

## Der Nachweis der Newtonschen allgemeinen Massenanziehung im Unterricht.

Von Theod. Wulf in Valkenburg, Holland, L.

Es ist ein sehr schöner Grundsatz des physikalischen Unterrichts, daß die Schüler die Naturgesetze nicht aus den Behauptungen des Lehrers, sondern aus den vorgeführten Tatsachen kennen lernen sollen. Leider, bei der ersten großen Naturkraft, mit der wir die Schüler bekannt machen, der allgemeinen Massenanziehung, müssen wir von dem Grundsatz abweichen. Zwar haben wir hier eine Kraft vor uns, deren Wirkung in der Natur alle unsere Vorstellung übersteigt, eine — nein die weltbewegende Kraft. Und doch, wenn wir sie den Schülern vor Augen führen sollen, so ist sie — zu klein. Die Versuche sind für den Unterricht zu schwierig. Wohl findet man hin und wieder die Behauptung, der Nachweis sei nicht so schwer, wenn man nur die „nötigen Schutzmaßnahmen“ beachte. Aber wenn man dann von diesen „nötigen Schutzmaßnahmen“ Kenntnis nimmt und erfährt, in wie hohem Grade geringe Verstöße dagegen den ganzen Versuch vereiteln, so kommt man doch zu der Auffassung, daß die betreffende Behauptung die Schwierigkeiten der Versuche viel eher beweise als widerlege.

Durch ein eigenes Verfahren konnte ich kürzlich die Versuche außerordentlich erleichtern, so daß auf Grund dieser Anordnung nun die Vorführung der allgemeinen Massenanziehung in der Physikstunde nicht mehr schwieriger ist, als etwa der Gebrauch eines Spiegelgalvanometers und man nunmehr das Newtonsche Gesetz seinem ganzen Inhalt nach durch den Versuch erhärten kann. Wie ich nachträglich bemerkte, hat schon von Eötvös bei seinen klassischen Versuchen über die Schwerkraft das Verfahren benutzt, wenn er es auch nach einer ganz anderen Richtung verwertete, nämlich zur genauen Ermittlung der Schwingungsdauern bei starker Dämpfung.

Um gleich vor auszuschicken, was ich mit diesem Verfahren erreichte: benutzt wurde ein Horizontalpendel, das aber seine große Zartheit und Empfindlichkeit verloren hat. Der Torsionsdraht ist nur 15—20 cm lang, bei 0,1 mm Durchmesser. Infolge der starken Torsionskraft dieses kurzen und dicken Drahtes ist die Dauer der Schwingungen erheblich abgekürzt, auf 50—100 Sekunden die halbe Schwingung, je nach dem Trägheitsmoment des Pendels. Da die Energie, die in einem solchen System beim Schwingen aufgespeichert liegt, der Torsionskraft des Drahtes proportional und also hier sehr groß ist, so haben leichte Luftbewegungen, kleinere Erschütterungen und dergl. einen so geringen Einfluß, daß die sonst erforderliche zweite Schutzhülle, sowie die besondere Aufstellung fortfallen können. Der Apparat stand bei der Vorführung einfach auf dem üblichen (festen) Experimentiertisch, die ablenkenden Kugeln ebenfalls. Die ringsumher stehenden Zuschauer störten die Versuche nicht, die Ausschläge des Lichtzeigers an einem 2—3 m entfernten Maßstab wurden etwa 1 Meter groß, wo das Pendel an die Wände des Gehäuses anstieß. Nach den Versuchen konnte der Apparat einfach in die Sammlung zurückgetragen werden. Sobald bei einer Neuaufstellung das Pendel frei schwingen kann und die mit der Aufstellung verbundenen Schwankungen größtenteils abgeklungen sind, ist ein Mißlingen der Versuche ausgeschlossen.

## 1. Der Grundgedanke.

Das erwähnte Verfahren, durch das diese Erfolge möglich wurden, ist für reifere Schüler das Prinzip der Resonanz, für weniger vorgebildete das Schaukelverfahren. Wenn man darauf achtet, daß man immer nach derselben Seite zieht oder drückt, nach welcher sich die Schaukel auch selbst schon bewegt, und daher immer in dem Augenblick, wo die Schaukel ihre Bewegung umkehrt, auch die Kraft ihre Richtung umkehren läßt, so kann auch ein kleiner Knabe eine große Schaukel in Schwingung versetzen. Wenn also die von Newton behauptete allgemeine Massenanziehung wirklich existiert, so wird sie, auch wenn sie klein ist, das Pendel doch schließlich in merkliche Schwingungen versetzen, wenn man nur dafür sorgt, daß immer die Richtung der Anziehungskraft mit der Richtung der Pendelbewegung

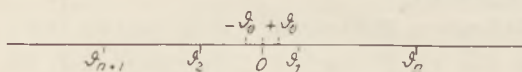


Fig. 1.

zugleich umgekehrt wird. Wenn man dabei an dem Apparat zeigt, wie durch Umlegen der großen Kugeln die Richtung der Anziehung jedesmal umgekehrt wird, so wird man gewiß auch

von solchen Zuhörern verstanden, die von der Mechanik, insonderheit der Schwingungsbewegung sonst noch wenig Kenntnisse haben. Hat man aber reifere Zuhörer und darf man den Begriff der Dämpfung benutzen, so können auch die quantitativen Beziehungen verstanden werden.

Angenommen, das Pendel ohne ablenkende Kräfte sei in  $O$  in Ruhe (Fig. 1). Werden dann die Kugeln herangebracht, so stellt sich dadurch eine neue Gleichgewichtslage her in  $+g_0$  bzw.  $-g_0$ . In dieser Stelle halten die Torsion des Drahtes und die Anziehung der Kugeln auf die Pendelkugeln einander das Gleichgewicht. In  $g_0$  kommt aber das Pendel nicht sogleich zur Ruhe, sondern schwingt hinaus (wenn wir vorübergehend von der Dämpfung absehen) bis  $g_1 = 2g_0$ . Im Augenblick der Umkehr bei  $g_1$  werden auch die Kugeln umgelegt und damit rückt die Gleichgewichtslage nach  $-g_0$ ; bis dahin wird das Pendel beschleunigt, die halbe Amplitude ist also  $3g_0$  und der Weg von  $g_1$  bis  $g_2$  ist  $6g_0$ . Wenn das Pendel in  $g_2$  ist, werden die Kugeln wieder umgelegt, dadurch wird die Amplitude  $3 + 2 = 5g_0$ , der Weg bis  $g_3$  ist  $10g_0$  und so geht es fort. Jede folgende Schwingung ist um den 4fachen Betrag von  $g_0$  größer als die vorhergehende und man könnte durch die Anziehung der Kugeln beliebig große Schwingungen erzeugen, wenn dem nicht die Dämpfung (vor allem der Widerstand der Luft) eine Grenze setzte. Da der Verlust durch die Dämpfung um so größer wird, je weiter die Amplituden, so muß es schließlich zu einem Grenzwert  $g_z$  kommen, bei dem der Verlust durch die Dämpfung den Gewinn durch die Massenanziehung gerade aufwiegt. Und wie oft man dann auch die Umschaltung vornimmt, der Ausschlag wird stets von gleicher Größe bleiben, und kann darum mit aller nur wünschenswerten Genauigkeit beobachtet werden. Aus diesem Grenzwert  $g_z$  läßt sich nun jener Wert  $g_0$  sehr einfach ermitteln.

Angenommen, ein Ausschlag (stets von Null an gerechnet), sei  $g_n$ . Nach Umlegen der Kugeln ist die Amplitude  $g_n + g_0$ ; der folgende Ausschlag sei  $g_{n+1}$ , aber die Amplitude, die Entfernung aus der Gleichgewichtslage ist  $g_{n+1} - g_0$ . Nach der Definition des Dämpfungsverhältnisses ist dann

$$(1) \dots \frac{g_n + g_0}{g_{n+1} - g_0} = k$$

Bei dem Grenzwert ist schließlich  $g_n = g_{n+1} = g_z$ , also

$$\frac{g_z + g_0}{g_z - g_0} = k, \text{ folglich } g_z = g_0 \frac{k+1}{k-1} = g_0 N \dots (2)$$

Man braucht also nur das Dämpfungsverhältnis  $k$  aus einer größeren Reihe von Umkehrpunkten (natürlich ohne dabei die großen Kugeln von der Stelle zu bewegen)



zu ermitteln, so ergibt sich daraus  $N = \frac{k+1}{k-1}$ , der Verstärkungsgrad des Verfahrens<sup>1)</sup>.

Beispielsweise ist bei einer Dämpfung  $k = 1,0202$  die Verstärkung  $= 100$ . Und wenn es darauf ankäme, so könnte man leicht Apparate herstellen, die eine 300fache Verstärkung aufweisen. Man ist daher mit diesem Verfahren in der glücklichen Lage, auf genügend große Ausschläge nicht mehr achten zu müssen und kann darum die Ausmaße so wählen, daß noch andere Bedingungen erfüllt sind. Als solche kommt jetzt naturgemäß die größte Schwierigkeit des bisherigen Verfahrens an die Reihe, die Abhängigkeit von Störungen durch Luftbewegungen und kleine Erschütterungen, gegen welche das Pendel um so unempfindlicher wird, je größer die Eigenenergie des schwingenden Systems ist.

## 2. Der Apparat und seine Benutzung.

Wir kommen damit zur Beschreibung des Apparates, wobei wir uns auf das Abweichende von den bisherigen Einrichtungen beschränken<sup>2)</sup>. Im übrigen vergl. man Fig. 2. Von großer Bedeutung für die Auswertung des Verfahrens ist die

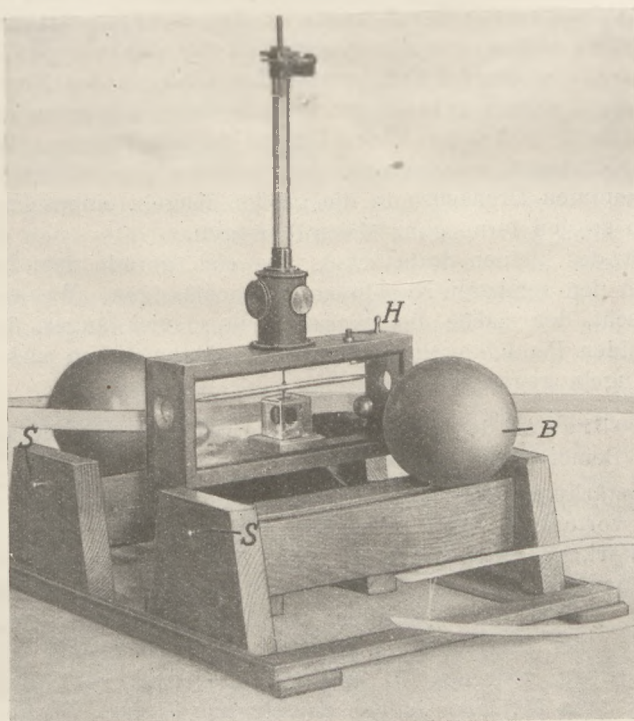


Fig. 2.

Vorrichtung, um die schweren Kugeln leicht und sicher so verschieben zu können, daß sie doch möglichst genau die alte Stelle wieder einnehmen. Es gelang das schließlich in recht befriedigender Weise durch zwei horizontale hölzerne Rinnen (Fig. 2), auf welchen die großen Kugeln hin und her gerollt werden können. Durch die fest aufgestellten Rinnen ist die Höhe und der horizontale Abstand der großen Kugeln von den Pendelkugeln ein für allemal festgelegt. Es bedarf nun nur noch

<sup>1)</sup> Man vergl. auch den Aufsatz des Verfassers in der Physikalischen Zeitschrift 23 (1922) Heft 7, S. 154.

<sup>2)</sup> Die Herstellung des Apparates nach meinen Angaben hat die Firma Leybolds Nachf. in Cöln übernommen.

fester Anschläge, durch welche die Lage der Kugeln auf der Rinne bestimmt wird. Als solche wurden teils sehr flache Keile gewählt, die durch Schrauben  $S S$  verschiebbar an den Enden auf die Rinnen gelegt wurden und in solcher Lage festgeschraubt wurden, daß die großen Kugeln am Fuße der Keile gerade die richtige Lage neben den Pendelkugeln hatten. Wenn dann die großen Kugeln versehentlich einmal mit zu großer Geschwindigkeit an den Enden ankamen, so rollten sie einige Millimeter weit die schiefe Ebene hinauf, um dann sogleich umzukehren und am Fuße des Keiles liegen zu bleiben. Die Rinne selbst hat beiderseits gegen die Enden eine ganz geringe Neigung, welche bewirkt, daß die Kugeln sich immer fest gegen die Keile anlehnen. Nicht ganz so einfach, aber vielleicht noch besser wirkend, war ein federnder, ebenfalls einstellbarer Anschlag. Dadurch ist die richtige Lage der Kugeln allseitig gewährleistet.

Die Hin- und Herbewegung auf der ebenen Bahn kann bei qualitativen Versuchen einfach mit der Hand geschehen. Man stellt sich in die Verlängerung des Pendelbalkens, und schaut auf den bewegten Lichtzeiger. Im Augenblick der Umkehr faßt man mit jeder Hand eine Kugel und bewegt sie mit größter Leichtigkeit und Sicherheit an das andere Ende der Rinnen. Für quantitative Versuche muß man die zu große Annäherung des Körpers an den Apparat vermeiden. Auch muß man näher der Skala sitzen, um den Augenblick der Umkehr des Pendels schärfer erfassen zu können. In diesem Fall wurde das Umlegen der Kugeln vom Ablesefernrohr aus besorgt, mittels 2 m langer, sehr leichter Holzplatten ( $2 \times 0,4$  cm), die vorn noch einmal in 2, je 1,5 mm dicke Blätter gespalten waren. Die beiden Blätter faßten in kleinen Öffnungen ganz winzige Schraubchen, die an den beiden Enden  $B$  (Fig. 2) der horizontalen Drehachse in die großen Kugeln eingeschraubt waren, und konnten dieselben so von ferne ganz sicher bewegen.

Das Gewicht des kleinen Stabstückes, das sich gerade dem Pendel gegenüber befindet, ist neben den schweren Kugeln zu vernachlässigen. Wer eine noch größere Genauigkeit wünscht, der mache die Stangen noch so viel länger, daß sie in beiden Stellungen an beiden Pendelkugeln vorbeigehen. Dann heben sich die Wirkungen auf die beiden Kugeln gegenseitig auf.

Über den Gebrauch des Apparates zu quantitativen Messungen sind noch einige allgemeine Bemerkungen notwendig.

Da der Verstärkungsgrad nur von der Dämpfung abhängt, so könnte man glauben, es sei vorteilhaft, eine möglichst geringe Dämpfung anzustreben, weil alsdann die Verstärkung möglichst groß wird. Das hat aber andere Nachteile. Je schwächer die Dämpfung, um so länger dauert es, bis der Grenzwert  $\mathcal{J}$ , etwa auf 0,1% erreicht ist. Darum hat es sich bei der Ausführung der Versuche als vorteilhaft erwiesen, mit einer Dämpfung zu arbeiten, die nicht kleiner ist als 1,05 - 1,04, was einer Verstärkung zwischen 40 und 50 entspricht; die Annäherung an die Grenzlage beträgt dann bei jeder halben Schwingung 5 bzw. 4% des noch fehlenden Betrages. Es wurde deshalb die vorhandene Dämpfung (von der Größenordnung 1,01) künstlich bis zu dem genannten Betrage erhöht. Unter den verschiedenen Möglichkeiten der Luftdämpfung, der Flüssigkeitsdämpfung und der elektromagnetischen Dämpfung wurde schließlich die Flüssigkeitsdämpfung gewählt. Die Luftdämpfung würde große Dämpferflügel verlangen in engen Kammern, die leicht zu Störungen Anlaß geben. Die elektromagnetische Dämpfung hätte Eisenstücke von immerhin nicht unbedeutender Masse in die nächste Nähe des Pendels gebracht, wohingegen die Flüssigkeitsdämpfung nur ein Scheibchen von dünnstem Schablonenblech und weniger als 1 cm Halbmesser in einem Gefäß mit Öl verlangt. Zwar hängt die Zähigkeit aller Flüssigkeiten von der Temperatur ab. Da aber das Dämpfungsverhältnis doch bei jedem Versuch eigens bestimmt wird, so ist von diesem Umstand her kein Fehler zu befürchten.



Trotz dieser vergrößerten Dämpfung läßt sich natürlich der Grenzwert nicht so schnell erreichen, wenn man sich, von der Nulllage angefangen, allmählich heraufschaukeln will. Die genauere Auswertung<sup>1)</sup> der Gl. 1 ergibt, daß die Annäherung an die Grenzlage gerade so viel Zeit und Schwingungen verlangt, wie das Pendel braucht, um, sich selbst überlassen, von dem Grenzwert  $\vartheta$ , angefangen zur Ruhe zu kommen.

Es ist aber gar nicht nötig, daß die Annäherung an die Grenzlage in dieser zeitraubenden Weise geschieht. Es genügt, daß sie in irgend einer Weise geschieht. Wenn man das Pendel irgendwie in Schwingungen versetzen und dabei gerade den Grenzwert treffen würde, so würde der Ausschlag beim Umlegen der großen Kugeln von vornherein derselbe bleiben. Würde man einen zu großen Ausschlag treffen, so würde die Elongation trotz des Umlegens noch etwas abnehmen, da der Verlust durch Dämpfung den Gewinn durch die Gravitationswirkung noch übertreffen würde. Man kann folglich, von größeren Amplituden ausgehend, den Grenzwert gerade so gut fallend erreichen, wie von kleineren steigend. Daraus ergibt sich für die Versuche die wichtige Folgerung, daß man den Endwert  $\vartheta$  einschließen kann zwischen zwei Grenzen, die durch die Beobachtung einander beliebig nahe gebracht werden können und aus denen dann durch Interpolation der wirkliche Grenzwert sehr genau ermittelt werden kann, ohne daß es notwendig ist, denselben durch zeitraubende Beobachtungen selbst zu erreichen. Bei der Ausführung dieser Versuche wird man deshalb zweckmäßig etwa so vorgehen.

Bei der ersten Messung sei der zu erwartende Grenzwert noch ganz unbekannt. Man gibt dem Pendel einen Anstoß, indem man ganz vorsichtig ein Hebelchen  $H$  etwas dreht, das unten ein haarfeines Drähtchen trägt, und damit das Pendel einen Augenblick ganz leicht berührt, worauf man das Hebelchen wieder ganz zur Seite dreht. Das Pendel macht große Schwingungen, vielleicht über die Skala hinaus. Sobald beide Umkehrpunkte sichtbar bleiben, also etwa bei 500 mm Ausschlag beginnt man mit dem Umlegen der großen Kugeln. Man findet beispielsweise, daß die Ausschläge trotzdem noch abnehmen, etwa um 10 mm bei jeder Schwingung. Der Grenzwert ist daher beträchtlich kleiner als 500. Man läßt die Schwingungen weiter abnehmen, etwa bis 400, und macht nun wieder den Versuch mit dem Umlegen. Ergebnis: Abnahme um etwa 3 mm für eine Schwingung. Aber bei 300 mm finde man bereits eine Zunahme des Ausschlags von 1 mm je Schwingung. Dann weiß man nicht bloß, daß der Grenzwert zwischen 400 und 300 liegt, sondern auch, daß seine Abstände von 400 und von 300 sich verhalten wie 3 zu 1, daß also der Grenzwert bei 325 liegt. Nun braucht man nur noch die Ausschläge wenig oberhalb und unterhalb 325 zu untersuchen, um dadurch den Grenzwert noch genauer zu ermitteln.

Von jetzt an spielen sich die Beobachtungen so ab, wie folgendes meinen Aufzeichnungen entnommene Beispiel zeigt. Sobald nach Anstoß des Pendels die Schwingungen ganz im Bereich der Skala verliefen, wurden die Umkehrpunkte aufgeschrieben zur Ermittlung der Dämpfung  $k$ . Dabei blieben die großen Kugeln natürlich unberührt. Nachdem die Schwingungsweite wirklich unter 400 gesunken war, wurde mit dem Umlegen der großen Kugeln bei jedem Umkehrpunkt begonnen. Bei 371,4 fand sich noch ein Verlust von 2,85 mm je Schwingung (Mittelwert aus 6 Schwingungen). Ließ man nun das Pendel mehrere Doppelschwingungen machen ohne die Kugeln umzulegen, so sank die Schwingungsweite bis gegen 300. Jetzt wurden wieder die großen Kugeln umgelegt und ergaben bei 300,03 eine Zunahme von 1,48 mm im Mittel je Schwingung. Durch eine einfache Proportionsrechnung findet man daraus als den Grenzwert 324,43. Um den Wert aber genauer zu ermitteln, waren in der Nähe von 325 noch weitere Beobachtungen zwischengeschoben. Nach

<sup>1)</sup> Vergl. dazu die Ausführungen des Verfassers in Phys. Zeitschr. 1922. S. 111.

der Beobachtung von 371,4 ließ man das Pendel nur eine Doppelschwingung ausführen und begann dann gleich wieder mit dem Umlegen der großen Kugeln. Das Ergebnis war jetzt bei 327,12 eine Abnahme von 0,37 mm je Schwingung (Mittelwert). Hätte man nun die Ausschläge während einer ganzen Doppelschwingung sich vermindern lassen, so wäre man schon weit unter 324 heruntergekommen. Deshalb wurde das Umlegen nicht ganz unterlassen, aber einmal erst 15 Sekunden zu spät vorgenommen, dann wurde wieder mit dem Umlegen regelmäßig verfahren und bei 324,0 eine Zunahme von 0,1 mm (Mittelwert) je Schwingung gefunden. Aus den letzten zwei Beobachtungen ergibt sich der genauere Grenzwert 324,66. Man sieht, daß auch der erste Wert aus Beobachtungen, die noch recht weit vom Grenzwert ablagen, doch schon ein Resultat gab, das durch die genaueren Versuche nicht mehr sehr berichtigt werden mußte, nicht einmal um 0,1 %.

### 3. Die Versuche.

Wir kommen nunmehr zu den Versuchen über das Newtonsche Gesetz selbst. Gewöhnlich hört man bei diesen Versuchen nur von der Bestimmung der Gravitationskonstante und es soll nicht geleugnet werden, daß diese Bestimmung für die physikalische Wissenschaft das Höchste und Wichtigste ist. Aber ebenso entschieden muß es gesagt werden, sie ist nicht das Einzige und auch nicht das Erste, auch nicht für den wissenschaftlichen Beweisgang, noch viel weniger für einen systematischen Unterricht. Die schulgemäße Erhärtung des Newtonschen Gesetzes wird sich vielmehr naturgemäß in drei Stufen vollziehen. 1. Alle Körper ziehen sich tatsächlich gegenseitig an. 2. Die Größe der Anziehung ist den Massen gerade und dem Entfernungsquadrat umgekehrt proportional. 3. Die Kraft, mit welcher 1 g 1 g in der Entfernung 1 cm anzieht, also die Gravitationskonstante ist gleich  $6,68 \times 10^{-8}$  (cm·gr·sec.). Diese drei Sätze sind durch Versuche zu erhärten, und zwar erfolgt der Nachweis für Satz 1 durch rein qualitative Vorführungen, für Satz 2 durch quantitative Vergleichungsmessungen, für Satz 3 durch quantitative Absolutmessungen. Wie man sieht, geht die Schwierigkeit der Versuche mit der logischen Beweisführung Hand in Hand.

1. Eine allgemeine Massenanziehung als Tatsache erwiesen durch qualitative Versuche. Nachdem besonders Kopernikus und Kepler das scheinbar so verwickelte Gewirr der Bewegung der Himmelskörper aufgelöst hatten in Kreis-, Ellipsen- und Parabelbewegungen, suchte Newton nach einer Kraft, welche die Monde, die Planeten und Kometen an diese ihre krumme Bahn bannte. Und er konnte zeigen, daß eine Kraft, die den Massen gerade, dem Entfernungsquadrat umgekehrt proportional wäre, Bewegungen nach den Keplerschen Gesetzen hervorbringen würde. Aber die Hypothese, die Newton daraufhin aufstellte, ging weit über das Beobachtete und damals Beobachtbare hinaus. Er stellte nämlich die Kräfte zwischen den Himmelskörpern hin als Sonderfälle einer ganz allgemeinen Kraft, die zwischen den kleinsten Teilchen irgend eines Körpers und allen anderen Körpern nah und fern ringsum wirksam sei. Wie glänzend daher auch die Bestätigungen der Newtonschen Hypothese bei den Himmelskörpern waren, so blieb sie doch eine Hypothese; wenn man will, ein Musterbeispiel einer wissenschaftlichen Hypothese, bis durch den Versuch der Beweis erbracht wurde, daß die Kräfte, die Newtons weitblickender Geist zuerst geschaut, tatsächlich vorhanden sind. So wichtig und notwendig es ist, daß die Wissenschaft diese Kräfte ihrer Größe nach genau feststellt, so unrichtig wäre es vom pädagogischen Standpunkt, da wo die Zeit oder die Hilfsmittel oder die Vorbildung der Zuhörer diese quantitative Messung nicht gestatten, auch den qualitativen Nachweis zu unterlassen. Oersteds Versuch über die Wechselwirkung zwischen Strom und Magneten ist ein grundlegender Versuch, obwohl er zunächst nur qualitativer Art war. Ganz entsprechende Bedeutung kommt hier einem qualitativen Nachweis zu.



Zu diesem Nachweis ist die beschriebene Anordnung ganz vorzüglich geeignet. Man braucht nur den Apparat aufzustellen, die Laufrinnen daneben, dann rückt man das Licht zurecht, ganz wie bei einem Galvanometer und bringt die Kugeln auf die Laufrinnen. Sobald das Pendel sich beruhigt hat, legt man die Kugeln herum. Der Ausschlag beim ersten Umlegen ist natürlich klein. Man wartet nun solange, bis das Pendel eine Halbschwingung gemacht hat und legt wieder um und so fort. Da die Zunahme jedesmal 4% beträgt, so werden die Ausschläge schon bald weithin sichtbar. Es ist auch nicht notwendig, daß das Pendel zu Beginn der Versuche ganz in Ruhe sei, das Beweisende liegt in dem Anwachsen der Ausschläge. Man hängt zweckmäßig an die Stellen der Skala, wo der Lichtzeiger umkehrt, Marken auf und findet dann bald, daß diese Marken jedesmal weiter auseinander geschoben werden müssen. In dieser beständig zunehmenden Bewegung des Pendels haben die Zuschauer eine viel eindrucksvollere Darstellung der allgemeinen Massenanziehung, als in einer einmaligen kleinen und leicht störbaren Verschiebung des Lichtzeigers. Zugleich sehen sie hier eine gut wahrnehmbare Bewegung ziemlich großer Körper (der Pendelkugeln) die tatsächlich nur durch die Massenanziehung erzeugt wurde.

Dieser qualitative Versuch gehört erst recht in den Anfangsunterricht, sobald nur von dem Newtonschen Gesetz die Rede ist. Die Erzeugung der Schwingungen ist jedem Schüler, der weiß, wie man eine Schaukel bewegt, ohne weiteres verständlich. Freilich, hier sieht er das Seil nicht, an dem die Schaukel abwechselnd nach rechts und links gezogen wird. Daß ein solches unsichtbares Seil zwischen allen Körpern gespannt ist, wie Newton behauptete, das beweist eben die in dem Versuch geschaute Tatsache, daß diese Horizontalschaukel durch das Umlegen der Massen in Schwingungen gerät.

2. Gehen wir jetzt an die quantitativen Versuche. Auch nach Vorführung der qualitativen Versuche ist noch nicht sogleich die Bestimmung der Konstante vorzunehmen, nicht bloß wegen praktischer Schwierigkeiten, sondern auch wegen eines folgerichtigen Ganges des Unterrichts. Denn bevor man die Konstante bestimmen kann, muß man wissen, daß es eine solche gibt, nachdem die anziehenden Massen und die Entfernung berücksichtigt sind. Mit anderen Worten, man muß erst die Form des Newtonschen Gesetzes kennen, dann erst hat es einen Sinn, von der Konstanten zu sprechen. Zwar die Wissenschaft ist diesen Weg auch nicht gegangen, sie hat vielmehr die Form des Gesetzes einfach zunächst vorausgesetzt und sogleich nach der Konstante gefragt. Nachträglich hat sie dann allerdings auch die Form des Gesetzes experimentell bestätigt, indem die verschiedenen Messungen bei verschiedenen Werten von  $m$  und  $r$  unter Annahme des Gesetzes  $F = C \frac{mM}{r^2}$  alle zu demselben Wert für  $C$  geführt haben.

Im Unterricht sind solche Sprünge zu vermeiden, hier muß erst die Frage nach der Form des Anziehungsgesetzes ausdrücklich gestellt werden.

