

Ernst Grimsehl †.

Ernst Grimsehl ist am 30. Oktober 1914 bei Langemark in der Nähe von Ypern in den erbitterten Kämpfen um die Yserlinie gefallen, nachdem er zwei Tage zuvor mit dem Eisernen Kreuz ausgezeichnet worden war. Obwohl im 54. Lebensjahr stehend, war er als Oberleutnant der Land-



wehr a. D. freiwillig und voll Begeisterung dem Ruf zu den Fahnen gefolgt und hatte Anfang Oktober mit dem 213. Regiment die belgische Grenze überschritten. Nur wenige Wochen war es ihm vergönnt gewesen, für das von ihm so heiß geliebte Vaterland zu kämpfen. Er starb, wie so viele mit ihm, ohne den von ihm zuversichtlich erhofften Sieg noch erlebt zu haben.

Durch seinen Tod verliert das deutsche Unterrichtswesen eine Persönlichkeit, die einzig in ihrer Art war und darum unersetzlich ist. All sein Sinnen und Trachten war darauf gerichtet gewesen, den physikalischen Unterricht immer gründlicher zu gestalten und zu immer größerer Vollkommenheit zu führen. Sein Freund A. Keferstein hat in den „Unterrichtsblättern“ die Art seines Arbeitens schön und zutreffend gekennzeichnet. „Seine hervorragende Handgeschicklichkeit und gründliche Kenntnis der Mechanikerkunst, die er sich in seinen Studentenferien bei Meistern des Faches erworben hatte, befähigten ihn zur Herstellung blitzsauberer Modelle; diese wurden nun fortgesetzt nach allen Richtungen erprobt, bis sie sich die Kinderkrankheiten abgewöhnt hatten und jedem Winke des Meisters gehorchten.“ Von seiner genialen und erfindungsreichen Experimentierkunst legen zahlreiche Veröffentlichungen Zeugnis ab; aber man muß ihn bei den Vorbereitungen zu einem Experimentalvortrag, wie er sie fast alljährlich auf den Pflingstversammlungen des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts zu halten pflegte, beobachtet haben, um das Geheimnis dieser Meisterschaft zu begreifen. Er wußte sich, unermüdlich und schaffensfreudig, wie er war, am fremden Ort, in einem fremden Laboratorium durch oft stundenlange Arbeit mit den Einrichtungen so vertraut zu machen, daß er dort wie in seinen eigenen Räumen schaltete; alles war aufs sorgfältigste durchprobiert, ehe er an die Vorführung ging. So kam es, daß seine Demonstrationen stets zu den Glanzstücken und den Hauptanziehungspunkten einer jeden dieser Versammlungen wurden.

Kaum übersehbar ist die Zahl von Unterrichtsapparaten und Versuchsanordnungen, die wir ihm verdanken. [Sie sind fast sämtlich in unserer Zeitschrift, der er sein dauerndes Interesse zugewendet hatte, veröffentlicht. Schon der erste Jahrgang brachte einen Bericht über seine Programmabhandlung von 1888, in der er ein neues Verfahren der Tonstärkemessung veröffentlicht hatte. Im zweiten Jahrgang erschien der erste Originalbeitrag von seiner Hand, worin er zwei Apparate zum Nachweis der Schwingungsknoten und Schwingungsbäuche in einer tönenden Luftsäule beschrieb. Den letzten Vortrag, den er Pflingsten 1914 über neue einfache Versuchsmittel zur Interferenz des Lichts hielt, hatte er ebenfalls unserer Zeitschrift zugedacht; ehe er aber dazu kam, ihn niederzuschreiben, hatte ihm der Krieg statt der Feder das Schwert in die Hand gedrückt. —

Von seinen Schriften seien hier nur zwei genannt: das große Lehrbuch der Physik, das in fünf Jahren drei Auflagen erlebte, und die Didaktik der Physik (ein Teil des Baumeisterschen Handbuchs), die trotz ihrer Kürze und ihrer stark persönlichen Färbung reich an wertvollen Ratschlägen und fruchtbaren Gedanken ist.

Seiner Arbeit ist durch den Tod ein allzufrühes Ende bereitet, aber die Wirkungen seines Schaffens werden ihn überdauern und sichern ihm ein dankbares Gedächtnis bei den Überlebenden wie auch in der Geschichte des physikalischen Unterrichts.

Erläuterung des Gedankenexperiments von Robert Mayer durch einen wirklichen Versuch.

Von

Prof. Dr. **Emil Schulze** in Berlin-Friedenau.

1. Bestimmung des Wärmeäquivalents.

Das Gedankenexperiment von ROBERT MAYER ist von so hervorragender geschichtlicher Bedeutung und so geistvoll, daß die Beschreibung eines Versuchs, der in Anlehnung an den Gedankengang von ROBERT MAYER zur Ermittlung des Wärmeäquivalents führt, willkommen sein dürfte. MAYER stellt sich bekanntlich einen Kasten mit Deckel vor, in dem die eingeschlossene Luft vom Gewicht G um t Grade erwärmt wird, das eine Mal bei unbeweglichem Deckel, wobei der Luft die Wärmemenge $G \cdot t \cdot c_v$ zugeführt wird, das andere Mal bei leicht beweglichem Deckel, wobei sie die Wärmemenge $G \cdot t \cdot c_p$ erhält. Der Wärmeüberschuß $G \cdot t \cdot (c_p - c_v)$ wird zur Leistung der Arbeit $k \cdot h$ verwendet, indem die sich ausdehnende Luft den Deckel entgegen dem Atmosphärendruck k um die Schubstrecke h vor sich herschiebt. Ist q der Querschnitt des Kastens und p_0 der Atmosphärendruck pro qcm, sind ferner v_0 und v' das Anfangs- und das Endvolumen der eingeschlossenen Luft, so ist die von $G \cdot t \cdot (c_p - c_v)$ Kalorien geleistete Arbeit $k \cdot h = p_0 \cdot q \cdot h = p_0 \cdot (v' - v_0)$, und daher die von einer Kalorie geleistete Arbeit

$$J = \frac{p_0 \cdot (v' - v_0)}{G \cdot t \cdot (c_p - c_v)} \tag{1}$$

Der von mir benutzte Kasten ist ein niedriger zylinderförmiger Glasbehälter (Fig. 1), in dessen Boden eine erst nach unten dann nach oben gekrümmte Röhre eingeschmolzen ist. Im Behälter hatte ich eine bestimmte Luftmenge vom Gewicht G durch eine Flüssigkeit abgesperrt. Ich

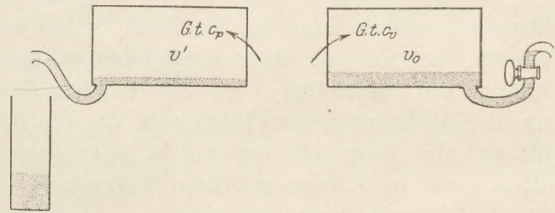


Fig. 1.

Fig. 2.

setzte ihn längere Zeit der Winterkälte aus, wobei die abgesperrte Luft das Volumen v_0 , die Temperatur T_0 und die Spannkraft p_0 angenommen haben möge. In einem zweiten Behälter (Fig. 2) von genau derselben Form sperrte ich ebenfalls durch dieselbe Flüssigkeit Luft vom Gewicht G , dem Volumen v_0 , der Temperatur T_0 und der Spannkraft p_0 ab. Beide Behälter unterscheiden sich nur dadurch, daß die eine Röhre einen Glashahn hat, die andere nicht.

Nachdem die Luft in beiden Behältern den Zustand p_0, v_0, T_0 angenommen hatte, drehte ich den Hahn zu und brachte die Behälter ins warme Zimmer. Alsbald drang die Zimmerwärme von der Temperatur T' ein und in dem Behälter ohne Hahn preßte die sich ausdehnende Luft Sperrflüssigkeit aus der Röhre in ein untergestelltes Becherglas. Der Luft des einen Behälters wurde die Wärmemenge $G \cdot t \cdot c_v$, der des andern die Wärmemenge $G \cdot t \cdot c_p$ zugeführt, wo $t = T' - T_0$ ist. Wie beim Gedankenexperiment von ROBERT MAYER gibt Gleichung 1) die von einer Kalorie geleistete Arbeit an. Der einzige Unterschied zwischen dem Gedankenexperiment MAYERS und dem hier beschriebenen ausführbaren Experiment ist der, daß der leicht bewegliche Deckel MAYERS durch die leicht bewegliche Sperrflüssigkeit ersetzt ist.

Gleichung 1) läßt sich auf eine andere Form bringen. Nach GAY-LUSSAC ist $\frac{v'}{v_0} = \frac{T'}{T_0}$, und daher ist $\frac{v' - v_0}{v_0} = \frac{T' - T_0}{T_0} = \frac{t}{T_0}$. Ferner ist $G = s \cdot V_0$, wo V_0 das Volumen der eingeschlossenen Luft bei dem Normaldruck $P_0 = 1033 \text{ g}^*$ und der

Normaltemperatur $T_0 = 272,6^\circ$ und $s = 0,001293$ g* das Gewicht von 1 ccm Luft bei diesem Druck und dieser Temperatur bedeuten. Da nach dem MARIOTTE-GAY-LUSSAC-SCHEN Gesetz $\frac{p_0 v_0}{P_0 V_0} = \frac{T_0}{T}$, also $G = \frac{s \cdot v_0 \cdot p_0 \cdot T_0}{P_0 \cdot T_0}$ ist, so finden wir

$$J = \frac{P_0}{s \cdot T_0 \cdot (c_p - c_v)} = \frac{1033}{0,001293 \cdot 272,6 \cdot 0,0686} = 42722 \text{ gcm.} \quad 2)$$

In Gleichung 2) kommen nur konstante Größen vor, unabhängig von jedem bestimmten Versuch. Es ist also nicht notwendig, einen Versuch wirklich auszuführen, ein Gedankenexperiment genügt.

