte bei Zwischenstellung des Prismas seitlich verschoben werden; die Strahlen wurden ebenso abgelenkt wie gewöhnliche Lichtstrahlen. Der Brechungsexponent für Quarz war nahe an 2, doch dürfte wohl ein ganzes Spektrum existieren. Ebenso ließen sich die Strahlen durch eine Linse aus Quarz oder Terpentinöl (im Horngefaß) konzentrieren. Man erhielt dabei ein durch große Helligkeit des kleinen Funkens charakterisiertes Bild der Antikathode. Von diesem Bilde wurde durch eine polierte Glasplatte ein deutliches Spiegelbild erzeugt; eine matte Glasplatte ließ auch eine diffuse Reflexion erkennen.

Die letzteren Versuche sind es, die dem Verf. die Überzeugung beibrachten, daß die von ihm beobachteten Strahlen nicht mit den Röntgenstrahlen identisch sein können, da diese niemals Reflexion und Brechung zeigten. Der kleine Funken muß also eine neue Art von Strahlen enthüllen, die von einer Entladungsröhre ausgehen: diese Strahlen durchdringen schwarzes Papier, Aluminium, Holz u. s. w., sind bei ihrem Austritt polarisiert, zeigen Reflexion, Brechung, elliptische Polarisation. Wenn bei Verringerung der Stromstärke die Entladungsröhre keine Fluoreszenz mehr zeigt, sie überhaupt im Dunkeln ganz unsichtbar ist, so erhält man die neuen Strahlen auch noch, wenn auch schwächer.

Die Tatsache, daß ein Teil der aus einer Röntgenröhre austretenden Strahlung polarisiert ist, wurde von R. v. LIEBEN auf ganz anderem Wege bestätigt (*Phys. Zeitschr.* 469; 1903). Fallen Röntgenstrahlen auf eine im Vakuum befindliche Metallfläche, so gehen von dieser neue Strahlen aus, die zum Teil, den Kathodenstrahlen gleich, negative Ladungen mit sich führen, zum Teil einfache Sekundärstrahlen sind; erstere werden vom Magneten abgelenkt, letztere nicht (vgl. *d. Zeitschr.* XIV 38). v. LIEBEN ließ die Strahlen der Röntgenröhre unter einem Winkel auf eine in einem Vakuumrohr befindliche Quecksilberfläche fallen; die von dieser dann ausgehenden beiden Strahlengruppen passierten zwei Bleispalte und trafen auf eine photographische Platte; durch einen Hufeisenmagneten wurden die Kathodenstrahlen abgelenkt, und so erhielt man auf der Platte zwei Spaltbilder, von denen das von den „Sekundärstrahlen“ erzeugte scharf begrenzt, das von den inhomogenen „Kathodenstrahlen“ gebildete verbreitert war. Es zeigte sich zunächst, daß die Schwärzung der Platte durch die „Kathodenstrahlen“ mit dem Einfallswinkel erheblich zunahm, was bei der Sekundärstrahlung nicht der Fall war. Dagegen war die durch die Sekundärstrahlen veranlaßte Schwärzung immer dann etwas stärker, wenn die von Blondlot definierte Aktionsebene senkrecht zu der Spiegelfläche lag. Die von der Spiegelfläche ausgehenden „Kathodenstrahlen“ zeigten bei sehr harten Röhren keinen Unterschied; bei weichen Röhren trat aber auch hier bei jener Stellung der Aktionsebene maximale Schwärzung ein. Die Versuche zeigten also jedenfalls, daß ein Teil der aus der Röntgenröhre austretenden Strahlung polarisiert sein muß.

Die Ähnlichkeit zwischen den auf den Funken wirkenden dunklen Strahlen und den gewöhnlichen Lichtstrahlen legten BLONDLOT den Gedanken nahe, daß seine Methode sich wohl auch zum Nachweis der Polarisation von Lichtstrahlen eignen würde. Um dieses zu untersuchen, setzte er an die Stelle der Fokusröhre einen zwischen Aluminiumspitzen überspringenden Induktionsfunken, dessen Licht durch Reflexion an einer Glasplatte polarisiert wurde; die Polarisationsebene wurde vertikal gestellt. Das polarisierte Lichtbündel passierte die 2 cm weite Öffnung einer Zinkscheibe und eine parallel zur Achse geschnittene, schwach versilberte Quarzplatte und traf dann auf einen in derselben Weise wie vorhin erzeugten kleinen elektrischen Funken. Die Silberschicht der Quarzplatte läßt die kurzwelligen Strahlen hindurch, verhindert aber, daß man von dem polarisierten Lichtbündel geblendet wird. Stand der kleine Funke horizontal, so wurde er durch Bestrahlung mit dem polarisierten Licht hell und weiß, bei Ablendung desselben schwach und rötlich; stand der Funke vertikal, so wurde seine Intensität durch Bestrahlung in keiner Weise beeinflusst. Auch die übrigen Erscheinungen waren mit gewöhnlichen polarisiertem Licht genau dieselben wie mit den aus der Röhre kommenden Strahlen; der Funke erwies sich mithin auch als Analysator für kurzwellige Lichtstrahlen. Drehte man vermittelst

eines senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzes die Polarisationssebene des Strahlenbündels, so folgten die Azimute des Maximums und Minimums dieser Drehung; durch einen zirkular polarisierenden Quarz blieb die Helligkeit des Funkens in allen Lagen dieselbe.

Es gibt also auch eine Aktionsebene des gewöhnlichen polarisierten Lichts auf den kleinen Funken und zwar steht diese Ebene zur Polarisationssebene senkrecht. Da die aus der Entladungsröhre kommenden neuen Strahlen jedenfalls durch elektrische Schwingungen innerhalb der Aktionsebene veranlaßt werden dürften, so würde sich bei Annahme der elektromagnetischen Lichttheorie ergeben, daß in einem polarisierten Lichtstrahl die elektrische Schwingung senkrecht zur Polarisationssebene steht: das entspricht der Theorie von Wiener. Bei Annahme der Ätherwellentheorie würde man ebenso schließen müssen, daß die Schwingungen eines polarisierten Lichtstrahls senkrecht zur Polarisationssebene erfolgen, was der Fresnelschen Theorie entspricht.

Der erwähnte hohe Brechungsexponent 2 der von der Fokusröhre ausgehenden Strahlen für Quarz legte BLONDLOT einen Vergleich mit den von Rubens entdeckten Reststrahlen des Steinsalzes nahe, deren Brechungsindex für Quarz 2,18 ist. Da Rubens diese Strahlen in der Emission eines Auerbrenners fand, so untersuchte auch BLONDLOT mit seiner Methode die Strahlung des Auerbrenners. Der Brenner befand sich in einer rings geschlossenen Laterne von Eisenblech, die nur einen mit einem Aluminiumblatt von 0,1 mm Dicke verschlossenen Spalt enthielt. Vor das Aluminiumblatt wurde eine Quarzlinse von 12 cm Brennweite für gelbes Licht gestellt. War die Entfernung der Linse vom Spalt 26,5 cm, so konstatierte man mit Hilfe des kleinen Funkens mit großer Schärfe in 13,9 cm Entfernung einen Brennpunkt. Die Helligkeit des Funkens war hier erheblich größer als dicht daneben, so daß die Brennweite bis auf 3 oder 4 mm sich bestimmen ließ. Der sich hieraus ergebende Brechungsexponent für Quarz war 2,93, bei einer andern Linse 2,942. Bei weiteren Versuchen fand der Verf. auch noch Strahlen, deren Brechungsexponenten für Quarz 2,62; 2,436; 2,29 waren. Die so von einem Auerbrenner durch ein Aluminiumblatt hindurchgesandten Strahlen wurden von einer polierten Glasplatte regelmäßig, von einer matten Glasplatte diffus reflektiert. Die Strahlen durchdrangen Stanniol, dünne Blättchen der meisten Metalle, Glimmer von 0,15 mm, Kalkspat von 4 mm, Paraffin von 1 cm, Hartgummi von 1 mm Dicke u. s. w. Steinsalz, Wasser, Blei und Platin waren dagegen für die Strahlen undurchlässig. Ein völlig durchlässiges Blatt Zigarettenpapier wurde vollständig undurchlässig, wenn es mit Wasser getränkt war. Die Durchlässigkeit von Metallen und anderen Stoffen stellt die Strahlen in Gegensatz zu den Rubensschen Strahlen, die jene Durchdringungsfähigkeit nicht besitzen.

Indem BLONDLOT auch andere Lichtquellen mit derselben Methode untersuchte, fand er, daß die Emission jener Strahlen eine sehr allgemeine Erscheinung ist. Die Strahlen fanden sich ebenso in einem Gasrundbrenner und in einem rotglühend gemachten Metallblech. Wurde z. B. eine polierte Silberplatte, die unter 45° gegen die Horizontalebene geneigt war, von einer Bunsenflamme erhitzt, so sandte ihre obere Fläche jene Strahlen aus, die durch schwarzes Papier, durch Aluminium von 0,3 mm Dicke u. s. w. hindurchgingen; ein horizontales Bündel dieser Strahlen wurde durch eine Quarzlinse auf den kleinen Funken vereinigt und ergab dabei 4 verschiedene Brennregionen. Die Wirkung auf den Funken war größer, wenn dieser vertikal, als wenn er horizontal stand: die Strahlen waren also auch polarisiert. Wurde die Silberplatte mit Ruß überzogen, so war die Intensität der Emission größer, aber die Polarisation verschwand.

BLONDLOT schlägt vor, die von ihm entdeckten neuen Strahlen nach der Universität Nancy, wo die Versuche angestellt wurden, n-Strahlen zu nennen. Die n-Strahlen zeigen große Mannigfaltigkeit. Während der Brechungsexponent des Quarz für die von einem Auerbrenner ausgesandten n-Strahlen größer als 2 ist, gibt es unter den von einer Crookeschen Röhre ausgehenden Strahlen, wie mit einem Quarzprisma festgestellt wurde, sehr verschiedene Arten, darunter auch solche, deren Brechungsexponent für Quarz kleiner als 1,52 ist.

BLONDLOT prüfte weiter, ob der Nachweis der n-Strahlen nur mit Hilfe des kleinen elektrischen Funkens möglich sei; dabei stellte sich heraus, daß eine kleine Gasflamme

auf die Strahlen ebenfalls reagiert. Die kleine, ganz blaue Flamme wurde erzeugt am Ende einer Metallröhre, die von einer sehr feinen Öffnung durchbohrt war. Sobald die n-Strahlen auf sie gerichtet wurden, wurde sie heller und weißer. Hinter der Quarzlinse zeigten sich auch hier 4 Brennpunkte an denselben Stellen wie bei der vorigen Versuchsanordnung. Die kleine Flamme verhält sich also genau so wie der kleine Funke, nur daß er keine Polarisation nachweisen läßt. Die Beobachtung der Flamme wie des Funkens wird noch leichter, wenn man beide durch eine matte Glasplatte hindurch betrachtet. Die Wirkung eines Licht aussendenden Körpers oder einer Flamme auf eine andere dürfte hiernach eine ganz allgemeine Erscheinung sein, die nur bei gewöhnlichen Lichtstrahlen wegen der übergroßen Helligkeit der Strahlenquelle nicht zu beobachten ist.

Die n-Strahlen erregen keine Phosphoreszenz. Wird aber ein Körper wie Schwefelkalkium, der durch Insolation phosphoreszierend gemacht war, den Strahlen ausgesetzt, so wird die Intensität der Phosphoreszenz merklich vergrößert. Diese Wirkung der n-Strahlen, die besonders leicht zu beobachten ist, entspricht der Wirkung der roten und infraroten Strahlen auf phosphoreszierende Körper. Danach scheint die Verwandtschaft der n-Strahlen mit den Strahlen großer Wellenlänge festzustehen. Da sie sich andererseits durch ihre Fähigkeit, Metalle zu durchdringen, von allen bekannten Strahlen unterscheiden, so ist es wahrscheinlich, daß sie in den fünf noch unerforschten Oktaven zwischen den Rubensschen Strahlen und den kürzesten elektrischen Wellen zu finden sind. Schk.

Die Überführung des Fluors in den festen Aggregatzustand und die Vereinigung von festem Fluor und flüssigem Wasserstoff bei $-252,5^{\circ}$ C. Von H. MOISSAN und J. DEWAR. In früheren Versuchen hatten die Verfasser gezeigt, daß das Fluor sich bei -187° C. verflüssigt und daß dann seine chemische Verwandtschaft zu anderen Körpern nachläßt, so daß es sich beispielsweise nicht mehr mit Kohlenstoff, Silicium, Bor, Phosphor und Schwefel vereinigt, wohl aber noch auf erstarrtes Terpentinöl und auf Wasserstoff reagiert (vgl. d. Zeitschr. X 309). Inzwischen war es DEWAR gelungen, den Wasserstoff in eine Flüssigkeit mit dem Siedepunkt $-252,5^{\circ}$ C. oder $20,5^{\circ}$ abs. überzuführen (*Proceed. XVI, 1, 1889*), und hatte MOISSAN gezeigt, daß reines, von Fluorwasserstoff ganz freies Fluor das Glas auch bei gewöhnlicher Temperatur nicht angreift (*Compt. rend. CXXIX p. 799, 1899*), so daß man beliebige Mengen des Gases in dünnwandigen Gefäßen der mächtigen Kältewirkung von verdunstendem flüssigen Wasserstoff aussetzen kann. Neuerdings brachten nun die Verff. ein mit Fluorgas gefülltes, verschlossenes Glasrohr zunächst in flüssigen Sauerstoff, ohne eine Kondensation zu erzielen; dann senkten sie es in ein doppelwandiges Gefäß mit flüssigem Wasserstoff und zwar erst nur in die Dämpfe. Es bildete sich bald gelbes flüssiges Fluor, das aber sofort wieder verdampfte, wenn man das Rohr etwas höher hob. Wurde es wieder gesenkt, bis sich von neuem die Flüssigkeit bildete, und dann ganz in den flüssigen Wasserstoff gesteckt, so wurde das Fluor fest, zeigte aber noch die gelbe Farbe. Als das Rohr lange genug darin belassen wurde, daß sich die enorm tiefe Temperatur von $20,5^{\circ}$ abs. dem Ganzen mitteilen konnte, nahm das feste Fluor eine weiße Farbe an — ein weiteres Beispiel für die Erscheinung, daß gewisse Körper wie Chlor, Brom, Schwefel bei tiefen Temperaturen ihre Farbe verlieren und weiß werden. Als die Verff. das Rohr in flüssigen Stickstoff brachten, wurde eine gewisse Menge Fluor verflüssigt, aber ohne daß Erstarrung eintrat; diese zeigte sich auch nicht, als der Druck verringert und damit der Siedepunkt des Stickstoffs erniedrigt wurde. Auf diese Weise konnte festgestellt werden, daß das Fluor noch bei -210° flüssig ist. Die relativen Schmelzpunkte von Sauerstoff und Fluor wurden folgendermaßen ermittelt: das untere Ende des mit Fluor gefüllten Rohres wurde in einen Zylinder mit flüssigem Sauerstoff gebracht und dieses System langsam in ein doppelwandiges Gefäß mit flüssigem Wasserstoff gesenkt; es erstarrte sowohl der Sauerstoff als auch das Fluor. Als der kleine Apparat wieder über das Niveau des flüssigen Wasserstoffs emporgehoben wurde, konnte man deutlich erkennen, daß sich zuerst langsam der Sauerstoff verflüssigte, während das Fluor noch fest blieb. Der Schmelzpunkt des Fluors liegt also nicht so tief wie der des Sauerstoffs, der konstant bei 38° abs. liegt. Aus mehrfach wiederholten Versuchen wurde geschlossen, daß

der Schmelzpunkt des Fluors nahe bei 40° abs. liege. — Es wurde nun noch über die Reaktionsfähigkeit des Fluors bei so tiefer Temperatur ein Versuch angestellt. Man nimmt im allgemeinen an, daß beim absoluten Nullpunkt die chemischen Elemente keine Affinität mehr äußern. Es war daher von Interesse zu untersuchen, ob das Fluor, das von allen chemischen Elementen die stärksten Affinitäten besitzt, bei einer Temperatur von $-252,5^{\circ}$ C., bei der der Wasserstoff nur im flüssigen Zustande existiert, noch auf diesen unmittelbar einwirke, ohne Dazwischenkunft einer einleitenden Kraft. Zu diesem Zwecke verwendeten die Verf. ein dünnes Glasrohr mit etwa 40 cm^3 gasförmigen, von Fluorwasserstoff gänzlich freien Fluors; letzteres wurde durch Eintauchen in etwa 100 cm^3 flüssigen Wasserstoffs vollständig in festes Fluor verwandelt, das sich in dem eingetauchten Ende ansammelte. Als man annehmen konnte, daß sich die Temperaturen beider Stoffe ausgeglichen hatten, wurde das Rohrende, in dem sich das feste Fluor befand, mittelst einer stählernen Zange aufgebrochen und dadurch der Kontakt zwischen dem festen Fluor und dem flüssigen Wasserstoff hergestellt. Es erfolgte sofort eine starke Explosion unter so starker Wärmeentwicklung, daß die Masse erglühte und der Wasserstoff sich entzündete — sowohl die Fluorröhre wie das doppelwandige Gefäß des flüssigen Wasserstoffs waren zu Staub verwandelt. Der merkwürdige Versuch zeigt, daß, wenn es sich um so starke Reaktionen wie die von Fluor auf Wasserstoff handelt, sich bei nur 20° Entfernung vom absoluten Nullpunkt noch durchaus die chemische Affinität zu äußern vermag.