Am einfachsten erledigt sich die Frage nach dem Einfluß der Entfernung. Man hat also die Einwirkung derselben Kugeln auf dasselbe Pendel in verschiedenen Entfernungen zu untersuchen. Da die Dämpfung des Pendels mit dieser Entfernung nicht geändert wird, so ist die Verstärkung  $N$  für beide Versuche dieselbe und die Ausschläge  $\mathcal{J}_z$  und  $\mathcal{J}_z'$  verhalten sich wie  $\mathcal{J}_0$  und  $\mathcal{J}_0'$ . Man hat also, ohne sich um Schwingungsdauer, Dämpfung, Torsion und Trägheitsmoment zu kümmern, die beiden Grenzwerte  $\mathcal{J}_z$  und  $\mathcal{J}_z'$  für die Entfernung  $r$  und  $r'$  zu suchen, dann muß sich (solange die Einwirkung auf die entferntere Pendelkugel vernachlässigt werden kann) finden  $\sqrt{\mathcal{J}_z : \mathcal{J}_z'} = r' : r$ . Um die Kugeln in die andere Entfernung zu bringen, braucht man nur die beiden Holzrinnen dem Pendel mehr oder weniger zu nähern und den Abstand der ablenkenden Kugeln von den Pendelkugeln zu messen. Damit das um so leichter geschehen könne, sind die Laufrinnen auf einen

flachen Rahmen (Fig. 2) gestellt, der auf dem Tische liegt und sowohl für die kleinste als auch für eine größere Entfernung Anschläge hat. Man kann dann die einmal ausgemessene Entfernung immer schnell wieder herstellen. Auch die gleichen Abstände beider Kugeln von dem Pendel sind dann dauernd gesichert, sobald der Rahmen nur einmal richtig zum Pendel gelegt ist.

Ein sehr roh ausgeführter Versuch ergab  $\sqrt{\mathcal{J}_z : \mathcal{J}_z'} = 1,62$  und  $r' : r = 1,58$ .

Ebenso einfach kann man den Einfluß der Massen bestimmen, wenn man die großen Kugeln ändert. Denn dadurch wird die Dämpfung ebenfalls nicht berührt und man hat nur die Grenzwerte miteinander zu vergleichen, die sich bei gleichem Abstand verhalten müssen wie die Massen. In einfachster Weise kann dieser Nachweis so geführt werden, daß man 2 große Kugeln von verschiedenem Gewicht benutzt. Damit aber der Abstand vom Pendel derselbe ist, haben die Kugeln gleichen Durchmesser, z. B. eine Bleikugel und eine Zinkkugel gleichen Durchmessers verhalten sich wie 11,3 : 7. Benutzt man daher 1. die Zinkkugel, 2. die Bleikugel, 3. beide zusammen, so verhalten sich die Grenzwerte der Ausschläge wie 7 : 11,3 : 18,3, wodurch dann die Massenproportionalität der Gravitation nachgewiesen ist für den einen der zwei beteiligten Körper.

Daß die Anziehung auch den Pendelkugeln proportional ist, kann man natürlich auch zeigen. Jedoch ist dann zu beachten, daß durch Änderung der Pendelkugeln auch die Schwingungsdauer und folglich auch die Dämpfung geändert wird. Es wird also nötig sein, die Dämpfung  $k$  in beiden Fällen zu ermitteln und dann nicht die erhaltenen Grenzwerte  $\mathcal{J}_z$  bzw.  $\mathcal{J}_z'$  unmittelbar miteinander zu vergleichen, sondern erst durch Division mit  $N$  bzw.  $N'$  die Werte  $\mathcal{J}_0$  bzw.  $\mathcal{J}_0'$  zu suchen, die sich dann verhalten wie die Massen.

Nachdem nun die Abhängigkeit der Gravitationskraft von den Massen und von der Entfernung nachgewiesen ist, kommt wenigstens grundsätzlich die weitere Frage, welche Umstände außerdem noch von Einfluß sind. Denn es ist doch nicht von vornherein selbstverständlich, daß die Wirkung etwa bei verschiedenen Stoffen dieselbe ist, daß sie von der Temperatur unabhängig ist, daß das Zwischenmedium keinen Einfluß hat. Erst wenn alle weiteren derartigen Einflüsse ausgeschlossen sind, ist man berechtigt, nach der Gravitationskonstante zu fragen und dieselbe durch Benutzung der Gleichung  $F = C \frac{mM}{r^2}$  zu ermitteln.

Gewiß wird niemand alle diese Einflüsse durch Versuche im Unterricht ausschließen. Aber durchaus notwendig ist es für reifere Schüler sich zu überzeugen, daß die Anwendung der Newtonschen Formel zur Ermittlung der Gravitationskonstante die Unabhängigkeit der Gravitationskraft von allen anderen Umständen voraussetzt. Für diese Unabhängigkeit haben wir nur indirekte experimentelle Beweise<sup>1)</sup>, die eben darin liegen, daß die unter den verschiedensten Verhältnissen mit verschiedenem Material ausgeführten Messungen übereinstimmend zu demselben Wert für die Gravitationskonstante geführt haben. Indem wir also das Newtonsche Gesetz in der üblichen Form für vollständig ansehen, können wir nun die Frage nach dem Wert der Konstanten stellen.

3. Die Bestimmung der Gravitationskonstante mit dem beschriebenen Apparat vollzieht sich ganz so wie nach den bisherigen Methoden mittels des Horizontalpendels. Man vergl. etwa Grimsehl's Lehrbuch 4. Aufl. S. 224 ff. Nur wird hier  $\mathcal{J}_0$  aus  $\mathcal{J}_z$  ermittelt. Zu beachten ist dabei, daß zwischen 2 Umkehrpunkten des Pendels der Wert  $2 \mathcal{J}_z$  liegt, ferner, daß die Spiegelung die Ausschläge noch einmal verdoppelt. In dem oben angeführten Beispiel, S. 158, wo die Umkehrpunkte 324,66 mm Abstand hatten bei einer Dämpfung  $k = 1,0520$  war  $N = 39,46$  und

<sup>1)</sup> Die Gleichheit der Massenanziehung bei verschiedenen Substanzen haben besonders von Eötvös 1890 und Zeemann 1917 durch sehr genaue direkte Versuche nachgewiesen.



daher  $\mathcal{J}_0 = \frac{324,66}{2 \times 2 \times 39,46} = 2,057$  mm. Daraus ergab sich für die Gravitationskonstante  $C = 6,72 \times 10^{-8}$ , wie folgt.

Der Abstand der Skala vom Spiegel betrug 234,2 cm. Ein Punkt im Abstände 1 cm von der Achse des Pendels erfuhr also eine Ablenkung von  $\alpha = \frac{2,057}{234,2} = 0,000877$  cm, dieser Wert multipliziert mit dem Torsionsmoment des Aufhängedrahtes  $\Delta$  gibt das Drehmoment  $\alpha \Delta$ .

Das Torsionsmoment  $\Delta$  wird am einfachsten durch Beobachtung der Schwingungsdauer  $T$  und des Trägheitsmomentes  $J$  nach der Formel  $T = \pi \sqrt{\frac{J}{\Delta}}$  ermittelt.

Das Trägheitsmoment des Pendels liegt vor allem in den beiden Kugeln, die zusammen  $m = 144,7$  g wogen. Ihr Abstand von der Achse war  $a = 9,99$  cm, ihr Durchmesser  $2r = 2,6$  cm. Daraus ergibt sich das Trägheitsmoment  $J_1$  der Kugeln  $J_1 = ma^2 + 0,4 mr^2 = 14540$ .

Das kleine Zusatzmoment  $J_2$  des Pendelbalkens mit Spiegel und Spanndraht kann dann leicht durch Beobachtung der Schwingungsdauer ermittelt werden. Es ergab sich die Dauer einer Halbschwingung für das Pendel mit den Kugeln  $T_1 = 118$  Sek. für das Pendel, ohne die Kugeln  $T_2 = 10,8$  Sek. Man hat also die zwei Gleichungen

$$T_1 = \pi \sqrt{\frac{J_1 + J_2}{\Delta}} = 118,0, \quad T_2 = \pi \sqrt{\frac{J_2}{\Delta}} = 10,8.$$

Daraus  $J_2 = 123$  folglich  $J = J_1 + J_2 = 14663$  und  $\Delta = 10,4$ ,

$$\text{daher } \alpha \Delta = 10,4 \times 0,000877 = 0,0091 \text{ (Dyn} \times \text{cm)} \dots \dots \dots (3)$$

Die Ablenkung  $\alpha$  wird bewirkt durch die Anziehungskräfte zwischen den Kugeln. Die Masse der großen Kugeln betrug im Mittel  $M = 10,22$  kg = 10 220 g. Ihr Abstand  $d$  von den Pendelkugelmitten wurde durch Verschieben der Rinnen genau gleich 10,0 cm gemacht. Durch Einstellung der Anschläge für die großen Kugeln wurde ferner bewirkt, daß die Kraftwirkung senkrecht zur Ruhelage des Pendels erfolgte. Dann ist die Kraft zwischen den Kugeln  $M$  und  $m$

$$F = C \frac{Mm}{d^2} \text{ und ihr Drehmoment ist } C \frac{Mma}{d^2}.$$

Diese Kraft wird jedoch merklich vermindert durch die Einwirkung jeder der beiden großen Kugeln auf die entferntere Pendelkugel im Abstand  $b = \sqrt{4a^2 + d^2} = 22,34$  cm. Von der Kraft fällt jedoch nur eine Komponente in die Bewegungsrichtung, für welche  $\cos \varphi = \frac{d}{b}$ , und da sie ebenfalls an dem Kraftarm  $a$  angreift, so ist ihr Drehmoment

$$C \frac{Mmad}{b^3}, \text{ folglich das gesamte wirksame Drehmoment}$$

$$\alpha \Delta = C Mma \left( \frac{1}{d^2} - \frac{d}{b^3} \right) = C \frac{Mma}{d^2} \left( 1 - \left( \frac{d}{b} \right)^3 \right) \dots \dots \dots (4)$$

In dieser Gestalt bringt die Formel den prozentischen Einfluß der Wirkung auf die entfernteren Kugeln sehr einfach zum Ausdruck. Bei den vorliegenden Versuchen war  $(d/b)^3 = (10:22,34)^3 = 0,4476^3 = 0,0897$  also nahezu 9%. Werden die Werte in die Gleichung (4) eingesetzt, so ergibt sich  $C = 6,78 \times 10^{-8}$  (cm. gr. sec.)

Dabei ist noch die Wirkung auf den Pendelbalken und die Aufhängedrähte der Pendelkugeln vernachlässigt. Eine Überslagsrechnung, die hier aber der Kürze wegen nicht wiederholt werden soll, ergab diese Wirkung zu 1% der Gesamtwirkung, wodurch sich der Wert für  $C$  um ebenso viel vermindern würde. Wir können also als ermittelten Wert für die Gravitationskonstante bezeichnen  $C = 6,72 \times 10^{-8}$  (cm. gr. sec.) eine Größe, die dem jetzt als bester Wert angenommenen auf fast 1/2% nahekommmt.

## Das Taschenspektroskop am astronomischen Fernrohr.

Von Seminarlehrer S. Janß in Uetersen (Holstein).

1. Sonnenspektrum. Die einfachste Anordnung ist folgende. Man erzeugt mit dem Fernrohr ein projiziertes Sonnenbild in der Luft. Das Taschenspektroskop befestigt man so an einem Stativ, daß der Spalt sich in der Ebene des Sonnenbildes befindet und die Achse durch das Okular geht, am besten mit der Fernrohrachse zusammenfällt. Dann wandern infolge der täglichen Bewegung Teile der Sonnenscheibe über den Spalt, und man kann folgendes beobachten:

a) Am Rande sind die Wasserstofflinien gegenüber der Mitte geschwächt (Fraunhofersche Linien  $C, F$ , etwas vor  $G$ ).

b) Leitet man einen Fleck über den Spalt, so sind viele Linien, namentlich *D*, verstärkt, die Wasserstofflinien aber häufig geschwächt, manchmal auch hell. Macht man das Sonnenbild nur so groß, daß der Fleck nicht den ganzen Spalt bedeckt, so kann man das Fleckenspektrum mit dem der Photosphäre vergleichen.

Bequemer ist es, nach Art der Fig. 1 Fernrohr und Spektroskop durch einen viereckigen Holzkasten miteinander zu verbinden. Die Durchbohrungen in den dickeren

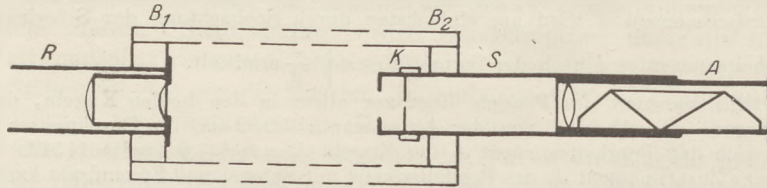


Fig. 1.

Brettchen  $B_1$  und  $B_2$  für das durch einen Trieb bewegbare Rohr  $R$  und das Spaltrohr  $S$  müssen diesen eng anliegen. Eine Seite ist abnehmbar, um den Spalt verstellen zu können; letzteres ist unbequem, da der Kasten eng ist; darum legt man um den Kordelring  $K$  fest eine Schleife aus dünnem Draht, verdreht die beiden Enden und kneift sie auf etwa  $\frac{1}{2}$  cm Länge ab; damit läßt sich der Spalt leicht verstellen. Die Größe des Sonnenbildes kann man ändern, wenn man  $R$  und  $S$  entsprechend in  $B_1$

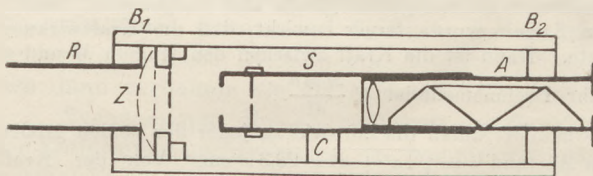


Fig. 2.

und  $B_2$  verschiebt. Um mit Sicherheit einen Sonnenfleck über den Spalt zu leiten, entfernt man zunächst wieder die abnehmbare Seite. Nach einiger Übung gelingt es auch, einen Fleck durch Nachführung des Fernrohrs längere Zeit auf dem Spalt fest-

zuhalten. Das benutzte Fernrohr ist auf einem Dreifuß drehbar; dann ist es nur zur Zeit der Kulmination möglich. Die Gegend eines Sonnenrandes nachzuführen, macht zu keiner Zeit Schwierigkeit.

c) Mit dieser Anordnung lassen sich eben jenseits des Sonnenrandes zeitweilig an Stellen, an denen sich ein Fleck befindet, die hellen Wasserstofflinien demonstrieren.

2. Spektrum des Mondes und der Planeten. Auf das Rohr  $R$ , Fig. 2, schiebt man einen Kasten mit dem Taschenspektroskop; an einer Seite des Kastens fehlt die Wand; Brettchen  $C$  ist Stütze für  $S$ . Die Durchbohrung in  $B_2$  paßt für  $A$ , nicht für  $S$ , um denselben Kasten auch unter

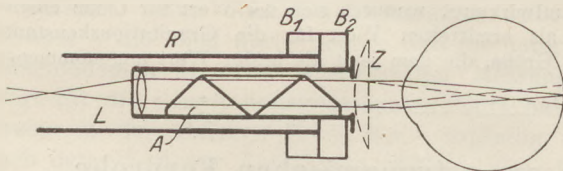


Fig. 3.

3. Sternspektrum. Am einfachsten ist folgende Anordnung. Aus dem Fernrohr nimmt man das Okular heraus; vom Spektroskop benutzt man nur den Auszug mit Prisma und achromatischer Lupe. Auf das Rohr  $R$ , Fig. 3, schiebt man einen einfachen Halter für den Auszug  $A$  des Spektroskops. Der Halter besteht aus zwei zusammengeleimten Brettchen  $B_1$  und  $B_2$  von ungefähr 1 cm Dicke mit für  $R$  und

3. verwenden zu können. Die Einstellung des Spaltes geschieht wieder mittels der Schleife um den Kordelring.  $Z$  der Figur 2 fehlt bei dieser Beobachtung (siehe 3.). — Man stellt das Fernrohr auf den Mond, die Venus oder den Jupiter ein. Bei der

Betrachtung gewinnt man den Eindruck voller Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum, bemerkt im Planetenspektrum aber außerdem noch atmosphärische Linien im Rot.



*A* bestimmten Durchbohrungen<sup>1)</sup>. — Man stellt so ein, daß das Spektrum des Sterns, wenn das Auge auf unendlich akkommodiert, eine Lichtlinie wird; dann befindet sich das durch das Fernrohrobjektiv erzeugte Bild des Sterns im Brennpunkt der Lupe *L*; darauf hält man eine nicht zu starke Zylinderlinse *Z* so vor das Auge, daß die Achse von *Z* senkrecht zur Prismenkante steht. (Die gestrichelten Teile der Figur muß man sich um 90° gedreht denken.) Akkommodiert man nun weiter auf unendlich (unbedingt erforderlich), so erkennt man an einigen Sternen erster Größe die Eigentümlichkeiten des Spektrums: Sirius zeigt die starken Absorptionslinien für Wasserstoff (weniger deutlich bei Rigel und Wega); Beteigeuze zeigt nach Blau scharf begrenzte Bänder, allerdings nicht so ausgeprägte Bandenstruktur wie auf Tafel VI in Diesterwegs populärer Himmelskunde (22. Aufl., 1914, S. 198), aber deutlicher als auf der Tafel in Wetzels Lehrbuch der astronomischen Geographie (7. Aufl., 1913), wenn die Linien auch sonst bei weitem nicht so deutlich und zahlreich zu beobachten sind (ähnlich  $\alpha$ -Herkules); die zahlreichen feinen Absorptionslinien der 2. Klasse nach Secchi erkennt man kaum (Capella, Arktur, Aldebaran, Pollux). — Der Gang der Lichtstrahlen ist folgender. Die Strahlen von dem Bild des Sterns in der Brennebene der Lupe *L* (Okular) durchsetzen bei Akkommodation auf unendlich das Prisma parallel, werden ohne Zylinderlinse von den brechenden Medien des Auges auf der Netzhaut vereinigt, mit *Z* aber für den Verlauf in der Ebene senkrecht zur Achse von *Z* vorher, so daß diese Strahlen ein Zerstreuungsbild geben; dadurch wird das linienförmige Spektrum zu einem bandförmigen.

Die Anordnung ist für Schülerbeobachtung nicht besonders angenehm, da die Zylinderlinse mit der Hand gehalten werden muß. Befestigt man sie aber mit Klebwachs oder Plastilin an *A*, so wird der Augenort schwer gefunden. Besser ist eine Anordnung der Zylinderlinse als Kollektiv. Nach Müller-Pouillet (10. Aufl., Band 2, S. 603) kann man das Prisma vor und hinter der Zylinderlinse anbringen. Ich habe die zweite Anordnung gewählt, da sonst das Prisma dem Objektiv zu nahe kommt und infolge seines geringen Querschnitts Licht abblendet. — Man kann den Kasten in Fig. 2 benutzen; Spaltrohr *S* muß entfernt werden. Vor *R* wird eine starke Zylinderlinse *Z* gesetzt (plankonvexes Brillenglas, auf ein viereckiges in den Kasten passendes Brettchen mit kreisförmigem Ausschnitt geleimt, konvexe Seite nach dem Fernrohrobjektiv gerichtet, Führungsleisten für das Brettchen an zwei Kastenwänden). Der Abstand von *Z* und *L* beträgt vorteilhaft die Summe aus der Brennweite von *L* und dem Abstand der Zylinderlinse *Z* von dem Brennpunkt *F* des Fernrohrobjektivs, wenn *R* möglichst weit eingezogen ist; mindestens sei er  $f + 5$  cm für ein 8 Dioptrien starkes *Z*. Danach richtet sich auch die Länge des Kastens. — Die Einstellung geschieht durch Bewegung von *R* in derselben Weise wie oben. *Z* wird erst eingeschoben, wenn auf ein linienförmiges Spektrum eingestellt ist. Durch *Z* entsteht im Brennpunkt des Fernrohrobjektivs statt des punktförmigen Sternbildes eine kurze Linie senkrecht zur Zylinderachse von *Z*. Diese Linie wird durch ein Prisma, dessen Kante ihr parallel ist, zu einem bandförmigen Spektrum ausgebreitet.

4. Nebelspektrum. Man stellt entsprechend dem Verfahren von MITCHELL<sup>2)</sup> ohne Zylinderlinse, nur mit Prisma, Fig. 3, auf den Orionnebel ein. Die Spektren der Sterne in ihm erscheinen als Striche; das Nebelspektrum ist wegen der Flächenausdehnung des Nebels unscharf; aber man erkennt deutlich seine Intensität im Grünen; im Rot und Violett sieht man nichts. Das Auflösungsvermögen reicht nicht aus, um die Nebelbilder der drei Spektrallinien (5007; 4959; 4861) getrennt zu erhalten. Günstig ist es, wenn die Prismenkante parallel der schärfsten Begrenzung

<sup>1)</sup> In derselben Weise lassen sich Okulare vom Mikroskop am Fernrohr befestigen. Für das vorhandene Fernrohr ist das eine wesentliche Ergänzung, da es nur ein verhältnismässig starkes Okular besitzt und schwache Okulare für manche Sterngruppen besser geeignet sind als starke (Vgl. VOLKMANN, *ds. Zeitschr.* 35, 21; 1922).

<sup>2)</sup> S. u. a. Newcomb-Engelmann, 5. Aufl., Seite 669 f.

des Nebels ist. — Diese Erscheinung ist bei ausgeruhten Augen auch ungeübten Schülern hintereinander zu demonstrieren.

Mit Hilfe der Anordnung nach Fig. 2, ohne  $Z$ , kann ein geübter Beobachter auch die Nebellinien erkennen. Man macht den Spalt zunächst weit und stellt mit Hilfe eines hellen Sterns, etwa Sirius, so ein, daß das Spektrum strichförmig erscheint. Dann richtet man das Fernrohr auf den Nebel und erkennt außer den strichförmigen Sternspektren das nun schärfer begrenzte Licht im Grün. Dies wird sogar in die Nebel- und die Wasserstofflinie getrennt, wenn man den Spalt allmählich verengt. Dann gelingt es durch leichte Verschiebung auch, sie ohne ein gleichzeitig sichtbares Sternspektrum darzustellen.

Für den Andromedanebel ergibt sich bei der ersten Anordnung ein Grau in allen Spektralgebenden. Man stellt die Prismenkante vorteilhaft parallel zur Längsausdehnung des Nebels.

5. Wasserstoffspektrum als Vergleichsspektrum. Alle Beobachtungen mit der Anordnung nach Fig. 2 gestatten den Nachweis des Wasserstoffs (Mond, Planeten, Nebel). Man dreht  $S$  so, daß das Vergleichsprisma vor dem Spalt nach der Seite gerichtet ist, an der die Kastenwand fehlt. Mittels Bindfaden befestigt man das mit Wasserstoff gefüllte Spektralrohr dem Vergleichsprisma gegenüber. Die Intensität der Entladung muß man der Helligkeit des beobachteten Spektrums anpassen. — Man kann so die entsprechenden Fraunhoferschen Linien im Mond- und Planetenlicht, sowie im Nebelspektrum die am stärksten brechbare Linie als Wasserstofflinie nachweisen.

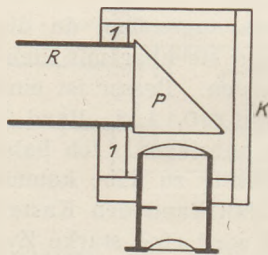


Fig. 4.

Auch für das Spektrum des Sirius ist diese Anordnung anwendbar. Man stellt bei zunächst weitem Spalt so ein, daß auf dem Spalt ein Zerstreungsbild des Sirius entsteht; dann verengt man den Spalt, bis die starken Absorptionslinien deutlich werden. Sie sind leicht als vom Wasserstoff herrührend zu erkennen. — Ein Zerstreungsbild des Sirius ist erforderlich, weil sonst das Spektrum ohne  $Z$  nicht bandförmig wird und die Erscheinung auch von zu kurzer Dauer ist. Die Helligkeit reicht vollständig aus. —

Die Beobachtung durch alle Schüler kann nur beim Mondspektrum, schwerer schon beim Nebel- und Sternspektrum gelingen. Für die anderen Spektren ist sie bei nicht durch ein Uhrwerk gedrehten Fernrohren wegen der geringen Dauer der Erscheinungen nur wenigen interessierten Schülern in der freien Zeit möglich. — Die Zerstreung des Prismas wird hier, wie überhaupt im Taschenspektroskop, infolge der dürftigen abbildenden Optik nicht vollständig ausgenutzt. Ein längeres Kollimatorrohr mit schwachem  $L$  und ein Fernrohr hinter der Okularblende an  $A$  (Anordnung wie beim Spektroskop) dürfte erheblich mehr Einzelheiten zeigen. Dann wird der Ansatz aber so lang und schwer, daß die hier beschriebene einfache Befestigung nicht ausreicht. Für die angegebenen Verhältnisse genügt sie dagegen vollkommen, wenn man weiches Holz von etwa 1 cm Dicke nimmt (Lindenholz, Kerbschnittzholz) und die Durchbohrungen sorgfältig ausfeilt, so daß die Rohre eng anliegen. — Anregung zu diesen Versuchen habe ich erhalten durch Rusch, Beobachtung des Himmels mit einfachen Instrumenten (2. Aufl., 1919; math.-physik. Bibliothek, Bd. 14). Aus Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie (5. Aufl., S. 228—239) habe ich entnommen, daß man die Zylinderlinse auch direkt vor das Auge halten kann.

6. Zenitprisma (Fig. 4). Man kann es nur dann anbringen, wenn  $R$  dem Objektiv hinreichend genähert werden kann. Brettchen 1 wird auf  $R$  geschoben. Eine Seitenwand des Kastens hat eine Durchbohrung für die Mikroskopokulare. Da ich das rechtwinkelige Prisma  $P$  auch noch für Mikroprojektion nach Grimsehl's Anordnung benutze, habe ich es hier auswechselbar befestigt (zur Not genügt



Plastilin als Kitt). Eine Kastenwand muß dann fehlen. Für Mikroprojektion ist die Hypotenusenfläche versilbert, weil nicht für alle Strahlen des stark divergenten Bündels der Grenzwinkel der totalen Reflexion vorhanden ist; kann das Prisma für den vorliegenden Zweck reserviert bleiben, so dürfte die Versilberung entbehrlich sein. Dann läßt es sich durch Leim leicht dauernd befestigen. — Das Zenitprisma ist für manche Beobachtungen in beträchtlicher Höhe sehr bequem.

## Über die Verwendung der Glimmlampe im Unterricht.

Von Dr. Ludwig Bergmann in Gießen.

Durch die in den letzten Jahren von verschiedenen Firmen gebaute Neon-Glimmlampe ist es möglich geworden, viele Schulversuche in einer wesentlich schöneren und anschaulicheren Form auszuführen, als dies bisher möglich war; im folgenden soll eine Reihe von Anwendungen der Glimmlampe speziell im Experimentalunterricht beschrieben werden.

Zuvörderst will ich mit wenigen Worten auf die Konstruktion und das elektrische Verhalten der gebräuchlichsten Glimmlampentypen eingehen. Bei der Glimmlampe verwendet man zur Lichterzeugung das Kathodenlicht der elektrischen Glimmentladung zwischen zwei Metallelektroden im Vakuum; man hat es also in der Hauptsache mit einer Lumineszenzstrahlung zu tun. Das wesentlich Neue liegt darin, daß es durch Verwendung eines besonderen Gasgemisches, bestehend aus Helium, Neon und Hg Dampf von 8—10 mm Druck, gelingt, die Betriebsspannung für die Lampe auf einen sehr niedrigen Betrag von etwa 170 Volt herunterzudrücken. Zu diesem Zweck werden auch die Elektroden in der Lampe in sehr geringem Abstand von etwa 3—4 mm voneinander angebracht. Wie bei jeder Gas- und Lichtbogenentladung befolgt auch bei der Glimmentladung der Zusammenhang zwischen Klemmenspannung und Stromstärke nicht das Ohmsche Gesetz, sondern wir haben es mit einer fallenden Charakteristik zu tun, d. h. mit wachsender Stromstärke sinkt die Klemmenspannung zwischen den Elektroden und steigt erst wieder von dem Augenblick an, wo die ganze Kathode mit Glimmlicht überzogen ist. Fig. 1 zeigt den Verlauf der Charakteristik bei einer Osram-Glimmlampe. Wie man erkennt, zündet die Lampe bei etwa 205 Volt und es sinkt sofort die Klemmenspannung auf etwa 150 Volt, um erst dann wieder langsam anzusteigen, wenn sich die Kathode vollkommen mit Glimmlicht bedeckt hat. Es könnte dabei die Stromstärke nicht über denjenigen Betrag hinaus wachsen, bei dem die Klemmenspannung gleich der Netzspannung ist. Es zeigt sich jedoch, daß dann die Stromdichte an der Kathode Werte annimmt, bei welchen die Verstäubung der Metallteilchen sehr heftig erfolgt. Dieser Vorgang würde nicht nur die Durchsichtigkeit der mit dem zerstäubten Metall sich bedeckenden Glaswand der Lampe sehr bald vernichten, sondern auch die Gefahr einschließen, daß durch verstäubte Metallteilchen Lichtbögen gebildet werden, die in Ermangelung eines strombegrenzenden Widerstandes Werte erreichen können, bei denen die Lampe zerstört wird. Auch infolge von irgendwelchen Überspannungen wären solche Durchschläge möglich. Um diese Gefahr restlos zu beseitigen, wird vor die Glimmlampe ein Vorschaltwiderstand vorgeschaltet, welcher die Spannungsdifferenz zwischen Netzspannung und Betriebsspannung (220 Volt — 180 Volt = 40 Volt) aufnimmt und durch seine Ohmzahl (etwa 2000 Ohm) demnach die Stromdurchlässigkeit der Lampe begrenzt und eine zur Bildung stabiler Lichtbögen ausreichende Stromstärke nicht zuläßt. Bei den im Handel befindlichen Glimmlampen ist dieser Vorschaltwiderstand im Innern des Sokels untergebracht und besteht bei den Lampen der Fa. Pintsch A.G. aus

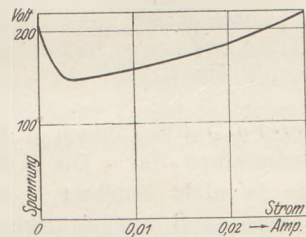


Fig. 1.

einer kleinen aus feinem Draht gewickelten Widerstandsspule, bei den Lampen der Osram-Gesellschaft aus einem Graphitwiderstand. Dieser ist ein dünnes zu einer Spule von 8—9 Windungen von etwa 8 mm Durchmesser gewundenes Glasstäbchen, das mit Graphit schwach leitend überzogen ist<sup>1)</sup>.