Trotzdem dürfte sich durch Anstellung des beschriebenen Versuchs der Unterricht viel anschaulicher und lebendiger gestalten. Den Schülern wird ohne weiteres klar, daß von den beiden spezifischen Wärmen c_p und c_v erstere größer ist als letztere, denn die der Luft im Behälter mit Hahn zugeführte Wärme dient nur zur Erhöhung der Temperatur, während die der Luft im Behälter ohne Hahn zugeführte Wärme außerdem noch zur Vergrößerung des Luftvolumens dient. Ferner beobachten die Schüler, daß die eindringende Zimmerwärme wirklich äußere Arbeit verrichtet, indem sie Sperrflüssigkeit her austreibt. Aus dem Behälter ohne Hahn fließt letztere tropfenweise aus, während aus dem Behälter mit Hahn die Flüssigkeit nach Öffnen des Hahns sofort in kräftigem Strahl herausspritzt, um nachher langsam und schließlich tropfenweise auszufließen. Die Ursache des plötzlichen Herausspritzens ist die durch die Wärmezufuhr erhöhte Spannkraft der Luft; die plötzliche Ausdehnung der Luft hat einen Temperatursturz zur Folge, von neuem dringt Zimmerwärme ein und bringt einen weiteren Teil der Sperrflüssigkeit zum langsamen Ausfließen. Die Gesamtmenge der aus beiden Behältern herausgepreßten Flüssigkeiten wird gleich groß gefunden, was ohne weiteres einleuchtet, denn zwei gleiche Luftmengen von gleicher Temperatur T' und gleicher Spannkraft p_0 haben auch gleiches Volumen v' .

Die Gleichung 2) lehrt zwar, daß ein messender Versuch zur Ermittlung des Wärmeäquivalents unnötig ist, doch dürfte es ratsam erscheinen, im Unterricht den Versuch zunächst als einen messenden aufzufassen und zu diesem Zweck statt Gleichung 2) die Gleichung 1) zu verwenden. In dieser Gleichung bedeutet $v' - v_0$ die Anzahl Kubikzentimeter Flüssigkeit, die die im Behälter ohne Hahn sich ausdehnende Luft vor sich hergeschoben und in das Becherglas gepreßt hat, $v' - v_0$ läßt sich also mittels eines in 0,2 ccm geteilten Meßzylinders leicht ermitteln. Ebenso ist die Größe $t = T' - T_0$ mittels eines Thermometers, das Zehntel-Grade angibt, bequem zu bestimmen. Einige Aufmerksamkeit erfordert die Feststellung des Wertes von v_0 , die zur Bestimmung des Wertes von G nötig ist. Der Inhalt v_a von Behälter und Röhre ist ein für allemal gemessen worden, indem mittels eines kleinen beigegebenen Trichters Behälter und Röhre voll Wasser gefüllt worden sind. Bei Anstellung des Versuchs gießt man in den gut ausgetrockneten Behälter mittels des Trichters aus einem Meßzylinder Flüssigkeit hinein, wozu sich konzentrierte Schwefelsäure oder Glycerin besonders eignen, die der abgesperrten Luft die letzte Spur von Feuchtigkeit entziehen. Nachdem man eine bestimmte Luftmenge im Behälter abgesperrt hat, füllt man die Röhre bis zum Überlaufen. Es empfiehlt sich, vor Anstellung des Versuchs Behälter und Flüssigkeit längere Zeit der Winterkälte auszusetzen. In diesem Fall ist die Temperatur der abgesperrten Luft genau gleich der Wintertemperatur, die wir als unveränderlich voraussetzen wollen, und infolgedessen bleibt die Röhre auch nach längerem Stehen an der Luft bis oben gefüllt. Ist dagegen die abgesperrte Luft wärmer als die Luft im Freien, so gibt sie an diese Wärme ab, ihre Spannkraft vermindert sich und der stärkere Außendruck drückt Flüssigkeit aus der Röhre in den Behälter, so daß die Flüssigkeit in der Röhre zu sinken beginnt. In diesem Fall muß man abwarten, bis kein weiteres Sinken mehr stattfindet, und dann aus dem

Meßzylinder so viel Flüssigkeit zuzießen, daß die Röhre wieder bis oben gefüllt ist. Befinden sich jetzt in Behälter und Röhre v_b ccm Flüssigkeit, so ist $v_0 = v_a - v_b$.

Der Druck p_0 der im Behälter ohne Hahn eingeschlossenen und ins warme Zimmer gebrachten Luft ist bei Ableitung von Gleichung 1) als konstant angenommen worden, doch ist das nur annähernd der Fall. Er besteht aus zwei Teilen, dem Atmosphärendruck $1033 \cdot \frac{b}{760}$, wo b den augenblicklichen Barometerstand bedeutet, und dem Druck der Flüssigkeitssäule vom obersten Punkt der Flüssigkeit in der Röhre bis zur Flüssigkeitsoberfläche im Behälter. Die Höhe dieser Säule ändert sich ein wenig; ist sie anfänglich h_0 , so ist sie am Schluß, nachdem der Behälter ins warme Zimmer gebracht worden ist und die eingeschlossene Luft Zimmertemperatur angenommen hat, $h_0 + h$, wo h die Schubstrecke bedeutet (Fig. 1 u. 2). Ist σ das spezifische Gewicht der Sperrflüssigkeit, so wächst die Spannkraft der abgesperrten Luft von $p_0 = 1033 \cdot \frac{b}{760} + \sigma \cdot h_0$ bis $p' = 1033 \cdot \frac{b}{760} + \sigma \cdot (h_0 + h)$. Der Unterschied $\sigma \cdot h$ ist um so unerheblicher, je kleiner σ und $h = \frac{v' - v_0}{q}$ sind. In einem von mir angestellten Versuch war eine Luftmenge abgesperrt, die bei der Wintertemperatur von $1,4^\circ$ C den Raum $v_0 = 440,8$ ccm einnahm. Die Zimmerwärme von $20,4^\circ$ C preßte 30,2 ccm Flüssigkeit heraus. Die Schubstrecke h betrug, da der Querschnitt q des von mir benutzten Behälters 95 qcm groß ist, 0,32 cm. Als Sperrflüssigkeit hatte ich durch Indigokarmin gefärbte konzentrierte Schwefelsäure gewählt. Das Barometer zeigte einen Atmosphärendruck von 765 mm an, h_0 fand ich durch Messung gleich 1,3 cm. Hiernach stieg während des Ausfließens der Sperrflüssigkeit im Behälter ohne Hahn die Spannkraft der eingeschlossenen Luft von $p_0 = 1042,4$ g* auf $p' = 1043$ g*. Diese Zunahme ist so unbedeutend, daß die Spannkraft als konstant, im Mittel gleich 1042,7 g* angenommen werden kann. Die Rechnung nach Gleichung 1) ergibt somit, da für $G = \frac{\delta \cdot v_0 \cdot p_0 \cdot T_0}{P_0 \cdot T_0}$ der Wert 0,5724 g* gefunden wird, für das Wärmeäquivalent den Wert

$$J = \frac{1042,7 \cdot 30,2}{0,5724 \cdot 19 \cdot 0,0686} = 42208 \text{ gcm.}$$

Der hier empfohlene Weg zur Ableitung des Wärmeäquivalents nimmt zwar einige Zeit in Anspruch, trägt aber andererseits dazu bei, die Geistestat unseres Robert Mayer glänzend hervortreten zu lassen.

2. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft.

Der Glasbehälter ohne Hahn kann mit gutem Erfolge zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten α der Luft verwendet werden. In der oben schon benutzten Gleichung

$$\frac{v' - v_0}{v_0} = \frac{T' - T_0}{T_0} \quad 3)$$

lassen sich die Größen $v' - v_0$, v_0 , $T' - T_0$ durch Messung feststellen, so daß T_0 aus Gleichung 3) berechnet werden kann. In dem schon angeführten Beispiel war $v' - v_0 = 30,2$ ccm, $T' - T_0 = 19^\circ$, $v_0 = 440,8$ ccm durch Messung gefunden worden. Hiernach ergibt die Rechnung

$$T_0 = \frac{19 \cdot 440,8}{30,2} = 277 = 1,4 + \frac{1}{\alpha}, \quad \alpha = 0,00363.$$

Da alle Versuche, sowohl meine eigenen als auch die vom Herrn Kollegen Gebhard angestellten, gute Resultate lieferten, so macht der Besitz des Glasbehälters die Anschaffung eines besonderen Apparats zur Bestimmung von α überflüssig. Bemerkenswert mag werden, daß eine möglichst genaue Bestimmung von α ganz von selbst auch eine befriedigende Bestimmung des Wärmeäquivalents zur Folge hat.

Wird Quecksilber als Sperrflüssigkeit gewählt, so muß statt Gleichung 3) die Gleichung $\frac{p' \cdot v'}{p_0 \cdot v_0} = \frac{T'}{T_0}$ benutzt werden, denn bei dem großen spezifischen Gewicht des Quecksilbers unterscheiden sich p_0 und p' so erheblich, daß durch das Heben von p_0 und p' in letzterer Gleichung ein wenig genauer Wert für α gefunden werden würde.