Die Überführung des Fluors in den festen Zustand reiht sich würdig den früheren Versuchen der Verfasser in dieser Richtung an; heutzutage ist das Helium das einzige Beispiel eines Gases, das noch nicht in den festen Aggregatzustand verwandelt ist. (*Compt. rend. T. CXXXVI, No. 11, p. 641, 1903*).

O.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ptolemäus und Kepler. Prof. WILHELM FÜRSTER hat bereits früher in der Zeitschrift „Das Weltall“ (*II. Jahrg. 1901, Heft 1*) eine Ehrenrettung des Ptolemäus veröffentlicht, nachdem dessen Verdienste in derselben Zeitschrift (*I. Jahrg. Heft 23/24*) durch den um die Geschichte der Astronomie verdienten Prof. Friedr. Hultsch starke Anfechtung erfahren hatten. (Wie Hultsch auseinandersetzt, kommt das Verdienst der Aufstellung von Sehrentafeln — der Grundlage der späteren Sinustafeln — nicht dem Ptolemäus, sondern dem Hipparch zu, ebenso die Auffindung des gewöhnlich nach Ptolemäus benannten Lehrsatzes. Auch wird dem Ptolemäus eine unkritische Verwertung der Arbeiten seiner Vorgänger zum Vorwurf gemacht. (Man vgl. *Weltall II, Heft 4*). Nach W. FÜRSTER müssen jedoch dem Ptolemäus zwei astronomische Leistungen ersten Ranges zuerkannt werden, nämlich 1. die Feststellung und mathematisch-rechnerische Darstellung des wichtigsten Gliedes der Störungswirkungen, welche die Sonne auf die Bewegung des Mondes ausübt, und 2. die sogenannte Zweiteilung der Exzentrizitäten der Planetenbahnen, ein weit über Hipparch hinausgehender Fortschritt der astronomischen Bewegungslehre.

Der letzteren Leistung widmet W. FÜRSTER eine genauere Darstellung im *III. Jahrgang (Heft 1 und 2)* derselben Zeitschrift. Er erinnert daran, daß die jährliche Sonnenbahn als ein Kreis erscheint, auf welchem die vier Punkte, die den Äquinoktien und Solstitionen entsprechen, um je 90° von einander entfernt sind. Jede der vier Jahreszeiten müßte demnach, bei gleichförmiger Bewegung der Sonne, genau den vierten Teil eines Jahres, also sehr nahe $91\frac{1}{3}$ Tag betragen. Man hat aber schon sehr früh bemerkt, daß die Abschnitte zu beiden Seiten des Sommersolstizes länger sind als die andern beiden. Schon in den ältesten Zeiten der griechischen Astronomie hat diese Anomalie das Nachdenken erregt, erst Hipparch aber (um 140 v. Chr.) hat das Problem wissenschaftlich bearbeitet. Zu seiner Zeit lagen zwischen Frühlingsäquinox und Sommersolstiz $94\frac{1}{2}$ Tage, zwischen diesem und dem Herbstäquinox $92\frac{1}{2}$ Tage, so daß der sommerliche Jahresabschnitt 187 Tage und somit der winterliche ca. 178 Tage umfaßte. Um diese Ungleichheit zu erklären, trug Hipparch kein Bedenken, die Lehre von der zentralen Stellung der Erde aufzugeben. Er behielt die Kreisgestalt der Sonnenbahn und die gleichförmige Bewegung der Sonne bei, verlegte aber den Ort der Erde

an einen exzentrisch gelegenen Punkt und zwar in einer Richtung, die zwischen die Stellung der Sonne im Wintersolstiz und im Herbstäquinox fiel. Die Größe der Exzentrizität bestimmte Hipparch auf nahezu $\frac{1}{25}$, also etwas mehr als das Doppelte der heut als elliptische Exzentrizität bezeichneten Größe.

Mit der Annahme des Hipparch war ein erster Schritt in der Richtung zur Erkenntnis der elliptischen Bahnen getan. Eine noch größere Annäherung an die elliptische Gestalt der Bahn aber war die folgende von Ptolemäus eingeführte Annahme: Die Bahn selber werde als eine Kreislinie angesehen. Auf entgegengesetzten Seiten ihres Mittelpunktes aber liegen auf einer geraden Linie ganz symmetrisch zu einander zwei andere für die Bewegung mitbestimmende Punkte, die Vertreter der beiden Brennpunkte der Ellipse. In dem einen dieser beiden Punkte befinde sich der Zentralkörper, der andere sei dagegen der Mittelpunkt gleichförmiger Winkelbewegung des Planeten in solcher Weise, daß die gerade Verbindungslinie dieses Punktes mit dem Planeten, dessen Bewegung in der Kreislinie an sich nicht gleichförmig vor sich geht, in gleichen Zeiten gleiche Winkel beschreibt. Man hat also in dieser Darstellungsform, außer mit der Kreislinie, mit drei Punkten zu tun: mit dem Mittelpunkte der Kreislinie, von welchem der Planet immer in demselben Abstände bleibt, sodann mit dem einen Brennpunkte, welcher der Mittelpunkt der gleichförmigen Winkelbewegung ist, und mit dem ihm symmetrisch gegenüberliegenden Punkte, in welchem sich nach der alten Auffassung die Erde befindet. Durch eine solche angenäherte Darstellungsform der Bewegung kann die Ortsveränderung der Sonne am Himmel so genau angegeben werden, daß bei richtiger Bestimmung der Exzentrizität die Fehler der Theorie nicht eine Bogenminute erreichen, somit für die Messungen mit unbewaffnetem Auge an der Grenze der Wahrnehmbarkeit liegen. Es wird hierbei auch klar, daß Hipparch bei seiner aus der Ungleichförmigkeit der beobachteten Winkelbewegung der Sonne abgeleiteten Ermittlung des Abstandes der Erde von dem Mittelpunkte einer als gleichförmig angenommenen Winkelbewegung der Sonne nahezu den doppelten Betrag der wirklichen Exzentrizität der Erdbahn-Ellipse finden mußte; denn er mußte dabei den Abstand der beiden Brennpunkte der Ellipse von einander, ungefähr im Verhältnis zum Halbmesser des Kreises ausgedrückt, finden, und dieser Zahlenwert betrug zur damaligen Zeit $\frac{1}{25}$, während ihm seine Beobachtungen $\frac{1}{25}$ ergaben.

Weder Hipparch noch Ptolemäus beruhigten sich indes bei der gefundenen Darstellungsform, sie bemühten sich vielmehr um den Nachweis, daß auch die Abstände der Sonne von der Erde sich im Laufe eines Jahres genau entsprechend der gefundenen Größe der Exzentrizität änderten. Es gelang ihnen jedoch trotz mancher sinnreicher Veranstaltungen nicht, an dem scheinbaren Durchmesser der Sonne Schwankungen nachzuweisen; in der Tat beträgt die ganze jährliche Schwankung nur wenig mehr als eine Minute, und diese Veränderung war für die damaligen Messungen mit bloßem Auge völlig unzugänglich, so lange man noch keinen Gebrauch von der Beobachtung des vergrößerten Sonnenbildchens in der Camera obscura machen konnte.

Es gelang dagegen dem Ptolemäus, das Gesetz der Abstandsänderungen der Sonne von der Erde auf einem andern Wege zu finden, nämlich aus den Veränderungen des Schenkels, unter dem sich eine viel größere Kreisgestalt als die Sonnenscheibe von der Erde aus gesehen darstellte. Dies war die Kreisbahn der Venus. Anscheinend beschrieb die Venus schon nach uralter Annahme, ebenso wie der Merkur, am Himmel eine geschlossene kreisförmige Bahn um die Sonne. Beim Merkur aber, der unter den altbekannten Planeten die am stärksten exzentrische Bahnform besitzt, bot es den sorgfältigeren Untersuchungen der griechischen Astronomen die größte Schwierigkeit anzunehmen, daß die Sonne der Mittelpunkt seiner Bahn sei. Man mußte vielmehr, um die sehr großen Schwankungen der Winkelbeträge zu erklären, unter welchen seine größten scheinbaren Abstände von der Sonne am Himmel von der Erde aus wahrgenommen wurden (zwischen 18° und 28°), sehr künstliche Annahmen über die Bewegungen des Mittelpunktes seiner Bahn machen. Hierdurch aber wurde man veranlaßt, Ähnliches auch bei der Venus anzunehmen, obgleich die Symmetrie der Stellungen dieses Planeten zur Sonne in den größten Abständen von der letzteren als

Morgen- und Abendstern eine ziemlich vollkommene ist. Man nahm also an, daß Venus um einen Mittelpunkt kreise, dessen Bewegung am Himmel nahezu mit derjenigen der Sonne zusammenfiel, dessen Bahn jedoch gesondert untersucht werden mußte. Natürlich fand man dann aus der Symmetrie der äußersten Abstände der Venus von der Sonne fast ganz genau dasselbe Exzentrizitätsgesetz der jährlichen Winkelbewegung dieses Mittelpunktes, wie bei der Sonne selber. Es ergab sich dabei auch, daß die jährliche Bewegung, welche der Mittelpunkt der Venusbahn um die Erde beschrieb, auch entsprechend ungleichförmig erfolgte, wie die Bewegung der Sonne. Man machte also auch die entsprechende Annahme, daß in gewissem Abstand von der Erde ein Punkt vorhanden war, von welchem aus diese Bewegung gleichförmig erschien, daß endlich der Abstand dieses Mittelpunktes der gleichförmigen Winkelbewegung von der Erde ungefähr in demselben Verhältnis zum Halbmesser der bezüglichen Kreisbahn stehe wie bei der Sonne.

Aber nun besaß man in den jeweilig von der Erde aus beobachteten Winkelbeträgen der größten Abstände der Venus von der Sonne oder von dem Mittelpunkte ihrer eigenen Bahn eben jenes viel empfindlichere Mittel, um auch die jährlichen Veränderungen der Abstände des letzteren Mittelpunktes von der Erde zu studieren. Der Halbmesser der Venusbahn erschien von der Erde aus durchschnittlich unter einem Winkel von nahezu 46° . In den Zeiten der größten Erdnähe des Mittelpunktes der Venusbahn mußte auf Grund der von Ptolemäus aus den Winkelbewegungen gefundenen Exzentrizität nach einer einfachen Rechnung jener Halbmesser um nahezu $2,4^\circ$ größer, dagegen in der größten Erdferne um etwa $2,4^\circ$ kleiner erscheinen, als der mittlere Betrag von 46° . Die größte Schwankung hätte also gemäß der einfachen Exzentrizitätstheorie des Hipparch nahezu $4,8^\circ$ erreichen müssen. Ptolemäus fand aber, daß diese größte Schwankung nur etwas mehr als $2,5^\circ$, somit nur nahezu die Hälfte von demjenigen erreichte, was Hipparchs Exzentrizitätstheorie verlangt hätte. Hierdurch aber kam Ptolemäus auf den glücklichen Gedanken, daß er in der Mitte zwischen dem Zentralkörper und dem Mittelpunkte der gleichförmigen Winkelbewegung den Mittelpunkt der Abstände, also der wirklichen Kreislinie der Bewegung annahm oder, wie es damals ausgedrückt wurde, die Exzentrizität in zwei gleiche Teile teilte.

Ptolemäus verallgemeinerte zunächst jene Lehre von der Zweiteilung der Exzentrizität auch bei seiner Darstellung der Bewegungen von Mars, Jupiter und Saturn. Auch dort bewährte sich das Gesetz bei der Darstellung der Veränderlichkeit der Abstände jener Planeten von der Erde und der Sonne, nämlich bei der Darstellung der verschiedenen und veränderlichen Größen, unter welchen von jenen Planeten aus die Erdbahn erschien, und welche gleichzeitig perspektivisch in den komplizierten Formen der von der Erde aus gesehenen Bewegungen der Planeten erkennbar und meßbar waren.

Kopernikus ist an diesen Feinheiten der Planetentheorie des Ptolemäus ohne Vertiefung derselben vorbeigegangen, und erst dem noch tiefer eindringenden mathematischen Genie Keplers gelang es, in jener von Ptolemäus entdeckten angenäherten Darstellung der Planetenbewegungen das darin verborgene Flächengesetz zu enthüllen. Ptolemäus hatte merkwürdigerweise seine Darstellung der Planetenbewegung nicht auf die Sonnenbahn angewandt, und zwar wohl deshalb nicht, weil eine genauere Darstellung hier durch die Beobachtungen nicht gefordert war. Dagegen war es für Kepler bei der Ausmessung der Gestalt der Marsbahn von Wichtigkeit, daß er auf Grund des ptolemäischen Prinzips eine möglichst richtige Voraussetzung über die Gestalt der Erdbahn und den Verlauf der Erdbewegung machen konnte. Diese Voraussetzung war ausreichend, da glücklicherweise die Exzentrizität der Marsbahn nahezu sechsmal so groß wie die der Erdbahn war. Somit ist in Keplers Händen die Exzentrizitätstheorie des Ptolemäus die eigentliche Grundlage der neuen astronomischen Bewegungslehre geworden.

P.

Justus von Liebig's hundertster Geburtstag. Zur hundertjährigen Wiederkehr von Liebig's Geburtstag (12. Mai 1803) liegen u. a. zwei ungemein anziehende Veröffentlichungen vor, die von nahen Verwandten Liebig's herrühren: HANS VON LIEBIG entwirft in der „*Umschau*“ (*Jahrg. VII, 1903, S. 381*) ein durch wertvolle neue Porträts geschmücktes Lebensbild

und G. F. KNAPP, der Schwestersonn Liebigs, zeichnet ihn „nach dem Leben“ in einem in der Festsitzung der Kgl. bayr. Akad. d. Wissensch. gehaltenen Vortrage, der in den *Ber. der D. Chem. Gesellsch.* (XXXVI, 7, S. 1315) wiedergegeben ist. Wir müssen es uns versagen, auf diese Liebigs Persönlichkeit so lebensvoll schildernden Mitteilungen näher einzugehen, und können nur die wichtigsten Züge, besonders aus der Arbeit HANS VON LIEBIGS, herausgreifen. — Schon frühzeitig trat in Liebig die Liebe zur Chemie hervor; so fesselten den Knaben bereits chemische Experimente, insbesondere mit Knallsilber, während es andererseits auf dem Gymnasium mit ihm gar nicht vorwärts gehen wollte. Er brachte es dort nur bis zur Sekunda und kam dann zu einem Apotheker in die Lehre. Jedoch erreichte infolge einer Explosion in der Dachkammer, wo sich der angehende Apothekerlehrling zu später Stunde mit chemischen Versuchen beschäftigte, die festgesetzte Lehrzeit ein rasches Ende. Mit der Einwilligung seines Vaters, der ein Farben- und Materialgeschäft in Darmstadt innehatte, ging er nach Bonn zu Kästner, doch bald darauf nach Paris in das Thénardsche Laboratorium, wo er die Knallsäure entdeckte. Hierdurch wurde A. v. Humboldt auf ihn aufmerksam, der ihm einen Platz im Gay-Lussacschen Laboratorium auswirkte; Humboldt war es auch, der dem 21jährigen Studenten später eine außerordentliche Professur in Gießen verschaffte, wo Liebig nach zwei Jahren Ordinarius wurde. Vier nackte Wände wurden ihm als Arbeitsstätte angewiesen, aber bald sollten die Gießener Laboratorien Liebigs zu bedeutungsvollen Räumen werden: drei Wissenschaften, die organische Chemie, die Agrikultur- und die physiologische Chemie wurden dort geboren und ferner nahm eine durchgreifende Reform des Universitätsunterrichtes dort ihren Ausgang.

Es waren einfache Grundsätze, denen Liebig dabei folgte: Naturwissenschaft kann nicht vom Katheder herab gelehrt werden, sondern nur durch das vorgeführte und vom Lernenden selbst ausgeführte Experiment; der gesamte Schatz des Lehrers an Wissen, Methoden und praktischer Erfahrung soll auch Eigentum des Schülers sein; die Aneignung der allgemeinen Grundlagen einer Wissenschaft befähigt von selbst zur raschen Erfassung irgend welcher Einzelaufgaben derselben. Diese Sätze klingen uns heut selbstverständlich, damals waren es unerhörte Neuerungen. Ihre Durchführung wurde für den gesamten akademischen Unterricht, nicht minder aber auch für die Technik von weittragender Bedeutung. Liebig ließ den künftigen Brauer kein Bier brauen, den Gerber keine Felle gerben u. s. w., aber er lehrte sie wissenschaftlich denken und arbeiten, und mit dieser seiner Unterrichtsmethode schenkte er der deutschen chemischen Industrie das Werkzeug, das sie zur ersten der Welt gemacht hat. Die organische Chemie bereicherte er durch grundlegende Arbeiten, wie die über den Bau der organischen Säuren und über das „Radikal der Benzoesäure“, welch letztere gemeinsam mit Wöhler ausgeführt wurde. Nur in einer Sache schien Liebig zu irren: in seiner Auffassung des Gärungsprozesses. Er hatte hier Pasteur zum Gegner und wollte es nicht gelten lassen, daß die lebende Hefezelle die Spaltung des Zuckermoleküls direkt bewirke. KNAPP hebt mit Recht hervor, daß heute — wo die Forschungen der letzten Jahre erwiesen haben, die bloßen Ausscheidungsprodukte der Zellen (die Zymase) seien unabhängig von der Lebenstätigkeit derselben imstande, die Gärung hervorzurufen — die beiden großen Gegner sich in Freundschaft die Hände reichen könnten. Vom Jahre 1840 an kehrte Liebig der reinen Chemie mehr und mehr den Rücken. Er hatte das wilde Füllen „Organische Chemie“ eingefangen und ihm durch die Erfindung des Kaliapparates einen Zaum angelegt; nun tummelten sich zu viele Reiter auf dem Pferd. Liebig fühlte sich überflüssig, sein Geist verlangte nach anderen Aufgaben. Seine nun folgende Reformation der Landwirtschaft, seine berühmte Beantwortung der Frage „Wovon nähren sich die Pflanzen“ sind zu bekannt, um hier näher ausgeführt zu werden. Liebig hat dadurch, daß er zeigte, wie durch Ersatz der Mineralstoffe die Erschöpfung des Bodens vermieden werden könne, den Menschen aus dem Sklaven des Bodens zum Herrn desselben gemacht. Seine Lehren bewiesen, daß der Mensch durch Jahrtausende hindurch nur Raubwirtschaft getrieben hatte.