Die z. Z. von verschiedenen Firmen in den Handel gebrachten Glimmlampen unterscheiden sich hauptsächlich nur durch die Elektrodenanordnung und die Gas-mischung, wodurch die Farbe des Lichtes bedingt ist. Fig. 2 u. 3 zeigen zwei von



Fig. 2.

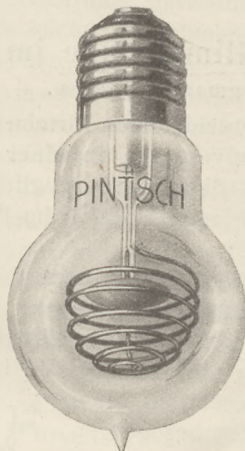


Fig. 3.



Fig. 4.

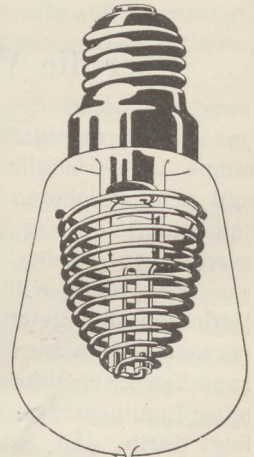


Fig. 5.

der Fa. Julius Pintsch A.-G., Berlin, gebaute Glimmlampen. Fig. 2 stellt eine Gleichstromlampe dar. Die Kathode ist als Halbkugel aus Eisen ausgebildet, die Anode, die ja nicht leuchtet, besteht aus einem kurzen Stück Draht. Beim Anschluß der Lampe muß auf richtige Polung geachtet werden. Fig. 3 zeigt eine Lampentype, die sowohl für Gleich- als auch für Wechselstrom benutzt werden kann. Bei Anschluß an Gleichstrom muß die Lampe so gepolt werden, daß die Spirale Kathode ist, während bei Betrieb mit Wechselstrom beide Elektroden leuchten.

Fig. 4 zeigt die Glimmlampenform, wie sie von der Osram-Gesellschaft, Berlin, hergestellt wird. Beide Elektroden sind aus Eisen kappenförmig hergestellt. Die Lampe kann für Gleichstrom bei beliebiger Polung und auch für Wechselstrom verwandt werden. In letzteren Falle leuchten wieder beide Elektroden.



Fig. 6.

Es werden sodann von der Franklin-Glimmlampen-Gesellschaft, Berlin, noch Glimmlampen gebaut, die die Form der Fig. 5 haben. Die beiden Elektroden bestehen aus zwei in geringem Abstand parallel zueinander spiralförmig in der Lampe angebrachten Aluminiumdrähten. Die Lampe kann ebenfalls für Gleichstrom als auch für Wechselstrom gebraucht werden.

<sup>1)</sup> In Heft 6 des Jahrg. 1921 ds. Ztschr schreibt A. GATTERER in Innsbruck über die Verwendung der Osram-Glimmlampe im Unterricht und gibt an, daß im Sockel der Lampe eine Minia-turselbstinduktion sich befände, die dazu diene, die primäre Wechselstromspannung für die Lampe zu erhöhen und den Stromdurchgang einzuleiten. Wie dieser Vorgang vor sich gehen soll ist un-klar, denn durch eine einfache Selbstinduktion (die zudem nur aus 8—10 Windungen besteht) läßt sich doch in einem offenen Stromkreis nicht die Spannung erhöhen. Die als Selbstinduktion an-gesehene Spule ist eben nichts weiter als der oben beschriebene Graphitwiderstand.—Dies geht aus den Versuchen von GATTERER selbst hervor. Die Glimmlampe, aus der der Graphitwiderstand herausgenommen war, brannte bei Vorschalten der Sekundärspule eines Induktors (Widerstand immerhin 1000 Ohm) und wurde bei Vorschaltung eines Klingelektromagnets (von zu kleinem Wider-stand) infolge Lichtbogenbildung zerstört.



Schließlich werden von der Osram-Gesellschaft noch Glimmlampen mit besonders großflächigen ebenen Elektroden hergestellt, die im Handel unter den Namen Schriftglimmlampen bekannt sind. Diese Lampen, die in zwei verschiedenen großen Typen gebaut werden, sind in Fig. 6 und 7 abgebildet. Die kleinere Type hat eine Leuchtfläche von ungefähr  $3 \times 10$  cm, die große eine solche von  $4 \times 30$  cm. Beide Elektroden bestehen aus dünnen Eisenblechen, die durch eine Glasscheibe voneinander getrennt sind. Die als Kathode dienende Elektrode leuchtet beim Stromdurchgang auf ihrer ganzen Oberfläche. Durch Überdecken der Lampe mit einer undurchsichtigen Schablone, in der Schriftzeichen ausgeschnitten sind, kann man diese Inschrift hell auf dunklem Grund erscheinen lassen.

Die sämtlichen oben erwähnten Glimmlampen werden z. Z. von den Firmen nur für Spannungen von 220 Volt Gleich- oder Wechselstrom hergestellt. Die Typen der Fig. 2—5 haben bei einem Stromverbrauch von 4—5 Watt eine Lichtstärke von 0,7—1 HK. Die größeren Schriftglimmlampen verbrauchen 6—8 bzw. 12—15 Watt.



Fig. 7. Maßstab 1 : 6.

Die Osram-Glimmlampe wird in nächster Zeit auch für Wechselstrom von 110—120 Volt hergestellt werden. Es lassen sich jedoch im allgemeinen die für 220 Volt Gleichstrom hergestellten Lampen bereits mit Wechselstrom von 120 Volt Spannung zum Leuchten bringen. Es spricht nämlich in diesem Falle die Glimmlampe nur auf die in der Nähe der Scheitelspannung liegenden Teile der Spannungskurve des Wechselstromes an und die Scheitelspannung beträgt ja  $120 \cdot \sqrt{2} = 169,2$  Volt.

Im folgenden soll nun die Anwendung der Glimmlampe für mancherlei Schul- und Vorlesungsversuche beschrieben werden, wobei das eigentliche große technische Anwendungsgebiet der Glimmlampe als Kontroll-, Signal-, Markierungslampe usw. nicht berührt werden soll<sup>1)</sup>.

#### Die Glimmlampe als Spannungsanzeiger- und als Polsucherlampe.

Infolge ihres geringen Stromverbrauches (die normalbrennende Glimmlampe verbraucht höchstens 0,02 Amp.) läßt sich die Glimmlampe in trefflicher Weise als Spannungsanzeiger verwenden und kann in sehr vielen Fällen geradezu ein Voltmeter ersetzen. Beim Arbeiten mit 220 Volt Spannung lege man eine Glimmlampe parallel den Anschlußklemmen. Das Aufleuchten der Lampe zeigt dann das Vorhandensein der elektrischen Spannung deutlich an.

Da stets nur immer die Kathodenelektrode sich mit Glimmlicht überzieht, ergibt die Glimmlampe einen vorzüglichen Polsucher. Hierzu kann jede der Lampentypen der Fig. 2—4 dienen, bei denen die Elektroden verschiedene Form haben. Man muß sich nur die zur Lampenfassung führenden Drähte entsprechend kennzeichnen, damit man weiß, mit welcher Elektrode sie in Verbindung stehen. Dies läßt sich durch den Versuch leicht feststellen. Von der Julius Pintsch-Ges. werden als Polsucherlampen besondere Glimmlampen hergestellt, deren Elektroden als + und — Zeichen ausgebildet sind. Man hat dann nur denjenigen Draht der Lampenfassung, der mit der als Minuszeichen ausgebildeten Elektrode in Verbindung steht, mit einer passenden Markierung zu versehen; dann zeigt das Aufleuchten des + oder — Zeichens in der Lampe jeweils an, welcher Pol der Spannungsquelle an dem bezeichneten Draht anliegt. Diese Polsucherlampen lassen sich ohne weiteres für Spannungen von 220—440 Volt verwenden. Für Demonstrations- und Vorlesungsversuche kann die Polsucherlampe in den Fällen, wo Gleichstrom von 220 Volt und darüber durch einen Stromwender kommutiert wird, sehr wertvoll sein, um einem größeren Auditorium die Polung bzw. die Stromumkehr an der Apparatur durch das noch aus größerer Ent-

<sup>1)</sup> Es sei hierfür auf den Aufsatz in der E. T. Z. 1921. S. 121 verwiesen; man vergl. auch den Bericht in diesem Heft, (S. 192).

fernung sichtbare Aufleuchten der entsprechenden Elektroden deutlich zu zeigen, was bisher in solch einfacher Weise nicht möglich war. Ich denke dabei z. B. an den Mieschen Versuch der Zündung des Kohlelichtbogens.

## 2. Die Glimmlampe als hoher Ohmscher Widerstand und als Gleichrichter.

Infolge des geringen Stromverbrauches läßt sich die Glimmlampe auch als hoher Ohmscher Widerstand verwenden. Der drosselnde Widerstand der Osram-Glimmlampe (Fig. 4) beträgt etwa 14000 Ohm und ist fast unabhängig von der Polung. Der Widerstand der Pintsch-Glimmlampen (Fig. 2 und 3) ist bei richtiger Polung etwas geringer und beträgt etwa 10000 Ohm. Induktionsfrei ist dieser Widerstand nur bei den Osram-Lampen, da bei den Pintsch-Glimmlampen der eingebaute Spulenwiderstand nicht bifilar gewickelt ist. Es läßt sich so z. B. direkt von einem Gleichstromnetz von 220 Volt unter Vorschaltung einer Glimmlampe eine elektrische Klingel betreiben, falls die Bewicklung des Elektromagneten aus hinreichend feinem Draht besteht (200–400 Ohm). Polt man dagegen die Glimmlampe der Fig. 1 falsch, d. h. macht man die Kugelkappenelektrode zur Anode, so gehen nur etwa 2 Milliampère durch die Lampe und ihr Drosselwiderstand beträgt also etwa 100000 Ohm. Mit einer solchen Glimmlampe läßt sich zeigen, daß die durch die Lampe fließende Stromstärke proportional der Glimmlichtfläche ist. Hierauf beruht die Ventilwirkung der Glimmlampen und ihre Benutzung zur Gleichrichtung von Wechselströmen. Die Glimmlampe (Fig. 2) läßt sich ohne weiteres als Gleichrichterlampe benützen, wobei man bei 220 Volt Wechselstrom etwa 20 Milliampère Gleichstrom erhält. Für praktische Zwecke werden von der Hydra-Elektrizitätsgesellschaft, Charlottenburg, auf diesem Prinzip beruhende Glimmlichtgleichrichterlampen gebaut, die pro Lampe 0,2 Amp. liefern und sich besonders zum Akkumulatorenladen aus Wechselstromnetzen besonders gut eignen.

## 3. Die Glimmlampe als Mittel zum Nachweis für schnelle elektrische Schwingungen.

Beim Nachweis elektrischer Schwingungen kann die Glimmlampe als vortrefflicher Ersatz für die Geißler- und Neonröhren benützt werden. Für die Versuche, bei denen es sich um schnelle elektrische Schwingungen handelt, eignen sich am besten die Osramglimmlampen, da sie einmal recht große Elektroden und andererseits, wie bereits erwähnt, einen fast induktionsfreien Vorschaltwiderstand besitzen.

Bei Versuchen mit stehenden elektrischen Schwingungen an LECHERSchen Drähten lassen sich die Spannungsbäuche mit der gewöhnlichen Glimmlampe sehr gut nachweisen. Man muß die Drähte nur dicht genug nebeneinander spannen, damit man die Lampe bequem auf den Drähten entlang führen kann. Sehr gut eignet sich hierfür die Schriftglimmlampe (Fig. 6). Einfacher ist es noch die Glimmlampe als Spannungsindikator in einem Spannungsbauch über die Drähte zu legen und die Spannungsknoten durch Überlegen von Metallbrücken nachzuweisen. Die Anordnung wird sehr empfindlich, wenn man einen bzw. beide Pole der Glimmlampe mit dem Drahtsystem verbindet; man kommt dann mit einer wesentlich schwächeren Primärkreisregung aus und kann die Kopplung des Drahtsystems mit dem Erregerkreis ebenfalls sehr lose machen, wodurch man eine schärfere Ausbildung der Knoten und Bäuche erhält.

Auch bei dem Resonanzflaschenversuch nach LODGE kann die Glimmlampe als vorzüglicher Nachweis für die auftretenden elektrischen Schwingungen dienen und die gewöhnliche recht unempfindliche Geißleröhre ersetzen. Es gelingt dann, die Flaschen auf recht große Entfernungen noch zum Ansprechen zu bringen.

Ebenso läßt sich der bekannte Resonanzversuch, der das Prinzip des in der drahtlosen Telegraphie benutzten Wellenmessers zeigt, in einer besonders schönen



Form demonstrieren. Fig. 8 gibt die Schaltung an. *A* ist der Erregerkreis, bestehend aus Funkenstrecke *F*, Kondensator *C* (Leidenerflasche) und Selbstinduktionsspule *L*; *B* ist der Resonanzkreis, bestehend aus Selbstinduktion *L'*, Drehkondensator *C'* und Glimmlampe *G*, die parallel zum Drehkondensator geschaltet ist. Die beiden Spulen *L* und *L'* dienen gleichzeitig als Kopplungsspulen, durch Annähern bzw. Entfernen derselben läßt sich eine feste oder lose Kopplung erreichen. Bei Resonanz zwischen beiden Kreisen leuchtet die Glimmlampe sehr stark auf. Bei fester Kopplung läßt sich gut das Entstehen der beiden Kopplungswellen zeigen, während man bei genügend loser Kopplung eine sehr scharfe Abstimmung erzielt.

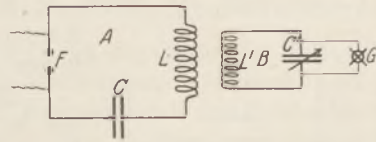


Fig. 8.

In analoger Weise kann die Glimmlampe bei den mannigfachen Versuchen mit elektrischen Wellen, besonders bei den Demonstrationsversuchen über abgestimmte Telegraphie nach OUDIN, als Ersatz für die oft schlecht ansprechende und recht unempfindliche Geißleröhre Verwendung finden.

#### 4. Die Glimmlampe als Oszillographenröhre.

Da bei Betrieb der Glimmlampe mit Wechselstrom beide Elektroden in der Frequenz der Wechselspannung aufleuchten, läßt sich die Glimmlampe ohne weiteres als Oszillographenröhre zur Demonstration der Frequenz von Wechselströmen verwenden. Gegenüber der bekannten GEHRCKESchen Oszillographenröhre hat sie den Vorteil, daß sie bereits, wie oben erwähnt, auf Wechselströme von 120 Volt Spannung anspricht, sie gibt uns somit ein Mittel, die Frequenz dieser technischen Wechselströme nur unter Benützung eines rotierenden Spiegels nachzuweisen. Für diesen Zweck eignet sich besonders gut die Osramglimmlampe (Fig. 4), da man bei ihr sehr leicht die beiden Elektroden durch ihre Form und Anordnung unterscheiden kann.

Fig. 9a zeigt das Bild, das man im rotierenden Spiegel erhält, wenn die Glimmlampe und die Drehachse des Spiegels beide vertikal stehen; Fig. 9b zeigt die Erscheinung für den Fall, daß die Drehachse des Spiegels vertikal und die Glimmlampe wagrecht angeordnet ist.

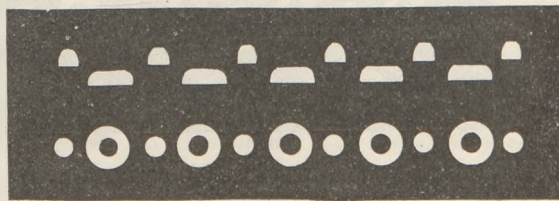


Fig. 9.

Steht nämlich die Osram-Glimmlampe vertikal, so erscheint die obere Elektrode im Spiegel hutförmig, die untere als breiter Strich (Fig. 9a). Bei wagrechter Stellung der Lampe sieht man die eine Elektrode als leuchtende Kreisfläche, die andere dagegen als leuchtenden Kreisring (Fig. 9b).

Läßt man den Spiegel durch einen Motor konstant rotieren, so kann man es durch Änderung der Tourenzahl leicht erreichen, daß das Bild im Spiegel steht. Aus der Tourenzahl und der Anzahl der spiegelnden Flächen des Drehspiegels berechnet sich dann die Frequenz des Wechselstromes. Auch die kleinere Osram-Schriftglimmlampe (Fig. 6) eignet sich sehr gut zu diesen Versuchen. Allerdings sieht man bei Verwendung dieser Lampe immer nur die eine Elektrode im rotierenden Spiegel aufleuchten, da die andere verdeckt ist. Infolgedessen kommt man, um das Bild im rotierenden Spiegel zum Stehen zu bringen, mit der halben Tourenzahl bei der Spiegelrotation aus.

Zur Untersuchung von Wechselströmen größerer Frequenzen eignen sich jedoch die Glimmlampen mit großflächigen Elektroden nicht gut, da es sich dann nur schwer vermeiden läßt, daß sich die einzelnen Bilder im Spiegel teilweise überdecken. Von

der Fa. Julius Pintsch wurde mir für diese Zwecke eine Glimmlampe hergestellt, bei der die Elektroden gemäß der Fig. 10 angeordnet sind. Mit einer solchen Röhre lassen sich noch sehr hohe Wechselstromfrequenzen nachweisen. Dabei ist es vorteilhaft, die Röhre so zu stellen, daß man von der Seite auf die scharfen Kanten der Elektroden sieht, um ein möglichst strichförmiges Bild im Spiegel zu erblicken.

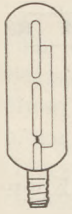


Fig. 10.

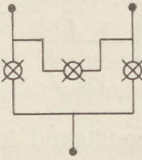


Fig. 11.

Befestigt man eine solche Glimmröhre exzentrisch auf der Achse eines Motors oder einer Schwungmaschine (Elektroden parallel der Drehachse) und bewirkt man die Stromzuführung durch die Achse und einen isoliert angebrachten Schleifring, so gelingt es bei Rotation der Röhre noch elektrische Schwingungen bzw. den oszillatorischen Charakter einer Leidenerflaschenentladung nachweisen, die man am besten nach der von W. KÖNIG<sup>1)</sup> angegebenen Schaltung durch Öffnen des Primärstromkreises eines Induktoriums in dem von der Sekundärspule desselben und einer Flaschenkapazität gebildeten Schwingungskreis erhält. Um die Röhre dabei vor zu großen Spannungen zu schützen, schalte man in den Schwingungskreis noch eine zweite Spule (Sekundärspule eines kleineren Induktors) und lege die Glimmlampe parallel zu dieser.

Hat man Drehstrom zur Verfügung, so kann man unter Benutzung dreier Osramglimmlampen sehr schön die Phasenverschiebung der Wechselspannungen in

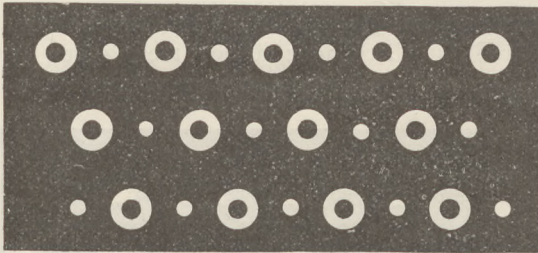


Fig. 12.

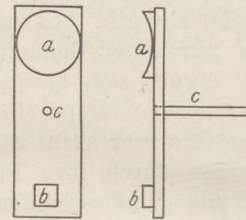


Fig. 13.

den drei Leitern demonstrieren. Zu diesem Zweck befestige man die drei Glimmlampen in wagrechter Stellung dicht übereinander an einem vertikalen Brett und verbinde sie untereinander nach der Dreieckschaltung, wie dies Fig. 11 angibt. Im rotierenden Spiegel sieht man dann die Erscheinung, wie sie Fig. 12 zeigt, und erkennt hieraus deutlich die Phasenverschiebung der drei Wechselspannungen.

Bei all diesen oszillographischen Versuchen ist die Benutzung eines rotierenden Spiegels nötig, doch ist es dabei oft recht schwierig, besonders bei einem größeren Auditorium, von jedem Platze die Bilder im rotierenden Spiegel deutlich zu sehen. Diesen Mangel beseitigt folgende Methode, die meines Wissens noch nicht veröffentlicht worden ist. Mittels eines länglichen Brettes (Fig. 13) befestigt man in etwa 15—20 cm Entfernung von der Achse  $c$  eines Motors oder einer Schwungmaschine einen nicht zu kleinen Hohlspiegel  $a$  von etwa 5—7 cm Brennweite<sup>2)</sup>.  $b$  ist ein kleines Gegengewicht zum Ausbalancieren des Spiegels. Läßt man den Spiegel rasch rotieren und beleuchtet man ihn von vorn aus etwa 40 cm Abstand mit einer Glimmlampe, so erblickt man beim Betrieb der Glimmlampe mit Gleichstrom einen leuchtenden Kreis, der beim Betrieb der Lampe mit Wechselstrom in einzelne leuchtende Kreisbogenstücke zerfällt. Der große Vorteil dieser Anordnung ist, daß

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 12, S. 293.

<sup>2)</sup> Sehr gut eignet sich hierfür der im kleinen Feldblinkgerät benutzte von der Fa. Goerz hergestellte Hohlspiegel (Durchmesser 9 cm, Brennweite 6 cm).



man von allen Punkten, auch schräg von der Seite her, die Erscheinung gleich gut erkennen kann, was bei Benützung des Drehspiegels in der alten Form nicht möglich ist.

#### 5. Die Glimmlampe als Lichtquelle für stroboskopische Beobachtungen.

Da die Glimmlampe beim Betrieb mit Wechselstrom im Rhythmus der Frequenz aufleuchtet, eignet sie sich vorzüglich als Lichtquelle zur Demonstration stroboskopischer Erscheinungen. Ich verweise hier auf die Arbeiten von H. REBENSTORFF<sup>1)</sup> und E. GÜNTHER<sup>2)</sup>, die als Lichtquelle für stroboskopische Beobachtungen das Wechselstrombogenlicht verwandten. Dieses läßt sich durch die Glimmlampen bequem ersetzen. Die Erscheinungen werden dabei noch wesentlich ruhiger und klarer, da das lästige Nachleuchten der glühenden Kohlen bei der Bogenlampe wegfällt. Zur Erzeugung eines möglichst hellen Lichtes eignen sich besonders die Osram-Schriftglimmlampen mit ihren großflächigen Elektroden, doch lassen sich auch die einfacheren Glimmlampen verwenden, deren man mehrere parallel schalten kann, um eine größere Helligkeit zu erzielen.

#### 6. Die Glimmlampe als Nachweis für die ionisierende Wirkung von Röntgenstrahlen.

Verringert man etwa durch Benützung einer Potentiometer-Anordnung die an die Glimmlampe gelegte Spannung, so erreicht man schließlich einen Punkt, wo die Spannung kleiner wird als die zum Zünden notwendige Zündspannung, und die Glimmlampe zündet nicht mehr von selbst. Bestrahlt man nun die Glimmlampe mit Röntgenstrahlen, so zündet die Glimmlampe sofort und brennt dann ruhig weiter. Es wird eben durch die Röntgenstrahlen der Gasinhalt der Lampe ionisiert und hierdurch die Zündspannung künstlich herabgesetzt.

#### 7. Die Glimmlampe als Spektralröhre.

Es sei hier in der Hauptsache auf die Mitteilung von A. GATTERER (diese Zeitschr. 34, S. 258) über die Untersuchung des Gasinhaltes einer Osram-Glimmlampe auf spektroskopischem Wege hingewiesen. Die Untersuchung ergibt das Vorhandensein von He, Ne und Ar. Man erhält bereits bei Einstellung des Spektralapparates auf die mit Glimmlicht überzogene Kathode ein prächtiges Linienspektrum, das natürlich wesentlich lichtstärker wird, wenn man von der leuchtenden Kathode mittels einer Linse auf dem Spalt ein Bild entwirft. Bei den Glimmlampen der Fa. Pintsch treten neben den charakteristischen Linien des He und Ne besonders noch die Linien des Hg, und zwar am stärksten die grüne Linie 546,1  $\mu\mu$  und die violette Linie 435,9  $\mu\mu$  stark hervor. In diesen Glimmlampen befindet sich nämlich etwas Quecksilberdampf, der die sehr ins Orangerot gehende Färbung des Neonlichtes mildert und eine ins Weißrosa gehende Tönung hervorruft, wodurch auch die Lichtstärke gegenüber reinem Neon wesentlich vergrößert wird. Dies fällt übrigens beim bloßen Vergleich einer Pintsch- und einer Osram-Glimmlampe sofort auf. Infolge ihrer Betriebssicherheit, ihrer Lebensdauer und ihres geringen Stromverbrauches ersetzt die Glimmlampe besonders in Schülerübungen die recht teuren und z. T. in ihrem Betrieb recht unangenehmen Spektralröhren.

Außer den im vorhergehenden beschriebenen Versuchen dürfte das Anwendungsgebiet der Glimmlampe im Unterricht ein noch weit größeres sein; ich bin der Ansicht, daß die Glimmlampe bald ein unentbehrliches Hilfsmittel im Experimentierunterricht werden wird.

<sup>1)</sup> H. Rebenstorff, Stroboskopische Beobachtungen beim Wechselstrombogenlicht. *Diese Zeitschr.* 32, 136.

<sup>2)</sup> E. Günther, Über die Verwendung stroboskopischer Erscheinungen im Wechselstromlicht zur Festlegung von Umdrehungszahlen und zur Messung sehr kleiner Zeiten. *Diese Zeitschr.* 34, 112.

## Einige Versuche mit der Pintsch-Glimmlampe<sup>1)</sup>.

Von Paul Henckel in Berlin-Friedenau.

In dieser Zeitschrift ist wiederholt auf die Verwendbarkeit der Glimmlampe für physikalische Demonstrationen hingewiesen worden (W. VOLKMANN, 34, Heft 1; A. GATTERER, 34, Heft 6). Ich habe mit der Pintsch-Glimmlampe für 220 Volt eine Reihe von Versuchen gemacht, über die ich im folgenden berichten will.

1. Das Ansprechen der Lampe bei kleinen Stromstärken kann man zeigen, indem man eine Sicherung der Schalttafel durch eine Glimmlampe ersetzt. Legt man dann das Voltmeter der Schalttafel an, so genügt bereits die geringe durch das Voltmeter fließende Stromstärke, um die Lampe zum Leuchten zu bringen. Es überzieht sich dabei nur ein Teil der Kathode mit der Lichthaut, ein Zeichen, daß die Lampe jetzt nur einen Bruchteil ihrer normalen Stromstärke erhält.

2. In vielen physikalischen Kabinetten dürfte sich ein kleiner magnetelektrischer Induktor befinden, wie er früher allgemein zum Antrieb des Telephonweckers benutzt wurde. Legt man einen solchen kleinen Wechselstromgenerator an eine Glimmlampe, so leuchten bei Drehung der Kurbel die beiden Elektroden abwechselnd auf, wie man im langsam rotierenden Spiegel bequem erkennen kann. Besitzt der kleine Wechselstromgenerator einen Kommutator zur Abnahme von Gleichstrom, so läßt sich zeigen, daß je nach der Drehungsrichtung der Kurbel die eine oder die andere Elektrode der Glimmlampe aufleuchtet.

3. Die zuletzt beschriebenen Versuche gehören zu einer Reihe von Experimenten, für die die Glimmlampe besonders geeignet ist. Es handelt sich um Versuche, durch die man das für den Anfänger etwas schwierige Gebiet der Wechselstromlehre erläutern kann. Zu den Fundamentalversuchen über Drehstrom gehört der folgende: die drei Phasen des Drehstroms werden durch drei Spulen geschickt, die in geeigneter Weise auf einen Ring aus weichem Eisen in Sternschaltung gewickelt sind (siehe z. B. WEINHOLD, Phys. Dem. 4. Aufl., S. 918 ff.). Im Innern des Eisenringes befindet sich eine Magnetnadel, die dem erzeugten Drehfelde folgen kann. Benutzt man zur Erzeugung des Drehfeldes den WEINHOLDSchen Batteriewechselstromapparat (WEINHOLD, Phys. Dem., 4. Aufl., S. 899 ff.), so folgt die Magnetnadel genau dem Drehfelde. Verwendet man aber Drehstrom von der üblichen Periodenzahl, so gerät die Nadel in sehr schnelle Rotation und es ist nicht ohne weiteres festzustellen, daß die Rotationsgeschwindigkeit der Nadel gleich der des Drehfeldes ist. Hier bietet die Glimmlampe ein bequemes Mittel. Legt man nämlich die Glimmlampe zwischen zwei Phasen des Drehstromnetzes, so leuchtet jede ihrer Elektroden einmal auf, während das Drehfeld im Eisenringe eine Rotation um  $360^\circ$  macht. Wenn die rotierende Nadel dem Drehfelde genau folgt, so muß sie also in zwei um  $180^\circ$  auseinander liegenden Stellungen durch die Glimmlampe beleuchtet werden. Die rotierende Nadel muß also im Lichte der Glimmlampe zu ruhen scheinen. In der Tat tritt diese Erscheinung ein.