3. Bestimmung des Verhältnisses der beiden spezifischen Wärmen c_p und c_v .

Die Möglichkeit liegt vor, mittels des Glasbehälters mit Hahn noch eine dritte Wärmekonstante, nämlich das Verhältnis $\alpha = \frac{c_p}{c_v}$ durch Messung zu bestimmen. Der Vorgang im Behälter zerfällt ähnlich wie bei dem Versuch von Clément-Desormes, der zur Ermittlung von α dient, in drei Abschnitte. Im ersten Abschnitt, bei geschlossenem Hahn im warmen Zimmer, steigen Temperatur und Druck, während das Volumen unverändert bleibt. Im zweiten Abschnitt treibt nach geöffnetem Hahn der Überdruck die Sperrflüssigkeit in kräftigem Strahl heraus, und zwar, wie wir annehmen wollen, in so kurzer Zeit, daß die Zustandsänderung adiabatisch verläuft und ein plötzlicher Temperatursturz die Folge ist. Im dritten Abschnitt wird durch die eindringende Zimmerwärme von neuem Sperrflüssigkeit herausgespreßt. Bezeichnen wir Volumen, Temperatur und Druck der abgesperrten Luft am Schluß des ersten Abschnitts mit v_1, T_1, p_1 , am Schluß des zweiten mit v_2, T_2, p_2 , am Schluß des dritten mit v_3, T_3, p_3 , so ist nach den Gleichungen von Gay-Lussac und Poisson

$$v_1 = v_0, \quad T_1 = T', \quad p_1 = p_0 \cdot \frac{T'}{T_0}, \quad 4)$$

$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{p_1}{p_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = v_0 \cdot \left(\frac{T'}{T_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} = T' \cdot \left(\frac{T_0}{T'}\right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}, \quad p_2 = p_0, \quad 5)$$

$$v_3 = v_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = v_0 \frac{T'}{T_0} = v', \quad T_3 = T', \quad p_3 = p_0 = p'. \quad 6)$$

Wie schon hervorgehoben, ist in beiden Glasbehältern der Endzustand der abgesperrten Luft derselbe:

$$v_3 = v', \quad T_3 = T', \quad p_3 = p'.$$

In dem oben gewählten Beispiel ($T_0 = 274^{\circ}$, $T' = 293^{\circ}$) ergibt die Rechnung aus Gleichung 5) $T_2 = 287,35^{\circ}$; der Temperatursturz ist also $T' - T_2 = 5,65^{\circ}$.

Aus den Gleichungen 5) und 6) folgt:

$$\left(\frac{v_2}{v_0}\right)^{\alpha} = \frac{v_3}{v_0}, \quad \text{und daher ist} \quad \alpha = \frac{\lg \frac{v_3}{v_0}}{\lg \frac{v_2}{v_0}}$$

$$\alpha = \frac{\lg \left(1 + \frac{v_3 - v_0}{v_0}\right)}{\lg \left(1 + \frac{v_2 - v_0}{v_0}\right)} = \frac{\frac{v_3 - v_0}{v_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{v_3 - v_0}{v_0}\right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{v_3 - v_0}{v_0}\right)^3 - \dots}{\frac{v_2 - v_0}{v_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{v_2 - v_0}{v_0}\right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{v_2 - v_0}{v_0}\right)^3 - \dots}$$

Ein Näherungswert von α ist hiernach

$$\alpha = \frac{v_3 - v_0}{v_2 - v_0}, \quad 7)$$

$v_3 - v_0$ bedeutet das Volumen der gesamten, $v_2 - v_0$ das Volumen der während der adiabatischen Zustandsänderung herausgespreßten Flüssigkeit.

Interessant ist ein Vergleich der drei Endzustände bei meinem Versuch und dem von Clément-Desormes. Bei letzterem steht die abgesperrte Luft anfänglich unter Atmosphärendruck und hat Zimmertemperatur. Im ersten Abschnitt wird durch

hineingepreßte Luft die Spannung vermehrt, die Temperatur steigt zwar zunächst, sinkt aber am Schluß wieder auf Zimmertemperatur. Im zweiten Abschnitt sinkt durch schnelles Öffnen und Schließen des Hahns die Spannung auf Atmosphärendruck, ein Temperatursturz ist die Folge. Im dritten Abschnitt nimmt die abgespernte Luft wieder Zimmertemperatur an.

Bei dem Versuch von Clément-Desormes ist:

Bei meinem Versuch ist:

0	I	II	III	0	I	II	III
v_0	$v_1 < v_0$	$v_2 \begin{matrix} > v_1 \\ < v_0 \end{matrix}$	$v_3 = v_2$	v_0	$v_1 = v_0$	$v_2 > v_0$	$v_3 > v_2$
p_0	$p_1 > p_0$	$p_2 = p_0$	$p_3 > p_0$	p_0	$p_1 > p_0$	$p_2 = p_0$	$p_3 = p_0$
T_0	$T_1 = T_0$	$T_2 < T_0$	$T_3 = T_0$	T_0	$T_1 > T_0$	$T_2 \begin{matrix} < T_1 \\ > T_0 \end{matrix}$	$T_3 = T_1$

Bei CLÉMENT und DESORMES ist $x = \frac{\lg \frac{p_1}{p_0}}{\lg \frac{p_1}{p_3}}$, bei mir ist $x = \frac{\lg \frac{v_3}{v_0}}{\lg \frac{v_2}{v_0}}$.

Zur Gleichung 7) gelangen wir auch ohne Kenntnis der Poissonschen Gleichungen auf elementarem Wege. Der Luft im Behälter mit Hahn wird während des ersten Abschnitts die Warmemenge $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0)$ zugeführt, während des zweiten Abschnitts erhält sie keine neue Wärme, während des dritten Abschnitts dringt zu ihr die Wärme $G \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$. Die gesamte zugeführte Wärme ist also $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0) + G \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2)$. Die Luft im Behälter ohne Hahn erhält die Wärme $G \cdot c_p \cdot (T_1 - T_0)$. Machen wir die Annahme, daß die der Luft in beiden Behältern zugeführten Warmemengen gleich groß sind, eine Annahme, die, wie weiter unten näher ausgeführt werden soll, nur annähernd zutrifft, so erhalten wir die Gleichung

$$G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0) + G \cdot c_p \cdot (T_1 - T_2) = G \cdot c_p \cdot (T_1 - T_0), \quad 8)$$

und daher ist

$$x = \frac{c_p}{c_v} = \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0}. \quad 9)$$

Aus dieser Gleichung und den Gleichungen $\frac{v_1}{v_0} = \frac{T_1}{T_0}$, $\frac{v_2}{v_0} = \frac{T_2}{T_0}$ ergibt sich, da $T_1 = T_3$ ist, Gleichung 7).

Was die Ausführung des Versuchs anbetrifft, so beobachtete ich, daß nach schneller Öffnung des Hahns, dem ich eine weite Durchbohrung hatte geben lassen, die Sperrflüssigkeit in dickem Strahl bogenförmig herausgeschleudert wurde, aber schon nach einer knappen Sekunde langsam ausfloß. Nach 40 bis 50 Sekunden wurde keine nennenswerte Flüssigkeitsmenge mehr herausgepreßt. In der Annahme, daß in der ersten Sekunde die Zustandsänderung annähernd adiabatisch verläuft, fing ich in den folgenden Versuchen die in der ersten Sekunde herausgeschleuderte Flüssigkeit in einem Becherglas auf, während ich die nachher langsam ausfließende Flüssigkeit in eine untergestellte Schale laufen ließ, und erhielt für das Verhältnis x der gesamten ausgeflossenen Flüssigkeitsmenge zu der in der ersten Sekunde herausgeschleuderten Werte zwischen 1,2 und 1,4. Eine scharfe Bestimmung von x war mir allerdings nach dieser Methode mit dem mir zur Verfügung stehenden für diesen Zweck allzu kleinen Glasbehälter nicht möglich, denn der Übergang von der plötzlich herausgeschleuderten zu der langsam ausfließenden Flüssigkeit fand ganz allmählich statt; die warme Glaswand gab an die abgespernte Luft zu schnell Wärme ab, so daß diese Luft sich in gar zu kurzer Zeit wieder auf Zimmertemperatur erwärmte und die Zustandsänderung selbst in der ersten Sekunde nicht rein adiabatisch verlief. Immerhin lohnt es sich wohl, den Schülern den Versuch in der angegebenen Weise

vorzuführen. Die wenigsten Schulsammlungen besitzen den Clément-Desormesschen Apparat, und da der Versuch mit ihm, wenn der Behälter nicht sehr groß ist, wohl ebenfalls keinen besonders genauen Wert von α liefert, so dürfte der vorgeschlagene Versuch ein willkommener Ersatz für den Clément-Desormesschen sein.