Das Problem der Pflanzenernährung zog das der Tierernährung nach sich. Auch die Umwälzung, die Liebig in der Tierphysiologie, insbesondere in der Ernährungslehre des

Menschen hervorrief, wie er durch seine Aufstellung der plastischen und wärmeliefernden Nahrungsmittel der Medizin ein neues fruchtbares Gebiet, die Diätetik, erschloß — das alles braucht hier nur noch einmal angedeutet zu werden. Diese großen Taten bezeichnen nicht nur einen Kulturfortschritt, sondern bedeuten mehr noch eine Bereicherung der philosophischen Welterkenntnis überhaupt. Liebig's Arbeiten und Anschauungen auf organischem Gebiet legten mehr als Wöhlers Harnstoffsynthese (die in Wirklichkeit von einem organischen Körper ausging) den Wall nieder, den man mit der *vis vitalis* um die Welt des Organischen gezogen hatte. Durch seine physiologischen Forschungen sind erst die Erscheinungen des organisierten lebenden Körpers wirklich erschlossen und ist die Erkenntnis gewonnen, daß im Reich des Organischen dieselben Gesetze gelten, wie im Reich des Unorganischen. Eine weitere große philosophische Tat war die Erkenntnis vom Kreislauf des Stoffes in der lebenden Welt. Wenn er zu den Sätzen vordrang, daß die Lebenstätigkeit im Tier wie in der Pflanze auf chemischen Prozessen beruht und die Kraftquelle hierfür die Sonne ist, so lag hierin schon die Lehre von der Erhaltung der Kraft eingeschlossen, die Robert Mayer nach dem Erscheinen der physiologischen Arbeiten Liebig's, wenn auch im selben Jahre aussprach. Und es zeugt ferner von dem Weitblick Liebig's, daß er Robert Mayer's grundlegende Arbeit über jene Lehre in seine „Annalen der Chemie“ aufnahm, nachdem sie von „Poggend. Annalen“ zurückgewiesen worden war. In der Tat, auf Liebig paßt das Wort A. W. von Hofmann's, seines großen Schülers, daß „kein anderer Gelehrter der Menschheit ein größeres Vermächtnis hinterlassen hat“.

O.

A. Unterricht und Methode.

Biologie und Physik am Gymnasium. Herr B. LANDSBERG hat in der *Monatsschrift für höhere Schulen* (1902 S. 692 ff.) einen Aufsatz über „Die Biologie auf den Oberklassen des Gymnasiums“ veröffentlicht, dem F. POSKE in derselben Zeitschrift (1903 S. 274 ff.) eine Erwiderung unter dem Titel „Biologie und Physik am Gymnasium“ hat folgen lassen. Da es sich dabei um die Lebensinteressen des physikalischen Unterrichts handelt, so wird ein Bericht darüber auch in unserer Zeitschrift am Platze sein.

Herr LANDSBERG vertritt den Standpunkt, daß die berechtigten Forderungen der Biologie bei der heutigen Lage der Dinge nicht durch Einfügung neuer Lehrstunden ihre Erfüllung finden können, und daß auch wahlfreie Vorträge über diesen Gegenstand, besonders aus Rücksicht auf die vermehrte Belastung der Schüler, nicht gutzuheißen seien. Man müsse vielmehr versuchen, biologische Belehrungen in größerem Umfange als bisher in den Physikunterricht einzufügen. Er hält es für methodisch empfehlenswert, schon auf der Unterstufe die einzelnen Fragestellungen geradezu an biologische Tatsachen anzuknüpfen, z. B. das Parallelogramm der Kräfte an die Druckverteilung beim menschlichen Skelett, die Lehre vom Luftdruck an die Erscheinung des im Hüftgelenk hängenden Oberschenkelknochens u. a. m. In dem Chemiekursus der U II (der meist nicht mehr als ein Semester umfaßt) soll eine „geringe“ Erweiterung des Lehrpensums eintreten, um zu dem elementarsten Verständnis der Ernährungs- und Stoffwechselfvorgänge zu gelangen. Diese Erweiterung soll umfassen: Erkennen, was ein Alkohol und eine organische Säure ist; Fette als Verbindungen des Glycerins mit den Radikalen der Fettsäuren, Kettenbildung der Kohlenstoffatome, Kohlehydrate, Zellulose, Eiweißstoffe (allerdings ohne Formeln), Gärungserscheinungen, vergleichende Betrachtung der Ernährung bei den verschiedenen Tiertypen, tierischer Stoffwechsel, Kreislauf der Kohlensäure und des Stickstoffs! —

Gegen die obigen physikalischen Vorschläge erhebt POSKE in methodischer Hinsicht den Einwand, daß ein Verständnis der durchweg komplizierteren biologischen Erscheinungen erst dann zu erwarten sei, wenn die entsprechenden physikalischen Verhältnisse an den einfachsten Vorrichtungen klargelegt seien. Erst dann sei es möglich, in dem zusammengesetzten Gebilde das einfache Schema als das Wesentliche zu erkennen. Andererseits werde wohl kein Physiklehrer versäumen, bei passender Gelegenheit auf die entsprechenden biologischen Erscheinungen hinzuweisen. Nur werde jede Illusion fernbleiben müssen, als ob

damit bereits den Forderungen der Biologie genügt werden könnte. Vielmehr müsse sogar gegen jede stärkere Berücksichtigung der Biologie innerhalb des physikalischen Unterrichts Einspruch erhoben werden, da diesem ohnehin nur die knappste Zeit zur Erfüllung seiner Aufgaben zugemessen sei. Die empfohlene Erweiterung des chemischen Pensums aber sei nur denkbar, wenn jeder Rest methodischer Behandlung, sofern ein solcher bisher überhaupt noch festgehalten werden konnte, preisgegeben werde. Es sei schon jetzt trotz alles Hastens nicht einmal möglich, auch nur die für das tägliche Leben wichtigsten anorganischen Stoffe zu behandeln. —

Auf der Oberstufe ist bekanntlich von den Lehrplänen unter gewissen Voraussetzungen ein physiologischer Kursus (am zweckmäßigsten in UI) angeordnet worden. Herr LANDSBERG will diesen Kursus zu einem biologischen erweitern, für den die Nerven- und Sinnesphysiologie des Menschen den Konzentrationspunkt darstellt. „Es müßte gezeigt werden, wie in den Typen des Tierreichs zuerst die zu allen Lebensfunktionen fähige Zelle der Protozoen auftritt, dann die Nervenmuskelzelle der Coelenteraten, hier aber auch schon eigentliche Nervenzellen und Nervenfasern, und wie dann zentrale Nervensysteme in immer größerer Vollkommenheit und Komplikation in den höheren Tierkreisen sich finden. Dieser Kursus müßte sich das Ziel setzen, die empirischen Grundlagen der modernen Psychologie zur Darstellung zu bringen“. Endlich soll in einem vereinigten propädeutischen Philosophie- und Physiologiekursus auch eine geschichtlich-kritische Darstellung der Lehre von der Entwicklung der Arten Platz finden.

Den Wert und die Wichtigkeit solcher Belehrungen erkennt F. POSKE durchaus an. Aber am Gymnasium reiche die zugemessene Zeit eben nur hin, die physikalischen Grundlagen zu schaffen, auf denen sich ein propädeutisch-philosophischer Kursus aufzubauen vermöchte. Die Freunde des Gymnasiums müßten es sich mit schmerzlichem Bedauern eingestehn, daß es unter den heutigen Verhältnissen weder nach der biologischen, noch nach der propädeutisch-philosophischen Seite hin möglich sei, den Schülern das zu bieten, was ihnen doch, nicht vom Standpunkte bloßen fachwissenschaftlichen Interesses, sondern vom Standpunkte höchster und allgemeinsten menschlicher Bildung aus aufs innigste zu wünschen sei. Es sei besser, diese Lücke im Lehrplan des Gymnasiums klar und offen anzuerkennen, als sie durch unausführbare Ausgleichsversuche oder eine allzu optimistische Darstellung zu verdecken. Die einzige Möglichkeit, den Gymnasiasten gewisse biologische Kenntnisse zuzuführen, bestehe — abgesehen von den hier und da vorhandenen Schülervereinen — in fakultativ abzuhaltenden Vorträgen, wie sie schon Schwalbe für einen ähnlichen Zweck (die hygienische Belehrung) vorgeschlagen hat.

In der Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Breslau (2.—6. Juni 1903) kam die Frage ebenfalls zur Erörterung. Landsberg hielt es für angängig, auf der Oberstufe Akustik und Optik auf die UI zu verlegen und eine Wochenstunde des Winterhalbjahres der Physiologie zu überweisen. Poske erklärte, dies sei nur dann zulässig, wenn der Physiker zugleich Biologe sei, in solchem Falle entspreche es dem Prinzip der erfreulicherweise von der Unterrichtsverwaltung gewährten Freiheit, daß die Möglichkeit einer Berücksichtigung der Biologie zugestanden werde; keinesfalls aber dürfe der Physiker gezwungen werden, eine Wochenstunde an den Biologen abzugeben, dies würde eben jenem freiheitlichen Geist der Lehrpläne entgegen sein; und es würde dadurch der physikalische Unterricht, der die Grundlage für alles tiefere Naturverständnis bilde, aufs ernstlichste geschädigt werden. Daß diese Überzeugung auch auf biologischer Seite geteilt wird, ist nach den vom Ref. in Breslau gemachten Erfahrungen nicht zweifelhaft.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Elektrische Hochspannungsanlagen. Zur Erzeugung hochgespannter Elektrizität konnte man in den Elektrifizierungsmaschinen nur Vorrichtungen, welche geringe Energiemengen um-

zusetzen gestatteten; die ersten Hochspannungsgeneratoren für wesentlich größere Leistung als jene waren die von Davy (1808) und Gassiot benutzten Hochspannungsbatterien von $\sim 2000 \div 2500$ Volt. Rühmkorff, dem schon 1851 die Herstellung eines Induktoriums für 2 cm, 1860 bereits die eines solchen für 40 cm Schlagweite gelang, lehrte damit „galvanische“ Elektrizität von hoher Spannung, allerdings wechselnder Richtung zu erzeugen, andererseits konnte man mit den vielplattigen Influenzmaschinen von Toepler und Holtz (1865) bei hoher Spannung auch merkliche Stromeffekte erhalten. Noch kräftiger wirkten in Reihe geschaltete Sekundärelemente in Verbindung mit einer rheostatischen Maschine (Planté 1859 \div 79). Die Einführung der elektrischen Beleuchtung veranlaßte nun, daß man, um immer mehr Lampen in einen Stromkreis schalten zu können, dynamoelektrische Maschinen von steigender Spannung baute; so entstanden die sog. Bogenlichtmaschinen für 20, 50, ja 120 Lampen in Reihe mit entsprechend 1000, 2500 und 6000 Volt. Einige von diesen, wie die von Brush (1878) und Thomson-Houston (1879) besitzen offene Wickelung mit einfachem Kommutator; die übrigen dagegen sind Maschinen mit geschlossener Wickelung und vielteiligem Kollektor. Je höher nun die Maschinenspannung, um so höher auch die Spannung zwischen zwei benachbarten Segmenten, demnach um so größer die Gefahr des Überschlagens, und so ließ zur möglichsten Verringerung dieser Hurmuzescu (1895) eine Maschine für 4000 Volt, 2 Amp. mit 4 gleichen Ankern auf derselben Welle bauen, welche in Reihe geschaltet und mit gesonderten Kollektoren von je 160 Segmenten versehen waren; andererseits hat Crocker (1893) eine 5 PS. Maschine für 11 000 Volt gebaut, die nur einen Kollektor mit 108 Segmenten besaß, und neuerdings (1902) hat Thury in Genf (*Comp. de l'Ind. Electr. et Méc.*) eine Maschine für 22 000 Volt bei 1,5 Amp. mit nur 96 Segmenten hergestellt (*vergl. E.T.Z. 23, 1039, Fig. 38, 1902*), welche eine Innenpolmaschine mit feststehendem Anker nebst Kollektor und umlaufendem Zweipolmagneten ist, wobei zwischen die Segmente geschaltete Kondensatoren und aus Ebonitdüsen auf die hintere Bürstenkante treffende Preßluft das Feuern verhindern sollen. 1879 \div 80 bauten Warren de la Rue und Müller eine Batterie von 14 400 Chlorsilberelementen; ganz ähnliche Versuche wie Planté stellte J. Trowbridge (1897) an unter Benutzung von 10 000 Akkumulatoren entsprechend 20 000 Volt; durch Verbindung dieser Batterie mit einer etwas geänderten rheostatischen Maschine von 60 Platten gelang es ihm, Funken von 122 cm Länge entsprechend 1 200 000 Volt zu erhalten. Bis zu gleicher Schlagweite hatte man zwar die Induktorien zum Betriebe durch Elemente auch schon gebaut (Spottiswood-Apps), für praktische Verwendung in größerem Maßstabe waren sie erst in abgeänderter Form als Transformatoren oder „Umsetzer“ brauchbar, die Wechselstrom erforderten, aber es ermöglichten, die Maschinenspannung niedrig zu halten (Gaulard und Gibbs 1883). Die ersten Wechselstrommaschinen für die Technik baute Gramme (1877) [zum Betriebe der elektrischen Kerzen], und zwar waren dies de facto schon Mehrphasengeneratoren mit feststehendem Anker. 1886 wurden von Ferranti aus besonderen Gründen Maschinen für 10 000 Volt bei 100 Amp. in Deptford aufgestellt, meist baute man jedoch die Maschinen für 2000 \div 5000 Volt und bediente sich zur Erzeugung der Hochspannung der eine sicherere Isolation gestattenden Umsetzer, die auch in immer gewaltigerer Größe gebaut wurden; so machte 1898 die Cataract Const. Co. am Niagara Versuche mit einem Transformator für 100 000 Volt bei 30 K.W. (von Westinghouse, Pittsburg) dessen Sekundärwicklung aus 4 gleichen verschieden zu schaltenden Teilen bestand, und für die Zentrale Butte in Montana hat die General Electric Co. gar einen solchen für 330 K.W. und 80 000 Volt gebaut, der mit 97% Wirkungsgrad arbeitete. Auch bei Gleichstrom kann man in ganz ähnlicher Weise die Spannung durch Motorgeneratoren oder „Umformer“ erhöhen oder erniedrigen, d. h. durch mit einer Maschine ein Ganzes bildende Motoren. [Diese lassen sich leicht zu sog. polymorphen Generatoren ausgestalten, d. h. solchen, welche beliebige mechanische Arbeit in jede Stromart und jede Stromart in jede andere oder in mechanische Arbeit umzuwandeln gestatten.]

Der erste, welcher, die Vorteile solcher Hochspannung für die Übertragung von Energie auf weite Entfernung erkennend, dies aussprach, war Marcel Deprez (1881). Seine

ersten Versuche in München-Miesbach (57 km) nahmen wegen Defektes der Primärmaschine ein vorzeitiges Ende; spätere in Creil-Paris, wo 300 PS. mit 50% Wirkungsgrad bei 7500 Volt übertragen werden sollten, gelangen nicht nach Wunsch und erst 1886 lieferte H. Fontaine den vollen Beweis für die Ausführbarkeit, indem er unter Anwendung der Gleichstromreihenschaltung primär 4 Maschinen für je 1500 Volt und sekundär 3 Motoren anwandte und damit von 96 PS. rund 50 nutzbar machte. 1882 errichtete Ferranti in Deptford eine Centrale für 10 000 Volt, bei der sich aber infolge mangelnder Erfahrung allerlei Übelstände zeigten; 1884 machten Gaulard und Gibbs die erste Anlage mit Transformatoren in Turin-Lanzo, doch erhielt erst durch die vollständig gelungene Übertragung Lauffen-Frankfurt a. M. (1891) auf 175 km bei 20 000 Volt mit 75% Wirkungsgrad die Frage der Fernübertragung erhöhte Bedeutung.

Bei all solchen Anlagen, wie sie im vorstehenden erwähnt, ist nun, je höher die Spannung, um so mehr neben den bei allen elektrischen Anlagen zu beachtenden auch den Erscheinungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen, die früher im wesentlichen den Gegenstand der sog. „Reibungselektrizitäts-Lehre“ bildeten, da alle Störungen wegen der beträchtlichen Energiemengen, um die es sich hierbei stets handelt, von den übelsten Folgen begleitet sein werden.

Jeder Gasstrecke zwischen zwei entgegengesetzt elektrischen Leitern entspricht ein bestimmtes Entladungspotential, bei dessen Vorhandensein ein Durchbruch des Gases erfolgt; dies verlangt einen um so größeren Abstand der Leitungen von einander, je höher die angewandte Spannung ist.

Bei gegebener Spannung hängt ferner das Entladungspotential auch ab von der Krümmung der Elektroden und ist um so kleiner, je geringer der Krümmungsradius; die nachstehende Tabelle gibt einige Mittelwerte für $r = 0,5 \text{ cm}$.