4. Ersetzt man in der beschriebenen Anordnung den Eisenring mit der Magnetnadel durch einen kleinen in Sternschaltung gewickelten Motor, z. B. durch das WEINHOLDSche Drehstrommotormodell (WEINHOLD, Phys. Dem., 4. Aufl., S. 920 ff.), so läßt sich zeigen, daß der Kurzschlußanker des Motors dem Drehfelde nicht genau folgt, sondern Schlüpfung hat. Man setzt zu diesem Zweck auf die Achse des Ankers eine schwarze Pappscheibe, auf die ein weißer Papierstreifen in radialer Richtung geklebt ist. Würde der Anker und mithin die Pappscheibe dem Drehfelde ohne Schlüpfung folgen, so müßte man bei Beleuchtung mit der Glimmlampe zwei diametral gegenüberliegende weiße Streifen erblicken, die ihre Lage nicht ändern. In der Tat sieht man die beiden Streifen; sie bleiben aber nicht in Ruhe, sondern wandern langsam auf der Scheibe herum, entgegengesetzt zur Drehungsrichtung des Motors.

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag des Verfassers im Berliner „Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts“.



Damit die beiden zuletzt beschriebenen Versuche gut gelingen, muß man, z. B. durch Vorschalten eines größeren Widerstandes, dafür sorgen, daß die Lampe nur soviel Spannung erhält, als zu ihrem mäßigen Ansprechen nötig ist. Da sich die Netzspannung in Form einer Sinuskurve ändert, sind nur in diesem Fall die von der Lampe ausgesandten Lichtsignale kurz genug, um die beschriebenen Erscheinungen deutlich hervortreten zu lassen. Sollte die Spannung des zur Verfügung stehenden Wechselstromes zu niedrig sein, so kann man sich natürlich durch Transformation helfen, wie ich es z. B. bei dem letzten Versuch ausgeprobt habe, für den mir nur der von einem kleinen Generator für 110 Volt gelieferte Drehstrom zur Verfügung stand. Man legt dann die Glimmlampe nicht zwischen zwei Phasen, sondern in die Sekundärwicklung eines kleinen Transformators, dessen dickdrähtige Primärspule man in die eine Drehstromphase legt. Die Beeinflussung dieser Phase durch den kleinen Transformator ist nicht merklich, da die Glimmlampe nur wenig Energie entnimmt.

5. Einige weitere Versuche werden erst verständlich durch Bezugnahme auf die Begriffe „Zündspannung“ und „Minimalspannung“ der Glimmlampe<sup>1)</sup>. Die Enden *A* und *B* (Fig. 1) der Gleichstromleitung für 220 Volt verbindet man durch einen Widerstand und legt in Nebenschluß dazu die Glimmlampe *G*, so daß man mittels des Gleitkontaktes *C* die Lampe an verschiedene Spannungen legen kann, die durch das Voltmeter *V* gemessen werden. Die Lampe beginnt bei einer bestimmten Spannung zu leuchten; diese heißt die „Zündspannung“. Sie lag bei den von mir benutzten Lampen zwischen 169 und 189 Volt. Durch Niederdrücken des Morsetasters *T* kann man die Lampe ausschalten und einige Zeit warten, bis die Ionisation des Gasinhalts wieder zurückgegangen ist. Hat man wirklich die Zündspannung erreicht, so muß die Lampe beim Loslassen des Morsetasters wieder aufleuchten. Ist die Zündung eingetreten, so kann man nachträglich die Spannung beträchtlich erniedrigen, ohne daß die Lampe erlischt. Die Spannung, bei der die Entladung noch eben aufrecht erhalten wird, heißt die „Minimalspannung“ der Lampe. Bei den von mir verwendeten Lampen lag sie 20–35 Volt unter der Zündspannung. Für das Folgende wollen wir, um runde Zahlen zu haben, annehmen, daß die verwendete Lampe eine Zündspannung von 180 Volt und eine Minimalspannung von 150 Volt hat.

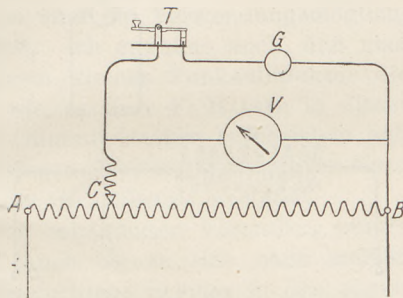


Fig. 1.

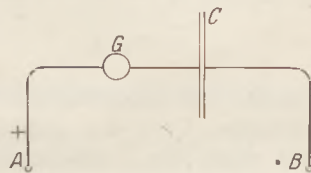


Fig. 2.

Stellt man die Spannung auf einen Wert ein, der dicht unter der Zündspannung liegt, so zündet die Lampe, sobald man einen geriebenen Hartgummistab in ihrer Nähe bewegt. Die Erklärung liegt darin, daß der Gasinhalt der Lampe schon teilweise ionisiert ist und daß man durch den Hartgummistab eine Bewegung der Ionen und damit die Zündung bewirkt.

Ersetzt man in Fig. 1 den Taster *T* durch eine Selenzelle und stellt den Gleitkontakt *C* so ein, daß bei verdeckter Selenzelle die Lampe ganz schwach glimmt, so dehnt sich die Glimmlichthaut auf der Kathode sofort beträchtlich aus, wenn man die Selenzelle belichtet. Man könnte also mittels der Glimmlampe die Beleuchtung eines entfernten Raumes, wenn in diesem eine Selenzelle aufgestellt wird, überwachen (F. SCHRÖTER, Elektrotechn. Ztschr. 1921, Heft 6).

6. Es seien (Fig. 2) an die Klemmen *A* und *B* der Gleichstromleitung die Glimmlampe *G* und der Kondensator *C* in Serienschaltung gelegt. Bei Anlegung

1) Man vgl. den vorhergehenden Aufsatz von L. BERGMANN, S. 171.

der Netzspannung von 220 Volt leuchtet die eine Elektrode der Lampe kurz auf. Der Kondensator ist also jetzt geladen. Verbindet man nach Abschaltung der Netzspannung die beiden Punkte *A* und *B* durch einen Metalldraht, so könnte man erwarten, daß nun die andere Elektrode der Lampe kurz aufleuchtet, daß also der Kondensator sich über die Lampe entlädt. Das ist jedoch nicht der Fall. Die Lampe bleibt dunkel, und der Kondensator behält seine Ladung. Das letztere kann man nachweisen, indem man nach Entfernung des *A* und *B* verbindenden Drahtes abermals die Netzspannung anlegt. Die Lampe leuchtet dann nicht auf. Erst wenn man vor Anlegung der Netzspannung den Kondensator durch vorübergehende Verbindung seiner Belegungen entladen hat, tritt das kurze Aufleuchten der Lampe wieder ein. Die Erklärung ist folgende: Die Lampe läßt beim Aufladen des Kondensators nur solange Strom hindurch, als die Spannung an ihren Enden größer als die Minimalspannung (150 Volt) ist. Der Kondensator kann also nur auf 70 Volt geladen werden. Verbindet man nachher *A* und *B* durch einen Draht, so verriegelt die Lampe den Kondensator, da sie auf 70 Volt noch nicht anspricht. Der beschriebene Versuch ist in der genannten Abhandlung von F. SCHRÖTER kurz angedeutet.

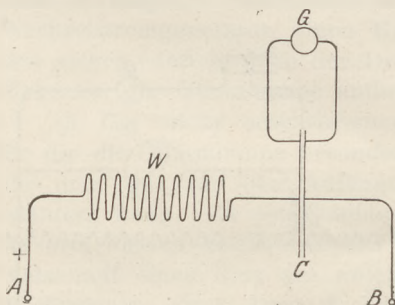


Fig. 3.

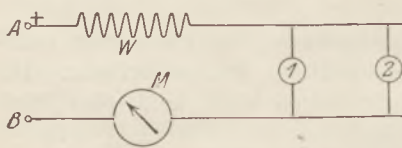


Fig. 4.

7. Einer persönlichen Mitteilung von Herrn SCHRÖTER verdanke ich den folgenden interessanten Versuch. Die Klemmen *A* und *B* (Fig. 3) des Gleichstromnetzes für 220 Volt werden mit den Belegungen des Kondensators *C* verbunden. In die eine der beiden Leitungen wird ein sehr großer Widerstand *W* (einige Millionen Ohm) gelegt. Die beiden Belegungen des Kondensators *C* werden durch die Glimmlampe *G* verbunden. Besitzt man nicht etwa Silitwiderstände, so kann man sich den Widerstand *W* dadurch herstellen, daß man zwischen zwei Metallplatten ein schwach angefeuchtetes — nicht nasses — Holzbrettchen (z. B. Zigarrenkistenholz) legt. Durch Verschieben der Platten und verschieden starkes Andrücken kann man dann den Widerstand *W* etwas verändern. Jedenfalls muß man *W* so groß wählen, daß, wenn Widerstand und Glimmlampe hintereinander geschaltet werden, die Lampe nur äußerst schwach

glimmt. Bei Anlegung der Netzspannung an die Punkte *A* und *B* (Fig. 3) ereignet sich folgendes: Über den großen Widerstand *W* hinweg lädt sich der Kondensator langsam auf; wenn die Zündspannung der Glimmlampe *G*, nämlich 180 Volt, erreicht ist, entlädt sich der Kondensator über die Glimmlampe bis auf deren Minimalspannung, nämlich 150 Volt. Dann verlischt die Lampe, und das Spiel wiederholt sich. Man beobachtet also ein rhythmisches Aufleuchten der Lampe. Der Rhythmus ändert sich, wenn man die Größe des Widerstandes *W* ändert oder den Kondensator *C* gegen einen solchen von anderer Kapazität auswechselt. Die beiden durch Fig. 2 und Fig. 3 erläuterten Versuche fallen sehr elegant aus, wenn man große Kapazitäten, etwa 1 Mikrofarad, zur Verfügung hat; sie gelingen aber auch mit einem Telephonkondensator (30000 cm). Dagegen sind Leidener Flaschen von mittlerer Größe wegen ihrer geringen Kapazität wenig geeignet.

8. In der oben angeführten Veröffentlichung beschreibt F. SCHRÖTER einen Versuch, dessen Anordnung für Unterrichtszwecke durch Fig. 4 dargestellt ist. *A* und *B* sind wieder die Klemmen des Gleichstromnetzes, *W* ist ein Widerstand von etwa 10000 Ohm, wie man ihn durch Hintereinanderschaltung von Glühlampen leicht herstellen kann; 1 und 2 sind zwei parallel geschaltete Glimmlampen, *M* ist ein Milliampèremeter. Legt man die Netzspannung von 220 Volt an die beiden Punkte



*A* und *B* an, so leuchtet nur die eine der beiden Glimmlampen, z. B. 1. Lockert man diese in ihrem Gewinde so weit, daß sie verlischt, so leuchtet 2. Schraubt man jetzt 1 wieder fest, so bleibt sie dunkel, während 2 weiter leuchtet. Beim Heraus-schrauben und Verlöschen von 2 leuchtet wieder 1 usw. Das Ampèremeter *M* zeigt während der Versuche einen Ausschlag von etwa 5 Milliampère. Die Erklärung ist folgende: Bei jeder Glimmlampe verstreicht vom Anlegen der Zündspannung bis zur Zündung ein kleiner Zeitraum. Dieser ist für zwei Glimmlampen im allgemeinen verschieden. Es wird also von den beiden Lampen die eine, z. B. 1, zuerst zur Zündung kommen. Sobald das aber geschehen ist, regelt sich die Spannungsverteilung in dem Stromkreise nach dem Ohmschen Gesetz. Es findet also längs des Widerstandes *W* ein Spannungsabfall von etwa 50 Volt statt. Die nicht leuchtende Glimmlampe 2 liegt dann an 170 Volt und kann nicht zur Zündung kommen, da ihre Zündspannung 180 Volt beträgt. Der beschriebene Versuch enthält also eine Anwendung des Ohmschen Gesetzes. In der Praxis kann die angegebene Schaltung verwendet werden, wenn es sich darum handelt, an einer Stelle eine kleine Signallampe anzubringen, für deren Leuchten erhöhte Sicherheit gefordert wird. Die eine der beiden Glimmlampen dient dann als Reservelampe, die selbsttätig anspricht, sobald die andere versagt.

9. Mit den vorstehend beschriebenen Versuchen sind die Verwendungsmöglichkeiten der Glimmlampe im Unterricht nicht erschöpft. Ich erwähne noch, daß man bei der Untersuchung des Sekundärstromes in einem kleinen Funkeninduktor die Glimmlampe in ähnlicher Weise verwenden kann, wie es Herr F. HAUSER in dieser Zeitschrift (35, Heft 1) für die LESSING-GEURCKESCHE Glimmlichtröhre beschrieben hat. Auch zum Abstimmen der Antenne auf den geschlossenen Schwingungskreis bei einer kleinen Sendestation für Demonstrationszwecke ist die Glimmlampe geeignet.

Im Unterricht selbst wird man von den oben behandelten Versuchen immer nur einen Teil vorführen können. Manche von ihnen eignen sich nach meinen Erfahrungen aber auch gut als Aufgaben für fortgeschrittene Schüler in den physikalischen Übungen. Jedenfalls ist die Anschaffung der Glimmlampe für die physikalischen Schulsammlungen sehr zu empfehlen. Der Preis ist etwa derselbe wie der einer Glühlampe von mittlerer Kerzenstärke, ist also selbst jetzt noch zu erschwingen, wo die physikalischen Schulsammlungen wegen des Mangels an Geldmitteln in schwerer Not sind.

## Eine anschauliche Darstellung des periodischen Systems.

Von Oberstudienrat F. Heineck in Wiesbaden.

Das periodische System der Elemente hat schon immer zur graphischen Darstellung der in ihm steckenden zahlenmäßigen Beziehungen verlockt<sup>1)</sup>, ohne daß dadurch aber die wünschenswerte Klarheit und Einfachheit in allen Punkten erreicht worden wäre. Ich möchte daher im folgenden ein anderes Verfahren empfehlen.

A. Nur die ersten 21 Elemente des Systems werden zu der vergleichenden Darstellung benützt.

Der Grundgedanke ist der: Jedes Element wird durch einen Papierstreifen dargestellt, dessen Länge dem Atomgewicht entspricht und dessen Farbe den chemischen Charakter des Elementes ausdrückt. Ich verwende Streifen aus starkem Zeichenpapier von 3 cm Breite. Da sie mit ihrem unteren Ende in eine Nut oder eine Rinne von

<sup>1)</sup> E. Loew, Vers. einer graph. Darst. d. per. S. d. E. Diese Zeitschr. XI. 144; E. Beutel, Ein Unterrichtsmodell des period. Systems, ds. Ztschr. 26, 13; R. Rein, Das per. S. in graph. Darst. Monatsh. f. d. nat. Unterr. 1916. 116. Siehe auch die Kurven in vielen bekannten Lehrbüchern.

12 mm Tiefe eingesteckt werden sollen, wird ein Ende von 12 mm Höhe durch einen scharfen Strich abgegrenzt und von da aus das Atomgewicht in einem geeigneten Maßstab, etwa  $\frac{1}{3}$  des Zahlenwertes in cm, abgetragen und das Überstehende weggeschnitten. Die Streifenfläche wird nun auf einer Seite in bestimmter Farbe recht grell angelegt, wenn man nicht schon von vornherein farbiges steifes Papier benutzt hat. Die Edelgase läßt man weiß, um anzudeuten, daß ihnen chemische Eigenschaften fehlen. Die Metalle der ersten Gruppe (Alkalimetalle) werden dunkelblau, die Erdalkalien hellblau, die Erdmetalle mit einem schon mehr neutralen Ton, etwa feldgrau, bezeichnet. Dadurch soll der in dieser Reihenfolge abnehmende basische Charakter (Lackmus blau!) zum Ausdruck gebracht werden. Aus demselben Grund gehen wir nach dem rechten Ende der Periode hin allmählich zu Rot über (zunehmender Säurecharakter): etwa 4. Gruppe grün, 5. gelb, 6. braunrot, 7. (Halogene) zinnoberrot. Jeder Streifen erhält schließlich folgende Bezeichnungen: In der linken oberen Ecke die Ordnungszahl, rechts oben das Atomgewicht und darunter in der Mitte das

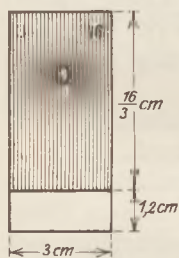


Fig. 1.

Zeichen des Elements (Fig. 1). Um die so gewonnenen Bilder der Elemente nebeneinander aufzustellen, schneidet man aus mäßig starker Pappe etwa 30 cm lange Streifen, von denen je zwei 3 cm breit sind, einer nur 18 mm. Sie werden mit Tischlerleim, den man dünn aufstreicht, in der neben bezeichneten Weise (Fig. 2) aufeinander geleimt und bis zum Festwerden unter Druck gehalten.

Verwendung. 1. Wir halten den Schülern die 21 Elemente ganz ungeordnet, farbige Seite nach vorn, unter die Augen und fordern sie auf, Ordnung hinein zu bringen. Erste Art: Es liegt am nächsten, die „Elemente von gleicher Farbe“, also von demselben chemischen Charakter, zusammenzufassen. Es entstehen die bekannten Gruppen: Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Halogene usw. Zweite Art: Wir stellen alle Elemente „der Größe nach“ in eine Reihe in die auf einem weiß bespannten Reißbrett nebeneinander befestigten Papprinnen. Sofort wird es auffallen, daß in bestimmten Abständen sich die gleichen Farben wiederholen. Die Schüler finden selbst, daß

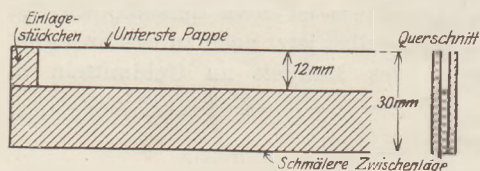


Fig. 2.

diese Regelmäßigkeit besser herauskommt, wenn man die Reihe jedesmal nach Vollendung einer Periode abbricht und die Teile untereinander setzt: Perioden und Gruppen treten jetzt scharf hervor.

2. Hat man die Streifen genau abgemessen und streng nach der Größe geordnet, so muß eine Unregelmäßigkeit in der Reihenfolge der Elemente 19 und 20 sofort bemerkbar werden; das Kalium steht unter 2 Edelgasen, das Argon mit seinem etwas größeren Atomgewicht unter den Alkalimetallen. Eine Umstellung, hier eine für die Schüler selbstverständliche Forderung, ist nur möglich, wenn man den Grundsatz von der ausschlaggebenden Bedeutung des Atomgewichts für die Ordnung der Reihe an dieser Stelle durchbricht. Ähnliche Fälle kommen bekanntlich noch zweimal im periodischen System vor und finden unten unter 6. eine mögliche Erklärung. Der geringe Unterschied der Atomgewichte von Kalium und Argon läßt es dem Schüler begreiflich erscheinen, warum man in solchen Fällen zunächst einen Verdacht auf fehlerhafte Bestimmung der Atomgewichte hatte und zu sorgfältigen Untersuchungen in dieser Richtung angeregt wurde.

3. Differenz der Atomgewichte. Die zweite Periode wird vor die dritte gehalten und vor beide die erste. Ergebnis: Die hintereinander stehenden Atomgewichte überragen einander nicht nur in den einzelnen Gruppen, sondern im ganzen Bild überall um annähernd gleiche Beträge. Der nahezu regelmäßige Anstieg der Atomgewichte in der ersten und zweiten Periode wird auch dadurch besonders



deutlich, daß man die Papprinne mit den Elementen der zweiten Periode über der ersten auf den Kopf stellt und beide bis zur Berührung der Papierstreifen gegeneinander schiebt: es entsteht eine rechteckige Fläche, d. h. je 2 Atomgewichte ergänzen sich zu demselben Betrag.

4. Vor jedes der in Perioden übereinander gestellten Elemente werden der Reihe nach weiße Papierschildchen gesteckt, auf denen die Wertigkeit gegen Sauerstoff durch dicke, 5 mm breite und 8 mm lange, vertikale schwarze Striche kenntlich gemacht ist. Man wird aber nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, daß man bei den Elementen mit wechselnder Wertigkeit gegenüber Sauerstoff mit einer gewissen Willkür die geeigneten Oxydationsstufen berücksichtigen muß, um den gesetzmäßigen Anstieg hervortreten zu lassen.

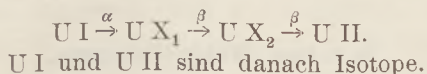
In entsprechender Weise bringt man die Wertigkeit der Elemente gegenüber Wasserstoff, die in einer Periode bis zu 4 zu — und dann wieder abnimmt, durch Schildchen mit roten Strichen zur Anschauung.

Es folgen nun die Verschiebungssätze von FAJANS und SODDY.

5. Ein Elementerleide eine radioaktive  $\alpha$ -Umwandlung. Wir nehmen an, es sei das Element von der Ordnungszahl 16, der Schwefel. Durch Abgabe von  $\alpha$ -Teilchen, zweifach positiv geladenen Heliumatomen, wird 1. das Atomgewicht um 4 vermindert. Wir haben einen rotbraunen Papierstreifen, der  $13\frac{1}{3}$  mm von seinem unteren Ende vorgeritzt ist, so daß dieses Ende nach vorne umgeschlagen werden kann, wodurch der Streifen um 4 Einheiten des Atomgewichts kürzer wird. 2. Durch Entfernung zweier positiver Ladungen aus dem Atomkern erniedrigt sich die Ordnungszahl des Elementes um 2, es muß also im periodischen System um 2 Gruppen nach links rücken und damit seinen chemischen Charakter wesentlich ändern. Wir haben unser ursprüngliches Schwefelatom, den verkürzbaren rotbraunen Papierstreifen, auf der Rückseite grün gefärbt, drehen ihn jetzt um und setzen ihn an die Stelle, wo Silicium steht. Damit ist die Umwandlung äußerlich vollzogen.

6.  $\beta$ -Umwandlung. Wir ersetzen unseren Streifen für Silicium durch einen Doppelstreifen von 6 cm Breite, der aber der Länge nach in der Mitte zusammengefaltet und auf je einer Fläche grün, gelb, rotbraun gefärbt ist; Atomgewicht gleich dem für Silicium. Durch Abgabe eines  $\beta$ -Teilchens, eines negativen Elektrons aus dem Kern, wird die Kernladungszahl um eins erhöht, ohne daß das Atomgewicht sich merklich ändert: das Element rückt in die nächst höhere Gruppe, ausgedrückt durch Hervorkehrung der gelben Fläche; die Länge des Papierstreifens bleibt ungeändert. Wir stellen uns nun vor, das Atom erleide nochmals eine  $\beta$ -Umwandlung: unser Element rückt in die Gruppe des Schwefels (rotbraune Seite nach außen kehren!), wiederum ohne sein Atomgewicht zu ändern. Wir haben ein Element erhalten, das denselben chemischen Charakter wie Schwefel besitzt. Der zugehörige Papierstreifen bleibt aber an Länge erheblich hinter dem für Schwefel zurück, d. h. 2 Atome von verschiedenem Atomgewicht stimmen in ihren chemischen Eigenschaften völlig überein (Isotopie). Betrachtet man jeden der ausgeführten Schritte mit allen seinen Folgen genau, so wird klar, daß die ausschlaggebende Bedeutung der Atomgewichte mit solchen Erwägungen umgeworfen wird.

Die unter 5. und 6. vorgestellten Umwandlungen kommen vereinigt bekanntlich bei Uran vor, entsprechend dem Schema:



## B. Die Ordnung der ersten 58 Elemente des periodischen Systems.

Die Übungen 1—6 an unserem Bilderbogen wird man für überflüssig halten können, wenn man glaubt, bei seinen Zuhörern ein ausgebildetes Anschauungs- und Vorstellungsvermögen voraussetzen zu dürfen — was man bei Schülern nie tun

sollte. Dehnt man aber die Betrachtungen auf die großen Perioden aus und versucht etwa in die ersten 58 Elemente Ordnung zu bringen, so wird selbst der im periodischen System schon etwas Bewanderte, der sich bis dahin immer an eine ihm fertig vorgelegte Tafel des Systems gehalten hat, sich vor Schwierigkeiten gestellt sehen, deren Lösung mit Hilfe unseres übersichtlichen Legespiels einen besonderen Reiz hat. Für unsere neue Aufgabe müssen wir unsere Atomgewichtsstreifen in zweierlei Hinsicht abändern oder ergänzen. Einmal fertigen wir ganz neue Streifen an, auf denen die Atomgewichte in kleinerem Maßstab abgetragen sind, nämlich  $\frac{1}{10}$  des Atomgewichts in cm, da die Papiere sonst bald unhandlich lang werden, und zum anderen sind für die Elemente der Untergruppen neue Farben zu wählen, und zwar am besten der Farbton der Hauptgruppe, nur mit schwächerem oder stärkerem Auftrag, um die lose Zusammengehörigkeit zu einer Gruppe immerhin erkennen zu lassen. Mit den neuen Atomgewichtsbildern setzen wir unsere Übungen fort.

7. Wir machen, wie schon vorgeschlagen, den Versuch, die 58 Elemente zu einem „periodischen System“ zu ordnen. Der besseren Beweglichkeit halber führt man das zunächst auf einem Tisch aus.

Für die folgenden Übungen bedient man sich besser der Pappnuten: die 58 Elemente haben in unseren 3 Rinnen Platz, wenn man jedes einzeln über den Rand des vorhergehenden zur Hälfte übergreifen läßt.

8. Kurve der Atomvolumina. Auf die Rückseite jedes Streifens ist am linken Rand in Gestalt eines 12 mm breiten Balkens das Atomvolumen in einem passenden Maßstab aufgetragen. Durch Umstecken der Papiere oder einfacher durch Umkehren des ganzen Bildes wird die Kurve sichtbar gemacht. Statt dessen kann man auch besondere schwarze Streifen, welche die Atomvolumina darstellen, vor jedes farbige Element setzen, was zwar umständlicher ist, aber den Vorzug hat, daß das zu einem bestimmten Atomvolumen gehörige Element sichtbar bleibt.

Die Periodizität der Schmelzpunkte ist nicht deutlich genug, um eine ähnliche Wiedergabe (die Logarithmen der Schmelzpunkte wären dazu geeignet) empfehlenswert zu machen.

9. Gesetzmäßigkeit der Röntgenspektren. Die Gesetzmäßigkeit des periodischen Systems kommt mit verblüffender Klarheit in der Wellenlänge der Röntgenspektrallinien der Elemente zum Ausdruck. Wir bringen  $\sqrt{\frac{1}{\lambda}} = \sqrt{\nu}$  für die Linie  $\alpha$  der  $K$ -Serie zur Darstellung. Eine genaue Tabelle der Werte findet man bei SOMMERFELD, Atombau und Spektrallinien, 2. Aufl. S. 137. Der dort noch angegebene konstante Faktor  $\frac{1}{\sqrt{N}}$  verschwindet wegen der willkürlichen Wahl unseres Maßstabs. Stellt man die Größe  $\sqrt{\nu}$  durch 12 mm breite Streifen etwa aus dunkelblauem Heftdeckel dar, die man vor die Atomgewichtsbilder schiebt, so erhält man die (fast) in einer Geraden ansteigende Kurve. Jede Unstetigkeit des Anstiegs macht sich bei ihr sofort bemerkbar, sei sie veranlaßt durch eine verkehrte Reihenfolge der Elemente, verursacht durch einseitige Berücksichtigung des Atomgewichts ( $Co$  und  $Ni$ ,  $Te$  und  $J$ !) oder durch eine Lücke im System, wie an der 43. Stelle.

### Kleine Mitteilungen.

#### Destillationsversuch mit dem Pulshammer.

Von Dr. K. Krüse in Innsbruck.

Wohl jede physikalische Lehrmittelsammlung besitzt aus älterer Zeit ein unter dem Namen Pulshammer bekanntes Spielzeug. Bei dem dermaligen Mangel an Unterrichtsbehelfen dürfte es jedem Lehrer erwünscht sein, wenn er hiermit auf einen

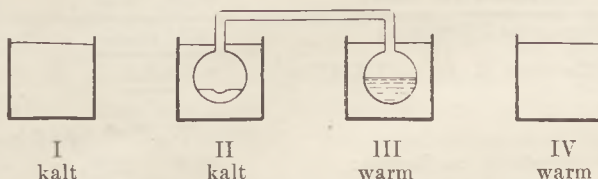


interessanten Destillationsversuch mit diesem Instrumentchen aufmerksam gemacht wird, der sowohl rein qualitativ als auch quantitativ durchgeführt werden kann.

Man bringt den Pulshammer, nachdem die gefärbte Flüssigkeit (Äther-Weingeist) vollständig in eine der beiden Kugeln geleitet wurde, mit den Kugeln nach abwärts in ein Wasserbad und zwar die leere Kugel in Wasser von Zimmertemperatur, die andere in solches von etwa 50° höherer Temperatur. Es beginnt dann sofort das Überdestillieren der Flüssigkeit aus der warmen in die kalte Kugel — analog dem Vorgange beim Danielsenchen Taupunktshygrometer — und der Dampf strömt so lebhaft hinüber, daß er auf die kondensierte Flüssigkeit als Wind bläst, was sich an einer kleinen Vertiefung in der Mitte der Flüssigkeitsoberfläche und an einer zitternden Bewegung derselben erkennen läßt. Befindet sich im Pulshammer sehr viel Flüssigkeit, so kommt es wohl auch vor, daß kleinere Mengen derselben stoßweise mit hinüber gerissen werden.