4. Darstellung eines Kreisprozesses.

Den Behälter mit Hahn brachte ich, nachdem im warmen Zimmer die abgesperrte Luft nach Öffnen des Hahns wieder die Zimmertemperatur T' angenommen hatte, zurück ins Freie und setzte ihn von neuem der Wintertemperatur T_0 aus. Während vorhin die Zimmerwärme zu der Luft im Behälter eingedrungen war und die erwärmte Luft durch Herauspressen von $v_3 - v_0$ ccm Flüssigkeit Arbeit geleistet hatte, so drang jetzt umgekehrt Wärme aus der abgesperrten Luft ins Freie, und Flüssigkeit wurde in den Behälter hineingepreßt, so daß die im Behälter sich abkühlende Luft Arbeit verbrauchte. Damit der letztere Vorgang stets bei dem konstanten Druck p_0 stattfand, füllte ich fortwährend Flüssigkeit nach, so daß die Röhre stets bis oben gefüllt blieb. Sobald die Luft im Behälter die Wintertemperatur T_0 angenommen hatte, war auch ihr Volumen wieder das ursprüngliche v_0 geworden. Zum Nachfüllen hatte ich genau $v_3 - v_0$ ccm Flüssigkeit gebraucht. Die abgesperrte Luft hatte ihren Anfangszustand wieder erreicht und einen Kreisprozeß vollendet. Da der Druck, unter dem im warmen Zimmer nach Öffnen des Hahns die Flüssigkeit herausgeschleudert worden war, von p_1 bis p_0 abgenommen hatte, also stets größer als p_0 gewesen war, während der Druck, durch den im Freien dieselbe Flüssigkeitsmenge wieder hineingepreßt worden war, konstant p_0 betragen hatte, so war die geleistete Arbeit dem absoluten Wert nach größer als die verbrauchte; ich hatte also nach Vollendung des Kreislaufs einen Arbeitsgewinn erzielt.

In Fig. 3 ist die Abhängigkeit von p und v während des Kreisprozesses durch eine geschlossene Linie in der $v p$ -Ebene zur Darstellung gebracht. Der Punkt $P = (v, p)$ hatte in der Anfangslage in P_0 die Koordinaten v_0 und p_0 . Als der Behälter

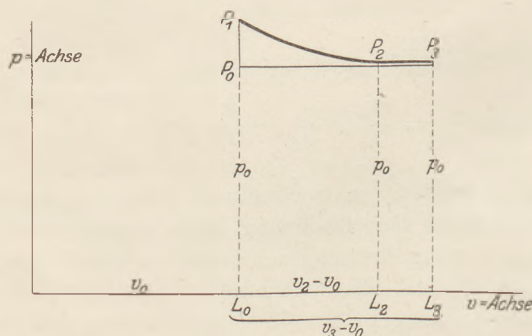


Fig. 3.

bei geschlossenem Hahn aus der Kälte ins warme Zimmer gebracht wurde, stieg mit der Temperatur auch der Druck von p_0 auf p_1 , während das Volumen v_0 unverändert blieb, P wanderte von P_0 nach P_1 . Nach Öffnen des Hahns bewegte sich P auf der adiabatischen Kurve von P_1 nach P_2 . Nach dem Temperatursturz drang von neuem Zimmerwärme bei dem konstanten Druck p_0 ein, P bewegte sich von P_2 nach P_3 . Nachdem der Behälter wieder zurück ins Freie gebracht worden war, nahm das Volumen der abgesperrten

Luft von v_3 bis v_0 ab, während der Druck unverändert p_0 blieb, P wanderte von P_3 nach P_0 . Damit war der Kreislauf von P_0 über P_1, P_2, P_3 nach P_0 zurück beendet.

Die im Glaskasten mit Hahn abgesperrte Luft war während des Kreisprozesses mit zwei großen Wärmebehältern R' und R_0 in Verbindung getreten, zuerst mit dem warmen Zimmer R' von der Temperatur T' , das an die abgesperrte Luft auf dem Wege $P_0 P_1$ die Wärme $G \cdot c_p \cdot (T' - T_0)$ und auf dem Wege $P_2 P_3$ die Wärme $G \cdot c_p \cdot (T' - T_2)$, also die Gesamtwärme $Q' = G \cdot c_p \cdot (T' - T_0) + G \cdot c_p \cdot (T' - T_2)$ abgegeben hatte, darauf mit dem Freien R_0 von der Temperatur T_0 , das von der eingeschlossenen Luft die Wärme $Q_0 = G \cdot c_p \cdot (T' - T_0)$ empfangen hatte. Die Wärme Q' hatte die durch das Flächenstück $L_0 P_1 P_3 L_3$ dargestellte äußere Arbeit geleistet, dagegen war durch die weggeführte Wärme Q_0 die durch die Fläche $L_0 P_0 P_3 L_3$ dargestellte äußere Arbeit

verbraucht worden. Die zugeführte Wärme Q' leistete auch innere Arbeit, die weggeführte Wärme Q_0 verbrauchte solche. Beide innere Arbeiten sind dem absoluten Wert nach gleich, denn durch Q' wurde die eingeschlossene Luft aus dem Zustand $p_0 v_0 T_0$ in den Zustand $p_0 v_3 T'$ übergeführt, durch Q_0 wurde sie wieder in den ursprünglichen Zustand $p_0 v_0 T_0$ zurückgeführt. Hiernach ist der durch die Wärmedifferenz $Q' - Q_0$ erzielte Arbeitsgewinn gleich $J \cdot G \cdot [c_v \cdot (T' - T_0) - c_p \cdot (T_2 - T_0)]$, dargestellt durch die dreieckige Fläche $P_0 P_1 P_2$. Diese Fläche ist äußerst klein, so daß der mit unserer Maschine erzielte Arbeitsgewinn sehr geringfügig ist im Vergleich zu der Arbeit, die hätte geleistet werden können, wenn die gesamte Wärme Q' zur Leistung äußerer Arbeit hätte verwendet werden können. Als es sich um die Berechnung von z handelte, war dieser Arbeitsgewinn geradezu vernachlässigt worden, woraus folgte:

$$c_v \cdot (T' - T_0) - c_p \cdot (T_2 - T_0) = 0, \quad z = \frac{c_p}{c_v} = \frac{T' - T_0}{T_2 - T_0}.$$

Der Wirkungsgrad η der Maschine ist

$$\eta = \frac{Q' - Q_0}{Q'} = \frac{c_v \cdot (T' - T_0) - c_p \cdot (T_2 - T_0)}{c_v \cdot (T' - T_0) + c_p \cdot (T' - T_2)} = \frac{(T' - T_0) - z \cdot (T_2 - T_0)}{(T' - T_0) + z \cdot (T' - T_2)}.$$

Die Formel, die zur Berechnung von η nicht besonders geeignet ist, läßt sich umändern, wenn für

$$z = \frac{\frac{T' - T_0}{T_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{T' - T_0}{T_0} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{T' - T_0}{T_0} \right)^3 - \dots}{\frac{T_2 - T_0}{T_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{T_2 - T_0}{T_0} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{T_2 - T_0}{T_0} \right)^3 - \dots}$$

der Näherungswert

$$\frac{\frac{T' - T_0}{T_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{T' - T_0}{T_0} \right)^2}{\frac{T_2 - T_0}{T_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{T_2 - T_0}{T_0} \right)^2}$$

eingeführt wird. Wir erhalten dann

$$\eta = \frac{T' - T_2}{z \cdot (3 T_0 - T_2)}.$$

In dem öfter angeführten Beispiel $T' = 293^\circ$ $T_0 = 274^\circ$ ist hiernach, da $T_2 = 287,35^\circ$ gefunden wird, $\eta = \frac{5,65}{1,41 \cdot 534,35} = 0,0074$.

Der geschilderte, nicht umkehrbare Kreisprozeß zeigt mit dem umkehrbaren Carnotschen in wesentlichen Punkten Übereinstimmung. In beiden Prozessen sind zwei große Wärmebehälter vorhanden, von denen der eine an ein eingeschlossenes Gas Wärme abgibt, der andere von ihm empfängt. In beiden Prozessen wird durch die Differenz der Wärmemengen ein Arbeitsgewinn erzielt, in beiden erleidet das Gas hierbei keine Veränderung und dient nur als Zwischenkörper. Vor dem wichtigeren Carnotschen Kreisprozeß hat der geschilderte den einen Vorzug, daß er ausführbar ist.

Die vorhergehenden Untersuchungen haben erkennen lassen, daß die beiden Glasbehälter, so einfach auch ihre Gestalt ist, einer mehrfachen Verwendbarkeit im Unterricht fähig sind. Zunächst läßt sich mit ihrer Hilfe der Ausdehnungskoeffizient α der Luft sehr genau bestimmen. Im weiteren Verlauf des Unterrichts dienen sie dazu, den Schülern das Verständnis für den Unterschied der beiden spezifischen Wärmen c_p und c_v zu erleichtern und deren Verhältnis mit einigem Erfolge festzustellen. Den wichtigsten Dienst leisten sie bei der Erläuterung der Beziehungen von Wärme und Arbeit und bei der Bestimmung des Wärmeäquivalents, wobei die Schüler für die höchst geniale Methode unseres Robert Mayer ein eindringendes Verständnis erhalten.

Endlich läßt sich mit ihrer Hilfe ein Kreisprozeß vorführen, der vortrefflich geeignet ist, für die Wirkungsweise der Dampfmaschine das Verständnis vorzubereiten, da bei ihr wie bei unserer Maschine die aus dem Wärmebehälter bezogene Wärme sich nicht vollständig in Arbeit umsetzen läßt, sondern im Gegenteil der größere Teil in einen zweiten kühleren Wärmebehälter übergeführt wird, für unsere Zwecke also nutzlos ist.

Die Firma Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin hat es übernommen, den Glasbehälter ohne Hahn für M 4, den mit Hahn für M 7,50 zu liefern. Der Hahn hat eine 8 mm weite Durchbohrung und ist sehr sorgfältig geschliffen, so daß vollkommene Dichtung gewährleistet ist.