Schlagweite mm	Spannung	Schlagweite mm	Spannung	Schlagweite mm	Spannung
2	8 400	5	17 100	8	23 100
3	11 700	6	19 200	9	24 600
4	14 700	7	21 300	10	25 800

Zweitens sinkt nach Einleitung der Entladung der Widerstand der Gasstrecke bedeutend infolge von Lichtbogenbildung, sodaß auch eine geringere als die Entladungsspannung die Entladung aufrecht zu erhalten vermag, demnach ist eine weitere Ver-

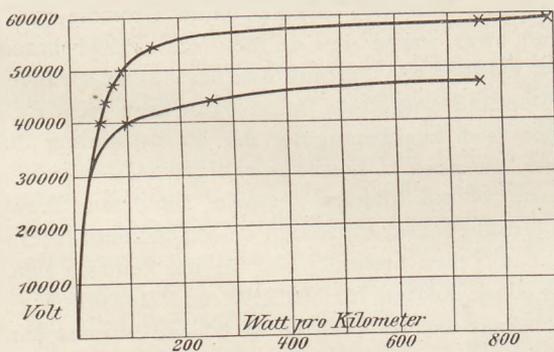


Fig. 1.

ein besonderer Wärter nötig war, um sie aufzuseuchen (*Prometheus XII*, 797 ÷ 798, 1901).

Sodann ist auch bei allen im Hochspannungskreis unvermeidlichen Schaltelementen die mögliche Lichtbogenbildung zu verhindern; wegen Nichtbeachtung dieses Umstandes ist z. B. die Grosvernor-Unterstation der Centrale Deptford infolge Herausreißen eines falsch eingelegten Hochspannungsschalters vollkommen ausgebrannt.

größierung des gegenseitigen Abstandes erforderlich, um auch die Entstehung einer Entladung durch zwischen die Drähte geratende Fremdkörper wie Vögel u. dergl. tunlichst zu vermeiden; eine eigenartige Störung dieser Art veranlaßten einmal in St. Paul (V. St., N. A.) Schwärme kleiner Insekten (shad flies), die sich auf den wagerechten an der Eisenbahnbrücke über den St. Croix befestigten Trägern der 25 000 Volt-Leitung zwischen den Isolatoren niederließen und dort Kurzschlüsse verursachten, sodaß

Schließlich entstehen Verluste durch Sprünge in den Isolatoren, durch Anhäufung von Staub oder dergl. auf dem Gestänge, an den Isolatorenstützen, auf den Leitungen; welche Beträge diese Verluste erreichen können, zeigen Versuche von Scott an einer 3,5 km langen Freileitung in Telluride (Colorado) (*E. T. Z. XXIII, 1067, 1901*) bei Drahtabständen von 38 und 132 cm mit Spannungen von 40 ÷ 60000 Volt, deren Ergebnisse in Fig. 1 dargestellt sind und denen gemäß bei 80 000 Volt rund 3895 K.W. f. d. km durch Ausstrahlungen verloren gehen würden. Sehr starke durch solche Isolationsfehler veranlaßte Büschel- und Bogenentladungen hat man u. a. an den Leitungen der Anlage Provo-Mercur Mills-Tentic in der Nähe des Großen Salzsees (Utah) beobachtet, wo die zeitweiligen starken Winde verbunden mit Nebel förmliche Salzinkrustationen der Gestänge erzeugen, die namentlich in den höher gelegenen Teilen der Leitung häufige, im Dunkeln prachtvoll aussehende Lichterscheinungen veranlassen; es handelt sich um 3 mit 40 000 Volt betriebene Linien von 56, 89,6 und 112 km Länge aus je 3 Drähten in etwa 2 m Abstand voneinander und beginnen

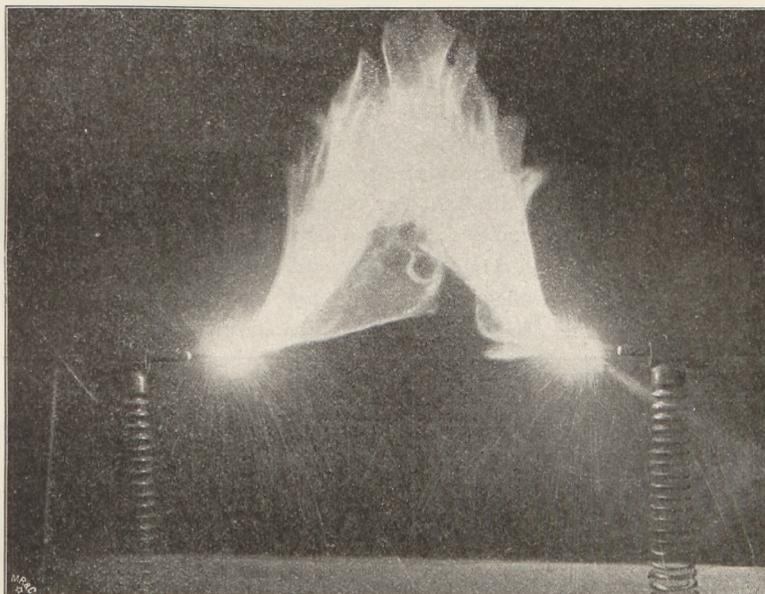


Fig. 2.

oft gleichzeitig an einem Dutzend Säulen in rascher Aufeinanderfolge zischende Funken von den Isolatoren auszusprühen, bis sich durch Zusammentreffen der Ausstrahlungen zweier benachbarter Isolatoren unter lautem Gebrüll ein Lichtbogen bildet, der in Form einer oft 2 ÷ 2,5 m hohen Flamme aufsteigend das Verschwinden der Entladungen an den übrigen Säulen zur Folge hat, aber nach etwa 1 ÷ 2 Sek. abreißt, worauf das Spiel von neuem beginnt. Auf einer 3,2 km langen Strecke wurden einmal in 3½ Stunden 80 solche Störungen beobachtet (*Prometheus XIII, 631 ÷ 632, 1901*). Fig. 2 zeigt einen derartigen Bogen von 350 mm Polabstand bei 120 000 Volt.

Auch die Kapazität solcher langen Freileitungen ist recht beträchtlich; Versuche von Scott an einer solchen von 166 km Länge in Provo ergaben eine scheinbare Belastung bei Leerlauf von 750 K.W.

Die erwähnten Schwierigkeiten haben nun zur Ausbildung besonderer Hochspannungsapparate geführt. Zur Isolation der Leitung benutzte man bei der Lauffen-Frankfurter Anlage „Ölisolatoren“, d. h. Porzellanglocken, welche in ihrem nach innen umgebogenen Rande Öl enthielten; man ist jedoch davon ganz abgekommen und benutzt nur noch 3 ÷ 4 mantelige Trockenisolatoren mit hohem Kopf und schirmförmigem obersten Mantel. Der schlimmste Feind ist jedoch immer ein sich irgendwie bildender Lichtbogen,

der, wie schon erwähnt, bei den benutzten Spannungen eine gewaltige Länge haben kann, ehe er abreißt; ein solcher kann nun entstehen: 1. beim Ausschalten, 2. beim Durchschmelzen von Sicherungen, 3. bei Blitzschlägen an den Ableitern, 4. beim Durchbrennen von Leitungen oder Apparaten, 5. bei Kurzschlüssen. Nun ist der Lichtbogen sehr empfindlich gegen Luftströmungen wie auch magnetische Einflüsse, deshalb beruhen die meisten Konstruktionen von Apparaten für die Fälle unter 1. ÷ 3. darauf, durch Elektromagnete oder ein bei der Bogenbildung entstehendes Feld unter Zuhilfenahme aufsteigender Luftströme ein rasches

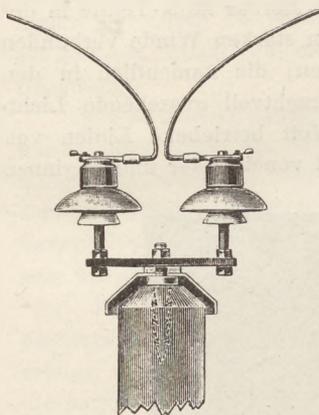


Fig. 3.

selbsttätiges Abreißen des Lichtbogens hervorzurufen; vorbildlich hierfür ist der „Hörnerblitzableiter“ von Siemens & Halske (1897) gewesen, Fig. 3, dessen Hörner einen Mindestabstand von 3 mm in bedeckten Räumen und 10 mm im Freien haben, der im übrigen pro 1000 Volt 1 mm beträgt (Nachrichten von Siemens & Halske IV, No. 36, 1900). Bei Schaltern sucht man jedoch in neuerer Zeit allgemeiner durch Einbetten in Öl die Lichtbogenbildung überhaupt zu verhindern, wie dies zuerst von der Ferranti Limited in Hollinwood 1894 versucht und im Juli 1895 in der Praxis (in London) angewendet worden ist.

Infolge der erwähnten Vervollkommnungen ist nun seit der Fernübertragung Frankfurt-Lauften im Jahre 1891 nicht nur die Zahl der eigentlichen „Hochspannungsanlagen“ rasch gewachsen, sondern man ist bald an die Überbrückung ganz bedeutender Entfernungen mit Spannungen, welche die damals benutzte um ein Mehrfaches übertreffen, gegangen, wobei es sich vornehmlich um die Ausnutzung von Wasserkraften handelt. Nachstehend sind eine Anzahl solcher Anlagen zusammengestellt.

Bezeichnung der Anlagen	Leistung P S.	Entfernung km	Spannung	Stromart	Gefälle m
Tivoli-Rom (Italien)	2 000	28	5 000	Wechselstrom	110
Zufikon-Zürich (Schweiz)	~ 1 300	20	5 000	Drehstrom	50
Rheinfelden	6 700	—	6 800	-	3÷5
Witwatersrand (Süd-Afrika)	4 000	45	10 000	-	[Dampf]
Hochfelden-Örlikon (Schweiz)	600	24	13 000	-	—
Vizzola (Italien)	23 000	19	13 500	-	24÷28
Tranfors a. Kolböck (Schweden)	1 800	26	14 000	-	10
Adda-Mailand (Italien)	13 000	33	14 500	-	28
Whytney (Californien)	1 800	—	17 300	-	402
Niagara (Amerika)	50 000	—	20 000	-	50
Valtellina Bahn (Italien)	6 000	106	20 000	-	30
White River (Oregon)	1 400	43	20 000	-	35
St. Maurice-Lausanne (Schweiz)	5 000	55	22 000	Gleichstrom	36,45÷38,75
Volta (Californien)	4 500	—	22 000	Drehstrom	360
Lauften-Frankfurt	300	175	25 000	-	—
Los Angeles (Californien)	~ 4 000	128	33 000	-	222
Black Cañon-Butte (V. St. N. A.)	10 000	104	50 000	-	9
Shawinigan-Montreal (Canada)	10 000	140	50 000	-	40
Colgate (Californien)	14 000	360	60 000	-	230
Elektra (Californien)	15 000	270	60 000	-	500

Wie ersichtlich, ist man in jeder Beziehung in Nord-Amerika bisher am weitesten gegangen und hat dort ganz gewaltige Gefällshöhen ausgenutzt, was nur durch das besonders dafür bestimmte Peltonrad möglich ist; dieses zeichnet sich durch die besondere Form seiner mit Mittelrippe versehenen Schaufeln aus, deren Krümmung senkrecht zur Ebene des Rades verläuft, und ergibt bei verhältnismäßig kleinen Abmessungen recht bedeutende Leistungen bei hohem Wirkungsgrad. Nachstehend einige bezügliche Angaben:

Raddurchmesser cm	Gefälle m	Umdrehungszahl in der Minute	Pferdestärken
15	150	3425	6
90	300	800	500
90	630	1150	1000
180	300	400	2000

Als Beispiel für eine „extreme“ Hochspannungsanlage sei nachstehend die ihren Strom 360 km weit nach San Francisco sendende Drehstromzentrale Colgate der Bay County and Standard Co. etwas näher besprochen, deren Schema Fig. 4 zeigt (*E. T. Z. XXIII, 862 + 865, 1902*). Das mit 230 m Gefälle aus der Sierra Nevada kommende Wasser treibt mittels Peltonräder (1) von 3000 PS. Dreiphasenmaschinen (2) von 2300 Volt, welche je 3 in Sternschaltung mit geerdetem Nullpunkt verbundene Umsetzer (3) speisen. Die Regulierung der Turbinen kann wegen der sonst unvermeidlichen Rohrbrüche durch die Wasserstöße — Widerwirkung — nur durch Düsenverstellung geschehen; da die Tagesbelastung unter 50 % beträgt, so hat man mit Peltonrad und Pumpe gekuppelte Motoren aufgestellt, welche bei geringer Belastung mit Strom von der Hauptzentrale aus dem Oberwassergraben Wasser in den in 4 km Abstand 125 m über dem Wasserschloß der Zentrale liegenden Lake Frances pumpen, sonst von diesem aus durch die Peltonräder getrieben ebenfalls auf das Netz

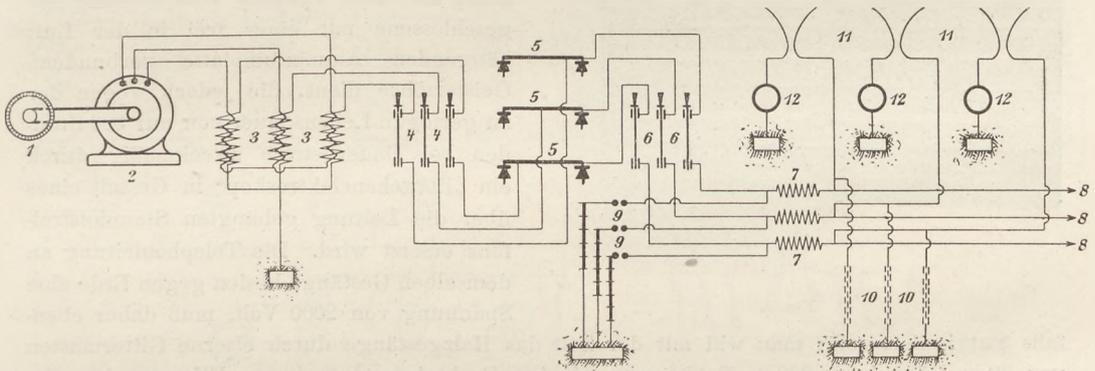


Fig. 4.

arbeiten. Von den Transformatoren (3) aus geht der Strom mit 60 000 Volt über die aus je 1 Haupthebel mit 2 Wasserkontakten und einem Hilfshebel mit eingezogenem Kabel bestehenden Sicherungsschalter (4), welche durch dreimantelige Glasisolatoren von der Erde und durch Marmorscheidewände von einander getrennt sind, zu den wagerecht nebeneinander auf Isolatoren ausgespannten Sammel-„schiene“ aus Hartkupferdraht (5), passiert sodann drei weitere Schalter (6), um über die Drosselspulen (7) in die Freileitungen (8) zu treten. Auf der Generatoreseite von (7) sind die aus Funkenstrecke und mit oxydiertem Metallstaub gefüllten Glasröhren bestehenden Entlader (9), Fig. 5, angeordnet zur Beseitigung von Störungen durch die bei normalen Schaltverrichtungen auftretenden Potentialerhöhungen, auf der Fernleitungsseite sind zweierlei Blitzschutzvorrichtungen angeschlossen: (10), je 192 App. in 6 Gruppen zu je 32 App. aus je 3 konzentrischen Zylindern mit 1,5 mm Luftzwischenraum, sodann (11) dem Siemensschen Hörnerblitzableiter nachgebildete Einrichtung in Reihe geschaltet mit Kohlewiderständen in mit Öl gefüllten Tontöpfen (12); die App. (7), (9) und (10) sind in einem besonderen „Blitzableiterhaus“ untergebracht, aus dem die Leitung durch Tonröhren von 60 cm Lichtweite ins Freie tritt. Es sind zwei getrennte Stromkreise in 15 m Abstand von einander angeordnet, aus Hartkupferdraht von 68 qmm (9,3 mm ϕ) bzw. Aluminiumkabel von 110 qmm mit einem Drahtabstand von 0,9 m; auf je 1,6 km ist eine Verdrehung um 120° mit 1,2 m Drahtabstand vorgenommen. Etwa 30 km von der Unterstation Oakland trifft die Leitung auf die 840 m breite Carquinez-Str., welche die 50 km weit nach Osten sich erstreckende Suisan Bay mit dem Golf von San Francisco verbindet

und, da Kabel ausgeschlossen, durch Luftleitungen in solcher Höhe zu überschreiten war, daß die Schifffahrt nicht behindert wird; diese Aufgabe ist gelöst durch Verwendung von 4 Stahldrahtkabeln von 22 mm ϕ in 6 m gegenseitigem Abstand (: :), welche von drei Gittertürmen von 19,5, 68,3 und 25,6 m Höhe in den bezüglichen Abständen von 1350 m und 430 m getragen werden und bei 70 m Durchhang in der Hauptspannung am tiefsten Punkt noch 62,8 m über dem Wasserspiegel sich befinden. Wegen der riesigen Zugbeanspruchung von 12 000 kg pro Kabel mußten die Abspannisolatoren aus Micanitzylindern, von Stahlklauen umfaßt und in ein Ölgefäß eingebaut, hergestellt, und die ganze Anordnung mußte außerdem auf großen Betonwiderlagern in besondere Behausungen eingeschlossen werden; auf

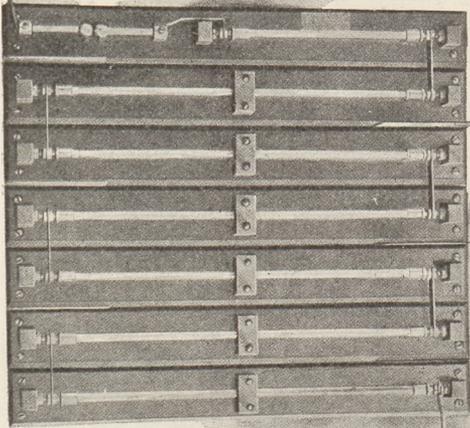


Fig. 5.

den Türmen werden die Kabel durch überdachte Rollen auf je 6 Locke-Isolatoren getragen. Zur möglichsten Aufhebung der Ladungsströme (siehe oben) sind an geeigneten Stellen Induktionsspulen mit Öliso- lation und Wasserkühlung in Sternschaltung mit geerdetem neutralen Punkt an- geschlossen, Abzweigungen sind mittels in Öl gelagerter Bleisicherungen vorgenom- men, zu deren Prüfung eine einseitig an- geschlossene mit einer frei in der Luft hängenden Aluminiumplatte verbundene Geisleröhre dient, die jedoch wegen der zu geringen Lebensdauer von nur 300 Stun- den bei Dauerbetrieb zweckmäßig durch ein „Blättchenelektroskop“ in Gestalt eines über die Leitung gehängten Stanniolstrei- fens ersetzt wird. Die Telephonleitung an demselben Gestänge besitzt gegen Erde eine Spannung von 2000 Volt, muß daher eben-

falls gut isoliert sein; man will mit der Zeit das Holzgestänge durch eiserne Gittermasten von 30 m Höhe in je 300 m Entfernung mit 4 m Drahtabstand ersetzen. Wie aus dem Ge- sagten ersichtlich, sind die Kosten einer solchen Anlage sehr erheblich, trotzdem haben sich diese auch bei scharfem Wettbewerb als recht einbringlich erwiesen.