Von besonders überraschender Wirkung ist der Umstand, daß die gefärbte Flüssigkeit vollkommen farblos überdestilliert, da der Farbstoff am Destillationsvorgange nicht teilnimmt. Die Farbe auf der einen Seite wird

immer satter, bis nach vollständigem Destillieren an der Innenwand der Glaskugel ein farbiger Rückstand bleibt, der sich nach Überleiten des farblosen Destillates in diesem wiederum auflöst. Der ganze Destillationsprozeß dauert bei nicht zu voll gefüllten Apparaten kaum eine Viertelstunde und kann auch in einem beliebigen früheren Zeitpunkte unterbrochen werden.



Um den Versuch auch quantitativ durchzuführen, benütze man die in der Figur angegebene Anordnung: man füllt 4 gleichartige Bechergläser oder Blechbüchsen von etwa 300 ccm Rauminhalt mit gleichen Gewichtsmengen Wasser, und zwar die Gefäße I und II mit Wasser von Zimmertemperatur, die Gefäße III und IV mit heißem Wasser (60°—70°). Zu Beginn der Destillation werden die Wassertemperaturen in den 4 Gefäßen gemessen und ebenso am Ende derselben, nachdem der Pulshammer entfernt und das Wasser in den Gefäßen umgerührt wurde. Das Wasser von Zimmertemperatur im Gefäße I bleibt unter gewöhnlichen Verhältnissen während des Versuches gleich warm — daher kann dieses Gefäß gegebenenfalls auch wegbleiben, jedoch nur dann, wenn man mit Wasser von Zimmertemperatur arbeitet! —, jenes im II. Gefäße erwärmt sich zufolge der freien Kondensationswärme aus der Kugel des Pulshammers. Das Gefäß IV zeigt Temperaturabnahme, bedingt durch den Wärmeausgleich mit der kälteren Umgebung, und Gefäß III hat außer diesem Wärmeverlust noch den der Verdampfungswärme, die von der Flüssigkeit im Pulshammer zum Verdampfen verbraucht wird. Dabei ergibt der Versuch die Beziehung:

$$(\Delta II)^{\circ} - (\Delta I)^{\circ} = (\Delta III)^{\circ} - (\Delta IV)^{\circ}$$

Aus der Gleichheit dieser Temperaturdifferenzen bei gleichen Wassermengen in allen 4 Gefäßen erhält man die Gleichung:

$$\text{Verdampfungswärme} = \text{Kondensationswärme.}$$

Hierzu ist aber noch zu bemerken, daß die angeführte Gleichung nur dann gut erfüllt ist, wenn auch die Temperaturänderungen berücksichtigt werden, die durch Einführung der Kugeln des Pulshammers von anderer als der Wassertemperatur bedingt sind. Dazu bedarf es folgenden Vorversuches: Man füllt drei der Gefäße mit je 300 g heißen Wassers von gleicher Temperatur, bringt in eines die leere, in das zweite die volle Glaskugel des Pulshammers, während das 3. Gefäß dazu dient, den Temperaturverlust durch Wärmeausgleich mit der Umgebung festzustellen. Es ergab sich dann bei dem verwendeten Pulshammer, daß für ca. 50° Temperaturdifferenz

im ersten Gefäß die Temperatur zufolge Einführung der leeren Glaskugel um etwa  $0,2^\circ$  sank und im zweiten Gefäße um  $0,6^\circ$  zufolge Einführung der gefüllten Kugel.

Man führt also den Destillationsversuch quantitativ dann so aus, daß man entweder den Pulshammer von Zimmertemperatur in Verwendung nimmt und bei der Temperatur des Gefäßes III die vorhin ermittelte Korrektur von  $0,6^\circ$  anbringt (1. Beispiel), oder daß man den Pulshammer vorher erwärmt, indem man ihn in die Gefäße III und IV bringt und erst dann nach II und III herübergibt, wobei man die Temperaturen in III und IV erst zu Beginn des Destillationsganges ablesen darf (2. Beispiel).

## 1. Beispiel.

Gefäß:	I	II	III	IV	Pulshammer von Zimmertemp. Das warme Wasser wird durch die volle Kugel um $0,6^\circ$ abgekühlt.
Temperaturen zu Beginn:	13,8 <sup>o</sup>	13,8 <sup>o</sup>	60,4	60,4 <sup>o</sup>	
Temperaturen am Ende:	13,8	19,3	44,0	50,0	
Temperaturdifferenzen:	0,0	+ 5,5	- 16,4	- 10,4	
Differenzen (I, II) u. (III, IV):	+ 5,5		(- 6,0) - (- 0,6) = - 5,4 <sup>o</sup>		

## 2. Beispiel.

Temperaturen zu Beginn:	12,9 <sup>o</sup>	12,9 <sup>o</sup>	57,0 <sup>o</sup>	56,0 <sup>o</sup>	Pulshammer vorgewärmt. Das Wasser im Gefäß II wird durch die leere Kugel um $0,2^\circ$ erwärmt.
Temperaturen am Ende:	13,2	19,3	42,8	47,8	
Temperaturdifferenzen:	+ 0,3	+ 6,4	- 14,2	- 8,2	
Differenzen (I, II) u. (III, IV):	(+ 6,1) - (+ 0,2) = + 5,9 <sup>o</sup>		- 6,0 <sup>o</sup>		

**Ein vereinfachtes Hitzdrahtmeßinstrument.**

Von Professor H. Keefer, Reutlingen (Württbg).

Bei sämtlichen technischen Ausführungen von Hitzdraht-Instrumenten wird die Verlängerung des Drahtes auf eine auf Spitzen sich drehende Zeigerwalze übertragen. Das genaue Arbeiten dieses Mechanismus ist wesentlich von der einwandfreien Spitzenlagerung der Walze abhängig. Man umgeht diese Schwierigkeit und hat dabei noch einen für Vorführungszwecke äußerst einfachen, übersichtlichen und lehrreichen Wärmeausdehnungsapparat, wenn man die im folgenden beschriebene Konstruktion benutzt, die sich bei den Schülerübungen des Verfassers bewährt hat. Das Instrument ist nach dem Prinzip des Horizontalpendels (Fig. 1) gebaut,  $AD$  und  $BC$  sind zwei dünne, gleich lange Drähte, welche an dem schweren Zeiger  $ZAB$  in den beiden nahe beieinanderliegenden Punkten  $A$  und  $B$  einerseits und in den Punkten  $D$  und  $C$  eines Statives andererseits befestigt sind. Bei Erwärmung dieser Drähte wird sich der Zeiger in der Richtung des Pfeiles drehen. Der Drehpunkt ist die Mitte der kleinen Strecke

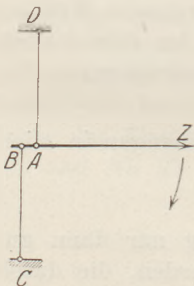


Fig. 1.



Fig. 2.

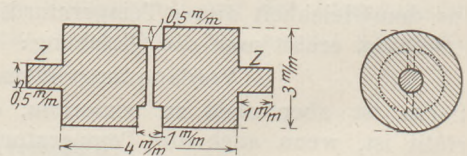


Fig. 3.

$AB$ ; und schon eine ganz geringe Verlängerung von  $AD$  bzw.  $BC$  bewirkt eine sehr deutliche Drehung des Zeigers  $Z$ .

In dem Instrument des Verfassers wird der Hitzdraht in der durch die Figur 2 dargestellten Weise um eine mit einer  $1/2$  mm tiefen Rinne versehene, ganz kleine



Kupfer- oder Messingwalze so gelegt, daß der Draht dabei auch noch durch ein enges, diametral gebohrtes Loch der Walze S-förmig hindurchgezogen ist. Das Röllchen hat etwa die in der Figur 3 eingezeichneten Maße; es erhält seinen Halt durch den in der Rinne liegenden und durch die Bohrung geführten Hitzdraht. Auf beiden Seiten trägt es kurze, zentrisch angeordnete Zapfen (Z), in welche eine aus  $\frac{1}{4}$  mm dickem Aluminiumblech hergestellte, ungefähr 2 cm lange Klammer von der in Figur 4 gezeichneten Form mit einer ganz einfachen Haltevorrichtung für einen als Zeiger dienenden Grashalm eingesetzt und gut vernietet wird. Durch das vordere Loch C der Klammer wird der Zeiger geschoben, der dann mit Reibung zwischen

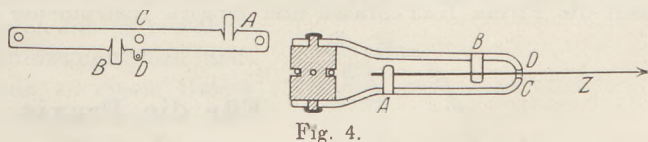


Fig. 4.

den rechtwinkelig umgebogenen Aluminiumstreifen A und B festsitzt. Oberhalb des Loches C ist der Zeigerhalter noch mit einem kleinen Ansatz versehen, der noch einem zweiten Loch D zur Aufnahme der Haltefeder F (Fig. 5) dient, die den Hitzdraht zu spannen und dem Zeiger eine bestimmte Anfangslage zu geben hat. Die normalen Änderungen der Temperatur, die die Länge des Hitzdrahtes ebenfalls verändern, werden bei den meisten technischen Instrumenten dadurch kompensiert, daß man das ganze System auf einem Metallrahmen befestigt, dessen Ausdehnung bei Temperaturschwankungen die des Hitzdrahtes ausgleicht. Das ganze Instrument ist in Figur 5 abgebildet; es besitzt keine derartige Temperaturkorrektur.

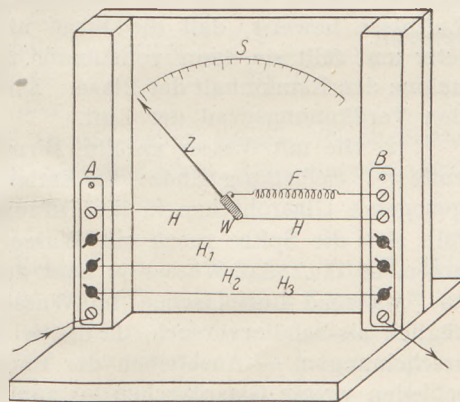


Fig. 5.

Als Hitzdraht H dient ein 0,2 mm dicker, 30 cm langer Nickelindraht, der mittels Schrauben auf den beiden Messingstreifen A und B festgeklemmt ist. W ist die Zeigerwalze, die genau in der Mitte des Drahtes befestigt ist; Z ist der 25 cm lange, sehr leichte Grashalm, der als Zeiger auf der Skala S spielt. F ist die ziemlich lange aus hartem Messingdraht gewundene Spannfeder.  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$  sind mit dem Hitzdraht gleich lange und gleich dicke Nickelinnenschlußdrähte. Eine magnetische Dämpfung für die Zeigerschwingungen, wie sie jetzt die meisten technischen Instrumente erhalten, fehlt diesem selbstgefertigten Meßapparat. Sie könnte zwar ganz bequem noch unterhalb der Rolle W angebracht werden; denn es wäre nur nötig, den einen Schenkel der Halteklammer des Zeigers um etwa 10 bis 15 mm rückwärts zu verlängern und das überragende Aluminiumscheibchen zwischen den eng gestellten Polen eines Hufeisenmagneten sich bewegen zu lassen. Für das Anbringen einer solchen Dämpfung lag jedoch kein besonderes Bedürfnis vor. Soll das Meßinstrument richtig anzeigen, so muß der Hitzdraht vor allem gegen Luftströmungen geschützt werden; er muß daher eingebaut sein. Dies ist ganz besonders bei der Eichung des Instrumentes zu beachten. Will man dasselbe Instrument als Voltmeter verwenden, so muß dem Hitzdraht ein bestimmter Zusatzwiderstand vorgeschaltet werden.

Am besten eignen sich Neusilber, Nickelin, Manganin und Konstantan für Hitzdrähte, insbesondere für das vom Verfasser konstruierte Meßinstrument, da es hier ganz besonders wegen der einfachen Übersetzung auf eine genügend große Drahtverlängerung ankommt.

Die Drähte müssen sehr dünn sein, doch richtet sich ihre Stärke auch nach der zu messenden maximalen Stromstärke. Im allgemeinen aber benützt man den-

selben Hitzdraht, wenn stärkere Ströme zu messen sind, im Nebenschluß mit verschiedenen Shunts. Hier könnte es aber vorkommen, daß der Draht wegen seines großen Widerstandes nicht genügend Strom zu seiner Erwärmung durchließe. Für diesen Fall wird dann bei den technischen Schalttafel-Instrumenten der Strom durch ein lockeres Silberbändchen dem Hitzdraht in der Mitte zugeführt. In der Technik der drahtlosen Telegraphie werden heute Hitzdraht-Instrumente fast ausschließlich auch für schnelle Schwingungen in besonderer Ausführung gebraucht; namentlich baut die Firma Hartmann und Braun Instrumente dieser Art.

## Für die Praxis.

**Verwendung ausgebrannter Glühlampen.** Von Dr. Schäfer-Friedberg (Hessen). Als 1. Heft der „Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft“ erschien „Grimsehl, Die elektrische Glühlampe im Dienst des physikalischen Unterrichts“. Im folgenden seien noch einige Versuche angeführt, die sich mittels Glühlampen mit durchgebrannten Glühdrähten anstellen lassen.

1. Bricht man unter Wasser die Spitze einer wagrecht gehaltenen Glühlampe ab, so füllt sie sich nahezu vollständig mit Wasser. Die im Innern auftretende kleine Luftblase beweist, daß die Birne nicht völlig luftleer war. Wägt man die Birne jetzt und füllt sie dann vollständig mit Wasser, so erhält man aus der Gewichtszunahme den Rauminhalt der Blase. Dieser durch das Volumen der Birne geteilt, ergibt den Verdünnungsgrad der Luft.

2. Die mit Wasser gefüllte Birne wird am raschesten durch Einblasen von Luft entleert. Selbsttätig findet die Entleerung dagegen statt, wenn man ein spitz ausgezogenes Glasröhrchen in die Öffnung der Birne einführt. Infolge der Kapillarität füllt sich die Spitze rasch mit Wasser. Hält man die Birne mit der Öffnung nach unten, so läuft das Wasser je nach der Weite der Glasspitze mehr oder minder rasch aus, während Luftbläschen im Wasser aufsteigen. Dieser Versuch eignet sich vorzüglich als Schülerversuch, da die bei der praktischen Ausführung auftretenden Nebenerscheinungen — Ausbleiben der Entleerung, Luftbläschen im Glasrohr, Einfluß verschieden weiter Glasröhrchen — zum Beobachten und Nachdenken zwingen.

3. Eine billige Vorrichtung zur Abnahme von Strom aus dem Ortsnetz erhält man auf folgende Weise: Man schlägt das Glas der Birne entzwei, windet ihre beiden Stromzuführungsdrähte um die blanken Enden einer zweiadrigen Leitungsschnur und umwickelt sowohl die beiden Verbindungstellen wie auch das Schnurende bis herauf zum Glasfuß der Birne mit Isolierband. Gasgefüllte Birnen eignen sich hierzu am besten, da ihre Zuleitungsdrähte dicker sind und daher weniger leicht abbrechen. Mittels dieser Vorrichtung läßt sich überall da, wo elektrische Lampen angebracht sind, Strom entnehmen. Ich verwende sie in Schülervorbereitungen und benutze als Widerstände hierbei z. T. Metall- bzw. Kohlefadenlampen, deren Fassungen sich aus starkem Draht leicht herstellen lassen, und Wasserwiderstände.

**Eine Anodenbatterie.** Von K. Freudenberg in Frankenberg, Eder. Im Januarheft dieses Jahrganges S. 32 wird eine Anodenbatterie aus Sammlern beschrieben. Ich benutze seit einem Jahr mit Erfolg eine noch billigere Anordnung. Ein einfaches Holzgestell trägt 48 Reagenzgläser in 4 Reihen. Als Elektroden dienen Bleistreifen, die in der Mitte umgebogen werden und von einem Glas in das andere reichen. Verbindungsdrähte fallen also weg. Die Formierung geschieht durch wiederholtes Laden und Entladen; doch kann die Batterie schon nach 5 Entladungen in Benutzung genommen werden.

Zum Laden verwende ich bei 220 Volt Wechselstrom einen kleinen Phy-We-Gleichrichter unter Hintereinanderschaltung aller Zellen mit 2 Glühlampen als Vor-



schaltwiderstand. Die zwei Hälften der Batterie werden dabei parallel geschaltet, um die Zellen nicht allzu hoch zu beanspruchen. Solche Gleichrichter sind übrigens leicht selbst herzustellen. Mit größeren, selbstgebaute laden wir auch die Akkumulatorenbatterie, die zur Schalttafel gehört.

**Gasentwickler für Äquivalentgewichtsbestimmungen.** Von R. Winderlich in Oldenburg i. O. Einfacher als der von KÜSPERT (33, 108) und GRUBER (34, 22) beschriebene Entwickler ist folgende, seit vielen Jahren bewährte Vorrichtung, die ich bisher nirgends angegeben fand. Ein Glasrohr ist an einem Ende zu einem Haken umgebogen und einige cm höher durchbohrt oder an der Gasflamme zu einem Loch aufgeblasen. An den Haken wird das gewogene Metall gehängt; das Rohr wird mit einer Müllerschen Maßglocke (14, 330; Vorläufer schon 1849 Journ. f. prakt. Chemie 47, 299) verbunden und mit gutem Gummistopfen in eine Kegelflasche (ähnlich bei REBENSTORFF, *ds. Ztschr.* 18, 278; 1905) oder gewöhnliche Kochflasche so eingesetzt, daß zunächst das Metall die Säure in der Flasche nicht berührt (Fig. 1). Sobald der Stand der Wassersäule in der Meßglocke abgelesen ist, wird das Glasrohr so tief durch den Gummistopfen hindurchgedreht, bis das Metall in die Säure taucht. Nach Schluß der Gasentwicklung wird das Glasrohr bis zur ursprünglichen Höhe emporgezogen, der Gasraum wird abgelesen und auf normal umgerechnet.

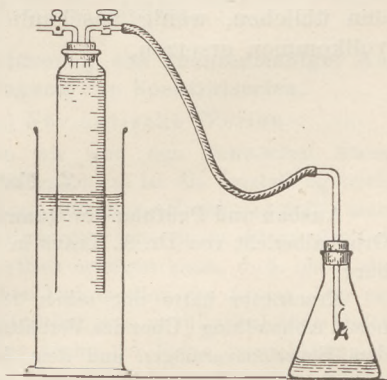


Fig. 1.

**Gefahrloses Entwickeln von  $\text{NO}_2$  beim Fehlen eines Abzuges.** Von R. Winderlich in Oldenburg i. O. Ganz gefahrlos läßt sich  $\text{NO}_2$  mit einem Kunstgriff entwickeln, der lange bekannt ist [Mayow, angeführt bei Jörgensen „Die Entdeckung des Sauerstoffs“ (Stuttgart, Encke) S. 6; Priestley „Experiments and Observations on different kinds of Air“ 1, 112]. Ein Becherglas wird mit Schrot beschwert in ein Becken mit Wasser gestellt. In das Becherglas wird ein weites Probierrglas mit Kupfer, Bleiwolle, Silberstückchen eingesetzt, darauf wird starke Salpetersäure eingegossen und das Ganze sofort mit einem großen Becherglase bedeckt (Fig. 2). Unter seinem Rande quillt anfangs Luft hervor, sobald aber die braunen Dämpfe über den Rand des Probierrglases ins Wasser niedersinken, hört das Entweichen der Luft auf, und Wasser steigt empor. Das Becherglas wird nicht eher abgehoben, bis jede Färbung verschwunden ist. In dem Sperrwasser ist Salpetersäure nachzuweisen.

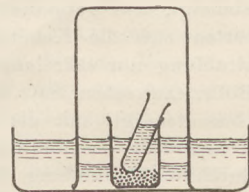


Fig. 2.

**Resonanzversuch mit der Glimmlampe.** Von Dr. Ites in Peine. Zu dem Aufsatz von Prof. Dr. F. HAUSER in Heft 1 dieses Jahrganges der Zeitschrift möchte ich folgendes hinzufügen.

1. Die in dem angeführten Aufsätze unter II beschriebenen Versuche mit der sogenannten Heliumröhre lassen sich ebensogut mit der in Heft 6 Jahrg. 34 von A. GATTERER vorgeschlagenen Glimmlampe anstellen.

2. Die Glimmlampe ist besonders zu empfehlen für die Demonstration der Resonanz elektrischer Schwingungen nach LODGE. Dieser Versuch läßt sich ohne Spulen und ohne Schwingungskreis, also bedeutend vereinfacht, auch in folgender Form ausführen. Als Sendestation genügt ein Marconisender, also eine an einen kleinen

Induktor angeschlossene Funkenstrecke, die einerseits mit einer Antenne, andererseits mit der Erde verbunden ist. Als Empfänger dient die Glimmlampe, deren einer Pol mit einer Empfangsantenne in Verbindung steht, während der andere geerdet ist. Bei jedem Funken des Induktors — ich benutze einen solchen von 2 cm Schlagweite — leuchtet die Glimmlampe auf.

Als Antennen genügen senkrecht oder wagerecht ausgespannte Drähte. Ich benutzte zuerst senkrechte Drähte von 4 m Länge, später wagerechte von 6 m Länge, um die Reichweite zu erhöhen. Dieser Versuch kann meiner Meinung nach den üblichen, wenig anschaulichen und daher wenig befriedigenden Kohärerversuch vollkommen ersetzen.

## Berichte.

### 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Ausbau und Prüfung der Quantentheorie.**  
Originalbericht von Dr. A. KLAUS in Charlottenburg.

KIRCHHOFF hatte mit seiner 1859 erschienenen Abhandlung „Über das Verhältnis zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht“ die Frage nach dem Energieinhalt der von einem Körper ausgesandten Strahlung erstmalig erfolgreich behandelt und gleichzeitig das Problem auf den charakteristischen Fall des vollkommen schwarzen Körpers zurückgeführt, dessen Begriff er damit in die Physik einführte. Der grundlegende Satz, daß das Emissionsvermögen des schwarzen Körpers nur von seiner Temperatur und der Wellenlänge der ausgesandten Strahlung abhängt, war gefunden; darüber hinaus erweiterten sich die Kenntnisse über die Energiestrahlung nur sehr langsam, so 1884 durch den BOLZMANNschen Satz der Proportionalität der Gesamtenergie mit der 4. Potenz der absoluten Temperatur des strahlenden Körpers und 1893 durch die Auffindung des WIENSchen Verschiebungsgesetzes, daß der durch die Schwingungszahl  $\nu$  charakterisierten Strahlengattung eine Energiedichte  $u_\nu = \nu^3 f(T/\nu)$  zukommt. Die hieraus abzuleitende Folgerung  $\lambda_{max} \cdot T = \text{const}$  befruchtete die experimentelle Forschung, die in den Jahren 1893—1900 besonders durch die ausgezeichneten Arbeiten von LUMMER und PRINGSHEIM zur Aufstellung der bekannten Isothermen der Energiestahlung führte, die übereinstimmend ein mit wachsender Temperatur zunehmendes und nach der Seite der abnehmenden Wellenlängen wanderndes Maximum lieferten. Nun war der Theorie wieder die Aufgabe gestellt, die WIENSche Funktion  $f(T/\nu)$  zu ergründen. Bekanntlich gelang es PLANCK 1900, eine solche Funktion zu finden, mit dem überraschenden Ergebnis, daß ihre Darstellung nur gelang unter der Annahme, der strahlende Körper sende seine Energie nicht als einen kontinuierlichen

Energiefluß, sondern in einzelnen diskreten Energiestößen  $\epsilon_\nu$ , die sich für jede Strahlenart der Schwingungszahl  $\nu$  proportional erwiesen:  $\epsilon_\nu = h \cdot \nu$ , wobei nun  $h$  eine Konstante war. Letztere von der Dimension  $\text{erg} \times \text{sec}$  wurde das universelle elementare Wirkungsquantum genannt. Neben dieser Strahlungskonstanten  $h$  enthält die den Strahlungsvorgang sehr gut darstellende Formel noch eine zweite universelle Konstante  $k$ , die PLANCKsche Entropiekonstante, die durch den Zusammenhang der Entropie  $S$  des strahlenden Körpers mit der Wahrscheinlichkeit  $W$  der Verteilung der Gesamtenergie auf seine Atome in der Gleichung bestimmt ist:  $S = k \cdot \log \text{nat } W$ .

War anfangs die Bestätigung dieser Quantentheorie auf die Strahlungsvorgänge selber beschränkt, indem die PLANCKsche Strahlungsformel

$$u_\nu = \frac{8 \pi h \nu^3}{c^3} \left( e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1 \right)^{-1} \dots (1)$$

( $c = 3 \cdot 10^{10}$  cm sec<sup>-1</sup>) nicht nur die Isothermen gut wiedergab, sondern auch alle bisher bekannten und bestätigten Strahlungsgesetze und Annäherungsformeln umfaßte, so dehnte sich das Anwendungsgebiet des quantenhaften Energieaustausches überraschend schnell auf die molekularen Vorgänge im allgemeinen aus. Der Ausbau der BOHRschen Theorie über die Entstehung der Serien im Linienspektrum, die Theorie der BALMER-RYDBERGschen Formel sind auf ihrem Boden möglich gewesen. Die bedeutendste Erweiterung ist wohl von EINSTEIN vollzogen worden, der bereits 1905 bei photochemischen und lichtelektrischen Prozessen den Verbleib einzelner Energiequanten rechnerisch verfolgte, während vorher das Anwendungsgebiet der Quantentheorie auf statistische Mittelwerte, d. h. Summationswirkungen beschränkt war. Z. B. beim lichtelektrischen Effekt (d. h. bei der Ausstrahlung von Elektronen aus Metallen bei Belichtung) muß das vom



Metallatom absorbierte Energiequantum  $h\nu$  in kinetische Energie des ausgesandten Elektrons umgesetzt worden, wobei noch die „Lösungsarbeit“  $P$  zu berücksichtigen ist, weil das unbundene Elektron eine elektrische Doppelschicht an der Oberfläche des Metalls zwischen diesem und dem umgebenden Gasraum durchlaufen muß. So kommt EINSTEIN zu der Gleichung

$$h\nu = P + \frac{1}{2} \mu q^2 \dots \dots (2),$$

worin  $\mu$  die Masse,  $q$  die Geschwindigkeit des austretenden Elektrons ist. Ganz konsequent hat SOMMERFELD diese Anschauung auf jeden reinen Molekularprozeß ausgedehnt, indem er fordert, daß ein atomarer Prozeß des Energieaustausches nur dann stattfinden kann, wenn die bei der Wechselwirkung aufgenommene Wirkungsgröße einen universellen, durch  $h$  bestimmten Wert erreicht. Die wesentliche Bedeutung dieser Erweiterungen ist darin zu sehen, daß hier nicht mehr periodische Vorgänge betrachtet werden, die der Einführung der Wirkungsquanten in den PLANCKSchen Atom-Oszillationen zugrunde gelegen haben. Damit ist der Boden der „klassischen“ Quantentheorie verlassen und das Anwendungsgebiet für jede energetische Wechselwirkung atomarer Prozesse geschaffen.

Mit der ungeheueren Vielseitigkeit der Anwendungen wächst nun die Möglichkeit der experimentellen Prüfung der Theorie, denn da jeder Vorgang dem allumfassenden Energiegesetz unterworfen ist, der Energieaustausch aber durch das universelle Wirkungsquantum  $h$  geregelt wird, läuft die Frage der Gültigkeit bzw. der Bestätigung der Quanten auf die Frage nach der Bestimmbarkeit der Konstanten  $h$  hinaus: je vielseitiger die  $h$ -Bestimmungen und je besser die Übereinstimmung der ermittelten Werte untereinander, desto sicherer ist die Quantentheorie begründet. Es sei daher einiges aus dem umfangreichen vorliegenden experimentellen Material besprochen.

### I. $h$ -Bestimmung aus der Strahlungsformel.

Die Integration der PLANCKSchen Strahlungsformel über alle denkbaren  $\nu$ -Werte gelingt durch Einführung des Logarithmus, Partialbruchzerlegung und Reihenentwicklung und ergibt dann für die Gesamtenergie:  $u = \int_0^\infty u_\nu d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \cdot 6,4938 \left(\frac{kT}{h}\right)^4 = 6,0447 \cdot 10^{-30} T^4 \cdot \frac{k^4}{h^3}$ .

Bei bekanntem  $T$  und bolometrisch gemessenem  $u$  ist also der Quotient  $k^4/h^3$  bestimmbar. Anderseits kann aus (1) durch Beobachtung an Isochromaten (konstantes  $\nu$ ) bei mindestens zwei

Temperaturen  $T'$  und  $T''$  der Quotient  $h/k$  er-

mittelt werden, weil  $u_{\nu'} : u_{\nu''} = \left( e^{\frac{h\nu'}{kT'}} - 1 \right) : \left( e^{\frac{h\nu''}{kT''}} - 1 \right)$  ist. Beide Beziehungen gestatten

eine getrennte Berechnung von  $k$  und  $h$ ;  $k$  stimmt sehr gut mit dem aus den Konstanten für vollkommene Gase berechneten Werten,  $h$  wird zu  $6,415 \cdot 10^{-27}$  ergsec gefunden.