Ein Übelstand bei den beschriebenen Versuchen ist, daß sie sich nur zur Winterszeit anstellen lassen und daß das Herausstellen der Behälter in die Winterkälte und nachher das Hereinnehmen ins warme Zimmer unbequem und mißlich ist, zumal wenn Schwefelsäure als Sperrflüssigkeit gewählt ist. Für Unterrichtszwecke ist wohl der Apparat Fig. 4 zur Anstellung der Versuche zweckmäßiger, da mit ihm

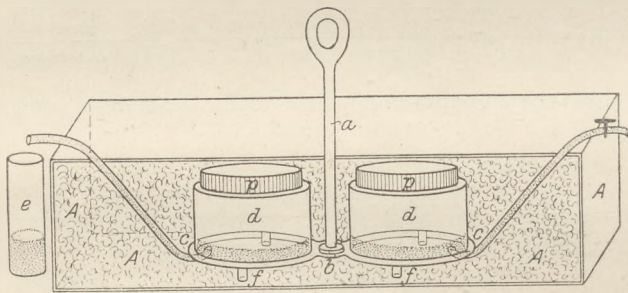


Fig. 4.

die Versuche ausschließlich auf dem Experimentiertisch und zu jeder Jahreszeit angestellt werden können. Ein Messinggestell, bestehend aus der vertikalen Stange *ab* und den beiden wagerechten, kreisförmigen Platten *bc*, steht mittels der Füßchen *f* in dem Glasrog *A*. Auf die Platten sind die beiden Glasbehälter *d* gestellt, in denen eine bestimmte Luftmenge in der früher beschriebenen Weise durch eine Flüssigkeit abgesperrt ist. Nachdem die abgesperrte Luft Zimmertemperatur angenommen hat und die Röhren der Behälter bis oben gefüllt worden sind, wird in den Glasrog warmes Wasser von etwa 40° C gegossen, so daß die Behälter vollständig von warmem Wasser umgeben sind. Vor dem Eingießen wird auf die obere Fläche der Behälter je eine Bleiplatte *p* gelegt, damit die Behälter nachher durch den Auftrieb nicht gehoben werden können. Sogleich nach dem Eingießen fließt aus dem Behälter ohne Hahn ein Teil der Sperrflüssigkeit in das untergestellte Becherglas *e*. Der Hahn des anderen Behälters bleibt vorläufig geschlossen. Das Wasser im Glasrog wird durch fortdauernde Zuführung warmen Wassers auf der Temperatur von 40° C erhalten; wenn keine Sperrflüssigkeit aus dem Behälter ohne Hahn mehr ausfließt, hat die abgesperrte Luft die Temperatur von 40° angenommen. Das aus dem Rog überlaufende Wasser wird von einem geräumigen flachen Blechkasten aufgenommen, in dem der Trog steht. Hiernach sind die beiden von mir benutzten konstanten Temperaturen Wintertemperatur und Zimmertemperatur im Apparat Fig. 4 durch Zimmertemperatur und Wassertemperatur ersetzt. Die Firma Warmbrunn, Quilitz & Co. will den Apparat für M 28 liefern.

Demonstrationsapparate für Wechselstrom.

Von

Dr. Friedr. Fricke, Direktor der Realschule i. d. N. in Bremen.

1. Der Frequenzschreiber.

Der Name wurde gewählt in Anlehnung an die Bezeichnung „Frequenzmesser“ für einen nach den Angaben von R. KEMPF-HARTMANN konstruierten Apparat zur Ermittlung der Periodenzahl eines Wechselstromes (vgl. *d. Zeitschr.* XXIV, 331).

Der Frequenzschreiber besteht aus dem Elektromagneten *E* (Fig. 1), der Feder *F* und dem Spiegel *S*. Als Magnet eignet sich u. a. der kleine Elektromagnet, der von der Firma Lorenz in Chemnitz für v. Waltenhofens Pendelversuch geliefert wird.

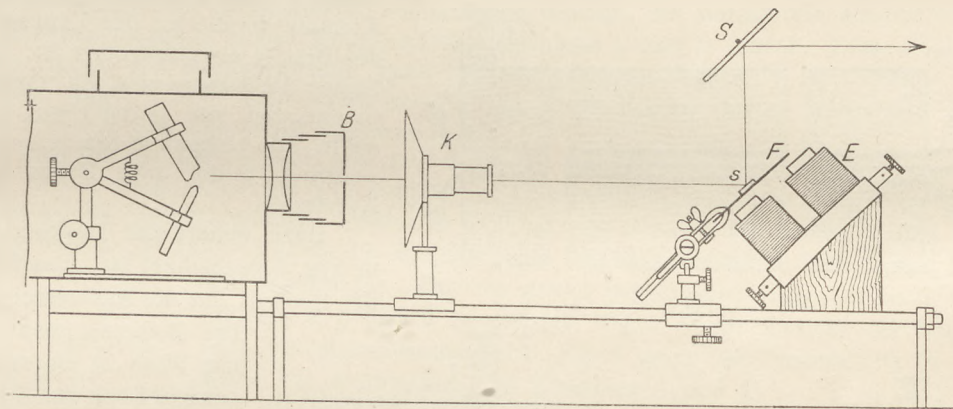


Fig. 1.

Die Feder *F* wird aus einer passenden Uhrfeder hergestellt. Z. B. ist ein 81,5 mm langes Stück einer 7,45 mm breiten und 0,39 mm dicken Weckeruhrfeder geeignet. Das Stück wird ausgeebnet und mit einem etwa 1 qcm großen Spiegel *s* versehen. Die Feder wird an einem Ende von einem kleinen Feilkloben, wie ihn die Uhrmacher benutzen, gehalten; bei den angegebenen Ausmessungen der Feder ist das aus dem Kloben herausragende Ende 69,8 mm lang. Der Kloben selber ist auf Reibung drehbar an einem Zapfen befestigt, der in ein Schieberstativ gesteckt wird, wie es z. B. die Firma Ferdinand Ernecke für die Versuche am Projektionsapparat liefert.

Als Spiegel *S* ist ein kleiner Taschenspiegel brauchbar. Er muß in der Richtung der optischen Achse, die durch den von *S* ausgehenden Pfeil angedeutet ist, verschiebbar und um eine senkrecht aus der Zeichenebene heraustretende Achse drehbar angebracht sein.

Die Anordnung des Apparates ist aus der Figur ersichtlich. Ein Lichtbündel, das durch ein Loch von etwa 2 mm Durchmesser einer Blende *B* hindurchgeht, trifft den Spiegel *s*, wird zum Spiegel *S* reflektiert und von diesem wieder in die Richtung der optischen Achse geleitet. Mittels des Projektionskopfes *K* wird auf dem einige Meter entfernten Schirm das Loch der Blende abgebildet.

Schickt man durch den Elektromagneten einen Wechselstrom von 50 Perioden, so macht bei den angegebenen Ausmessungen die Feder 50 ganze Schwingungen in der Sekunde. Durch Probieren findet man leicht, wie weit die Feder aus dem Kloben herausragen muß, um mit möglichst großer Amplitude, d. h. mit vollkommener Resonanz, zu schwingen.

Auf dem Schirme erscheint dann statt der Abbildung des Blendenloches ein senkrechter Lichtstreifen. Schiebt man zwischen dem Spiegel *S* und dem Schirme einen rotierenden Spiegel ein, so wird der Lichtstreifen in eine Sinuslinie ausgezogen.

Durch Annäherung oder Entfernung der Feder vom Elektromagneten läßt sich die Höhe (Schwingungsweite) der Sinuslinie vergrößern oder verkleinern. Man kann mit dem beschriebenen Apparat Sinuskurven bis zu 1 m Höhe erzeugen. Unter allen Umständen sind sie auch im größten Saal überall scharf zu sehen.

2. Der Wechselstromschreiber.

Auf einem Brett von 31 cm Länge, 6 cm Breite und 1 cm Dicke sind drei Kupferdrähte von etwa 2 mm Durchmesser so angebracht, wie es Fig. 2 zeigt. Die Achsen der Drähte haben einen Abstand von etwa 4 mm. Das Ende des einen äußeren Drahtes führt zu einer Klemme *B*, die an der Längsseite des Brettes eingeschraubt ist. Die Enden der Drähte sind im übrigen so gebogen, wie es die Figur darstellt. Die bisher beschriebene Einrichtung bildet den Boden des Apparates.

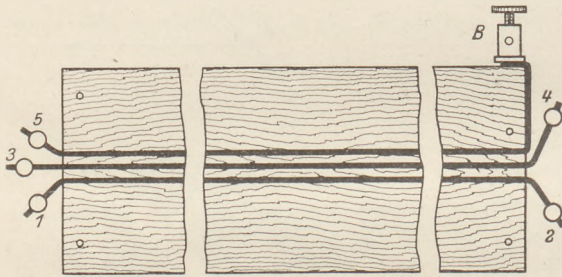


Fig. 2.

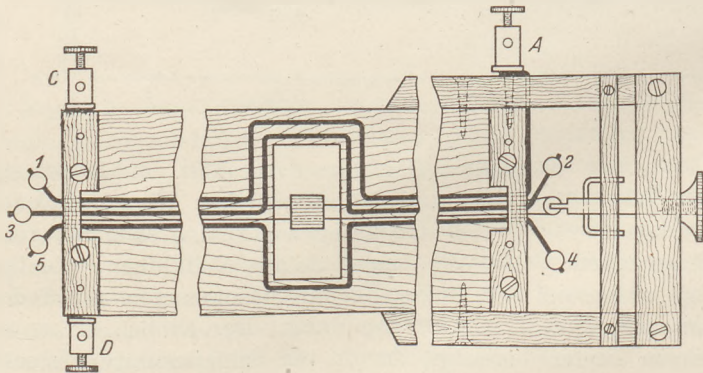


Fig. 3.