Gestattet nun auch der Wechselstrom oder eine Verkettung mehrerer solcher gleicher Periode als Mehrphasen- oder Drehstrom in sehr bequemer Weise die Spannung nach Be- darf zu verändern, so läßt sich gleichwohl auch mit Gleichstrom sehr gut eine Hochspannungs- fernübertragung einrichten; solche sind z. B. die Anlagen Combe Garront-Chaux de Fonds mit 14 000 Volt, Brescia mit 15 000 Volt und die unlängst (1902) in Betrieb genommene St. Mau- rice-Lausanne mit 22 000 Volt, deren Einrichtungen in nachstehendem einer kurzen Betrachtung unterzogen werden sollen (*E. T. Z. XXIII, 1001 ÷ 1005, 1016 ÷ 1021, 1038 ÷ 1042, 1902*). Das Werk gehört der Stadt Lausanne und liegt 55 km von dieser entfernt an der Rhône, welche das nötige Betriebswasser liefert; dasselbe reicht — bei 40 cbm i. d. Sek. — für 10 ÷ 15 000 PS., von denen vorerst nur 5000 ausgenutzt sind, wird der Zentrale durch einen 3300 m langen größtenteils als Tunnel ausgeführten Oberwasserkanal zugeführt, der in ein Bassin von 1400 cbm Inhalt — zur Erzielung gleichmäßigen Oberwasserspiegels mündet, und gelangt von hier aus durch Druckrohre mit einem Gefälle von 38,75 m im Winter bezw. 36,45 m bei Hochwasser zu 5 Francis-Turbinen von je 1000 PS. und 2 desgl. zu je 120 PS. (300 bzw. 750 Umdr. i. d. Min.) sämtlich mit wagerechter Achse (geliefert von Escher Wyss & Co.). Die drehbar an einer Brücke befestigten Rahmen für die Wehrschützen am Einlauf des Obergrabens, welche nur bei Mittel- und Niedrigwasser aufgestellt werden, lehnen sich, da wegen der gewaltigen Hochwassermengen jede das Flußbett beengende Konstruktion verboten war, gegen niedrige aus der glatt betonierte Flußsohle hervorragende Anschläge.

Das für die Übertragung verwendete System ist die, wie oben erwähnt, schon von Fontaine ausgeführte Gleichstromreihenschaltung; Fig. 6 gibt ein allgemeines Schema der Anlage. In der Zentrale befinden sich vorerst 4 Aggregate I + IV, jedes bestehend aus einer Turbine (1) und 2 mit dieser unmittelbar gekuppelten 6-poligen Maschinen (2) und (3) für je 2250 Volt 150 Amp, die miteinander in Reihe geschaltet sind und durch die Umschalter (4) entweder mit der Fernleitung (5) verbunden oder unter Schluß der Fernleitungen in sich kurzgeschlossen werden können; jede Maschine ist außerdem noch mit einem selbsttätigen Kurzschließer versehen (nicht gezeichnet), jede Gruppe mit auf die vordere Maschine aufgebautem Volt- und Ampèremeter. An einem mit (4) übereinstimmenden Schalter (6) ist nun der für die ganze Anlage wichtigste Teil, der auf besonderer Säule aufgestellte Regulator, angeschlossen, bestehend aus den Widerständen (7), einem an diese angelegten Nebenschlußmotor (8) für $2,3 \div 2,4$ Volt 50 ÷ 60 Amp. und einem Klinkwerk mit den Spulen (9), (10) und (11); vom Regulator geht eine leichte Stahlrohrwelle in Kugellagern zu den Turbinen, wo sie mechanisch durch lösbare Kupplungen mit den durch gepreßtes Öl betätigten Turbinenregulatoren verbunden ist. Je nachdem nun die Spannung zu hoch oder zu niedrig ist, bewirken (9) und

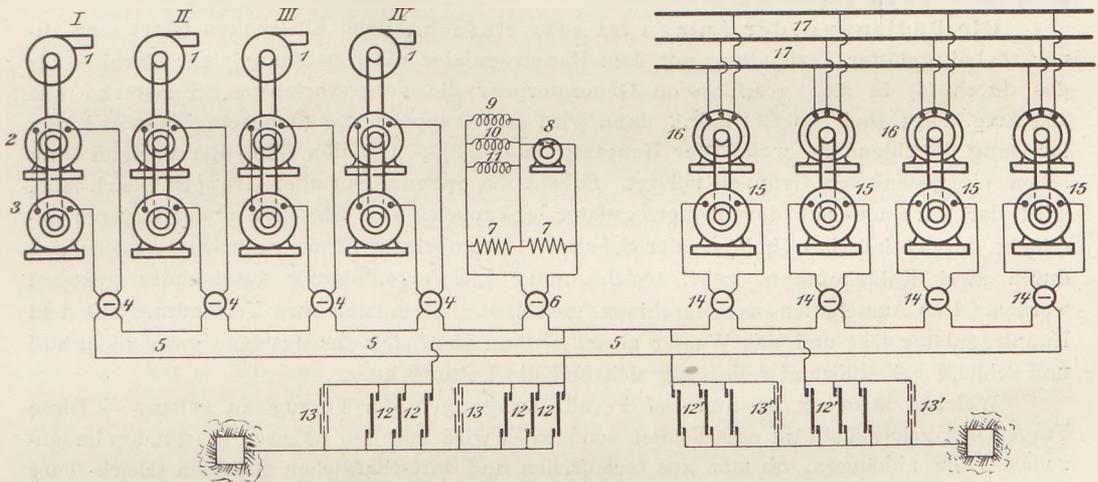


Fig. 6.

(10) durch entsprechenden Eingriff der Klinken Drehung der erwähnten Welle in einem oder anderem Sinne und damit gleichzeitiges Öffnen oder Schließen aller Turbinenregulatoren. Außer Haupt-Volt- und Ampèremeter folgen dann die auch hier für jeden Pol doppelt vorhandenen Blitzschutzvorrichtungen, nämlich je drei selbsttätige Hebelschalter mit Kohlekontakten (12), in Reihe mit $4 \times 50 \Omega$ Kohlenwiderstand, ferner eine Zusammenstellung: ausschaltbare Porzellanröhre mit Pulver besonderer Mischung — Schmelzsicherung — kleine Funkenstrecke (13). [Man vergleiche damit den App. Fig. 5.] Beim Eintritt in die Unterstation zu Pierre de Plans durchläuft der Strom zunächst die gleichen Sicherheitsvorrichtungen (12') und (13'), sodann sind durch (4) ganz ähnliche nur durch Hilfskontakt mit Funkenlöscher vervollständigte Schalter (14) zunächst nur 4 Motoren (15) für je 2100 Volt (150 Amp.) bei 300 Umdr. angeschlossen, welche direkt mit den parallel auf die Sammelschienen (17) arbeitenden Drehstrommaschinen (16) gekuppelt sind. Die Motoren sind mit aufgebauten Geschwindigkeitsregulatoren versehen, welche durch Schnurlauf von der Hauptwelle betätigt von $0 \div 60\%$ Belastung entsprechend $0 \div 1400$ Volt durch Bürstenverschiebung, weiterhin durch Änderung des Feldes mittels eines der Feldwicklung parallel geschalteten Widerstandes wirken und die vorgeschriebene Umdrehungszahl bis auf $\pm 1\frac{1}{2}$ einzuhalten erlauben; außerdem sind sowohl Motor wie Generator jeder Gruppe mit je einem 3800 kg schweren Schwungrad von 2300 mm Durchmesser versehen.

Zur möglichst sicheren Isolierung sind zunächst sämtliche Anker nebst den Kollektoren von den Ankersternen durch dicke Glimmerlagen getrennt, die 6 einander parallel ge-

schalteten Schenkelspulen durch Papier isoliert, die Verbindungsleitungen blank auf Porzellan verlegt; ferner ist die ganze Maschine gegen Erde dadurch isoliert, daß die 16 sie in einigen cm Abstand vom Boden tragenden Bolzen in Dreifachglockenisolatoren eingegossen sind, welche, den Kopf nach unten, mit Zwischenlage von Asbest auf vertieft liegenden und bis fast zur Höhe des Isolatorenrandes mit Asphalt bedeckten Glasplatten von $3,5 \times 30 \times 30$ cm ruhen, sowie durch Verwendung isolierender Kupplungen. Die Leitungen zwischen den Maschinen bestehen aus für 25 000 Volt garantiertem einadrigen Gummikabel; jedes Kabel ist für sich in ein Steingutrohr von 8 cm Lichtweite eingezogen und diese Rohre sind einzeln oder paarweise in mindestens 15 cm Achsenabstand in Kanälen von mindestens 30×30 cm von Asphaltbeton umgossen verlegt. Der ganze Maschinenhausfußboden ist 3 cm hoch mit Asphaltbeton, darüber 1,5 cm hoch mit reinem Asphalt bedeckt und ferner sind um die Fundamentplatten Sockel von 20 cm Höhe aus Asphaltbeton hergestellt; auch die Schutzgitter um die Kupplungen sind isoliert. Die Fernleitung ist auf 1600 Holzmasten befestigt auf Doppelisolatoren, welche aus einem inneren einfachen und einem darauf gekitteten dreimanteligen bestehen. Die Isolation mußte vertragsmäßig mit 22 000 Volt geprüft werden und diente dazu die in Fig. 1 abgebildete Maschine.

Die Bedienung der Anlage ist sehr einfach. Beim Einschalten öffnet man zunächst bei gelöster Verbindung mit dem Hauptregulator die Einströmung zur Turbine, bis das durch (4) in sich geschlossene Generatorpaar die vorgeschriebene Stromstärke von 150 Amp. zeigt (bei $\sim 6,83$ Umdr.), dann wird die Gruppe in die Reihe eingefügt und nun ihr Gang beschleunigt, wobei der Hauptregulator ((9) ÷ (11)) den Gang der übrigen etwa schon eingeschalteten Gruppen mäßigt. Sobald die Spannungen aller Gruppen gleich sind, wird der Turbinen- mit dem Hauptregulator gekuppelt. Das Einschalten der Motoren geschieht durch einfaches Umlegen der Schalter (14), wobei der Strom zunächst hauptsächlich durch zwei Kohlekontakte geht, welche unter Lichtbogenbildung auseinander gezogen werden. Das Ausschalten der Maschinen geschieht, indem man ihre Verbindung mit dem Hauptregulator löst und das Wasser abstellt; dann stellt sich die Maschine ganz allein still und schließt bei Stillstand selbsttätig sich und die Leitung kurz.

Welcher Stromart ist nun bei Fernübertragungen der Vorzug zu geben? — Diese Frage ist a priori nicht zu entscheiden, sondern es wird von den näheren Umständen im einzelnen Falle abhängen, ob man aus technischen und wirtschaftlichen Gründen Gleich- oder Wechselstrom vorzuziehen hat. Dem Wechselstrom ist die leichte Umsetzbarkeit der Spannung mittels ruhender Vorrichtungen eigen; dagegen besitzt aber die Gleichstromreihenschaltung in der beschriebenen Ausführung ebenfalls gewichtige Vorteile, zu denen auch der gehört, daß bei Versorgung einer Anzahl von Orten es möglich ist, mit einer Einfach-Ringleitung auszukommen, während bei Drehstrom unbedingt eine Dreifachleitung notwendig ist.

Zum Schlusse ist noch auf die Gefährlichkeit der Hochspannung für den Menschen hinzuweisen, bestehend einmal in den durch den Strom hervorgerufenen Lähmungserscheinungen und Veränderungen der Gewebe, sowie den durch zwischen Körper und Leitungen, bezw. Erde übergehenden Funken hervorgerufenen furchtbaren Verbrennungen. Bei niederen Spannungen bis etwa 500 Volt bei Gleich- und 200 Volt bei Wechselstrom hängt die Bösartigkeit der Wirkung außer von der relativen Empfindlichkeit des Individuums wesentlich davon ab, welche Organe bezw. Körperteile im Stromwege liegen. In neuester Zeit ist von Prof. N. Artemieff in Kiew ein Schutzanzug erfunden, der aus feinstem Metallgewebe auf Leinwand gearbeitet ist und den Körper vollkommen umschließt ohne das Arbeiten zu erschweren, und nicht nur schädliche Einflüsse von Ladungsströmen verhindert, sondern sogar einen Strom von 200 Amp. dauernd und von 600 Amp. für kurze Zeit aufzunehmen instande ist. Der Anzug ist mit Spannungen bis zu 200 000 Volt geprüft, und bei größerer Stromstärke tritt bei Lichtbogenbildung auch hier Verbrennung des Gewebes ein. Derartige Anzüge werden von Siemens & Halske in drei Größen hergestellt.

W. B. v. Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

K. Koppes Grundrifs der Physik. Kurze Ausgabe der Anfangsgründe der Physik (Ausgabe B, Teil II: Hauptlehrgang). Bearbeitet von Prof. Dr. A. Husmann. Mit 252 in den Text gedruckten Holzschnitten und einer farbigen Sternkarte. Essen, G. D. Baedeker, 1902. VIII und 360 S. Geb. in Ganzleinen M 4,60.

Bei der wachsenden Fülle des physikalischen Stoffes ist eine Beschränkung des Umfanges der Lehrbücher eine immer von neuem zu erhebende Forderung: der verdienstvolle Bearbeiter der Koppeschen Lehrbücher hat dieser Forderung durch die Herausgabe des vorliegenden erheblich gekürzten Grundrisses zu genügen gesucht und überdies eine Umarbeitung wichtiger Kapitel vorgenommen, sodaß ein brauchbares und dem heutigen Stand der Didaktik im wesentlichen entsprechendes Buch entstanden ist. Weggelassen sind jedoch auch gewisse Tabellen, „die man in den gebräuchlichen Logarithmentafeln findet“, wie die Tabellen für die Kondensation der Gase, Psychrometer und dergl. Wir können dem nicht beistimmen, da die betr. Tafeln doch nicht überall eingeführt, und selbst wenn dies der Fall, nicht immer gerade zur Hand sein werden. Einer Revision bedürftig erscheint der historische Anhang. Auch die in diesem sich findende Formulierung des Energieprinzips — „das Wesen aller Kraft beruht in der Bewegung“ — ist unzutreffend.

Der zugehörige Vorbereitende Lehrgang der Ausgabe B (geb. M 2,20) ist gleichfalls vor kurzem in neuer Auflage (6) erschienen. Er enthält, wie so ziemlich alle Leitfäden für die Unterstufe, auf 223 Seiten bei weitem mehr Material, als auf dieser Stufe bewältigt werden kann. P.

Die Telegraphie ohne Draht. Von Augusto Righi und Bernhard Dessau. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1903. XI u. 481 S. 258 Fig. Geh. M 12, geb. M 13.