### II. $h$ -Bestimmung aus quantenmäßiger Anregung von Spektralserien.

#### a) Für optische Wellen.

Machen wir von den BOHRschen Atommodellen Gebrauch, so ist die Vorstellung leicht durchführbar, daß der „Zusammenstoß“ eines bewegten Elektrons mit einem Atom elastisch oder unelastisch erfolgen kann, d. h. ohne oder mit bewirkter Deformation des Atoms. Der unelastische Stoß hat eine vorübergehende Deformierung des Atoms zur Folge, wenn Atomelektronen auf höhere Bahnen gehoben werden (BOHRscher oder „angeregter“ Zustand), von wo sie nach kurzer Lebensdauer ( $10^{-8}$  sec) unter Strahlung zurückfallen; er bewirkt eine dauernde Deformierung, wenn Atomelektronen aus dem Atomverbande herausgeschleudert werden (Ionisation). In beiden Fällen muß der Geschwindigkeitsverlust des stoßenden Elektrons die Energie für den atomaren Vorgang liefern; die Elektronengeschwindigkeit muß also mindestens so groß sein, daß ihr Verlust die absorbierte Energie decken kann. Denken wir uns also die Geschwindigkeit  $q$  des Stoßelektrons von kleinen Werten ab allmählich gesteigert, so wird erst von einem Schwellenwert  $q_a$  ab seine Energie zur Anregung des Atoms ausreichen und damit Strahlung nachweisbar sein, von einem größeren Grenzwert  $q_j$  ab Ionisation beobachtet werden. Hat die erregte Strahlung die Frequenz  $\nu$ , so heißt die Quantengleichung  $h\nu = \frac{1}{2} \mu q_a^2$ . Die kinetische Energie des stoßenden Elektrons wird aber gewonnen, indem es durch ein elektrostatisches Feld mit dem Potential  $V$  fällt; daher muß letzteres einen bestimmten Wert  $V_R$  (Resonanzpotential) haben, der die kritische Geschwindigkeit  $q_a$  erzeugt. Ist  $e$  die Ladung des Elektrons, so ist aus energetischen Gründen  $\frac{1}{2} \mu q_a^2 = e V_R$  und somit  $h\nu = e V_R$ . Wird für  $e$  der MILLIKANSche Wert  $4,774 \cdot 10^{-10}$  el. stat. Einh. gesetzt, so kann  $h$  hieraus bei gemessenem  $\nu$  und  $V_R$  berechnet werden.

Es werde an einem Beispiel die prinzipielle Durchführung einer Messung geschildert. Als Elektronenquelle dient ein feiner Glühdraht  $P$  aus Platin (Fig. 1), der von einem metallischen Auffangzylinder  $Z$  umgeben ist. Zwischen beiden

<sup>1)</sup> Erfüllung des BOLTZMANNschen Strahlungsgesetzes.

kann aus der Batterie  $B$  ein elektrostatisches Feld  $V$  angelegt werden, das durch den Schleifkontakt  $K$  reguliert wird, womit sich die Geschwindigkeit der aus  $P$  entbundenen Elektronen ändert.  $Z$  wird durch den Elektronenstrom aufgeladen und schickt durch das Galvanometer  $G$  einen meßbaren Strom zur Erde, der mit wachsendem Potential zunächst gleichmäßig zunimmt. Da das Ganze in ein Glasgefäß eingeschmolzen ist, kann der Raum innerhalb  $Z$  beliebig mit Gasen (Metalldämpfen) gefüllt oder evakuiert werden. Zur Untersuchung sind besonders einatomige Substanzen geeignet. Bei Quecksilberdämpfen haben FRANCK und HERTZ

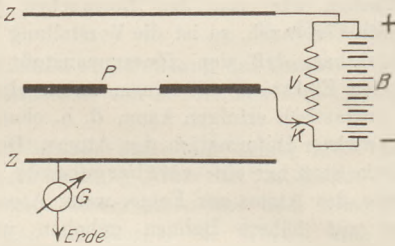


Fig. 1.

eine durch Elektronenstoß erregte monochromatische Linie  $\lambda = 2536,7 \text{ \AA-E}$ , die dem normalen  $Hg =$  Spektrum angehört, bei einem Resonanzpotential von 4,9 Volt festgestellt. Gleichzeitig wies die die Abhängigkeit des Galvanometerstromes von  $V$  darstellende Kurve bei diesem Potential einen Knick im Sinne langsamerer Zunahme auf, entsprechend dem erlittenen Geschwindigkeitsverlust der Elektronen. Die aus Messungen dieser Art ermittelten  $h$ -Werte stimmen unter sich gut auf wenige Prozente überein und ergeben im Mittel  $h = 6,56 \cdot 10^{-27} \text{ ergsec}$ .

#### b) Für Röntgenstrahlen.

Die Erregung der Röntgenstrahlen geschieht bekanntlich durch Bremsung schneller Elektronen an der Antikathode, weshalb sie auch „Bremsstrahlung“ genannt wird. Im allgemeinen ergibt sich ein kontinuierliches Spektrum, erst von einer bestimmten mit der Substanz der Antikathode wechselnden Elektronengeschwindigkeit ab erhalten wir ein für jedes Metall charakteristisches Linienspektrum. Jedes kontinuierliche Röntgenspektrum zeigt nun eine auffallend scharfe Grenze nach der Seite der kurzen Wellen ( $\nu_{max}$ ) und es zeigt sich, daß der EINSTEINsche Quantenansatz  $h\nu = \epsilon V$ , der eigentlich ein Linienspektrum erwarten ließe, für diese Grenzwinkelung gilt, welcher ein bestimmtes Minimalpotential  $V_{min}$  entspricht, das eben noch zur Erregung einer Röntgenstrahlung befähigt ist. Aus der Beziehung  $h \cdot \nu_{max} = \epsilon V_{min}$  wird sich wiederum eine  $h$ -Bestimmung ermög-

lichen lassen, wenn zuverlässige Messungen von  $\nu$  und  $V$  ausgeführt werden können.

Die Frequenz (oder Wellenlänge) wird am genauesten nach der von W. H. und W. L. BRAGG und DE BROGLIE angegebenen Methode des „Glanzwinkels“ bestimmt. Im Gegensatz zu dem zuerst von LAUE angegebenen Verfahren der  $\lambda$ -Bestimmung aus der Beugung der einen Kristall durchsetzenden Strahlen werden hierbei die an der Oberfläche eines Kristalls reflektierten Strahlen beobachtet, wobei ähnlich wie bei LAUES Versuch die Raumgitterstruktur der Kristalle ausschlaggebenden Einfluß auf den Reflexionsvorgang ausübt. In Fig. 2 bezeichnen  $E_1 E_2 E_3$  eine Reihe von Netzebenen im Kristall, die in bestimmter regelmäßiger Weise mit den die Kristallmolekeln aufbauenden Atomen besetzt sind.  $S_1 S_2 S_3$  sind parallel einfallende Röntgenstrahlen gemischter Frequenz, die in ABC an den Netzebenen reflektiert werden. Die reflektierte Strahlung AR wird das Ergebnis einer Interferenz sein, die nur dann eine namhafte Intensität aufweist, wenn der Gangunterschied der einzelnen Strahlen ein Vielfaches der Wellenlänge  $\lambda$  ist. Die Bedingung:  $DB + BA - FA = \lambda$  liefert:  $\frac{d}{\sin \alpha} + \frac{d}{\sin \alpha} - (2d \cdot \cot \alpha) \cdot \cos \alpha = \lambda$  oder  $2d \sin \alpha = \lambda$ , so daß bei bekannter Gitterkonstanten  $d$  und meßbarem

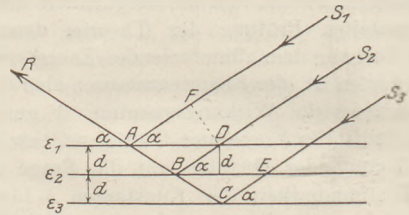


Fig. 2.

Glanzwinkel  $\alpha$  die Wellenlänge eines monochromatischen Röntgenstrahles bestimmt werden kann. Die Ermittlung von  $d$  ist eine Aufgabe der Molekularphysik und gelingt aus den Atomgewichten der Kristallmolekel, der Dichte des Kristalls und der LOSCHMIDTSchen Zahl; sie ist beim Steinsalzkrystal sehr genau bekannt  $d = 2,814 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ .

Der Glanzwinkel wird am sichersten nach dem BRAGGSchen Verfahren des Drehkristalls im Röntgenspektrometer bestimmt, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die zweite experimentelle Aufgabe war die Bestimmung von  $V_{min}$ . Diese wird mit Hilfe einer Intensitätsmessung der Röntgenstrahlen durchgeführt, wobei sich ja das eben beginnende Auftreten von Strahlungen bemerkbar machen muß. Die besonderen für diese Messungen bestehenden Schwierigkeiten überwindet am besten die Fähigkeit der Röntgenstrahlen, Gase zu ionisieren; die Ionisierung ist in gewissen Grenzen



der Intensität der Röntgenstrahlen proportional. Der im Spektrometer reflektierte Strahl wird zu diesem Zweck in eine nur durch sehr dünne Aluminiumfolie abgeschlossene Gaskammer (Ionisierungskammer) geschickt, in der die Ionisation des Gases durch Aufladung eines hochempfindlichen Elektrometers unter dem Einfluß eines statischen konstant gehaltenen Feldes von etwa 200 Volt gemessen wird. Hiernach kann die Energieverteilung im Röntgenspektrum bei konstantem Entladungspotential bestimmt werden: es ergibt sich der von dem Gesetz  $h\nu_{max} = \epsilon V_{min}$  geforderte scharfe Einfall der Kurve bei kleinen Wellenlängen. (Vgl. Fig. 3, die eine von MOSELEY und DARWIN an Steinsalz erhaltene isopotentiale Kurve darstellt.)

Eine zweite Möglichkeit der Bestimmung des Minimumpotentials besteht in der Aufnahme von Isochromaten, indem die Abhängigkeit der Ionisation von der Entladungsspannung bei bestimmter unveränderlicher Frequenz ermittelt wird. Solche Messungen sind von E. WAGNER mit hoher Präzision ausgeführt worden, wobei die Röntgenröhre mit Hochspannungsbatterien bei verhältnismäßig kleiner Spannung (geringe Sprühverluste) betrieben wurde. Die typische Form der Isochromaten in der Nähe des Minimumpotentials zeigt Fig. 4, aus der auch hervorgeht, wie  $V_{min}$  sehr scharf als Schnitt der geradlinig einfallenden Kurve mit dem horizontalen Nullstrom ermittelt wird, da sich sowohl das Auftreten des letzteren als auch die das allmähliche Übergehen vortäuschenden Abweichungen restlos aus der Versuchsanordnung aufklären lassen. Mit WAGNERS Werten ergibt sich der z. Z. genaueste Wert von  $h = 6,53 \cdot 10^{-27}$  ergsec mit einer Ungenauigkeit von höchstens  $0,01 \cdot 10^{-27}$ . Messungen von DUANE-HUNT und WEBSTER an Isochromaten sind hiermit in bester Übereinstimmung.

Hervorgehoben sei, daß der Quantenansatz des Energieaustausches sich bei optischen und Röntgenstrahlungen über das sehr weite Gebiet von rund 17 Oktaven bestätigt hat.

### III. $h$ -Bestimmung aus dem lichtelektrischen Effekt.

Der lichtelektrische Effekt stellt die Umkehrung der oben behandelten Resonanzanregung dar. Seine allgemeine Energiebeziehung ist oben durch Gleichung (2) entwickelt worden; hierin bereitet die experimentelle Bestimmung der Loslösungsarbeit  $P$  Schwierigkeiten. Sie wirkt sich aus in einem Geschwindigkeitsverlust des Elektrons, der wieder einem bestimmten Be-

schleunigungspotential  $V'$  äquivalent ist, wenn allgemein statt einer kinetischen Energie  $\frac{1}{2}\mu q^2$  die entsprechende Ladungsarbeit  $\epsilon V$  eingesetzt wird. Mit deren Einführung geht (2) über in

$$h\nu = \epsilon V + \epsilon V' \dots (3)$$

Mit abnehmender Frequenz  $\nu$  wird das absorbierte Energiequantum hiernach geringer, so daß es eine Grenze  $\nu_0$  mit zunehmender Wellenlänge geben muß, die eben nicht mehr zur Entbindung von Elektronen hinreicht. Dann ist  $V = 0$  und

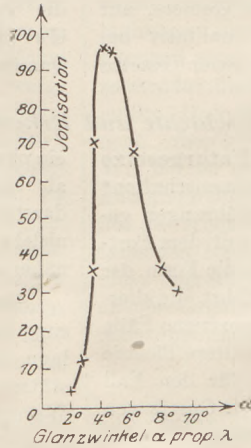


Fig. 3.

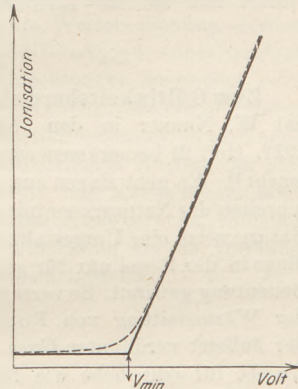


Fig. 4.

$h\nu_0 = \epsilon V'$  und somit  $h(\nu - \nu_0) = \epsilon V$ . Von allen Folgerungen, die aus dieser EINSTEINSCHEN Gleichung gezogen werden können, ist diejenige der linearen Abhängigkeit von  $\nu$  und  $V$  experimentell die wichtigste, die sich auch in weitem Umfange bestätigt hat. Quantitativ wird sie u. a. so verfolgt (von MILLIKAN, HENNINGS und KADESCH), daß einer schräg mit monochromatischer Strahlung belichteten Platte  $P_1$  eine zweite  $P_2$  gegenübergestellt wird, die zunächst von dem aus  $P_1$  austretenden Elektronenstrom negativ aufgeladen wird. Stellt man aber zwischen beiden ein verzögerndes elektrostatisches Feld her ( $P_2$  negativ), so kann die Spannung allmählich soweit erhöht werden, bis ein zwischen  $P_1$  und  $P_2$  gelegtes Galvanometer Stromlosigkeit anzeigt. Der hierbei mit veränderlichem  $\nu$  der erregenden Strahlung festgestellte geradlinige Verlauf der  $(\nu, V)$ -Abhängigkeit kann zur  $h$ -Bestimmung herangezogen werden. Aus (3) folgt nämlich  $h\nu_1 = \epsilon V_1 + \epsilon V'$ ,  $h\nu_2 = \epsilon V_2 + \epsilon V'$ , mithin  $h(\nu_1 - \nu_2) = \epsilon(V_1 - V_2)$  oder  $h = \epsilon \frac{V_1 - V_2}{\nu_1 - \nu_2}$ . Der Bruch stellt hierin die Neigung der Geraden gegen die  $\nu$ -Achse dar. Aus Messungen von MILLIKAN ( $M$ ) und SABINE ( $S$ ) ergibt sich hiernach z. B. an Lithium ( $M$ ):  $h = 6,584 \cdot 10^{-27}$  ergsec, an Natrium ( $M$ ):  $h = 6,509 \cdot 10^{-27}$  ergsec, an Zink ( $S$ )  $h = 6,70 \cdot 10^{-27}$  ergsec, wovon letzterer Wert die größte Ab-

weichung unter den einschlägigen Messungen darstellt. Die Bestimmungen sind sonach nicht als Präzisionsmessungen anzusprechen, geben aber eine gute Bestätigung der Quanten, vor allem der Einsteinschen Gleichung, deren besondere Bedeutung im Sinne des Ausbaues zu der erweiterten Quantentheorie oben besprochen wurde.

Die hierskizzierten Anwendungen der Quanten geben einen kleinen Ausschnitt der wichtigsten und experimentell zuverlässigsten Gebiete, auf vielen anderen ist die Theorie qualitativ bestätigt und hat zur Auffindung neuer Gesetze

geführt. Sie erweitert ständig ihren Geltungsbereich auf alle die Atomistik betreffenden Prozesse. Schon liegen theoretische Arbeiten von EINSTEIN und grundlegende experimentelle Arbeiten insbesondere von WARBURG über chemische Energiewirkungen der Strahlungen vor, die wieder eine neue Brücke zwischen Energiequanten und Atommodellen zu schlagen scheinen.

Auf Angabe der Originalliteratur wurde bei ihrem ungeheuren Umfang verzichtet; man findet die vollständigsten Angaben hierüber in W. Gerlach, die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie (Sammlung Vieweg), vgl. S. 195.

### 3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

**Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze** hat W. NERNST in den „Naturwissenschaften“ 1922, Heft 21 bemerkenswerte Ausführungen gemacht<sup>1)</sup>. Er geht davon aus, daß mit dem Fortschreiten der Naturerkenntnis auch die Form der Naturgesetze eine Umgestaltung erfährt, die allerdings in der Regel nur für gewisse extreme Fälle Bedeutung gewinnt. So versagt die ältere Theorie der Wärmeleitung von Fourier für den Fall der äußerst verdünnten Gase, so das Gesetz von Boyle für sehr hohe wie für geringe Drucke. Es drängt sich bei historischer Betrachtung die Überzeugung auf, daß wir kein Naturgesetz in endgültiger Fassung besitzen. Selbst das Newtonsche Attraktionsgesetz hat seine Korrektur in der Lorentztransformation und der daran anschließenden Einsteinschen Relativitätstheorie gefunden; aber auch diese stellt kein endgültiges Naturgesetz dar, „schon die absolute Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, mit der sie operiert, wird sich vielleicht bald als eine Annäherung herausstellen“. Ebenso ist auch die Theorie der elektrischen Fernkräfte, die in den Maxwell'schen Gleichungen zusammengefaßt war, mit der Quantentheorie der Strahlung von Planck und Bohr, angewandt auf die Bewegung des einzelnen Elektrons, unvereinbar und findet damit eine Grenze ihres Gültigkeitsbereichs. Wollte man aber die Anwendbarkeit der Gesetze auf einen bestimmt begrenzten Bereich beschränken, so sei doch vom strengen logischen Standpunkt aus zu sagen, daß der Fluch der Ungenauigkeit, wenn außerhalb der Grenzen vorhanden, doch auch auf jeder Anwendung innerhalb dieser Grenzen lastet, nur daß die Fehler hier auf unmeßbar kleine Beträge herabsinken.

Der Verfasser glaubt hieraus schließen zu dürfen, daß auch das Kausalgesetz, das er für

<sup>1)</sup> Der Aufsatz gibt den Inhalt einer Rede wieder, die der Verfasser beim Antritt des Rektorats an der Berliner Universität am 15. Oktober 1921 gehalten hat.

ein oberstes Erfahrungsgesetz ansieht, nicht mehr als eine im allgemeinen sehr gute Annäherung darstellt. Hierin dürfte ihm die neuere Erkenntnistheorie, ebenso wie die Kantische aus hier nicht näher zu erörternden Gründen nicht folgen.

Der Verfasser sucht die eben erwähnte Folgerung durch den Hinweis auf die statistische Unterlage der thermodynamischen Grundgesetze zu stützen. Bekanntlich ist der zweite Hauptsatz der Wärmelehre nur der Ausdruck des Zustandes größter Wahrscheinlichkeit, aber nicht absoluter Notwendigkeit, so daß v. Smoluchowski ihn (1913) als eine nur sehr angenähert gültige Regel bezeichnen durfte. Dieser Charakter kommt nun nach der Ansicht von W. Nernst allen unseren Naturgesetzen zu; sie alle prophezeien ein Ereignis nie mit absoluter Sicherheit, sondern immer nur mit sehr großer Wahrscheinlichkeit. Dies wird an dem Beispiel der Radioaktivität näher ausgeführt. Der Verfasser fragt: Wie ist es zu erklären, daß bei dem langsamen Zerfall des Radiums das eine Atom sich schon in der nächsten Sekunde, ein anderes erst nach einem Jahrtausend, ein drittes erst nach Millionen Jahren spaltet? Die Energie der Wärmebewegung spielt hier nicht die Rolle, wie bei den gewöhnlichen chemischen Prozessen, da durch die Intensität der Wärme die Geschwindigkeit der Umwandlung in keiner Weise beeinflußt wird. Dagegen scheinen neuere Auffassungen die Möglichkeit einer Aufklärung zu bieten. Hiernach sind im Lichtäther in der Form der „Nullpunktsenergie“ ungeheure Energiebeträge aufgespeichert; nach einer Vermutung von Wiechert in Göttingen sind es die Schwankungen der Nullpunktsenergie, die den explosiven Zerfall des Atoms eines radioaktiven Elements auslösen. Gemäß dieser „Arbeitshypothese“ können in zwei ursprünglich selbst in den Bewegungen der einzelnen Moleküle als völlig gleich vorausgesetzten Gasmassen durch die Schwankungen der Nullpunktsenergie die Moleküle verschieden beeinflußt werden, so daß sich



nach einiger Zeit Verschiedenheiten herausstellen, die z. B. in der Brownschen Bewegung suspendierter Staubteilchen in die Erscheinung treten können. Die Annahme der Schwankungen der Nullpunktsenergie ist eine Hypothese, die unser Kausalitätsbedürfnis, wie man früher zu sagen pflegte, auch hinsichtlich der radioaktiven Vorgänge befriedigt. Eine völlig genaue Beschreibung der Einzelvorgänge ist uns gleichwohl verschlossen.

Der Verfasser faßt das Ergebnis seiner Betrachtungen folgendermaßen zusammen: „Erfahrungsgemäß steht fest, daß unsere Naturgesetze provisorischen Charakters sind, den sie höchst wahrscheinlich nie verlieren werden; bisher wenigstens ist noch jedes Naturgesetz an Grenzen gelangt, außerhalb deren es uns merklich im Stich läßt, innerhalb deren es zwar praktisch unmerklich, im Prinzip aber ebenso unrichtig wird. Es ist ferner wahrscheinlich, daß alle unsere Naturgesetze von dem Charakter des zweiten Wärmesatzes, d. h. wesentlich statistischen Charakters sind. Also auch innerhalb der oben angegebenen Grenzen könnte hiernach ein Naturgesetz gelegentlich einmal weitgehend versagen, nur ist

das Eintreten dieses Falles so überaus unwahrscheinlich, daß bei den praktischen Anwendungen (im allgemeinen wenigstens) nicht damit zu rechnen ist.“ Gegenüber der bisher üblichen Fassung des Kausalitätsprinzips als eines absolut strengen Naturgesetzes sei es daher wohl gegenwärtig „Pflicht der Naturforschung, diese Fesseln so weit zu lockern, daß der freie Schritt des philosophischen Denkens nicht mehr behindert wird.

Die Parallele, die der Verfasser zum Schluß zwischen dieser „Lockerung“ und gewissen theologischen Lehren zieht, läßt erkennen, wie grundstürzend seine Auffassung, wenn sie sich durchsetzte, für die gesamte Weltanschauung werden müßte. Doch dürfte die Bündigkeit seiner Schlüsse noch erheblichen Anfechtungen ausgesetzt sein. Wie bei der anfänglich unbegrenzt erscheinenden Energieproduktion des Radiumatoms, so wird auch bei der scheinbar willkürlichen Auslese der zerfallenden Radiumatome das Kausalgesetz noch nicht umgestoßen, diese Auslese bleibt vielmehr an der Grenze der Forschung als ein vorläufig noch ungelöstes Problem bestehen. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

Grundfragen der chemischen Methodik, erörtert an einigen neueren Veröffentlichungen. Originalbericht von O. OHMANN. (Schluß aus Heft II.)

Eine Grundfrage, die tief in die Gestaltung des Lehrganges eingreift und die neuerdings teilweise im Brennpunkt der Erörterungen gestanden hat, ist die Frage nach der Stellung und dem Ausmaß der Theorien, besonders auch der neueren (wie der Iontheorie und der Wernerschen Anschauungen) und neuesten (die moderne Atomistik betreffenden) Theorien. Im allgemeinen muß immer wieder daran erinnert werden, daß es falsch ist, nach akademischer Weise die Theorien ganz oder teilweise vorwegzunehmen. Die Zeiten für die Abfassung von Schullehrbüchern, die mit einer umfangreichen theoretischen Einleitung beginnen, um dann die Elemente in systematischer Anordnung folgen zu lassen, sollten endgültig vorüber sein. Eine stärkere Häufung von Theoretischem wirkt allemal ermüdend; die theoretischen Erläuterungen sollen vielmehr abschnittsweise dem Lehrgange an geeigneten Stellen eingegliedert werden. Was zunächst die Stellung der älteren Theorien, der Atomtheorie mit ihrer Vorbereitung durch die Richterschen Einsichten, die Daltonschen Proportionsgesetze, das Gay-Lussac-Humboldtsche Volumgesetz usw. anlangt, so sind die Meinungen darüber geteilt, ob diese Atomtheorie schon auf der Unterstufe Platz greifen solle. Mindestens möchten wir hier für Freiheit eintreten. Mehr deduktiv gerichtete,

etwa auf den mathematisch-physikalischen Unterricht eingestellte Lehrernaturen befürworten zuweilen eine möglichst frühzeitige Durchnahme, die wir aber nur ausnahmsweise gelten lassen möchten. Wir müssen aber auch zwischen der Unterstufe vom Realgymnasium und der von der Oberrealschule unterscheiden; auf der Unterstufe von manchem Realgymnasium wird der Chemie so wenig Zeit gegönnt, daß es nicht zu verantworten wäre, hier schon von der Atomtheorie zu reden — ganz abgesehen von dem unglaublichen Zustand der sog. Reformrealgymnasien, die in der UI überhaupt keine Chemie haben. Dagegen halten wir es durchaus für angezeigt, daß auf den sechsklassigen Realschulen diese Theorie nicht übergangen wird. — Was die Iontheorie betrifft, so ist die ablehnende Haltung, die Prof. A. Stock seiner Zeit dieser Theorie gegenüber einnahm (vgl. den Aufsatz „Der Chemieunterricht a. d. höheren Schulen“ in der Ztschr. f. angew. Chem., auf den wir uns vorbehalten, noch mehrfach zurückzukommen, und den Bericht darüber in ds. Ztschr. 32, 63a) ziemlich einmütigem Widerspruch begegnet. Es kann für jeden, der sich vom Schulunterricht aus mit der chemischen Methodik beschäftigt hat, keinem Zweifel unterliegen, daß wir diese so viele Erscheinungsgruppen klärende Theorie im Unterricht nicht missen können. Welche weitgehende Berücksichtigung B. BAVINK dieser Theorie im physikalischen Unterricht zuteil werden lassen will, kann hier nur beiläufig erwähnt werden (vgl.

den inhaltreichen Aufsatz „Die Ionen- und Elektronentheorie im Unterricht“, *ds. Ztschr.* 29, 173; 1916). — Was wir von den bedeutsamen WERNERSchen Anschauungen (Prof. A. WERNER-Zürich: Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, vgl. *ds. Ztschr.* 20, 130; 4. Aufl. 34, 189) in den Schulunterricht übernehmen müssen, bedarf noch weiterer Klärung und Erfahrung. Prof. A. STOCK lehnt die Wernersche Theorie für die Schule glatt ab (a. a. O.); ein Schulmann, L. WUNDER, tritt in seinem Buche „Chemie für Lehrer aller Schulgattungen“, Teil I, das in *ds. Ztschr.* (34, 238; 1921) näher besprochen wurde, lehaft dafür ein und ruft seinen Fachgenossen gerade hinsichtlich der neuen Valenzlehre zu (S. V): „Aufgepaßt und Schritt gehalten mit der Wissenschaft! Nur nicht Chemie zweiter Güte lehren...!“ Man darf gespannt sein, wie weit es dem Verfasser in dem zweiten Teile seiner Arbeit gelingen wird, die Wernersche Valenzlehre elementar zu behandeln. Die subtilen Versinnlichungen und umfangreichen Begründungen gehören natürlich nicht in die Schule, aber die klare Erweiterung, die Werner dem bisherigen Valenzbegriff gegeben hat, die Grundanschauung von den Restaffinitäten, von den Haupt- und Nebenvalenzen, können mit großem Vorteil im Unterricht Verwendung finden, da sie für eine große Reihe wichtiger Erscheinungen, z. B. die Bildung und das Verhalten von Ammoniumverbindungen, vor allem von Chlorammonium, sowie die Bindung von Kristallwasser, eine ungezwungene und einleuchtende Erklärung abgeben. — Was schließlich die neuesten Theorien und Forschungsergebnisse anlangt, so gehören sicher einige Grundtatsachen der Radiumforschung, das Periodische System der Elemente und einige Ergebnisse der plötzlich zu so überraschender Blüte gelangten Atomforschung zu den unerläßlichen Aufgaben des chemischen Unterrichts der Oberstufe. Sie dürfen aber nie einen so breiten Raum einnehmen, daß die wichtigeren, auf dem praktischen und wirtschaftlichen Gebiet liegenden Aufgaben darüber vernachlässigt werden. Andererseits wäre es ein unhaltbarer Zustand, wenn die lernbegierigen Schüler sich ihr Wissen von diesen oft das Tagesgespräch bildenden Dingen nur aus den mehr oder weniger feuilletonistisch gefärbten Berichten der Tagespresse holen sollten. Auch haben rein wissenschaftliche Exzerpte, wie man sie zuweilen in neueren Lehrbüchern findet, wenig Zweck. Hier harret vielmehr der methodisch Findigen noch eine dankbare Aufgabe: um die Schüler zu diesen Dingen hinaufzuführen, müssen wir erst versuchen, diese Dinge durch geeignete Versuche und mit Hilfe graphischer und plastischer Darstellungsmittel soweit wie

möglich auf das Verständnisniveau des Schülers herabzubringen — erst von einer solchen Plattform aus kann dann gelegentlich ein Flug in die höheren Regionen gewagt werden. Dankenswert ist z. B. die von Dr. R. Rein-Düsseldorf besorgte Herausgabe einer neuen Wandtafel zum Periodischen System, auf der die Ordnungszahlen der Elemente berücksichtigt sind (Verlag C. Köhler, Wesel), dasselbe gilt von den einfachen Radiumversuchen von Janß (*ds. Ztschr.* 35, 74) mit Hilfe des einfachen Spintariskops von B. Jost-Duisburg (*ds. Ztschr.* 20, 133) und von den Versuchen über die Radioaktivität des Glühstrumpfes von P. Hanck (*ds. Ztschr.* 34, 260). Den sehr weitgehenden Vorschlägen B. Bavink's in dem Aufsatz „Moderne Atomistik im Unterricht“ (*ds. Ztschr.* 34, 241) können wir uns nur bis zu einem gewissen Grade anschließen. Man begegnet übrigens zuweilen dem Ausdruck Atomphysik statt Atomforschung. Das ist irreführend. Denn die Erforschung des Atomes, als desjenigen Teiles des Naturganzen, an welchem sich die chemischen Wandlungsvorgänge am intensivsten vollziehen, ist natürlich die ureigenste Aufgabe der Chemie.