Dazu gehört der Deckel, der in Fig. 3 gezeichnet ist. Das Brett des Deckels hat die Ausmessungen des Bodens; genau in der Mitte ist ein rechteckiges Loch von 4 und 2 cm Seitenlänge herausgeschnitten. An beiden Längsseiten sind zwei Leisten (Stützen) befestigt von 1 qcm Querschnitt, deren Enden etwa 4,5 cm über das Brett hinausgehen (in der Figur rechts oben und unten). Auf dem Brett sind ebenso wie

auf dem Bodenbrett drei Kupferdrähte angebracht, von denen der eine zu einer Klemme *A* an der Längsseite führt. Die Mitten der Drähte sind ausgebuchtet und die Enden der Figur entsprechend gebogen. Denkt man sich das Brett in der Längsrichtung um 180° umgeklappt und auf den Boden gelegt, so müssen die Drähte des Deckels genau über den Drähten des Bodens liegen und die Klemmen *A* und *B* sich an gegenüberliegenden Längsseiten befinden.

Auf das Brett ist an den kurzen Seiten je eine 1 cm breite und 9 mm dicke Leiste (Endleiste) geschraubt, die eine bei *A*, die andere zwischen *C* und *D*. Diese Leisten, deren Breite in der Mitte auf 5 mm verschmälert ist, tragen unten drei Nuten für die Drähte. Genau gegenüber befinden sich an der Oberseite drei Nuten, in die die Drähte des Bodens passen, wenn man den Deckel auf den Boden legt. Die beiden Leisten sind in der Mitte parallel zur Längsachse des Brettes zweimal durchbohrt; die Löcher haben einen Durchmesser von 0,3 mm und sind 4 mm voneinander entfernt.

Auf den Stützen liegen zwei Querleisten von 9 mm Dicke. Die eine mindestens 15 mm breite verbindet die Enden der Stützen, die andere etwa 5 mm breite befindet sich einige Millimeter davor. Beide haben in der Mitte ein in der Richtung der Längsachse des Brettes verlaufendes Loch von 4 mm Durchmesser für die Spannschraube rechts in der Mitte, die 5 mm breite Leiste außerdem seitlich daneben zwei engere Durchbohrungen, die zur Führung der Spannschraube dienen. Das Ende der Spannschraube, das dem Brette zugewandt ist, trägt eine Gabel mit einem Rädchen von reichlich 4 mm Durchmesser; im übrigen zeigt die Figur den Bau der Spannschraube.

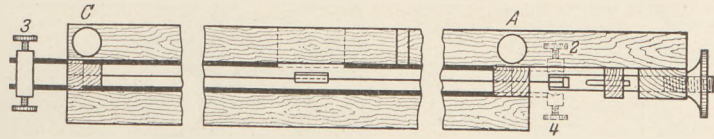


Fig. 4.

Durch die feinen Löcher der Endleisten ist um das Rädchen der Spannschraube eine Drahtschleife aus 0,25 mm dickem, mit Baumwolle umspinnenen Kupferdraht gezogen, deren Enden zu den Klemmen *C* und *D* führen. Diese Schleife kann durch die Spannschraube nach Bedarf gespannt werden. Die Drähte der Schleife tragen in der Mitte einen Spiegel von 1 qcm Fläche, dessen spiegelnde Seite dem rechteckigen Ausschnitt zugewandt ist.

Der fertige Deckel wird um 180° in seiner Längsrichtung umgeklappt und auf dem Boden festgeschraubt. Die Enden der Kupferdrähte verbindet man paarweise durch kleine Doppelklemmen, 1 bis 5 in den Figuren 2—4, deren Löcher 7 mm Abstand haben. Dadurch bilden die Kupferdrähte mit den Klemmen eine Spule von drei Windungen. Der bis soweit beschriebene Apparat ist in den Figuren 4, 5 und 6 dargestellt; Fig. 4 ist die Ansicht der Längsseite mit Mitteldurchschnitt, Fig. 5 zeigt den Querschnitt in der Mitte, Fig. 6 zwischen den Klemmen *A* und *B*.

An der Unterseite des Bodens befindet sich ein Zapfen (Fig. 5), der 45° gegen den Boden geneigt ist. Steckt man den Zapfen in ein Schieberstativ, so ist die Breitenachse des Apparates und also auch die Spiegelfläche 45° gegen die Horizontalebene geneigt.

Sendet man durch die Spule (Klemmen *A* und *B*) einen Gleichstrom und durch die Schleife (Klemmen *C* und *D*) einen Wechselstrom von 50 Perioden, so macht der kleine Spiegel 50 Schwingungen in der Sekunde, wenn die

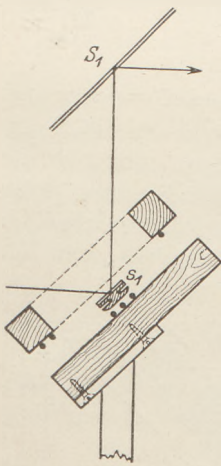


Fig. 5.

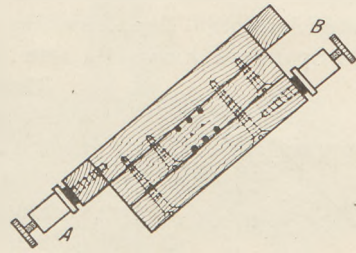


Fig. 6.

Schleife die richtige Spannung hat, d. h., wenn ihre Eigenschwingungszahl mit der Periodenzahl des Wechselstromes übereinstimmt. Ein Lichtbündel, das auf den kleinen Spiegel *s*₁ gerichtet ist, von diesem auf den Spiegel *S*₁ (Fig. 5) fällt und dann von einem Drehspiegel reflektiert wird, erzeugt auf einem Schirm eine Sinuskurve.

In Fig. 7 ist eine Versuchsanordnung mit einem Frequenzschreiber (*E*, *F*) und einem Wechselstromschreiber *W* skizziert. *B* ist eine Blende mit zwei Öffnungen zur Erzeugung zweier Lichtbündel, von denen das eine den Federspiegel des Frequenzschreibers, das andere den Schleifenspiegel des Wechselstromschreibers trifft. Eins dieser Lichtbündel läßt man durch ein gefärbtes Glas gehen. Durch Drehung der Spiegel *S* und *S*₁ kann man erreichen, daß die auf dem Schirm erzeugten Lichtflecke zusammenfallen. Schickt man durch den Elektromagneten *E* und die Schleife von *W* einen Wechselstrom und durch die Spule von *W* einen Gleichstrom, so erhält man

bei ruhendem Drehspiegel zwei zusammenliegende Lichtstreifen. Durch passende Wahl des Abstandes der Feder vom Elektromagneten wird erreicht, daß die Lichtstreifen gleiche Länge haben. Bei rotierendem Drehspiegel erhält man zwei Sinuskurven.

Die beiden Kurven zeigen einen Phasenunterschied. Sind der Elektromagnet E und die Schleife von W in Reihe geschaltet (Fig. 8 a), so stellt die durch den Wechsel-

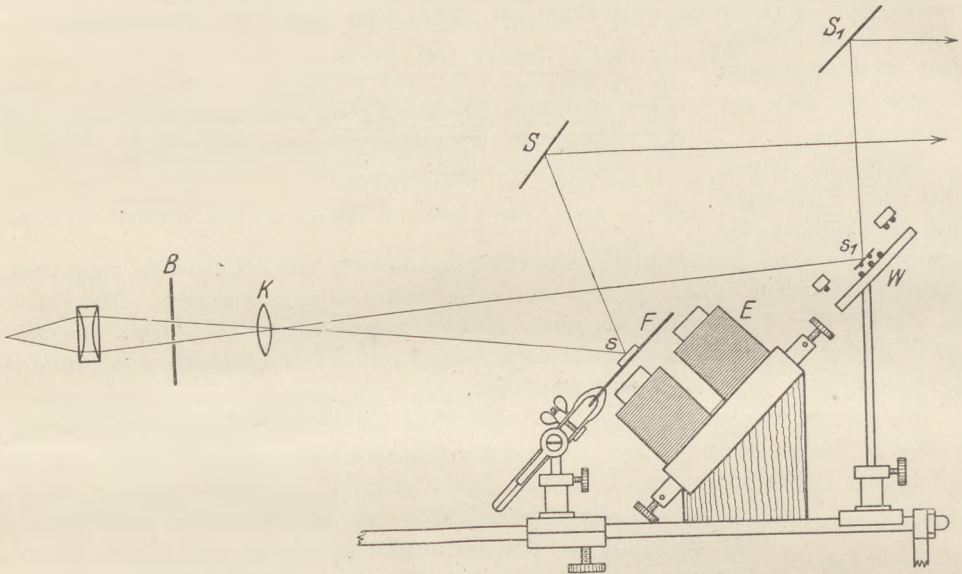


Fig. 7.

stromschreiber erzeugte Kurve die Stromkurve (bei Anwendung eines Oszillographen die Intensitätskurve) dar; der Phasenunterschied beider Kurven bedeutet die Eisenverluste des Elektromagnetenkerns. Schaltet man aber Elektromagnet und Schleife parallel (Fig. 8b), wobei der durch die Schleife gehende Teil des Stromes einen induktionslosen Regulierwiderstand passiert, so zeichnet der Wechselstromschreiber die Spannungskurve, da sein Stromkreis nur Ohmschen Widerstand enthält; und der Phasenunterschied beider Kurven ist bedeutend größer als im ersten Falle.