Von den beiden Verf. des Werks ist der erste bekannt als der Tätigsten einer auf dem uns durch Hertz erschlossenen Gebiete der elektrischen Schwingungen, auch dem zweiten ist der Gegenstand kein fremder. Beide stehen außerdem der praktischen Ausbeutung der fraglichen Erscheinungen fern und es darf daher ihr Werk von vornherein Anspruch auf mehr Beachtung machen, als die meisten der nur zu zahlreichen bisher über den gleichen Gegenstand erschienenen Schriften. Das Werk ist „für den großen Kreis der allgemein gebildeten Leser“ bestimmt und beginnt in Rücksicht auf solche, „denen die fundamentalen Lehrsätze der Physik noch von der Schule her in Erinnerung sind, denen es aber an Zeit und Gelegenheit fehlt, den rapiden Fortschritten zu folgen, welche unsere Kenntnis der elektrischen Erscheinungen in den letzten Jahren genommen hat,“ mit einem gedrängten, aber vollständigen Überblick über den heutigen Stand der gesamten Elektrizitätslehre in 4 Kapiteln (§§ 1 ÷ 24). Es folgen dann in Teil II: — die elektromagnetischen Wellen —, Ausführungen über die kontinuierliche und oszillatorische Entladung; Erzeugung, Nachweis und Eigenschaften der elektrischen Wellen und die dazu dienenden Vorrichtungen einschließlich der Radioconductoren (Fritter, Antikohärer und dergl.) (§§ 25 ÷ 41). Teil III: die elektrische Telegraphie ohne Draht, behandelt zunächst die älteren Versuche zur „drahtlosen“ Zeichenübermittlung mittelst Leitung, Induktion, Influenz, sowie mittelst elektrischer Wellen in Wasser und Erde oder in Luft (Morse, Rathenau und Rubens, Strecker, Orling und Armstrong, Ducretet, Phelps, Edison und Gilliland, Preece, Stevenson, Lodge, Hughes, Popoff, Marconi, Slaby, Braun u. a.), sodann die verschiedenen Ausrührungsformen der zur sog. „Funkentelegraphie“ zwischen 2 Stationen dienenden Apparate, wie Induktoren, Unterbrecher, Antennen, Indikatorformen u. s. w., schließlich die bisherigen Bestrebungen zur Ermöglichung einer abgestimmten Telegraphie (Lodge und Muirhead, Braun, Marconi, Slaby und Arco). (§§ 42 ÷ 60) Im letzten IV. Teil: Drahtlose Telegraphie mit Hilfe des Lichtes und der ultravioletten Schwingungen, sind die photoelektrischen Erscheinungen, die Lichttelegraphie von Zickler, Photophon, Radiophon und die Versuche von Simon, Ruhmer und a. über Lichttelephonie besprochen; ein Nachtrag bringt noch einen genauen Bericht über die Versuche Marconis während der Reise des italienischen Kreuzers „Carlo Alberto“ nach Kronstadt. Die eigentlich ebenfalls zum Thema gehörige optische Telegraphie ist als „genügend bekannt“ (?) und „von beschränkter Wichtigkeit“ — was dem Ref. im Hinblick auf die Ausbildung dahin gehörender Methoden und Apparate in Heer und Flotte durchaus nicht zutreffend erscheint — unberücksichtigt geblieben. Wie schon die vorstehend gegebene gedrängte Übersicht erkennen läßt, ist der Inhalt ein außerordentlich reichhaltiger; alles Bemerkenswerte ist aufgenommen, und wie gründlich die Verf. bei der Durchforschung des vorhandenen Materials vorgegangen sind, zeigen die den einzelnen Kapiteln in Teil II ÷ IV angehängten Literaturverzeichnisse, welche dem Leser jederzeit genaue Orientierung über die einzelnen behandelten Systeme oder Apparate gestatten. Auch der Anordnung des Stoffes ist nur beizustimmen; die Verf. haben sich in die Arbeit

geteilt und jeder seine Kapitel ganz unabhängig vom anderen geschrieben, so ist jedes Kapitel ein in sich abgerundetes Ganzes geworden, welches sein Thema ziemlich erschöpfend behandelt. Bezüglich der Abbildungen sei nur bemerkt, daß etwas weniger Schemata aus Patentschriften und dafür mehr Skizzen ausgeführter Apparate zu wünschen wären. Das vorliegende Werk ist wohl das umfassendste auf dem Gebiete, und verdient seines reichen Inhaltes und der ausgezeichneten klaren und sachlichen Darstellung wegen weitesten Kreisen warm empfohlen zu werden. Leider fehlt ein Sachregister und da das Inhaltsverzeichnis über all die Systeme, die nicht einen § für sich in Anspruch nehmen, gar nichts sagt, ist das Auffinden solcher sehr erschwert.

Die Funkentelegraphie. Von Ingenieur C. Arldt, mit einer Einleitung über Wert der Funkentelegraphie für die moderne Schifffahrt von Professor O. Flamm. Leipzig, Theod. Thomas, 1903. 72 S. 75 Abb. Geh. M 1,80.

Im Gegensatz zu dem eben besprochenen Werke erweist sich diese Schrift bei näherer Betrachtung, wenn man von der nur 5 Seiten füllenden und die Entwicklung des maritimen Signalwesens in Anlehnung an das schöne Werk von Veitmeyer (Leuchfeuer und Leuchtapparate. München, Oldenbourg. 1900.) behandelnden nicht eigentlich zum Thema gehörigen Einleitung absieht, als wenig mehr als eine Reklameschrift. Abgesehen von einigen allgemeinen Erörterungen über die Grundlagen und sehr summarischen Bemerkungen über die Systeme Marconi und Braun-Siemens werden nur die Apparate der Allgemeinen El. Ges. nach dem System Slaby-Arco nebst den auf sie Bezug habenden theoretischen Beobachtungen von nächst beteiligter Seite berücksichtigt. Die Charakterisierung des Braunschens Systems ist zudem durchaus willkürlich, man vergleiche nur Fig. 38, S. 37, welche die typische „Schaltung nach Slaby-Arco (A. E. G.)“ darstellen soll, mit „Braun, drahtlose Telegraphie durch Wasser und Luft“ Fig. 22, S. 36. Das Buch hat demnach nur für denjenigen Wert, der sich genauer über die von der A. E. G. ausgeführten Apparate für Funkentelegraphie zu unterrichten wünscht; es wäre richtiger gewesen, diese Einseitigkeit des Standpunktes auch im Titel zu betonen. Der Inhalt ist eine erweiterte Wiedergabe eines im Deutschen Flottenverein zu Berlin gehaltenen Vortrages; für welches Publikum der Verf. aber seine Schrift bestimmt hat, ist nicht recht ersichtlich. Gleich der erste Satz (S. 7), eine Definition der Funkentelegraphie, ist nichts weniger als verständlich, auch die Ausführungen über die Oszillationen (S. 12—13) sind nicht einwandfrei; im übrigen sind alle in Betracht kommenden Erscheinungen, wie Dämpfung, Resonanz, Abstimmung u. s. w. in den Kreis der Betrachtung gezogen. Die Ausstattung des Heftes ist in jeder Beziehung ausgezeichnet.

W. B. v. Czudnochowski.

Schaltungsbuch für elektrische Anlagen. Von W. Weiler. Leipzig, Moritz Schäfer, 1902. 144 S., 323 Abb. Geb. M 4.

Auf Anregung von Herrn W. H. Uhland, Herausgeber des „praktischen Maschinenkonstrukteur“, hat sich der Verf. der mühevollen Arbeit unterzogen die verschiedensten in der elektrotechnischen Praxis vorkommenden Schaltungen in handlicher Form zusammenzustellen; auch die von Uhland mitgeteilten „Normalschaltungen“ sind mit Erlaubnis des Genannten wörtlich aufgenommen. In 134 §§ sind nun sowohl „innere“ Schaltungen von Stromerzeugern und Meßinstrumenten sowie für Messungen verschiedener Art, als auch solche von Stromerzeugern und -Verbrauchern, Schalttafeln und ganzen Anlagen für die verschiedensten Zwecke (Klingel-, Telegraphen-, Telephon-, Beleuchtungs u. s. w. Anlagen) angegeben; auch die Funkentelegraphie und die Hochfrequenzströme sind berücksichtigt, und am Schluß noch einige Bemerkungen über Oszillographen angefügt. Bei dieser Reichhaltigkeit des Inhaltes erscheint jedoch dem Ref. die Anordnung des Stoffes für die beabsichtigte Verwendung des Buches nicht günstig, denn verschiedentlich sind offenbar zusammengehörende Dinge, wie z. B. Messungen der elektrischen Größen, an ganz verschiedenen Stellen eingefügt; es ist zu wünschen, daß bei einer Neuauflage in dieser Hinsicht durchgreifende Änderungen vorgenommen werden. Im einzelnen sei nur bemerkt, daß auf S. 110 die Ausführung über Schaltung des Ringankers bei zweipoligen Wechselstrommaschinen mißverständlich ist, da die Ringwicklung in Bild 244 eine andere ist als in Bild 243, der Text aber hierauf nicht hinweist und die Verschiedenheit nicht sehr augenfällig ist; ebenso kann § 107 zu Mißverständnis Anlaß geben, insofern als die dort beschriebene Wechselstromlampe von Körting und Mathiesen eine ganz besondere allerdings sehr interessante Type ist und andererseits keineswegs die Notwendigkeit vorliegt, eine Wechselstromlampe, abgesehen von der Windungszahl ihrer Spulen, irgendwie anders einzurichten als eine Gleichstromlampe, vielmehr das Werk beider identisch sein kann. Unzutreffend ist wie manches andere auch die Bezeichnung eines Drehfeldfernzeigers als „Schreibtelegraph“ (S. 94). Es fehlen leider Messung von Selbstinduktion und Kapazität. Von Druckfehlern sei erwähnt, daß der Name des Ref. selbst im Druckfehlerver-

zeichnis falsch wiedergegeben ist. Die beigelegten Figuren sind zweckentsprechend. Alles in allem möchte Ref. sich dem Wunsche des Verf. anschließen, daß recht viele Praktiker von dem Buche Nutzen haben.

W. B. v. Czudnochowski.

Das Fernsprechwesen. Von Dr. Ludwig Rellstab (Sammlung Göschen, No. 155). 127 S., 47 Fig., 1 Tafel. Leipzig 1902. Geb. 80 Pf.

In vorliegendem kleinen Werkchen gibt der Verf. einen so klaren und vollständigen Überblick über die Ausgestaltung, welche das Fernsprechwesen gegenwärtig erlangt hat, wie ihn eben nur ein mit dem Gegenstande vollkommen Vertrauter zu geben vermag. In den ersten drei Abschnitten: Telephonische Apparate — Telephonleitungen — Vermittlungsämter, sind alle wichtigen, teilweise recht verwickelten Einrichtungen bis zu den neuesten Verbesserungen in Gestalt der vollautomatischen Ämter, und zwar trotz des bescheidenen Raumes in einer für volles Verständnis durchaus genügenden Weise geschildert, im letzten (vierten) Abschnitt — Telephone für besondere Zwecke — werden dann noch die lautsprechenden Telephone, Anwendungen bei Heer und Flotte wie zur Unfallmeldung, das Telegraphon und die Lichttelephonie besprochen. Auch die Abbildungen sind in Auswahl und Ausführung durchweg gut. Ref. kann daher dem Buche nur die weiteste Verbreitung wünschen.

W. B. v. Czudnochowski.

Aufgaben und Lösungen aus dem Gebiete der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch für den Unterricht in der Elektrotechnik an technischen Hoch- und Fachschulen, sowie zum Selbststudium. Von H. Vieweger, Ingenieur und Lehrer der Elektrotechnik am Technikum Mittweida. XI u. 272 S., 158 Textfig. u. 2 Tafeln. Mittweida 1902. Polytechnische Buchhandlung (R. Schulz). Gebunden M 5,50.

Das in seiner Disposition sich der „Schule des Elektrotechnikers“ von Holz anschließende Buch enthält 312, zum größten Teil sehr ausführlich durchgerechnete Zahlenbeispiele aus allen Gebieten der Starkstromtechnik. Nachdem in §§ 1–20 die Grundlagen, wie u. a. voltametrische Eichungen, das Ohmsche Gesetz, Widerstand und Temperatureinfluß, die Gesetze von Joule, Kirchhoff, Coulomb, Biot-Savart, die Magnetisierung, Induktion, Selbstinduktion und der Kondensator behandelt sind, folgen §§ 21–26 Aufgaben (206–245) über die Gleichstrommaschine, §§ 27 bis Ende Aufgaben (246–312) über den Wechselstrom. Jedem Paragraphen sind die in ihm behandelten Gesetze voraufgeschickt, jede Aufgabe enthält neben den der gegebenen Lösung zu Grunde gelegten Zahlenangaben noch solche in [], sowie freie () zur Einsetzung eigener Zahlenwerte seitens des Unterrichtenden. Die beigelegten Figuren sind einfach und zweckentsprechend, die Tafeln enthalten Kurven, für die Magnetisierung, Permeabilität und die Hysteresisarbeit, auch die Auswahl des behandelten Stoffes ist dem Zwecke des Buches vollkommen angemessen. Nicht zu billigen ist aber die Bezeichnungsweise der vorkommenden Größen, der doch bei einem für den technischen Unterricht bestimmten Buche besondere Sorgfalt gewidmet sein sollte; nicht nur wechselt derselbe Buchstabe oft mehrfach seine Bedeutung (z. B. C, L, η , Q), sondern es finden sich auch gelegentlich ganz ungewohnte Bezeichnungen, sodaß man den Eindruck gewinnt, als habe der Verf. die seit Jahren im Gange befindlichen Bestrebungen zur Erreichung einheitlicher Bezeichnungen für die in Betracht kommenden Größen gänzlich unbeachtet gelassen. Von einem Lehrer der Elektrotechnik sollte man doch am ehesten eine Unterstützung jener Bestrebungen erwarten.

W. B. v. Czudnochowski.

The Teaching of Chemistry and Physics in the Secondary School. By Alexander Smith and Edwin H. Hall. Longmans, Green and Co., New York, London and Bombay 1902. 377 S.

Es war bisher für einen deutschen Lehrer nicht leicht, ein klares und bestimmtes Bild von dem Betriebe der Physik und Chemie auf den höheren Lehranstalten der neuen Welt zu gewinnen. Das vorliegende vor kurzem erschienene Buch verschafft uns einen vollen Einblick in diese dort so kräftig blühenden Unterrichtszweige und bildet eine hochwillkommene Ergänzung zu der trefflichen Schrift Fischers über den naturwissenschaftlichen Unterricht in England. (Vgl. diese Zeitschr. XV 105, 1902.) Das Werk ist ein Hilfsmittel für amerikanische Lehrer, die ihren Unterricht verbessern wollen. Den chemischen Teil hat Smith, den physikalischen Hall bearbeitet, doch sind die Gegenstände, die für die Lehrer beider Wissenschaften gleich wichtig sind, nur an einer Stelle erörtert, mit Ausnahme der wenigen Fälle, wo die Ansichten der Verfasser von einander abweichen.

Der erste chemische Teil, der bereits in dieser Zeitschrift XVI 75, 1903 besprochen wurde, behandelt die Gründe für das Studium der Naturwissenschaften, die Geschichte und den gegenwärtigen Zustand des chemischen Unterrichts, die Stellung der Chemie im Lehrplan, die Einführung in die Chemie, den Unterricht im Laboratorium und in der Klasse, einige Grundfragen des Lehrstoffs, das Laboratorium und dessen Ausstattung, die Lehrmittel, die Ausbildung und Fortbildung der Lehrer.

In dem zweiten, physikalischen Teil erörtert Hall zunächst die Fragen, ob man Physiklehrer werden, wie man sich dazu ausbilden und wie man sich als solcher fortbilden solle. Er behandelt dann den großen Wechsel in den Zielen und Verfahren des physikalischen Unterrichts während der vergangenen zwanzig Jahre und dessen Einfluß bei der Lehrbücher, ferner die Verfahren des Laboratoriumsunterrichts, die Leitung der Schülerübungen und deren Verbindung mit dem Klassenunterricht, den physikalischen Unterricht in den Elementar- und Mittelschulen (primary and grammar schools) und in den höheren Lehranstalten, die Behandlung der Dynamik, die Anlage und Ausstattung der Schülerlaboratorien und den physikalischen Unterricht in Deutschland, England und Frankreich. Dieser Teil liefert uns klare und bestimmte Vorstellungen über das Lehrverfahren, das jetzt an den besten nordamerikanischen Schulen angewandt wird und das in einer Verbindung des Klassen- mit dem Laboratoriumsunterricht besteht. Das Herausfinden einer zweckmäßigen Verbindung dieser beiden Lehrweisen ist das Ergebnis langjähriger Versuche, auf das die Amerikaner mit Recht stolz sind und das sie nun dem europäischen Festlande als Vorbild darbieten, um von den großen Erziehungsschulden, die sie lange Jahre hindurch bei der alten Welt gemacht haben, jetzt wenigstens etwas abzuzahlen. Die Amerikaner pflegen alles Treffliche auf dem Gebiete des Unterrichts in der ganzen Welt aufzusuchen und in ihre Schulen einzuführen, auch hat im vergangenen Jahrhundert die starke Einwanderung gebildeter Deutscher erheblich auf ihr Unterrichtswesen eingewirkt, sodaß dieses dem unserigen zwar nicht äußerlich, wohl aber innerlich näher steht als das englische. Die Nordamerikaner haben vielfach die Gedanken deutscher Schulmänner, die wir aus Mangel an Mitteln nicht ausführen konnten, in Taten umgesetzt, sodaß sie heute wenn auch nicht in ihrem Klassenunterricht, so doch in ihrem Laboratoriumsunterricht unübertroffen dastehen. Eine genauere Bekanntschaft mit ihren Einrichtungen kann auch für uns von großem Nutzen sein. *H.-M.*

Physikalische Chemie für Anfänger. Von Ch. M. van Deventer. Mit einem Vorwort von J. H. van't Hoff. 2. Auflage, besorgt von Ernst Cohen. Amsterdam, S. L. van Loy und Leipzig, W. Engelmann. 1901. 158 S. M 4.

Das Buch, das die wichtigsten Tatsachen und Gesetze der allgemeinen Chemie derart erörtert, daß sie auch ohne weitgehende physikalische und namentlich mathematische Kenntnisse verständlich sind, ist bereits bei seinem ersten Erscheinen in dieser Zeitschr. (*XI, 195*) lobend besprochen worden. Es genügt daher, alle, die sich über die Hauptergebnisse der bisherigen physikalisch-chemischen Forschungen unterrichten wollen, oder die das Ergebnis des Studiums umfangreicherer Werke in knappen Sätzen zusammengefaßt zu sehen wünschen, von neuem auf dasselbe hinzuweisen. *Böttger.*

Lehrbuch der analytischen Chemie. Von Karl v. Buchka. Erster Teil: Qualitative Analyse. 2. Auflage. Mit 5 Abbildungen, 8 Übersichtstafeln und 1 Spektraltafel. Leipzig und Wien, Franz Deuticke. 1902. 264 S.