Zu der Frage der Theorien steht die Frage nach dem Ausmaß der praktischen, insbesondere der technischen Anwendungen in einem gewissen polaren Gegensatz, wie er etwa auch in dem Sprichwort von „Theorie und Praxis“ zum Ausdruck gelangt. Im Unterricht darf weder das eine noch das andere zu stark vorwalten, zwischen beiden ist vielmehr ein bestes Verhältnis herzustellen. Die Wichtigkeit der technischen Anwendungen für den chemischen Unterricht aller Schüler bedarf keines weiteren Wortes. Es kann sich nur um die besten Mittel und Wege handeln, diese Dinge dem Schüler näher zu bringen. In einem Aufsatz der „Chemiker-Ztg.“ (1921) macht Dr. Stautz-Darmstadt genauere Vorschläge, wie man an jeder Anstalt durch den Lehrer und die Schüler und unter Beihilfe technischer Firmen eine technologische Sammlung entstehen lassen kann; die entsprechenden im Handel befindlichen Sammlungen (in etlichen Kästen) werden vom Verfasser verworfen — wohl nicht ganz mit Recht, denn sie boten z. T. recht anschauliche Übersichten über die Verarbeitung einzelner Stoffgruppen und erhielten s. Z. auch Förderung durch das preußische Kultusministerium. Beachtenswert ist, was in dieser Hinsicht von verschiedenen älteren Anstalten bereits geleistet worden ist, z. B. am Dorotheenstädt. Realgymnasium in Berlin, hauptsächlich durch die Bemühungen von B. Schwalbe. Was aber auch an jüngeren Anstalten durch die Tatkraft eines einzelnen geleistet werden kann, zeigt die beachtenswerte reichhaltige technologische Sammlung, die an



der Kirschner-Oberrealschule zu Berlin von Studienrat H. Zeitler geschaffen wurde.

So nützlich solche Einzeldinge und Sammlungen sind, so möchten wir doch den Standpunkt vertreten, daß hinsichtlich des ganzen Lehrstoffes, der aus der chemischen Technik zu übermitteln ist, der Schwerpunkt nicht in diesen Dingen, auch nicht in den Darlegungen des Lehrbuches, sondern in den technischen Lehrausflügen liegt. Auf diese hat auch Ref. in seinem Unterricht immer den größten Wert gelegt und sie gern bis zum Besuch eines größeren Bergwerks (Staßfurt) ausgedehnt. Alles was der Schüler dabei kennen lernt, ist für ihn auch in staatsbürgerlicher und in sozialer Hinsicht von der größten Bedeutung. Nachahmenswert ist das Vorgehen von Dr. E. JOHN-Zehlendorf, der mit der UI seiner Oberrealschule eine mehrtägige Reise in das mitteldeutsche Industriegebiet unternahm und später einen Elternabend einrichtete, an dem acht Sprecher je ein besonderes Kapitel (Braunkohle, Tonwaren, Buntpapier usw.) an der Hand von Lichtbildern behandelten; ein ad hoc entliehener Film (zum Hochofen) hob noch das Ganze. Wenn nun auch die technischen Anwendungen vielfach zur Belebung des Unterrichts beitragen können, so dürfen sie doch nicht zur Hauptsache werden, besonders auch nicht im Lehrbuch, wo dadurch leicht Stoffüberhäufung eintritt. Es leidet die Hauptsache: das strengere Erfassen der großen Zusammenhänge, das wirkliche Eindringen in die Gesetze und umfassenden theoretischen Anschauungen, die Übung im chemischen Denken. Wir müssen bei den technologischen Einzelheiten stets darauf bedacht sein, zu sondern, was zur allgemeinen Bildung zu rechnen ist, und was wir den Fachschulen überlassen können. Es ist daher nicht gerechtfertigt, einem Lehrbuch, das nur wenige technische Gebiete eingehender, und die anderen knapp behandelt, daraus einen Vorwurf zu machen, und etwa zu schließen, daß die Schüler von den letzteren nichts Genaueres erfahren. Hier treten eben die Exkursionen u. a. ein. Nichts läßt sich verhältnismäßig leichter ausgleichen als solche Knappheit. Hier können außerdem noch technologische Bändchen aus der Schülerbibliothek, moderne illustrierte Fachzeitschriften-Aufsätze, einzelne Schülervorträge u. a. herangezogen werden. In der Schrift von A. Stock ist das Technische ausgiebig berücksichtigt, und den meisten darauf bezüglichen Ausführungen können wir uns anschließen. Im ganzen kommt aber doch das Theoretische zu kurz, z. B. wenn es vom Schulchemieunterricht heißt: „Auf der Unterstufe kann er auf Theorien ganz verzichten“ und „Auf der Oberstufe sind nur die einfachsten grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und Theorien ein-

gehend zu behandeln, wie etwa Gasgesetze, Stöchiometrie, Atom- und Molekulartheorie“. Das ist entschieden unzureichend. Ebenso bedauern wir das wiederholte Zurückdrängen der Mineralogie, während wir allerdings hinsichtlich der Kristallographie damit einverstanden sind, daß diese stark oder fast ganz zurücktritt, doch nur falls sie, unserem Vorschlage gemäß (vgl. *ds. Zeitschr.* 33, 194a), entsprechend vom mathematisch-physikalischen Unterricht übernommen wird. Aber von einem wirklichen Verschmelzen der Mineralien mit dem anorganischen Teile der Chemie können beide Lehrgegenstände nur den größten Vorteil ziehen.

Es ist nicht das erste Mal, daß ein Hochschullehrer in die Schulchemie glaubt eingreifen zu müssen. Wer vier Jahrzehnte hindurch die Strömungen in der chemischen Methodik verfolgen konnte, hat mancherlei Erfahrungen sammeln können. Es war in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts, daß ein überragender, besonders im Gebiet der allgemeinen Chemie tätiger Hochschullehrer das sehr umfangreiche, die physikalische Chemie in ausnehmendem Maße berücksichtigende Lehrbuch eines fachwissenschaftlich besonders tüchtigen Oberlehrers (R. Lüpke) in einer Fachzeitschrift zur Beurteilung bekam. Seitens der Chemielehrer wurde das Buch trotz seiner wissenschaftlichen Vorzüge nahezu einmütig abgelehnt, da es als Schulbuch viel zu hoch sei. Aber der Hochschullehrer glaubte für das Lehrbuch, weil es die ganze damals aufblühende physikalische Chemie, wie die Elektrochemie, besonders auch die Ionentheorie sehr ausführlich brachte, gerade als Schulbuch lebhaft eintreten zu müssen, derart, daß in der Besprechung die Behörde angerufen und das Verlangen ausgedrückt wurde, zugunsten dieses Lehrbuches einen Druck auszuüben, was selbstverständlich nicht geschah. Ein zweites Mal griff ein Hochschullehrer wenige Jahre darauf, vom gleichen Universitätsorte aus, in die Schulchemie ein. Es wurde nichts Geringeres als der Anspruch erhoben, „der Lehrer an den höheren Schulen hat die Aufgabe, den Unterricht so zu gestalten, wie es Hochschule und Berufsvertreter wünschen“. Die Sache lief damals auf eine besondere Begünstigung der physikalischen Grundlagen der Chemie hinaus. (Die Entgegnung auf die Schrift wurde in *ds. Zeitschr.* 18, 52 gegeben.) Vor allem aber wurde die damalige Schulchemie, deren Methodik in Wirklichkeit gerade stark aufwärts strebte, einer ganz abfälligen und einseitigen Kritik unterworfen. Heute erleben wir in der Schrift von Prof. Stock etwas Ähnliches. Wir suchten in *ds. Zeitschr.* (32, 62) zuerst nur das Gute aus ihr heraus und glaubten die unzutreffenden Urteile über die jetzige Schulchemie irgend-

wie anders paralisieren zu können. Das war vergebliche Hoffnung. Jene Urteile wurden im Gegenteil immer schärfer, denn hierzu trat noch ein anderes. Es werden von demselben Verfasser in der gleichen Fachzeitschrift neuerdings bewährte Schullehrbücher einer zuweilen ganz absprechenden und, wie sich leicht nachweisen läßt, ungerechten Kritik unterworfen, manchmal in Ausdrücken, wie man sie von Hochschullehrern bisher nicht gewohnt war. Und all diese Herabsetzungen geschehen zu einer Zeit, in der gerade von Schulmännern unter Berufung auf die große wirtschaftliche Bedeutung der Chemie, um die größere Anerkennung des chemischen Schulunterrichts heiß gekämpft wurde und wo für jeden, der sich in die umfangreiche Bewegung auf diesem Gebiet gründlich hineingelebt hatte, die wirklichen Fortschritte der chemischen Schulmethodik, auf der Hand lagen! Durch ein solches Eingreifen wird weder der chemischen Schulmethodik noch auch der gesunden Entwicklung des chemischen Unterrichts überhaupt gedient.

Gerade im Hinblick auf diese beiden Schriften aus Hochschulkreisen müssen wir es von neuem aussprechen: Das Heil kommt uns in der chemischen Schulmethodik nicht von akademischer Seite; kann uns gar nicht von dorthier kommen.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

Die Anwendungen der Glimmlampe in der Schalttechnik sind von Dr. F. SCHRÖTER in der *E. T. Z. 1921, Heft 6* eingehend dargestellt worden. (Man vgl. auch *ds. Zeitschr. 34, 37 u. 258.*)

In ihrer ursprünglichen von der Julius Pintsch A. G. herausgebrachten Form ist die Glimmlampe mit verdünntem Neongas gefüllt, ihr Leuchten beruht auf einer Glimmentladung an der Kathode, ist also eine Lumineszenzerscheinung. Ihre Wirkung ist an eine bestimmte Minimalspannung gebunden; zur Einleitung des Entladungsvorgangs aber ist eine höhere Spannung, die Zündspannung, erforderlich. Andererseits kann die Glimmentladung auch bei außerordentlich kleiner Stromstärke (Bruchteilen von 1 M.-A.) existieren und ist dabei noch deutlich sichtbar. Der Widerstand nimmt mit wachsender Stromstärke ab, er beträgt bei der Gleichstromlampe etwa 10000 Ohm. Die Verwendbarkeit der Lampe beruht hauptsächlich auf dem geringen Stromverbrauch von normal 4 bis 5 Watt.

Neben der Verwendung für allgemeine Zwecke, wie als Nachtlampe, als Markierlampe bei Hochspannungsanlagen, Telephonzellen, Feuermeldern usw. hat sie in der Elektrotechnik selbst mannigfache Anwendungen gefunden.

1. In gewöhnlicher Nebenschluß- und Spannungsschaltung kann sie zur Kontrolle der vorhandenen Spannung dienen und eine Glühlampe

Nur die in der harten Schularbeit stehen, die sich in stetem Kontakt mit der noch in der Entwicklung begriffenen Schülerpsyche befinden und dabei fähig sind, vom chemischen Fachstandpunkt ganz abzusehen und nur die Interessen des Gesamtorganismus der Schule und der ihr anvertrauten Jugend jeden Augenblick fest im Auge zu behalten — nur solche können hier die geeignetsten Wege finden. Die ständige Berührung mit der Wissenschaft und Forschung, und die gelegentliche mit ihren berufenen Vertretern wird dabei immer befruchtend wirken, und jeder wird für die ihm dadurch zuteil gewordenen Anregungen dankbar sein. Aber das Aufsuchen jener besten Wege, das Auswählen des richtigen chemischen Wissens- und Arbeitsstoffes, das Anpassen des Lehrstoffes an das jugendliche Auffassungsvermögen, das Ausfindigmachen neuer Versuche auf Grund rein methodischer Erwägungen — das alles ist eine auch als wissenschaftlich zu bewertende, teils fachwissenschaftlich, teils psychologisch geartete Arbeit für sich, die allein die Schulmänner ausführen können, und bei deren nicht gerade ganz einfachen Ausübung sie wohl wünschen dürfen, daß ihnen von anderer Seite nicht Steine in den Weg gelegt werden.

O.

oder selbst ein Voltmeter ersetzen; besonders geeignet ist sie zur Kontrolle von Schmelzsicherungen, namentlich in komplizierten Betrieben. Fig. 1 und 2 zeigen zwei einfache Fälle dieser Art, *c, d* sind Schmelzsicherungen, 1 und 2 Glimmlampen, *e* die Stromverbrauchsstelle. In Fig. 3

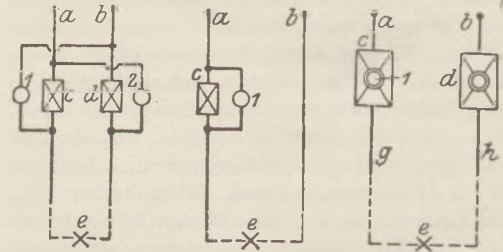


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

erlischt die Lampe beim Durchbrennen der Sicherung, in Fig. 2 leuchtet sie auf. Diese Verwendung läßt mannigfache Variationen zu und kommt namentlich auch für die Überwachung von Motoren in Betracht.

2. Vorzüglich eignet sich die Glimmlampe zur Prüfung von Isolationen. Ist (Fig. 3) in den zur Arbeitsstelle *e* führenden Leitungen *g* und *h* ein Isolationsfehler vorhanden, so leuchtet eine an Stelle eines Sicherheitsstöpsels eingesetzte Glimmlampe 1 auf, wenn alle Verbrauchsstellen und alle Strombrücken ausgeschaltet sind. Die



Schmelzsicherung  $d$  bleibt hierbei eingeschaltet. Selbst wenn der Betrag der Isolationsstörung sich auf Hunderttausende Ohm beläuft, tritt noch ein Leuchten auf. Die Lichterscheinung bildet ein Maß für die Größe des Isolationsfehlers. Auch das Isolationsvermögen der Wicklungen an Dynamo- und Motorankern kann auf diese Art geprüft werden. Bei Röntgenapparaten gibt die Glimmröhre, direkt in den Stromkreis eingeschaltet, ein bequemes Maß für die Stromstärke in der Röhre ab.

3. Der hohe Drosselwiderstand der Glimmlampe kann beim Aufladen eines Kondensators (Fig. 4) benutzt werden. Die Glimmlampe verhindert das Auftreten eines zu hohen Anfangsstroms bei der Aufladung; auch wirkt sie als Ventil, da der Kondensator auf keine höhere Spannung aufgeladen werden kann, als der Distanz zwischen der Spannung der Stromquelle

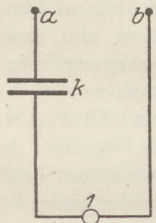


Fig. 4.

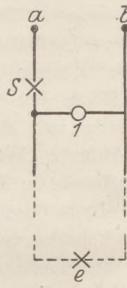


Fig. 5.

und der Minimalspannung der Glimmlampe entspricht. Ist der Kondensator bis zu dem Betrag dieser Differenz aufgeladen, so erlischt der Strom in der Glimmlampe und es findet keine weitere Stromzuführung statt.

Die Eigentümlichkeit der Zündspannung wird auch bei der Glühlampenüberwachung benutzt (Fig. 5).  $e$  ist eine entfernt brennende Signallamp,  $s$  eine Kontrolllampe,  $1$  eine Glimmlampe; die beiden Glühlampen sind so einreguliert, daß die Summe ihrer Brennspannungen gleich der zwischen  $a$  und  $b$  herrschenden Netzspannung ist. Ein Versagen der Lampe  $e$  kann von einem Defekt bei  $e$  oder bei  $s$  herrühren. Dies aber läßt sich rasch entscheiden, mit Hilfe der Glimmlampe  $1$ . Diese erhält normaler Weise keinen Strom, da der durch  $s$  hervorbrachte Spannungsabfall genügt, um die Spannung an der Klemme von  $1$  unter die Zündspannung herabzudrücken. Versagt aber  $e$ , so leuchtet  $1$  sofort auf, da  $s$  und  $1$  in Reihe geschaltet sind. Liegt der Defekt dagegen bei  $s$ , so leuchtet weder  $1$  noch  $s$  auf. Eine Glühlampe an Stelle von  $1$  würde dies auch zeigen, aber dauernd Strom verbrauchen.

Die in der Charakteristik der Glimmlampe<sup>1)</sup> sich aussprechende Eigenschaft, bei geringer

Stromstärke höhere Spannungen aufzunehmen, spielt eine Rolle bei ihrer Verwendung zur Steigerung der Empfindlichkeit von Relais oder von Spannungszeigern. Eine kleine Änderung der Spannung zwischen den Leitern  $a$  und  $b$  (Fig. 6), die durch das im Nebenschluß liegende Instrument  $u$  nur schlecht gemessen werden kann,

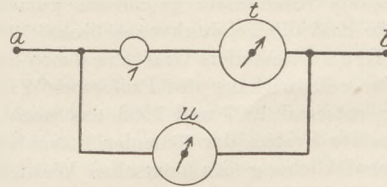


Fig. 6.

kann eine starke Änderung des von der Glimmlampe  $1$  hindurchgelassenen Stroms bewirken und an dem mit  $1$  in Reihe geschalteten Stromanzeiger  $t$  relativ große Ausschläge hervorbringen.

Die fast vollkommene Trägheitslosigkeit der Glimmlampe macht sie auch für den Morsezeichenempfang in der Telegraphie brauchbar, während gewöhnliche Glühlampen eine gewisse Zeit zum Aufleuchten wie zum Erlöschen erfordern. In Fig. 7 bedeutet  $l$   $m$  eine Telegraphenleitung,  $n$  ein Schaltrelais, dessen Anker  $o$  einen Lokalstromkreis  $a$   $b$  mit der eingeschalteten Glimmlampe  $1$  im Takt der Morsezeichen öffnet und schließt. Ein hoher Widerstand  $P$  ermöglicht dauernd eine schwache Ionisation, die die Reaktionsfähigkeit der Glimmlampe erhöht. Die Frequenz der Zeichen ist nur durch die Aufnahmefähigkeit des Auges für die Morsezeichen und durch die Trägheit des Schaltrelais begrenzt. Die Glimmlampe wird hierbei mit Helium gefüllt, da Neon zu blendend wirkt. Auch ist die photographische Aufnahme der Morsezeichen möglich.  $P$

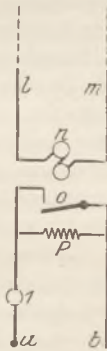


Fig. 7.

**25 Jahre drahtlose Telegraphie.** Am 10. Mai 1897 ist der von Marconi konstruierte drahtlose Telegraph auf dem ersten Male im Bristolkanal auf 14 km Entfernung erprobt worden, nachdem die Versuche von Heinrich Hertz, die Erfindung des Kohäerers durch Branly und die Verwendung des Luftleiters zum Auffangen elektrischer Wellen durch Popoff vorausgegangen waren. Das Schlußglied der Erfindung, die Verwendung des Popoffschen Luftleiters als Sendedraht fügte Marconi hinzu. Zum betriebssicheren Verkehrsmittel aber wurde die Funkentelegraphie erst durch Ferdinand Braun; er erfand den geschlossenen Schwingungskreis, der seither der unentbehrlichste und wirk-

<sup>1)</sup> Vgl. dieses Heft S. 192 Fig. 1.

samste Teil jeder funkentelegraphischen Anlage geworden ist. Braun hat selbst in Deutschland lange um die Anerkennung seiner Erfindung kämpfen müssen, der entbrannte wissenschaftliche Streit wurde erst 1902 zu seinen Gunsten entschieden; die beiden konkurrierenden Gesellschaften Siemens & Halske A.-G. und Allgem. Elektrizitäts-Gesellschaft gründeten gemeinsam im Jahre 1903 die Telefunkengesellschaft, in der neben Braun besonders Graf Arco sich hervor- tat. Unter Mitwirkung des Professors Wien in Danzig entstand 1907 und 1908 das noch jetzt vielbenutzte System der tönenden Löschfunken. Die Verwirklichung des deutschen Weltfunkennetzes wurde 1906 durch den Bau der Großfunkenstation Nauen begonnen; diese arbeitete seit 1911 mit der Graf Arco'schen Hochfrequenzmaschine, die seit 1916 ausschließlich für den Überseeverkehr verwendet wird. Die letzten Rekordleistungen von Nauen sind drahtloser Schreibempfang über 11000 km und drahtlose Telephonie auf 4500 km; der Telegrammverkehr geht hauptsächlich nach der amerikanischen Großstation Rocky Point bei New York. Nach der Erfindung der Liebenröhre 1912 wurde die Glühkathodenröhre in jahrelanger Arbeit für die Zwecke der drahtlosen Telegraphie nutzbar gemacht. Einen neuen Abschnitt der Entwicklung endlich leitete die von Alex. Meister erfundene Rückkoppelung ein, durch die der Energieverbrauch auf den zehnten Teil herabgesetzt wird.

Neben der Telefunkengesellschaft hat sich namentlich die P. Lorenz A.-G. um die Förderung der drahtlosen Telegraphie verdient gemacht. Ihr ist die Errichtung der Großfunkenstation in Eilvese bei Neustadt am Rübenberge in Hannover zu verdanken, die mit der von Prof. R. Goldschmidt erfundenen Hochfrequenzmaschine be-

trieben wird. Nauen und Eilvese arbeiten jetzt gemeinsam im Dienste der Transradio A.-G. Zugleich sichert die Neuordnung des Funkwesens der Reichspost die rasche Ausnutzung aller technischen Neuerungen<sup>1)</sup>.

P.  
Die Doppelnummer 25 der „Telefunkentz.“ mit dem Titel „25 Jahre drahtlose Telegraphie“ bringt eine Reihe von Beiträgen bekannter „drahtloser“ Physiker, die selbst entscheidend an dem stolzen Bau mitgewirkt haben. Humorvoll werden eigene Erinnerungen an die ersten Lebens- und Leidensjahre der „Drahtlosen“ hervorgeholt und über ihre Entwicklung in den späteren Jahren berichtet. Aus den Abhandlungen kann man die Größe der Leistung erkennen, die deutsche Wissenschaft und Technik in so kurzer Zeit vollbracht haben. Neben diesen populären Aufsätzen stehen rein wissenschaftliche, deren letzter, „Beobachtungen über auftretende Empfangsminima von Großstationen“, physikalisch-meteorologische Fragen über Schichtenbildung in großen Höhen der Atmosphäre und ihren Zusammenhang mit der Erdbewegung behandelt. In dem Aufsatz „Wie telegraphiere ich drahtlos nach Stationen in Europa und Übersee?“ wird der die Erde umspannende Betrieb Nauens durch Verkehrskurven veranschaulicht. Im ganzen enthält das Heft an 15 mehr oder weniger „drahtlose“ Aufsätze, denen zahlreiche vorzügliche Abbildungen beigelegt sind, so daß die Festnummer bei einem weiten Leserkreis Interesse finden dürfte<sup>2)</sup>.

K.

<sup>1)</sup> Nach O. Jentsch, Ernte 4 (1922) Heft 5.

<sup>2)</sup> Die Telefunken-Zeitung erscheint etwa alle zwei Monate und ist zum Preis von 15 Mk. für die Nummer von der Gesellsch. für drahtlose Telegraphie, Berlin SW 11, Hallesches Ufer 12 zu beziehen.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Aufgaben aus der theoretischen Physik.** In Verbindung mit F. HENNING und R. v. MISES herausgegeben von R. SEELIGER, Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1921, VII. + 154 S., geh. 20 Mk., geb. 24 Mk.

Das Buch, das allen Studenten der Physik und Technik aufs wärmste zu empfehlen ist, da es eine bisher vorhanden gewesene Lücke wirklich gut ausfüllt, ist für den Physiklehrer nicht in allen Teilen gleich brauchbar. Das Kapitel über Vektorrechnung (HENNING) kommt für die Schule kaum in Frage. Die drei Kapitel über Elektrizität und Magnetismus, über Optik (beide von SEELIGER) und über Wärme (von HENNING)

bieten dagegen mancherlei auch für die Schule Brauchbares, da es sich wirklich um physikalische, nicht um mathematische Aufgaben handelt. Mit Nachdruck möchte ich den Lehrer auf den Abschnitt über Mechanik (v. MISES) hinweisen. Hier findet er eine große Reihe von Aufgaben (z. B. in dem Abschnitt „Lebende Körper“), die auch für die Schule durchaus geeignet sind und zur Belebung des Unterrichts beitragen werden. Die genaue Angabe der Lösung, für den Studenten wohl gar zu ausführlich, ist für den hier gedachten Zweck angenehm.

E. Lamla.

**Energie und Entropie.** Eine leicht verständliche Darstellung ihres Wesens und der



Grundlagen der Energiewirtschaft. Von Dipl.-Ing. W. LEHMANN, Berlin, J. Springer, 1921, 40 S., brosch. 5.40 Mk.

Das Buch ist von einem Ingenieur für die Technik geschrieben, und technisches Denken ist darin vorherrschend. Das an Strenge gewöhnte physikalische Gewissen mag sich zuweilen sträuben, wenn es sieht, wie Energie- und Entropiegesetz begründet werden, mit welcher Leichtigkeit z. B. der Ausdruck  $\frac{Q}{T}$  als Maß für die Entropieänderung gefunden wird. Es ist weniger ein Begründen als ein Anschaulichmachen. Das Theoretische kommt überhaupt, wohl mit Absicht, etwas kurz weg. Die Stärke der Darstellung liegt darin, wie der Verf. Sinn, Bedeutung und Wert der Gesetze an Beispielen klar macht. Da, glaube ich, kann auch gerade der Lehrer vieles lernen. Man wird dem Entropiegesetz, das einen so eigenartigen, fast unheimlichen Charakter hat, und doch eben ein Hauptgesetz der modernen Physik ist, auf der Schule nicht aus dem Wege gehen dürfen. Da wird man sich freuen, wenn man einfache, elegante Veranschaulichungen und Beispiele für den praktischen Wert des Gesetzes findet. Verf. erörtert insbesondere die Bedeutung des Entropiegesetzes für die Konstruktion der Dampfturbinen, auch unter Benutzung von Diagrammen, deren klare, elegante Auswertung jeden erfreuen wird.

E. Lamla.

**Relativitätstheorie.** Sonderabdruck aus der Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften. Von W. PAULI jun., Leipzig, B. G. Teubner, 1921. IV. + 237 S.

Das Buch ist, wie meist die Enzyklopädiebände, kein eigentliches Lehrbuch; die Beweise werden in der Regel nicht völlig durchgeführt, sondern nur dem Gedankengang nach angedeutet. Die rein mathematischen Probleme werden in einem besonderen Kapitel behandelt. Das hat den Vorteil, daß dann in den anderen Kapiteln das eigentlich Physikalische wirklich in den Vordergrund gerückt werden kann. Sehr angenehm ist, daß insbesondere die experimentellen Grundlagen der Relativitätstheorie sehr ausführlich behandelt sind. Hervorzuheben sind die übersichtliche Anordnung und die reichlichen Literaturangaben (die Literatur ist bis 1920 berücksichtigt). Eine etwaige Neuauflage des vorliegenden Sonderabdrucks würde durch Hinzufügen eines alphabetischen Verzeichnisses gewinnen, besonders für den, der das Buch als Nachschlagewerk benutzen möchte.

E. Lamla.

**Die Grundgleichungen der Mechanik,** insbesondere starrer Körper, neu entwickelt mit Graßmanns Punktrechnung. Von A. Lorze, Studiendirektor in Stuttgart. Leipzig, B. G. Teubner, 1922. 50 S.

Es ist immer reizvoll zu sehen, wie altbekannte Dinge von neuen Gesichtspunkten oder mit neuen Methoden behandelt werden. So auch hier. Klar und elegant werden die einzelnen Probleme mit den Methoden der Punktrechnung behandelt. Gleich auf den ersten Seiten z. B. gibt Verf. für die allgemeinste unendlich kleine Verschiebung eines starren Körpers eine Formel, die eine vollkommene Synthese der Translation und Rotation in einem analytischen Ausdruck liefert. Behandelt werden außer der Kinematik die Dynamik materieller Punktsysteme und starrer Körper. Voraussetzung für die Lektüre ist freilich, daß wenigstens die Elemente der Graßmannschen Punktrechnung bekannt sind.

E. Lamla.

**Atombau und Spektrallinien.** Von ARNOLD SOMMERFELD. Dritte umgearbeitete Auflage. Mit 125 Abbildungen. 764 S. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn A. G. M. 60, geb. M. 75 + Teuerungszuschlag.