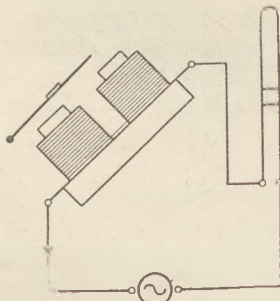


Fig. 8 a.

Könnte man Spannungs- und Stromkurve zugleich auf dem Schirm haben, so würde die Phasenverschiebung des letzteren gegen den ersteren durch die Selbstinduktion des Elektromagneten erzeugt sein. Auf die Möglichkeit der Darstellung dieser Phasenverschiebung sei hier nur

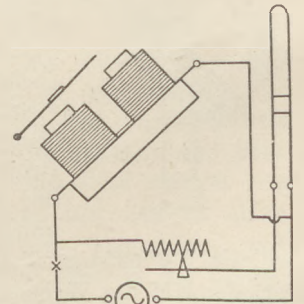


Fig. 8 b.

hingewiesen. Es wäre dazu neben den beiden Apparaten ein zweiter Wechselstromschreiber erforderlich. Einfacher zeigt man die durch Selbstinduktion hervorgerufene Phasenverschiebung mittels des Drehstromschreibers.

3. Der Drehstromschreiber.

Der Drehstromschreiber besteht aus drei nebeneinander vereinigten Wechselstromschreibern. Nach der ziemlich eingehenden Beschreibung des Wechselstromschreibers dürfte der Bau des Drehstromschreibers aus den Figuren 9 bis 12 genügend

ersichtlich sein. Fig. 9 zeigt den Querschnitt durch die Mitte, Fig. 10 das Mittelstück der Innenseite des Deckels, Fig. 11 die Ansicht des ganzen Apparates und Fig. 12 die Anordnung der Klemmen auf der Außenseite des Deckels. Die drei Spulen sind hintereinander geschaltet, die Enden sind die Klemmen G_1 und G_2

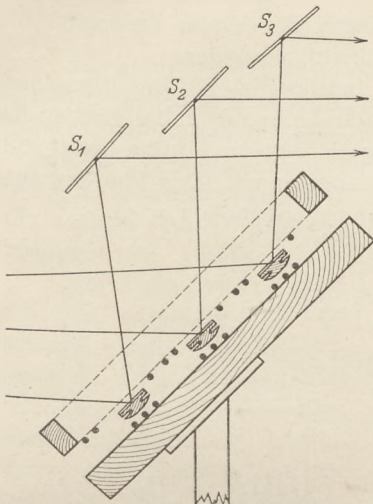


Fig. 9.

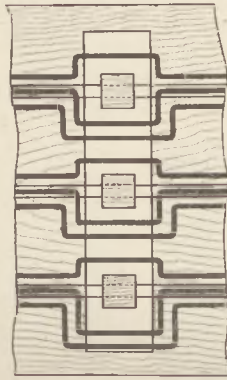


Fig. 10.

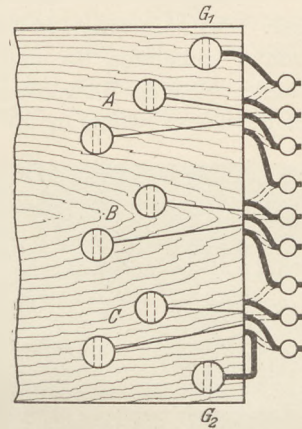


Fig. 12.

in Fig. 12. Die Enden der drei Schleifen sind die Klemmenpaare A , B und C derselben Figur. In Fig. 11 sieht man in der Mitte den Aufsatz für die drei Spiegel S_1 , S_2 und S_3 (vgl. Fig. 9). Die Spiegel sind vertikal verstellbar und um die Vertikalachse und eine Horizontalachse drehbar. Hinter den Spiegeln S_1 und S_2 sind am Aufsatz vertikal verschiebbar Farbfilter angebracht, damit die drei Sinuskurven an ihrer Farbe unterschieden werden können. Unten zwischen den Stützen des Aufsatzes sieht man zwei der Schleifenspiegel.

Von den Versuchen, die man mit dem Drehstromschreiber anstellen kann, seien die hauptsächlichsten herausgegriffen.

Fig. 13 zeigt, wie man die drei Phasen des Drehstromes zur Darstellung bringen kann. Die drei Leitungen haben Sternschaltung. Zwischen je zwei benachbarten Sinuskurven besteht ein Phasenunterschied von 120° . Es ist dabei einerlei, ob die Ströme zur Erde E abgeleitet sind oder nicht. Anders

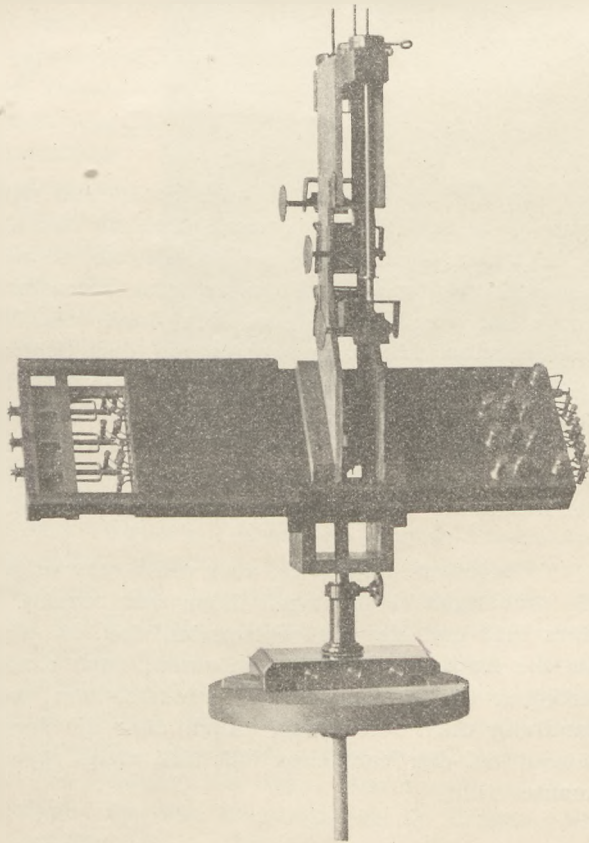


Fig. 11.

liegt der Fall, wenn man eine der drei Leitungen unterbricht. Sind die beiden andern zur Erde abgeleitet, so haben die Sinuskurven ihrer Ströme einen Phasen-

unterschied von 120° . Sind sie nicht zur Erde abgeleitet, so setzen sich ihre Ströme zu einem Strom zusammen, auf dem Schirm erscheinen aber zwei Sinuskurven mit 180° Phasenverschiebung. Soll hier nur eine Sinuskurve erscheinen, so muß der Strom in einem der Schreiber gewendet werden, damit bei jedem Stromstoß die Schreiber in demselben Sinne von ihren Strömen durchlaufen werden.

In Fig. 14 ist S eine Induktionsspule und R ein induktionsloser Regulierwiderstand. Der Schreiber II liefert die Spannungskurve, der Schreiber I die Kurve des durch S gehenden Stromes. Wegen der in S erzeugten Selbstinduktion zeigt die Stromkurve eine Phasenverschiebung gegen die Spannungskurve. Der Phasenunterschied wächst, wenn in die Induktionskurve ein Eisenkern geschoben wird.

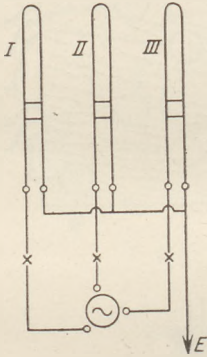


Fig. 13.

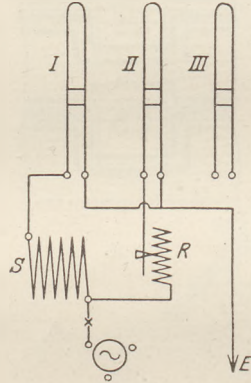


Fig. 14.

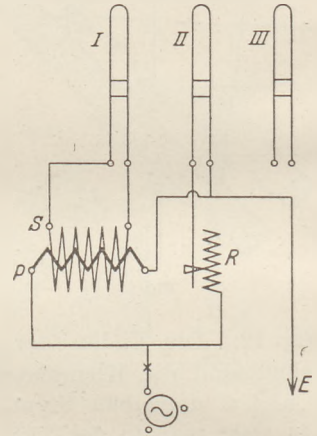


Fig. 15.

In Fig. 15 bedeutet P eine Spule von dickem Draht, die in der Induktionsspule S steckt. Die Enden von S sind mit den Klemmen des Schreibers I verbunden. Schickt man durch P einen Wechselstrom, so wird in S ein Wechselstrom induziert, dessen Kurve durch I auf dem Schirme entworfen wird. II gibt wieder die Spannungskurve an. Sendet man noch den durch die Primärrolle P gehenden Strom durch den Schreiber III , so erscheinen auf dem Schirme die Spannungskurve, die Stromkurve und die Induktionsstromkurve. Die Stromkurve hat wegen der Selbstinduktion in P eine Phasenverschiebung gegen die Spannungskurve.

Erwähnt sei noch folgender Versuch: Geht ein Wechselstrom durch I , ein zweiter durch II und ihre Vereinigung durch III , so gibt die durch III gezeichnete Kurve die Resultante der beiden anderen Sinuskurven.