Das Buch, dessen 1. Auflage in dieser Zeitschrift V, 266 bereits eingehend besprochen wurde, hat in seiner Anlage keine Änderung erfahren, weshalb auf das dort Gesagte verwiesen werden kann. Daß der Verf. in der neuen Auflage die Ionentheorie gar nicht berücksichtigt — die Richtigkeit der in der Vorrede aufgestellten Behauptung, die Ansichten über diese Theorie seien noch zu wenig geklärt, dürfte wohl mit Recht vielfach bezweifelt werden — ist schon deshalb zu beklagen, weil sonst manche Lücke ausgefüllt worden wäre, die trotz des reichlichen, mit großer Sorgfalt gesammelten Stoffes noch vorhanden ist, wie die Wirkung der Acetate bei zahlreichen Fällungen, z. B. der des Kaliums durch Weinsäure, des Baryums durch die Chromatgruppe u. a. Auch die Nichtfällbarkeit des Magnesiums durch Ammoniak bei Gegenwart von Ammoniumsalzen wäre besser erklärt worden; denn der S. 38 angeführte landläufige Grund ist streng genommen keine Erklärung. *Böttger.*

Katechismus der chemischen Technologie. Unter Mitwirkung von P. Kersting, M. Horn, Th. Fischer, A. Junghahn u. J. Pinnow, herausgegeben von Paul Kersting und Max Horn. Erster Teil mit 79, zweiter Teil mit 72 in den Text gedruckten Abbildungen. Leipzig 1902. J. J. Weber.

Die Verfasser haben in den beiden Bänden, welche die Nummern 233 und 234 der bekannten Sammlung von Webers illustrierten Katechismen bilden, nach sorgfältiger Sichtung des reichlich zur Verfügung stehenden Stoffes diejenigen Methoden zusammengestellt, welche gegenwärtig zur fabrikmäßigen Gewinnung von Elementen, sowie von anorganischen und organischen Verbindungen in größerem Umfange angewendet werden, und sie haben damit ein sehr brauchbares Hilfsmittel für den chemischen Unterricht geschaffen, welches in gleicher Weise dem Lehrer wie dem reiferen Schüler gute Dienste leisten wird. In die Darstellung sind historische, analytische und, wenn auch in beschränktem Umfange, statistische Notizen eingeflochten, die die Brauchbarkeit des Buches noch erhöhen. Vielleicht entschließen sich die Verfasser, bei einer Neuauflage die elektrolytischen Methoden

in größerem Umfange zu berücksichtigen, als dies jetzt geschehen ist; soweit dem Referenten erinnerlich, bietet in dieser Beziehung die zu derselben Sammlung von Katechismen gehörende Elektrochemie von W. Loeb keine vollständige Ergänzung. Die Abbildungen reichen zur Illustration des Textes vollständig aus. Der erste der beiden Bände behandelt die Technologie der Brennstoffe, der Elemente (mit Ausschluß der Metalle) und der anorganischen, der zweite Band die der organischen Verbindungen. Ein dritter Band soll von der allgemeinen, ein vierter von der speziellen Hüttenkunde handeln.

Böttger.

Die Verwertung der ausgebrauchten Gasreinigungsmassen. Von Franz Bössner. Mit 11 Figuren im Text. Leipzig und Wien 1902. Franz Deuticke. 93 S. M 4.

In der Schrift wird die Verarbeitung der den Trockenreinigern der Gasanstalten entnommenen Masse auf Ammoniak, Cyan und Rhodanverbindungen geschildert, wenn sie, nachdem durch wiederholte Regeneration der Schwefelgehalt auf etwa 40% gestiegen ist, für die weitere Verwendung in den Gasanstalten unbrauchbar geworden ist. Der Inhalt der Monographie wird naturgemäß in erster Linie den betreffenden Fachchemiker interessieren; allein auch fernerstehende Fachgenossen werden den Darlegungen des Verfassers gern folgen, umso mehr, als größere Lehrbücher der technischen Chemie über die hier geschilderten Prozesse meist mehr oder weniger kurz hinweggehen und viele der vom Verf. gegebenen Abbildungen, z. B. von den zur Extraktion des Schwefels dienenden Apparaten, sich anderwärts kaum finden dürften.

Böttger.

Anleitung zur chemisch-technischen Analyse. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Studierende, Chemiker, Hüttenleute, Techniker u. s. w. von Dr. Felix B. Ahrens, Professor an der Universität zu Breslau. Mit 87 Abbildungen. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1901. VIII u. 446 S. M 9.

Daß die Ausbildung in der chemisch-technischen Analyse für den künftigen Praktiker von höchstem Werte ist und in den Unterrichtsplan nicht nur der technischen Hochschulen, sondern auch der Universitäten aufgenommen zu werden verdient, wird angesichts der lebhaften Klagen, welche fortgesetzt über die ungenügende Vorbildung der jungen Chemiker laut werden, zugegeben werden müssen. Für derartige Übungen dürfte das vorliegende Buch, welches mit weiser Auswahl die Vorzüge der Gründlichkeit und klarster Darstellung verbindet, überdies unmittelbar aus den Bedürfnissen der vom Verfasser seit Jahren geleiteten derartigen Kurse an der Breslauer Universität hervorgegangen ist, eine vorzügliche Anleitung bilden. Auch unseren Fachgenossen kann es zur Orientierung über die Untersuchung der wichtigsten chemischen Rohstoffe und Präparate warm empfohlen werden.

J. Schiff.

Die Zusammensetzung der chemischen Elemente, theoretisch und experimentell unter Beweis gestellt. Von Dr. Eduard Meusel. Liegnitz, C. Seyffarth, 1902. VII u. 83 S.

Der Verfasser ist schon mit mehreren Publikationen zum selben Thema hervorgetreten und es sei vorweg bemerkt, daß die Schrift sich von manchen anderen, ähnliche thronisierende Probleme behandelnden Broschüren vorteilhaft unterscheidet, da der Verfasser streng rechnerisch vorgeht. Er sucht den Nachweis der Unitarität des Stoffes auf 4 Punkte zu stützen: Die Größe des Atomgewichts, das Atomvolumen, die Valenz und die Verbrennungswärme. Der Raum erlaubt nicht, auf den Inhalt der beachtenswerten Schrift, die mit dem Fr. Mohrschen Gedankenkreise manche Berührungspunkte besitzt und sich am Schluß scharf gegen die Ionentheorie wendet, näher einzugehen.

O.

Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie. Von Prof. Dr. W. Levin. Mit 98 Abbild. 4. Aufl. Berlin, O. Salle, 1902. 168 S. M 2.

In der vorliegenden Ausgabe sind nennenswerte Verbesserungen nicht vorgenommen, obwohl dies an manchen Stellen wohl angebracht wäre; wir beschränken uns darauf, auf die früheren Besprechungen (ds. Zeitschr. XIII 241) zurückzuverweisen.

O.

K. Sumpfs Grundrifs der Physik. Ausgabe A. 9. Auflage bearbeitet von Dr. A. Pabst. Mit 461 Textabbildungen und einer Spektraltafel. Hildesheim, 1903, A. Lax. 312 S. Geb. M 3,70.

Die Eigentümlichkeiten und Vorzüge der Sumpfschen Lehrbücher sind in früheren Besprechungen bereits mehrfach erörtert worden, sodaß es genügen muß, auf das Erscheinen der neuen Auflage empfehlend hinzuweisen. Die Figur zum blinden Fleck des Auges (S. 162) — zwei gleiche schwarze Punkte in einer Horizontalen — würde besser durch eine mehr charakteristische Zeichnung ersetzt.

O.

Versammlungen und Vereine.

I. naturwissenschaftlicher Fortbildungskursus zu Gießen.

31. März bis 8. April 1903.

An dem Kursus nahmen 27 Herren teil, seiner Eröffnung wohnte bei Herr Ministerialrat Dr. Eisenhut aus Darmstadt. Vorträge hielten von Universitätsprofessoren die Herren Geh. Rat Dr. Naumann, Dr. Elbs und Dr. Drude, von Oberlehrern Herr Prof. Dr. Noack.

Herr Prof. ELBS trug vor über elektrolytische Dissoziation (2 Std.). Er erläuterte die Ionentheorie, widerlegte Einwände, die gegen sie erhoben worden sind und erklärte bekannte Erscheinungen auf Grund der Ionentheorie. In einem zweiten Vortrag (1 Std.) besprach er die Einrichtung und Wirkungsweise der Akkumulatoren. Im Anschluß an diese Vorträge fanden an einem Nachmittag ein Akkumulatorenpraktikum (3 Std.) und an zwei Nachmittagen elektrochemische Praktika (3 Std.) statt. In einem 3stündigen Vortrag behandelte Herr ELBS ferner für die Chemiker des Kursus ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie (Farbstoffe). Auch an diesen Vortrag schloß sich ein Praktikum (3 Std.).

Herr Geh. Rat NAUMANN sprach (3 Std.) über Siedepunkts- und Gefrierpunktverfahren zur Bestimmung von Molekulargewichten, über Molvolumen und eine einfache Ableitung der Gaskonstanten, über die Anwendung der Gasgleichung auf elektrolytische Dissoziation und über die Anwendung der Ionentheorie auf chemische Erscheinungen. An zwei Nachmittagen hielt er praktische Übungen (3 Std.). Ein zweiter Vortrag (2 Std.) des Herrn Naumann behandelte Fragen der Heizung und Beleuchtung.

Herr Prof. DRUDE sprach in drei 4stündigen Vorträgen über elektrische Schwingungen. Nach einigen theoretischen Bemerkungen über oszillatorische Entladungen führte er folgende Versuche vor: 1. Die bei den Schwingungen auftretenden Ladungen wurden mit Hilfe der Lichtenbergischen Figuren nachgewiesen. 2. Singende Bogenlampe von Duddel. 3. Trichterröhre von Holz. 4. Elektrische Resonanzversuche. Daran schlossen sich Tesla- und Hertz'sche Versuche, Versuche über drahtlose Telegraphie und elektrische Wellen (Lechersche Drähte, Aronssche Röhre). In einem Vortrag (4 Std.) sprach er über Elektronentheorie und im Zusammenhang damit über Kathoden-, Röntgen- und Becquerelstrahlen, die Wirkung des ultravioletten Lichtes (Zichlertelegraphie) und die Ionisierung der Atmosphäre. In einem weiteren Vortrag über Wechselströme wurden die Wechselstromeigenschaften theoretisch begründet und mit Hilfe der Braunschen Röhre demonstriert. Daran schloß sich noch die Vorführung eines einfachen Wehneltunterbrechers sowie kurze Bemerkungen über drahtlose Telephonie. Aus der Optik wurden gezeigt die optische Kammer von Mach sowie ein einfacher Apparat zur Demonstration von Wellenflächen. (Ein an den Rändern sanft ansteigender Rahmen faßte eine Glasplatte und war teilweise mit Wasser gefüllt. Unter der Glasplatte befand sich eine Lichtquelle, darüber ein weißer Schirm. Erregte man nun Wasserwellen, so konnte man ihre Projektionen auf dem Schirm beobachten. Höchst anschaulich wurden mit dieser einfachen Anordnung demonstriert die Gesetze der Reflexion, Brechung und Interferenz des Lichtes, sowie die Linsen- und Hohlspiegelgesetze und das Huyghenssche Prinzip.) Ferner wurden noch kurz vorgeführt Versuche über die Ursachen, die bei einem überhitzten Dampfstrahle kondensierend wirken (ein glimmender Holzspan, frisch gebildetes Ozon, Radiumpräparate, Dämpfe von Säuren) und der Gravitationsapparat von Boys. An zwei Nachmittagen fanden physikalische Übungen statt und an einem die Besichtigung des physikalischen Instituts.

Herr Prof. NOACK sprach über Demonstrationsmittel für den physikalischen Unterricht (2 Std.). Er behandelte die Einführung in den Galvanismus und führte dabei besonders interessante Apparate seiner physikalischen Sammlung vor. Viermal hielt er dreistündige Übungen ab. Zu allen Übungen waren die Teilnehmer in zwei Abteilungen geteilt.

Die Einrichtung der Kurse in Hessen verdanken wir hauptsächlich den Bemühungen von Prof. Noack. Die Leitung des diesjährigen lag in den Händen des Herrn Direktor Dr. Rausch. Der nächste soll 1904 in Darmstadt abgehalten werden.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

12. Hauptversammlung zu Breslau, 2.—6. Juni 1903.

Die Verhandlungen begannen am 2. Juni mit einer allgemeinen Sitzung in der Aula des Realgymnasiums zum Heiligen Geist. Begrüßungsansprachen wurden gehalten von den Herren Dr. MASCHKE als Vorsitzendem des Ortsausschusses, G. R. Prof. LEONHARD als Rektor der Universität, Herrn Dr. PFUNDTNER als Stadtschulrat, Herrn Dr. RICHTER als Direktor des Realgymnasiums zum Heiligen

Geist. Ihnen erwiderte der Vorsitzende des Vereins Prof. PIETZKER. Derselbe hielt dann einen längeren Vortrag über „den exaktwissenschaftlichen Unterricht und die Schulreformbewegung“, in dem er namentlich die Stellung der exakten Fächer an den Reformanstalten beleuchtete und auf die Schädigung hinwies, die jene Fächer durch den stärkeren sprachlichen Betrieb auf der Oberstufe dieser Anstalten erfahren müssen.

In der mathematischen Abteilungssitzung sprachen H. VOGT (Breslau) über endlichgleiche Prismen und Pyramiden, und F. EDLER (Halle) über anschauliche Einführung in die astronomische Geographie und sphärische Trigonometrie. In der physikalisch-chemischen Abteilung sprach H. HAHN-MACHENHEIMER (Berlin) über physikalische Schülerübungen; ein ausführlicher Bericht wird später folgen. W. KREBS (Münster) sprach über die Regulation im Sinne Faradays und als Gegenstand des Schulunterrichts. In der Diskussion wurde die Auffassung des Vortragenden von mehreren Seiten angefochten, insbesondere wurde geltend gemacht, daß die Faradaysche Ansicht durch die Erklärung von J. Thomson und Helmholtz als widerlegt gelten könne. Am Nachmittag wurden das physikalische, das chemische und mineralogisch-geologische Institut besichtigt. Am Abend fand ein Festmahl statt.

Am 3. Juni sprachen in allgemeiner Sitzung K. GEISSLER (Charlottenburg) über eine neue Behandlung des Unendlichen im mathematischen Unterricht, und W. KREBS (Münster) über den naturgeschichtlichen Unterricht an den Realanstalten Elsaß-Lothringens. In der physikalischen Fachsitzung führte darauf E. GRIMSEHL eine Reihe neuer Apparate und Unterrichtsversuche vor, die zum Teil in dieser Zeitschrift bereits beschrieben sind, zum Teil noch beschrieben werden sollen: ein auseinandergenommenes Modell der Nernstlampe, eine mit Wasserstoff gefüllte Glühlampe zur Demonstration der Leitungs- und Strahlungserscheinungen, einen Apparat zur Bestimmung der Polstärke zweier magnetischer Nadeln, den Apparat für die Demonstration des Zusammenhangs von Kraft, Masse, Arbeit und lebendiger Kraft, zwei Apparate zur Bestimmung des Wärmeäquivalents mittels der Glühlampe und mittels eines fallenden Gewichts, einen Apparat zur Erläuterung des Momentensatzes; an den letzteren Apparat knüpfte der Vortragende Ausführungen über die Behandlung des Momentensatzes im Unterricht. Am Nachmittag wurden die neuen Hafenanlagen und die Werft von Cäsar Wollheim besichtigt.

Am 4. Juni berichteten die Herren LANDSBERG (Allenstein), FRICKE (Bremen) und SCHMID (Zwickau) über die Durchführung der im vergangenen Jahr in Düsseldorf gefaßten, den biologischen Unterricht betreffenden Beschlüsse an den neunklassigen Lehranstalten und den Realschulen. Über die darauffolgende Diskussion ist an anderer Stelle (S. 238) eine Mitteilung gemacht. In der chemischen Fachsitzung sprach Privatdozent Dr. HERTZ (Breslau) über die Bedeutung der Katalyse bei chemischen Vorgängen, in der mathematischen FRANTZ (Breslau) über das Dreikörperproblem, EBNER (Breslau) über die Schubkurbel, ein Kapitel aus der angewandten Mathematik.

In der geschäftlichen Schlußsitzung wurde nach Erstattung des Kassenberichts die Wiederwahl von drei Vorstandsmitgliedern vollzogen. Als Ort für die nächstjährige Versammlung wurde Halle a. S. bestimmt. Am Nachmittag fanden noch Besichtigungen des botanischen Gartens und der Haase-Brauerei statt.

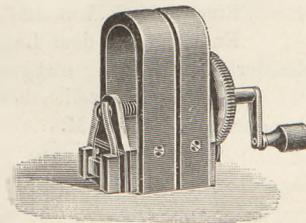
P.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Der Läute-Induktor als magnotelektrische Maschine.

Von Siemens und Halske A.-G.