Diese neue Auflage ist gegen die vorhergehende stark umgearbeitet. Ganze Abschnitte sind gekürzt, andere erheblich erweitert. Die wesentlichste Änderung betrifft die allgemeinen Serienspektren, deren Erkenntnis namentlich gefördert ist durch die Heranziehung eines inneratomaren Magnetfeldes und die Einführung innerer Quantenzahlen. Ist doch die Quantentheorie das „geheimnisvolle Organon, auf dem die Natur die Spektralmusik spielt und nach dessen Rhythmus sie den Bau der Atome und der Kerne regelt“. Auf derselben Grundlage ruht auch der Versuch, zum erstenmal eine vollständige Systematik der Röntgenstrahlen zu entwerfen. Im einzelnen ist namentlich Neues zur Kernphysik und über Isotopie und Chemismus, über die Adiabatenhypothese und über die Methode des Elektronenstoßes als Bestätigung der Grundlagen der Bohrschen Theorie hinzugekommen. Bemerkenswert ist die Andeutung, ob sich der Standpunkt der klassischen Wellentheorie und die Vorstellung der kontinuierlichen Kugelwelle auf die Dauer wird halten lassen. Es scheint, daß wir auch hier vor einer wissenschaftlichen Umwälzung stehen.

Das Buch legt von neuem Zeugnis von dem Scharfsinn und der unvergleichlichen Arbeitskraft des Verfassers ab.

P.

**Die experimentellen Grundlagen der Quantentheorie.** Von W. GERLACH. Sammlung Vieweg, Heft 58. Braunschweig 1921. 143 S. Pr. M. 12.— und Teuerungszuschlag.

Die „klassische Quantentheorie“, aus der Theorie der schwarzen Strahlung erwachsen und auf naheliegende Gebiete, z. B. der Atomwärme und der Zustandsgleichung fester Körper, ausgedehnt, wurde bald von Einstein, Nernst

und Sommerfeld auf Gebiete der Elektronenatomistik übertragen, die eigentliche periodische Schwingungsvorgänge nicht aufwies, z. B. die Wechselwirkung zwischen Elektronenbewegung und elektromagnetischer Energiestrahlung, zwischen letzterer und chemischer Energie.

Diese Wechselbeziehungen werden in Gerlach's Buch mit einer eingehenden kritischen Würdigung der praktischen Bestimmungsmethoden auf dem Gebiete der Spektralserien, der Röntgenspektroskopie, des lichtelektrischen Effekts und der Photochemie besprochen, wobei neben der ausgezeichneten Darstellung des oft verwickelten Sachverhalts vor allem die Vollständigkeit und die klare Kritik der Ergebnisse hervorgehoben zu werden verdient. In diesem Rahmen haben außerdem eine Reihe wertvoller Darlegungen Platz, wie z. B. die Entscheidung über die Existenz des Elektrons zugunsten Millikans gegenüber Ehrenhaft, ein vorzüglich geschriebener kurzer Überblick über die Entwicklung unserer Kenntnisse von den Röntgenstrahlen, eine wertvolle Gegenüberstellung der Eigenschaften optischer und Röntgenstrahlungen mit einem schönen Einblick in die Spektroskopie der letzteren, endlich eine sehr verdienstvolle Zusammenstellung der zuverlässigsten jüngsten Präzisionsbestimmungen aller Atom- und Energiekonstanten der Molekularphysik.

Im Mittelpunkt aller oben genannten Anwendungsgebiete steht die Bestätigung des Quantenansatzes und die Bestimmung der Planckschen Konstanten  $h$ , die in allen Fällen eine sehr befriedigende und überzeugende Übereinstimmung ergibt und aus der besten Methode von E. Wagner zu  $(6,53 \pm 0,01) \cdot 10^{-27}$  erg sec. ermittelt wird. Obwohl die Betrachtungen einen Ausbau des Atombildes im einzelnen nicht erforderlich machen, wird doch an vielen Stellen ein enger Zusammenhang mit den Bohrschen Atommodellen hergestellt, wodurch die Anschaulichkeit erhöht wird, insbesondere bei dem Versuch der Eingliederung photochemischer Vorgänge.

Sehr schätzenswert ist der vollständige Literaturnachweis, der nicht nur die wichtigsten Zusammenfassungen neben den Originalarbeiten bringt, sondern von letzteren oft auch in kurzen Stichworten das wesentlichste Ergebnis andeutet.

Eine gewisse Erschwerung wird allerdings für den mit dem Stoff nicht ganz Vertrauten darin liegen, daß an manchen Stellen Hinweise für vorweg genommene Daten auf spätere Ausführungen fehlen. So ist z. B. auf S. 6 von der Lebensdauer des Bohrschen Zustandes, der „Anregung“ eines Atoms die Rede, die S. 130 näher erläutert wird, auf S. 4 ist bereits „Voltgeschwindigkeit“ erwähnt, die erst S. 10 ausführlich eingeführt wird. Die Bezeichnung könnte an man-

chen Stellen einheitlicher sein; der „glanzierende“ Winkel wird z. B. kurz hintereinander unnötigerweise mit  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\varepsilon$  bezeichnet; auch wird zwischen der Loschmidtschen Zahl und der Avogadro'schen Konstanten nicht scharf unterschieden. Aber abgesehen von diesen Äußerlichkeiten kann das inhaltreiche, bis an die Grenze der gegenwärtigen Forschung führende Buch zur Orientierung und als Nachschlagewerk sehr empfohlen werden.

Klaus.

**Der Aufbau der Materie.** Drei Aufsätze über moderne Atomistik und Elektronentheorie. Von MAX BORN. Mit 37 Textabbildungen. 2. verb. Auflage. 86 S. Berlin, Julius Springer, 1922. M. 36,—.

Die vorliegenden Aufsätze sind zuerst 1919 in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ erschienen. Die neue Auflage zieht auch die wichtigsten neueren Fortschritte heran, namentlich die Forschungen über Isotopie, über die Elektronenaffinität der Atome der Halogene und die Ionisierungsarbeit des Halogenwasserstoffes. Die Schrift hat vor manchen ähnlichen den Vorzug, daß der Verfasser selbst aktiv an der Arbeit über die von ihm behandelten Fragen beteiligt ist.

P.

**Die Entwicklung der Atomtheorie** gemeinverständlich dargestellt von Dr. PAUL KIRCHBERGER. Mit 26 Abbildungen im Text und 9 Bildnistafeln. Karlsruhe i. B. C. F. Müller'sche Hofbuchhandlung 1922. 260 S. M. 60.—, geb. M. 75,—.

Der Verfasser stellt die neuesten erstaunlichen Fortschritte der Atomistik in den Zusammenhang der jahrtausendlangen Entwicklung dieser Lehre hinein und gewinnt dadurch eine tiefgegründete Unterlage für seine Darstellung, die bis zu den letzten Errungenschaften der Röntgenspektroskopie führt. Er hat dabei vornehmlich Leser im Auge, die nicht bloß von den neuesten Entdeckungen Kenntnis nehmen wollen, sondern sich ihnen gegenüber selbstdenkend verhalten, und kommt ihnen durch methodische und erkenntniskritische Bemerkungen aufs geschickteste entgegen. Die Lektüre wird hierdurch auch für den mit dem Stoff vertrauten Leser genußreich. Für reifere Schüler bietet das Buch eine lebensvolle und abgerundete Einführung in den Gegenstand. Besonderen Schmuck hat das Schriftchen durch die vortrefflich ausgeführten Bildnisse von Dalton, Berzelius, Kekulé, Boltzmann, Marie Curie, Rutherford, v. Laue, Planck und Bohr erhalten.

P.

**Astronomische Erdkunde** von Prof. OTTO HARTMANN. 6. verbesserte Auflage. Mit 38 Textfiguren, 1 Mondbahnkarte und 98 Übungsauf-



gaben. B. G. Teubner, Leipzig-Berlin 1921. X u. 83 S. M. 10,50.

Der Titel des Buches erinnert an das bekannte Buch von Martus. Aber während Martus bemüht war, aus den einfachsten Anschauungen und Aufgaben allmählich die schwierigeren Begriffe zu entwickeln, wird hier in üblicher Weise, aber in Widerspruch zum Augenschein festgesetzt: Der Himmel erscheint uns als Halbkugel, dann wird sofort zu mathematischen Definitionen schwieriger Begriffe in größter Allgemeinheit vorgegangen.

Das Buch soll zu eigenen Beobachtungen heranziehen. So soll der Schüler die Ergänzung der Mondsichel zur vollen Scheibe (S. IX) gleich nach Neumond beobachten, da ist aber Mond und Ergänzung unsichtbar, am besten ist, drei Tage zu warten, und die Zeit um Frühlingsanfang zu wählen, weil dann die Ekliptik möglichst steil zum Horizont steht.

Die „Erscheinungen“ behandeln den Sternhimmel, die Erde mit Andeutungen über Abplattung und Gradmessung, die Zeit nebst Kalender und einigen Angaben über Osterrechnung im alten Kalender. Mehrfach erwähnt wird „die Sternkarte“, die z. B. (S. 14) zeigen soll, daß die Planetenbahnen nahe der Ekliptik verlaufen. Sie fehlt in dieser Auflage, wäre aber durchaus nötig, da man selbst eine Aufzählung der Tierkreis-Sternbilder im Buche vermißt.

In den „Erklärungen“ wird die als möglich angenommene Erddrehung durch Erwähnung des Foucault-Pendels und der Passatwinde bestätigt, die Vorausberechnung der Himmelserscheinungen durch Konstruktion der geozentrischen Jupiter-Bahn erläutert. Dann wird das Newtonsche Gesetz aus Keplers Gesetzen unter Voraussetzung der Schwerkraft-Beschleunigung  $\gamma = v^2/a$  abgeleitet.

Hieran schließt sich eine ausführliche Darstellung des Sonnensystems, die auch auf die Eros- und die Patroklus-Gruppe der Asteroiden eingeht. Zur Helligkeit der Fixsterne wird bemerkt, daß eine Normkerze aus den Entfernungen 500 m und 125 m wie ein Stern der Größe (1) und (-2) erscheine.

Eingestreut sind einige historische Angaben. Der Geburtstag Newtons nach dem neuen Stil ist hier richtig auf 4. Januar 1643 gesetzt, aber der Geburtsort muß heißen Woolsthorpe bei Colsterworth.

Zur Ausstattung ist zu bemerken, daß das klein Gedruckte überall schwer lesbar und undeutlich ausgefallen ist. Auf der Mondbahn-Karte am Schluß sind die Signaturen der Bahnen nicht die am Rande angegebenen. Die Figur zur Zeitgleichung (S. 27) würde deutlicher, wenn

in dem engen Liniennetz durch Verstärkung jeder fünften Linie eine Gruppierung ermöglicht würde.

M. Koppe.

**Die Farbschule**, eine Anleitung zur praktischen Erlernung der wissenschaftlichen Farblehre von WILHELM OSTWALD. 2.—3. ungearbeitete Auflage. 47 S. 12 Abb. 1 farbige Doppeltafel. Leipzig 1921. Verlag Unesma G. m. b. H. M. 12,—, geb. M. 16,—.

Der gedankliche Aufbau ist im wesentlichen derselbe wie in der ersten Auflage, die Form aber hat sich vollkommen geändert. Den Anlaß zu dieser Umarbeitung gab die Weiterentwicklung der Hilfsmittel, die in der Schaffung des Tuschkastens „Kleinchen“ eine für den Unterricht entscheidende Stufe erreicht hat. Auf diesen Tuschkasten und einen sehr glücklich gewählten „kleinen Farbkörper“, der als Farbtafel dem Buche beigelegt ist, baut sich jetzt die Erläuterung der Lehre und die Anleitung zu eigenen Versuchen auf. Dadurch werden die Aussagen bestimmter, die Beispiele anschaulicher, der Aufbau der Lehre durchsichtiger als bei der ersten Auflage.

Man kann also gleichzeitig einen bedeutenden Fortschritt gegen früher und die Bewährung der alten Gedankenreihen feststellen, eine Form der Entwicklung, die jeden Freund der Farblehre nur mit hoher Befriedigung erfüllen kann.

W. V.

**Die Farbenlehre** von WILHELM OSTWALD. I. Buch. Mathetische Farbenlehre. 2. vermehrte und verbesserte Auflage. XII u. 162 S. 38 Figuren im Text. Leipzig. Verlag Unesma, G. m. b. H. 1921. M. 16,—, geb. M. 20,—.

Die bedeutenden Fortschritte, welche die Farbenlehre seit 1917 gemacht hat, betreffen nur in geringem Grade die mathetische Grundlage. Der größte Teil des Buches konnte daher fast ungeändert bleiben, nur die Entwicklung des logarithmischen Farbkörpers und die Farbnormung machten Ergänzungen von wesentlicher Bedeutung nötig.

W. V.

**Die Harmonie der Farben** von WILHELM OSTWALD. 2.—3. gänzlich umgearbeitete Auflage. I. Text. X u. 136 S. 27 Figuren. II. Beilagen: 60 Farbenkärtchen nebst Schattenschieber. (I u. II gesondert käuflich.) Leipzig. Verlag Unesma, G. m. b. H. 1921. M. 24,—, geb. Mk. 28,—.

Seit der ersten Auflage (1918) hat Ostwalds Farbenlehre wichtige Fortschritte gemacht, die der Harmonielehre besonders zugute kommen. So ist denn die neue Auflage geradezu ein neues Buch und auch, was inhaltlich nicht neu ist, kann jetzt schärfer gefaßt und weiter verfolgt werden.

Arbeitet die erste Auflage noch mit stetigen Übergängen der Farbtöne, so zieht die neue nur

die als Farbnormen herausgegriffenen Färbungen in Betracht, die im „Farbkörper“ geordnet sind. Dieser Schritt ist für die Farblehre ungefähr dasselbe, was die Beschränkung auf die wenigen Töne der Tonleiter für die Musik war.

Eine Harmonie ist überall da zu erwarten, wo die zu einander gesetzten Farbtöne irgend etwas gemein haben und ihre Unterschiede sich als Wiederkehr eines Unterschiedes auffassen lassen. Ostwald sucht alle solche Möglichkeiten auf, ordnet sie, geht ihrem Vorkommen in Natur und Kunst nach und beschreibt die Wirkung, die sich der Leser mit Hilfe der Farbtäfelchen auch selbst deutlich machen kann.

Für die Weiterführung dieser Forschung ist durch Gründung der deutschen Werkstätte für Farbkunde gesorgt, die unter anderem die Herstellung einer umfassenden „Harmothek“ übernommen hat, in der Farbmuster auf handlichen Karten gesammelt werden. *W. V.*

**Die Farbe.** Sammelschrift für alle Zweige der Farbkunde. Herausgeber WILHELM OSTWALD. Verlag Unesma, G. m. b. H. Leipzig. Jahrgang 1921.

Als Sammelschrift bezeichnet Ostwald das neue Unternehmen, das sich von anderen Zeitschriften vor allem dadurch unterscheidet, daß jeder Aufsatz einzeln erhältlich ist.

In Heft 1 setzt Ostwald unter dem Titel: „Die Sammelschrift als Zukunftsform des Schrifttums und die Sammelschrift „Die Farbe“ seinen Plan auseinander. — In Heft 2 bringt F. A. O. Krüger, der jetzige Leiter der deutschen Werkstätte für Farbkunde in Dresden, seine Erfahrungen mit „Farbnormen in der Praxis“. — In Heft 3: „Die Geburtsstunde der Farbkunst“ gibt Ostwald seinem Lieblingsgedanken beredten Ausdruck, daß die Gewöhnung an die beschränkte Auswahl der Farbnormen zu einer selbständigen Farbkunst führen werde. — In Heft 4 berichtet V. M. Goldschmidt (Christiania) über „Die weißen Farben in Natur und Technik“. Gegenstand der Untersuchung ist vor allem die Abhängigkeit des Reflexionsvermögens vom Brechungsindex des Farbstoffes und des Einbettungsmittels. — In Heft 5: „Die Anordnung aller Farben in Flächen und Reihen“ gibt Ostwald Anleitung, wie man für verschiedene Zwecke sich die beste Übersicht über die Gesamtheit der Farben verschafft, und in Heft 6 „Abgekürzte Farbsysteme“ gibt er für den Anfangsunterricht, für die Färberei usw. geeignete Auszüge aus dem Farbkörper an, in denen die Abstufung dem Zweck angepaßt ist. — Heft 7 „Farbenstenographie“ behandelt die Andeutung der Farben durch Schraffierung und andere Zeichen, wenn farbige Wiedergabe nicht möglich ist. — In Heft 8 „Entwicklung und Bedeutung der Farbzeichen“ berichtet Ostwald

über kleine Verschiebungen der ursprünglichen Abgrenzung der Farbtöne und Helligkeitsstufen, welche sich als nötig erwiesen haben.

*W. V.*

**Die Stereoskopie** und ihre Anwendung auf die Untersuchung des Fliegerbildes. Von ERICH EWALD. Berichte u. Abhandlungen der wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Jahrg. I, Heft 3, Febr. 1921. 23 Folioseiten. Mit 44 Zeichnungen, 8 Bildern von Apparaten und 12 Stereogrammen. R. Oldenburg, München-Berlin 1921. M. 18,—.

In leicht verständlicher und gründlicher Weise wird mit Hilfe sehr sorgfältig ausgeführter Zeichnungen erläutert, wie die Raumvorstellung für das Auge zustande kommt, in welchen Fällen die Wirkung naturgetreu, wenn auch modellhaft verkleinert ausfällt und wie Verzerrungen, Übertreibungen und andere Fehler entstehen. Wie man durch Photographie die Bilder herstellt, zeigen Stereogramme, die auf der Erde und vom Flugzeug aus unter verschiedenen Umständen aufgenommen sind. Die Hilfsmittel zum Betrachten der Bilder und zu ihrer Projektion, sowie die Fehler, die beim Zusammenpassen und Herrichten der Teilbilder vorkommen können, werden auf 12 Seiten geschildert. Kurz aber inhaltreich werden schließlich Aufgaben und Nutzen der stereoskopischen Untersuchung besprochen.

Die Abhandlung mit ihren wohlgewählten Beispielen hat starke Werbekraft für das stereoskopische Bild, das geradezu unentbehrlich ist, wenn etwas gezeigt werden soll, das der Betrachtende entweder überhaupt noch nicht oder wenigstens von der dargestellten Seite noch nicht kennt. Dieser Fall trifft besonders oft ein in der Forschung und im Unterricht und die seltene Benutzung der Stereokamera hat ihren Grund vielfach darin, daß man sich der unermeßlichen Vieldeutigkeit des einfachen Bildes nicht bewußt ist, weil in der Regel nur Alltägliches abgebildet wird und auch das noch unter weitgehenden Beschränkungen der Darstellungsweise. EWALDS Abhandlung leistet hier vorzügliche Aufklärungsarbeit und sei der Beachtung gerade von seiten der Schule angelegentlich empfohlen.

*W. Vn.*

**Ingenieur-Mathematik.** Lehrbuch der höheren Mathematik für die technischen Berufe. Von Dr. ing. Dr. phil. HEINZ EGERER, Dipl.-Ing. und vorm. Prof. a. d. techn. Hochschule Drontheim. II. Bd. Mit 477 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer, 1922. 713 S. Geb. M. 198,—.

Dies Buch macht einen ausgezeichneten Eindruck, es will dem Ingenieur gründliche mathematische Schulung geben, und umfaßt Differential- und Integralrechnung, Reihen und Gleichungen,



Kurvendiskussion, Elemente der Differentialgleichungen, Elemente der Theorie der Flächen und Raumkurven, Maxima und Minima. Eingefügt sind über 2000 vollständig gelöste Beispiele und Aufgaben, die nur zum Teil speziell technische Probleme behandeln. Besonderes Gewicht wird darauf gelegt, daß der Studierende Sicherheit im Gebrauch der Begriffe Kraft, Resultante, Arbeit, Moment, Massenmoment, Trägheitsmoment, Schwerpunkt usw. erlangt, sowie auch in der Behandlung von Bewegungsaufgaben, um den Wert der Vektorenberechnung zu erkennen. Ein dritter Band soll vorwiegend „praktische Mathematik“ für den wissenschaftlich Weiterarbeitenden bringen.

P.

**Elektrotechnik und die elektromotorischen Betriebe.** Ein elementares Lehrbuch für technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Dipl. Ing. WILHELM LEHMANN. Mit 520 Textabbildungen und 116 Beispielen.

Berlin, Julius Springer, 1922. 451 S. Geb. M. 120,—.

Das Buch ist für den Praktiker geschrieben, es behandelt mit ganz elementaren Mitteln Wirkungsweise und Verhalten der elektrischen Maschinen und stellt dabei das Konstruktive ganz zurück, auch das Theoretische wird nur beiläufig kurz abgetan. Dagegen sind Generatoren und Motoren sowie auch Transformatoren eingehend beschrieben. Unter elektromotorischen Antrieben sind solche verstanden, bei denen der Antrieb der Arbeitsmaschinen durch Elektromotoren erfolgt. In der Darstellung dieser Antriebe und ihrer Anwendungen bei Hebezeugen und Fahrzeugen, in Bergwerken und Hütten, bei Werkzeugmaschinen in der Zement- und chemischen Industrie usf. liegt die eigentliche Stärke des Buches, das namentlich bei dem Besuch industrieller Anlagen gute Dienste leisten kann.

P.

### Korrespondenz.

Über die Verwendung von Didymglas teilt Herr K. KEIL in Lüdenscheid folgendes mit:

„In dem sog. B-K-Blinkgerät, einem Apparat zur geheimen, d. h. von Feindeseite nicht ablesbaren Lichttelegraphie, der von den Zeiß-Werken während des Krieges nach einer Idee von Beckmann und Knipping hergestellt und an der Front in Benutzung genommen wurde, diente die Eigenschaft des Didymglases im Spektrum eine starke Absorptionslinie zu zeigen, als Mittel für die Zeichengebung.

Vor einer Lichtquelle (elektrische Glühlampe) wurde ein Stück Didymglas abwechselnd mit einem gewöhnlichen Rauchglas derart bewegt, daß das austretende Licht keine dem unbewaffneten Auge wahrnehmbare Änderung zeigte. Der Empfänger beobachtete die sendende Station mit einem geradsichtigen Prisma. Im Spektrum trat natürlich nur dann, wenn das Didymglas vorgeschaltet war, eine schwarze Linie auf, deren Erscheinen im Takte der Morsezeichen der Nachrichtenübermittlung diente.

Didymglas dieser Art wird von dem Glaswerk Schott & Genossen, Jena hergestellt. Im Unterricht ist es viel besser und bequemer als Didymlösungen zur Demonstration aller Absorptionserscheinungen zu benutzen. Einmalige Anschaffung ersetzt für alle Zeit die teuren Didymalze.“ —

Zu dieser interessanten Mitteilung sei indes bemerkt, daß das Didymglas auch nicht billig sein dürfte und ein mit Didymsalzlösung gefülltes Fläschchen auf lange Zeit denselben Zweck erfüllt. Zudem ist bei Verwendung von Didymsalz die Möglichkeit gegeben, verschieden konzentrierte Lösungen anzuwenden.

Übrigens stellt neuerdings die Görz A. G. in Berlin-Friedenau Didymglas her, das die Spektralstreifen insbesondere des Neodyms in ausgezeichneter Schärfe zeigt.

P.

Nachtrag zum Bericht über die Holzwarth-

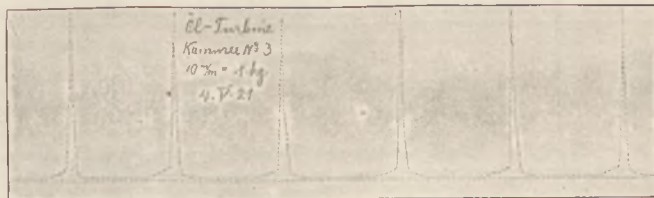


Fig. 6

sche Gas- und Ölturbine in Heft 3 d. Jahrgangs S. 147. Nebenstehend die dort weggebliebene Figur 6.

Berichtigung zu FR. C. G. MÜLLER, Einführung in das Gebiet der elektrischen Induktion in Heft 2 des Jahrgangs. Auf S. 54 Z. 14 v. u. ist 16 cm statt 10 cm zu setzen.

# Himmelserscheinungen im September und Oktober 1922.

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

MEZ 0h	September						Oktober						
	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27	
♋	AR	11h 58m	12.24	12.47	13.8	13.26	13.40	13.47	13.44	13.30	13.10	12.57	12.59
	D	0 <sup>0</sup>	-4	-7	-9	-12	-14	-15	-14	-12	-9	-5	-4
♌	AR	13h 28m	13.47	14.6	14.25	14.43	15.1	15.18	15.34	15.49	16.3	16.14	16.23
	D	-11 <sup>0</sup>	-13	-16	-18	-20	-21	-23	-24	-25	-26	-27	-27
♍	AR	10h 41m	10.59	11.17	11.35	11.53	12.11	12.29	12.48	13.6	13.24	13.43	14.2
	D	8,3 <sup>0</sup>	6,5	4,6	2,7	0,7	-1,2	-3,2	-5,1	-7,0	-8,9	-10,7	-12,4
♎	AR	17h 33m	17.44	17.56	18.9	18.21	18.34	18.48	19.2	19.16	19.31	19.45	20.0
	D	-27 <sup>0</sup>	-27	-27	-27	-26	-26	-26	-25	-25	-24	-24	-23
♏	AR		13h 14m		13.21		13.29		13.37		13.45		13.53
	D		-7 <sup>0</sup>		-7		-8		-9		-10		-11
♐	AR				12h 35m				12.44				12.53
	D				-1 <sup>0</sup>				-2				-3

Δ = Sternzeit - mittl. ☉ Zeit für Mer. v. Stargard; Zeitgl. = mittl. ☉ Zeit - wahre ☉ Zeit.

Δ	10h	11.	11.	11.	12.	12.	12.	12.	13.	13.	13.	14.
Zeitgl.	41m 17s	0.59	20.42	40.25	0.8	19.51	39.33	59.16	18.59	38.42	58.24	18.7
Zeitgl.	-0m 1s	-1.39	-3.22	-5.7	-6.53	-8.37	-10.16	-11.49	-13.11	-14.21	-15.17	-15.56

Breite von Berlin. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ☉-Randes. Ortszeit.

Aufg.	5h 11m	5.19	5.28	5.36	5.45	5.53	6.1	6.10	6.19	6.28	6.37	6.46
Unterg.	18h 48m	18.36	18.24	18.12	18.0	17.48	17.37	17.25	17.14	17.3	16.52	16.41

Breite von Berlin. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ☾-Randes. Ortszeit.

Sept.	☾ Aufgang	1d 4h 4m	6. 6.34	11. 8.36	16.12.35	21.19.14	27. 1.13
	☾ Untergang	1d 13h 11m	6.18.23	11.23.37	17. 4. 0	22. 6.43	27.10. 9
Okt.	☾ Aufgang	2d 4h 15m	7. 6.12	12. 9.21	17.15.18	22.21.44	28. 1.52
	☾ Untergang	2d 15h 12m	7.20.26	13. 1.13	18. 4. 9	23. 7. 7	28.11.59

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
			Aug. 29d 12h 55m		Sept. 6. 8.47		Spt. 14.11.20	
	Spt. 21d 5h 38m		Spt. 27. 23. 40		Okt. 6. 1.58		Okt. 13.22.55	
	Okt. 20d 14h 40m		Okt. 27. 24. 26		Nov. 4.19.37			

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

Sternbild	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs
Länge	25 <sup>0</sup>	55 <sup>0</sup>	85 <sup>0</sup>	115 <sup>0</sup>	145 <sup>0</sup>	175 <sup>0</sup>	205 <sup>0</sup>	235 <sup>0</sup>	265 <sup>0</sup>	295 <sup>0</sup>	325 <sup>0</sup>	355 <sup>0</sup>
Aug.									31,0	.24	4,8	7,4
Sept.	10,0	12,4	14,8	17,0	19,1	21,1	23,1	25,1	27,3	29,7	2,2	4,6
Okt.	7,2	9,7	12,0	14,3	16,5	18,5	20,5	22,5	24,7	26,9	29,4	31,9

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

Tag	♀ Morgenstern vormittags	Tag	♀ Abendstern nachmittags	♂ (Sz) nachmittags	♀ (Jungfrau) nachm. vorm.	♁ (Jungfrau) vormittags
Okt. 21	5,6h	Aug. 28	Da 7,6h U 8,1	Da 8,2 U 10,4	Da 8,1n U 8,3n	
27	A 5,0h Dm 5,8h	Spt. 17	Da 6,8h U 7,2	Da 7,3 U 9,8	(Sp 7; 7,6)	
Nov. 6	A 5,3 Dm 6,0	Okt. 7	Da 6,0h U 6,3	Da 6,5 U 9,6		(Okt. 17; 5,3h)
16	6,3h	Okt. 27	5,3h	Da 5,8 U 9,6	(Nv 6; 6,0)	A 4,8 Dm 5,7
		Nov. 16		Da 5,3 U 9,7	A 5,5v Dm 6,3 v	A 3,7 Dm 6,2

A = Aufgang, U = Untergang, Da = Abenddämm., Dm = Morgendämm.

Herbstanfang September 23; 21h MEZ.

Sonnenfinsternis Sept. 21; 6h MEZ. In Berlin unsichtbar.

Venus als Abendstern im größten Glanz Okt. 21, sichtbar 0,1 Stunde.

M. Koppe.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.