In den physikalischen Kabinetten fehlt vielfach ein modernes Modell für die Magnetinduktion. Als sehr geeignet für diesen Zweck hat sich der Läute-Induktor erwiesen, den die Firma Siemens und Halske A.-G. in verschiedenen Ausführungen für den Fernsprecherverkehr liefert. Zweckmäßig ist besonders das Modell 34 606 der Preisliste 14 c. Zwischen den Schenkeln eines zweilamelligen Magneten ist, durch Kurbel und Zahnradübertragung drehbar, ein Doppel-T-Anker angebracht, dessen Ankerwiderstand ca. 400 Ohm beträgt. Die in der Figur dargestellte Vorrichtung wird für Unterrichtszwecke auf ein Holzbrett aufgesetzt und mit 2 Anschlußklemmen versehen. Der Induktor ist ursprünglich für den Betrieb einer Wechselstromklingel bestimmt, doch kann damit auch ein gewöhnliches Gleichstromläutewerk in Tätigkeit gesetzt werden. Die physiologische Wirkung ist beim Berühren der Anschlußklemmen deutlich bemerkbar.



Der Preis des Apparats in der angegebenen Ausführung beträgt M. 22. Ein noch größerer Induktor mit drei Magneten und einem Ankerwiderstand von ca. 50 Ohm (No. 34610 der Preisliste) ist ohne Montierung mit M. 40 angesetzt. Einrichtung für Gleichstrombetrieb erhöht den Preis um M. 6. P.

Zwei Demonstrationsapparate für die Magnetinduktion.

Von F. A. Hintze, Mechaniker und Optiker in Berlin, N 37.

Der Apparat Fig. 1 dient zum Anzeigen der Richtung des Induktionsstromes nach der Fleming'schen „Rechte Hand-Regel“. Die Magnetpole sind durch zwei Zylinder *N* und *S* markiert. Wird der bewegliche Leiter mittels des hinten befindlichen Handgriffes durch das magnetische Feld bewegt, so zeigt der weiße Pfeil automatisch die Stromrichtung an und bewegt sich selbst in dieser Richtung von dem einen Ende nach dem andern hin. Beim Umkehren der Bewegung des Leiters kehrt sich auch der Pfeil um und bewegt sich in entgegengesetzter Richtung.

Der Apparat ist in allen Lagen zu gebrauchen, auch kann man umgekehrt durch Festhalten des Leiters und Verschieben der Magnetpole den Pfeil bewegen.

Der Apparat Fig. 2 ist für die praktische Ausführung des Versuches über Magnetinduktion bestimmt. Er unterscheidet sich von der von Prof. Szymanski zu gleichem Zwecke angegebenen Vorrichtung (ds. Zeitschr. VII 10) dadurch, daß der Gleitleiter flach ist und mittels zweier Löcher sich auf den vertikalen Kupferstäben verschieben läßt. Ein Abrutschen des beweglichen Leiters beim Bewegen desselben ist somit vermieden. Durch Einschrauben der Stäbe in zwei näher stehende Löcher

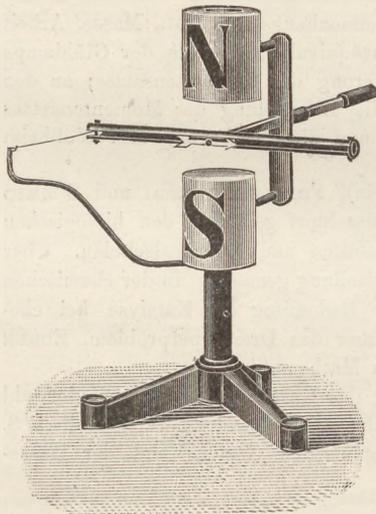


Fig. 1. (1:6)

und Benutzung korrespondierender Löcher des Gleitleiters lassen sich auch weniger Kraftlinien schneiden. Auf die Magnetpole können zwei Polschuhe festgeklemmt werden. Ein solcher ist in der Abbildung am Südpol bereits aufgesetzt. Da die Leiter mit dem Magneten fest auf einem Brette montiert sind, läßt sich der Apparat in allen Lagen benutzen.

Zur Demonstration der elektrodynamischen Bewegungen ist der Apparat gleich-

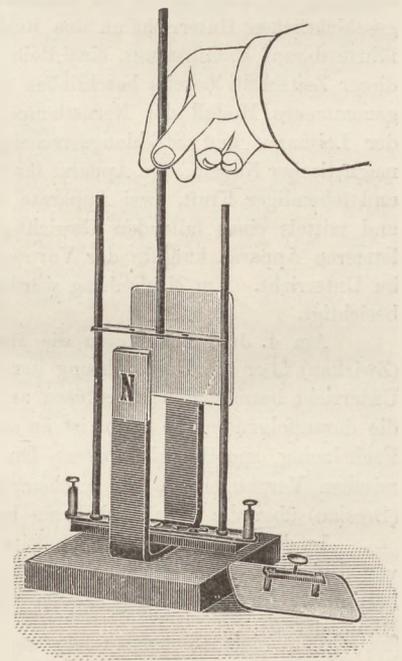


Fig. 2. (1:6)

falls geeignet. Zu dem Zwecke legt man den Apparat um, sodaß die Kupferstäbe eine schiefe Ebene bilden, legt ein beigegebenes Stück Messingrohr zwischen den Magnetpolen über beide Stäbe und schließt den Strom. Hat man mittels des Apparates Fig. 1 die Stromrichtung entsprechend gewählt, so rollt das Rohr bergan. Auch hier kann man sehr deutlich an der Schnelligkeit der Bewegung des Messingrohres den Einfluß der Kraftlinie zeigen. Bei Einschaltung eines Stromwenders und auf horizontal gestellten Schienen läßt sich die Bewegung abwechselnd in entgegengesetzter Richtung hervorrufen.

Eine Batterie von drei Akkumulatoren genügt für den Versuch.

Entsprechend dem Lenz'schen Gesetz zeigt der Pfeil des Apparates Fig. 1 für diesen Versuch die der Stromrichtung entgegengesetzte Richtung an.

Die Figuren stellen beide Apparate in $\frac{1}{6}$ natürl. Größe dar. Der Apparat Fig. 1 kostet 15 M, Apparat Fig. 2 13,50 M.

Korrespondenz.

Die Darlegungen des Herrn Koppe auf S. 125 dieses Jahrgangs über die kleine Bahn der Sonne sind dankenswert; es ist — was ich durch meine Bemerkungen auf S. 61 nicht bestreiten wollte — unzweifelhaft genauer, von der Bewegung um den Schwerpunkt des Sonnensystems als

kurz von der Bewegung um die Sonne zu sprechen, wie es Koppernikus tat. Aber für die Frage, der meine Worte galten, ist diese größere Genauigkeit unwesentlich. Die Hauptsache war, daß Parallaxen und Aberration die Unrichtigkeit des ptolemäischen Systems dartun; daß der Mittelpunkt der Bewegung mit dem Mittelpunkt der Sonne zusammenfällt, sollte nicht behauptet werden. Ich füge hinzu, daß es mir immer unklar gewesen ist, wie sich die Vertreter der Gleichrichtigkeit der verschiedenen Systeme mit dem Gravitationsgesetze abfinden wollen. — Ein Gegensatz zwischen Herrn Koppe und mir besteht, soviel ich übersehe, in keinem Punkte, was ich nicht im einzelnen ausführen will.

Dr. Th. Häbler, Grimma.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1902. Dargestellt von der deutschen physikalischen Gesellschaft. 58. Jahrg. I. Abteilung, von **K. Scheel**. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1903. 496 S. M 20. — Namen-Register nebst Sach-Ergänzungsregister zu den Fortschritten der Physik, Band 44—53 (1888—99), unter Mitwirkung von **E. Schwalbe** bearbeitet von **G. Schwalbe**. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 1040 S. M 60. — **W. Voigt**, Thermodynamik. I. Bd. m. 43 Fig. Sammlung Schubert XXXIX. Leipzig, Göschen, 1903. 360 S. M 10. — **Hans Lorenz**, Lehrbuch der technischen Physik. I. Bd. Technische Mechanik starrer Systeme. München u. Berlin. Oldenbourg, 1902. 625 S. M 15. — **A. H. Bucherer**, Elemente der Vektor-Analysis, mit Beispielen aus der theoretischen Physik. Leipzig, Teubner, 1903. 91 S. — **A. Berliner**, Lehrbuch der Experimental-Physik in elementarer Darstellung. G. Fischer, Jena, 1903. 857 S. M 14. — **F. Bolte**, Leitfaden für den Unterricht in der Physik. Zum Gebrauch an Navigationsschulen. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 117 S. M 2,20. — **Hiber**, Gravitation als Folge einer Umwandlung der Bewegungsform des Äthers u. s. w. München, G. Franz, 1903. 44 S. M 2. — **R. Manno**, Theorie der Bewegungsübertragung als Versuch einer neuen Grundlegung der Mechanik. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 102 S. — **V. Grünberg**, Hypothese zur Thermodynamik. Leipzig, Ambr. Barth, 1903. 73 S. M 3. — **J. Hundhausen**, Zur Atombewegung. Kritik und Neues. Leipzig, Ambr. Barth, 1903. 54 S. M 1,20. — **K. Seubert**, Internationale Atomgewichte von 1903. Norm: O = 16 u. Norm: H = 1. Leipzig, Breitkopf u. Härtel, 1903. à M 1. — **M. Richter**, Lexikon der Kohlenstoffverbindungen. Supplement II. Hamburg u. Leipzig, L. Voss, 1903. 499 S. M 16. — **A. Reychler**, Physikalisch-chemische Theorien, bearbeitet von B. Kühn. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 389 S. M 9, geb. M 10. — **E. Fischer**, Synthesen in der Purin- und Zuckergruppe. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 29 S. M 0,80. — **A. Müller**, Die Theorie der Kolloide. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1903. 56 S. M 2. — **J. Walker**, Elementare anorganische Chemie, übers. von Marg. Egebrecht u. Emil Bose. Braunschweig, Vieweg u. Sohn. 326 S. M 4,50 geb. M 5. — **A. Wolfrum**, Die Grundzüge der chemischen Didaktik. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 144 S. M 3. — **Rud. Arendt**, Grundzüge der Chemie und Mineralogie, bearb. von L. Köhler. Leipzig, L. Voss, 1903. 494 S. M 4. — **F. Traummüller**, Leitfaden der Chemie und Mineralogie. 3. Aufl. Leipzig, W. Engelmann, 1903. 51 S. M 1,60. — **F. Strunz**, Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance. 126 S. M 4. **Theophrastus Paracelsus**, das Buch Paragranum. Hgg. von F. Strunz. 125 S. M 4. Leipzig, E. Diederichs, 1903. — **M. Wildermann**, Jahrbuch der Naturwissenschaften 1902—1903. 18. Jahrg. Freiburg i. B., Herder, 1903. 508 S. M 6, geb. 7. — **H. Cohn** und **R. Rübencamp**, Wie sollen Bücher und Zeitungen gedruckt werden? Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1903. 112 S. M 2. — **J. Zellner**, Die künstlichen Kohlen für elektrotechnische und elektrochemische Zwecke, ihre Herstellung und Prüfung. Berlin, J. Springer, 1903. 295 S. M 8. — Vorträge und Abhandlungen, herausgegeben von der Zeitschrift „das Weltall“. Heft 3: **E. Gumlich**, Präzisionsmessungen mit Hilfe der Wellenlänge des Lichts. M 1. Heft 4: **A. Leman**, Über Schattenphänomene bei Finsternissen. M 2. Berlin, C. A. Schwetschke u. Sohn. — Die „Umschau“, Übersicht über die Fortschritte und Bewegungen auf dem Gesamtgebiet der Wissenschaft, Technik, Literatur und Kunst, herausg. v. **J. H. Bechhold**. Jahrg. VII Nr. 20. Bezugspreis vierteljährlich 3,80 M. Frankfurt a. M.

Sonderabdrücke. Über Volkmanns Postulate, Hypothesen und Naturgesetze und deren Beziehung zur phänomenologischen Naturauffassung im Sinne Machs, von H. Kleinpeter. S.-A. Ann. d. Naturphil. II. 404—419. — Der Charakter der Betriebskurven eines Gleichstrommotors mit Nebenschlußerregung. Von Fritz Emde. S.-A. Arch. d. Math. u. Phys. (3), V, Heft 1 u. 2. — Über die radioaktive Emanation in der atmosphärischen Luft. Von J. Elster u. H. Geitel. S.-A. Denkschr. f. luftelektr. Forsch. München, 1903. — Die astigmatische Brechung der Sonnenstrahlen im Regenbogen. Von L. Matthiessen, Publik. des astron.-meteor. Observ. zu Rostock, 1903.

Himmelserscheinungen im August und September 1903.

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

		August						September					
		3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
♀	AR	9 ^h 25 ^m	10. 2	10.35	11. 4	11.31	11.55	12.16	12.35	12.50	12.59	13. 0	12.52
	D	+ 17 ^o	+ 14 ^o	+ 10 ^o	+ 6 ^o	+ 3 ^o	- 1 ^o	- 4 ^o	- 6 ^o	- 9 ^o	- 10 ^o	- 11 ^o	- 9 ^o
♀	AR	11 ^h 29 ^m	11.39	11.47	11.53	11.56	11.56	11.52	11.45	11.35	11.24	11.14	11. 5
	D	+ 1	- 1	- 3	- 4	- 6	- 7	- 7	- 7	- 7	- 6	- 4	- 3
☉	AR	8 ^h 50 ^m	9. 9	9.28	9.47	10. 5	10.24	10.42	11. 0	11.18	11.36	11.54	12.12
	D	+ 18	+ 16	+ 15	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 5	+ 3	+ 1	- 1
♂	AR	13 ^h 44 ^m	13.55	14. 6	14.18	14.30	14.42	14.55	15. 8	15.22	15.36	15.50	16. 4
	D	- 12	- 13	- 14	- 15	- 16	- 17	- 18	- 19	- 20	- 21	- 21	- 22
♃	AR		23.34		23.31		23.26		23.22		23.17		23.12
	D		- 4		- 5		- 5		- 6		- 6		- 7
♄	AR	20 ^h 33 ^m						20.25					
	D	- 19						- 20					
☉	Aufg.	4 ^h 22 ^m	4.30	4.39	4.47	4.55	5. 4	5.12	5.20	5.29	5.37	5.45	5.54
	Unterg.	19 ^h 48 ^m	19.39	19.30	19.20	19. 9	18.58	18.47	18.35	18.23	18.12	18. 0	17.48
☾	Aufg.	16 ^h 10 ^m	19.21	21.20	—	5.41	12. 0	16.20	18.38	20.57	0.39	7.11	12.47
	Unterg.	0 ^h 16 ^m	4.39	10. 2	15.39	19.12	21.38	0.35	5.41	11.18	15.59	18.35	21.37
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 ^h 43 ^m 25 ^s	9. 3. 8	9.22.50	9.42.33	10. 2.16	10.21.59	10.41.41	11. 1.24	11.21. 7	11.40.50	12. 0.32	12.20.15
Zeitgl.		+ 6 ^m 4 ^s	+ 5.36	+ 4.53	+ 3.56	+ 2.47	+ 1.27	- 0. 4	- 1.41	- 3.24	- 5.10	- 6.55	- 8.39

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Vollmond	Letztes Viertel	Neumond	Erstes Viertel
		Aug. 8, 9 ^h 54 ^m Sept. 7, 1 ^h 20 ^m	Aug. 16, 6 ^h 23 ^m Sept. 14, 14 ^h 14 ^m	Aug. 22, 20 ^h 51 ^m Sept. 21, 5 ^h 31 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	gegen Mitte des Monats im größten Glanz, wird aber bald darauf unsichtbar	etwa 3/4 Std. lang abends im SW sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar
im September	unsichtbar	unsichtbar	wie im August	wie im August, Oppos. am 12.	geht am Ende des Monats schon um Mitternacht unter. Ring am Anfang des Monats am weitesten in diesem Jahre geöffnet

Totale Sonnenfinsternis am 21. Sept. morgens, unsichtbar in Berlin. Die Totalitätszone erstreckt sich von der Pr. Eduard-Insel durch den südwestlichen Teil des indischen Ozeans bis in das antarktische Gebiet.

Phänomene der Jupitermonde. Aug. 16, 23^h 26^m 45^s M.E.Z. II E. -- 24, 21^h 54^m 2^s I E. -- 31, 23^h 48^m 55^s I E. -- Sept. 3, 23^h 12^m 50^s III E. -- 9, 20^h 12^m 44^s I E. -- 10, 20^h 29^m 33^s II E. -- 18, 18^h 50^m 14^s I A. -- 25, 20^h 45^m 23^s I A.

Sternbedeckungen für Berlin:

Aug. 20, λ Gemin. Eintr.: 2^h 8^m, 8 M.E.Z. Q = 51°, Austr.: 2^h 46^m, 6 Q = 313°,
 Sept. 18, α Cancr. Eintr.: 2^h 52^m, 7 M.E.Z. Q = 137°, Austr.: 3^h 35^m, 5 Q = 242°.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.		Datum	M.E.Z.	
Aug. 10		R Lyrae-Min.	Sept. 1		R Lyrae-Max.	Sept. 25		R Lyrae-Min.
13	23 ^h 55 ^m	Algol-Min.	5	22 ^h 26 ^m	Algol-Min.	26	21 ^h	β Lyrae-Min.
14	24 ^h	η Aquilae-Max.	8	19 ^h 15 ^m	Algol-Min.	28	20 ^h 58 ^m	Algol-Min.
16	20 ^h 43 ^m	Algol-Min.	13	22 ^h	β Lyrae-Max.	29	23 ^h	β Lyrae-Max.
19	22 ^h	η Aquilae-Min.	16	24 ^h	β Lyrae-Min.			
31	24 ^h	β Lyrae-Min.	19	21 ^h	η Aquilae-Max.			

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.