Der etwas mühevollen, aber nicht schwierigen Bau der Apparate macht sich durch die prächtigen Versuche mit ihnen sehr bezahlt. Der Verfasser, dessen Apparate im März 1912 und Mai 1914 entstanden sind, ist sehr gern bereit, den Herren Kollegen, die die Apparate herstellen möchten, nach Kräften behülflich zu sein. Bei der Anfertigung ist so manches zu berücksichtigen, was in den Rahmen einer kurzen Abhandlung nicht hineinpaßt. Auch über die Versuchsanordnung und über Erleichterungen bei den Versuchen läßt sich vieles sagen, was hier nicht Erwähnung finden konnte.

Ein Freifallapparat.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. d. H.

Der im folgenden zu beschreibende Apparat ist keine geschlossene Fallmaschine, sondern eine Zusammenstellung aus Teilen, die zum Apparatenbestand höherer Schulen gehören, nebst einem leicht und fast kostenlos herzustellenden Zubehör. Er stimmt in seinen Grundzügen mit dem in meiner Technik (*M. T. 61*) angegebenen überein. Der eine Hauptbestandteil ist ein mit berußtem Kartonstreifen bespannter Fallkörper, der andere eine a' -Stimmgabel mit elektromagnetischem Antrieb der üblichen Bauart*).

Als Fallkörper wurde anfänglich eine mit Blei beschwerte 50 cm lange Holzleiste benutzt, später ein Holzprisma von 5 cm im Quadrat. Dieses konnte mittels passender Öse und konischen Vorsteckstifts in dem Schlitz eines festgestellten Tragholzes aufgehängt und durch Herausreißen des Stiftes zum Fallen gebracht werden. Indessen verlangte diese Stiftauslösung, wenn mit Sicherheit exakte Resultate erhalten werden sollten, ungewöhnlich feste Stative. Ich benutzte zwei verbundene Tragständer (*M. T. 6*). Auch versuchte ich es mit gutem Erfolge mit einem Untersatzkasten nach Quincke, der hochkant vorn an der Platte des Experimentiertisches mittels Schraubzwinge befestigt worden und oben das ebenfalls durch Zwinge gehaltene Tragholz trug. Aber auch trotz fester Aufhängevorrichtung wollten störende Impulse nicht ausbleiben. Infolgedessen ging ich zur elektromagnetischen Auslösung über, und es zeigte sich, daß die Selbstanfertigung einer solchen nicht teurer und mühsamer ist als die gedachte Stiftauslösung. Denn das Eisen des kleinen Tragnagneten kann aus 5 mm Draht leicht zurechtgebogen und an einem gewöhnlichen

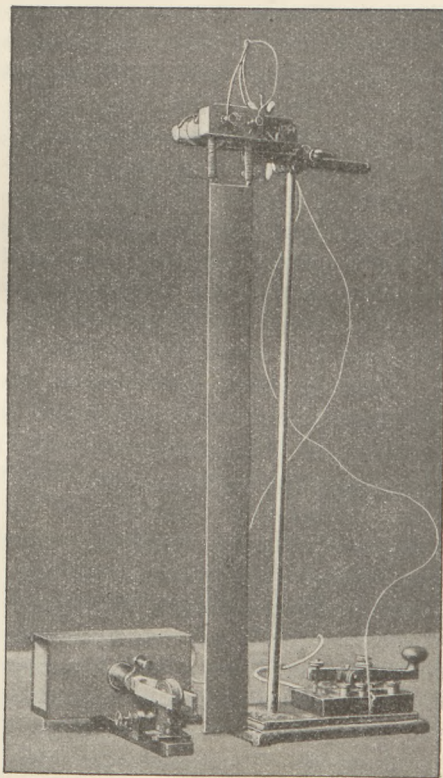


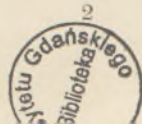
Fig. 1.

Bunsenstativ aufgehängt werden. Als Anker diente ein Stück des gleichen Drahts, das mittels Krammen auf dem Kopfe des vorhin erwähnten Fallklotzes befestigt wurde.

Nun arbeitete der Apparat sehr gut und zuverlässig. Aber es wurde als unerwünscht empfunden, daß der für die Fallbeschleunigung erhaltene Mittelwert bei 979 cm lag. Es ist also eine Korrektion wegen des Luftauftriebs nötig. Denn der Tannenholzkörper von 780 g hat einen Inhalt von 1340 ccm. Der Auftrieb macht also 2,1‰ aus, weshalb für g nicht 981,3, sondern 979,3 gefunden werden muß. Daß dies tatsächlich geschah, ist ja sehr lehrreich. Gleichwohl schien es mir passender, diese Korrektion unnötig zu machen. So gelangte ich dahin, den Fallkörper ganz aus Eisen herzustellen und ohne weiteres an den Tragnagneten zu hängen. So erhielt der Apparat nach langen Umwegen die nachfolgende endgültige Gestalt. Fig. 1 gibt sein photographisches Bild.

Der Fallkörper ist ein 60 cm langes Stück Flacheisen 0,4 : 5 cm, wie es in jeder Eisenhandlung zu haben ist. Wenn nötig, wird es nachträglich möglichst eben

*) Man vgl. hierzu die Zuschrift des Verfassers unter Korrespondenz, d. Heft S. 60.
u. XXVIII.



gerichtet. Man schrägt das Ende, welches an dem Magneten hängen soll, so zu, daß an der Kante eine stumpfe Schneide entsteht. Dadurch, daß die Schneide nicht mitten, sondern am Rande liegt, kommt der Streifen ein wenig schräg zu hängen, so daß sich sein unteres Ende gegen die Schreibspitze hin vorschiebt. Erst durch den leisen Gegendruck der Schreibspitze soll der Fallkörper genau in die Vertikale kommen. Dann wird er genau senkrecht abfallen und die Schreibspitze auf der ganzen Fallstrecke mit gleicher Kraft aufdrücken.

Der Tragnagnet ist in U-Form aus 5 mm Draht gebogen. Die Schenkellänge beträgt etwa 8 cm, die Schenkelbreite 5 cm. Die Polenden werden zu stumpfen Schneiden angefeilt. Dann paßt man auf die Schenkel ein Querholz von 2 cm im Quadrat. Dieses läßt von den Schenkeln noch je 5 cm für die Wicklung frei. Die Wicklung besteht aus 2 Lagen seideüberspannenen Kupferdrahts von 0,7 mm Stärke, dessen Enden durch Löcher des Querholzes gezogen und unter zwei eingeschraubte Klemmen geführt sind. Man wickelt, am Querholz beginnend, den einen Schenkel bis nahe ans Polende voll und darüber zurück, die zweite Lage geht zum zweiten Schenkel hinüber und belegt ihn in derselben Weise mit etwa 100 Windungen.

Dieser kleine Hufeisenmagnet wird mittels Holzschraube auf der Stirnfläche eines runden Holzstiels so befestigt, daß er noch leicht in einer Vertikalebene drehbar bleibt, wenn der Stiel in dem Retortenhalter eines Bunsenstativs horizontal eingeklemmt worden. Stellt man das Stativ an den Rand des Experimentiertisches, so läßt sich der Halter leicht so einstellen, daß der am Magneten hängende Fallkörper mit seinem unteren Ende einige Zentimeter vor und über der Tischkante schwebt.

Zur Erregung des Magneten genügen parallelgeschaltete Akkumulatoren (2 Volt). Zur bequemen Unterbrechung des Stroms kann ein Morsetaster eingeschaltet werden.

Zu der beschriebenen, leicht herzurichtenden Fallvorrichtung gesellt sich eine chronographische Stimmgabel. In der Apparatensammlung höherer Schulen müßten zwei lauttönende Stimmgabeln auf Resonanzkasten vorhanden sein zur Demonstration der Resonanz und der Schwebungen. Selbstverständlich wird man a' -Gabeln bevorzugen, wegen der scharfen Vergleichbarkeit mit der amtlich beglaubigten Normalgabel $n = 435$. Eine dieser Gabeln sollte mit elektromagnetischem Antrieb ausgerüstet sein, um den Ton dauernd in gleichmäßiger, aber willkürlicher, Stärke festhalten zu können. Das in unserer Sammlung vorhandene Exemplar Kohlscher Konstruktion (Preisverzeichnis Max Kohl, Nr. 53382, Preis 46 M.) kann ohne weiteres für unsern heutigen Zweck vorgefertigt werden. Man hat es nur, wie Fig. 1 zeigt, platt auf den Tisch zu legen. Um ihm eine feste Auflage zu sichern, schraubt man vorn und hinten in den Kasten eine kleine Holzschraube, deren Köpfe als Fußpunkte dienen; auch kann durch ein oben daraufgestelltes Gewicht jedes Verrutschen gehindert werden.

Die eine Gabelzinke wird in folgender Weise mit einer geeigneten Schreibspitze versehen. Aus feinstem Schablonenblech schneidet man ein Stück nach Fig. 2, dem genauen Zinkenquerschnitt entsprechend, und biegt die 3 Lappen nach den punktierten Linien zurück. Um es auf der Zinke zu befestigen, erwärmt man diese mit einer spitzen Flamme soweit, daß Kolophoniumkitt darauf zerfließt, und drückt das Blech mit seinem kastenförmigen Ende fest auf. Überflüssiger Kitt wird nachher fortgeschabt. Die Spitze wird schließlich so gebogen, wie Fig. 3 es zeigt. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß sich die Spitze jederzeit binnen einer Minute wieder beseitigen und von neuem aufbringen läßt.

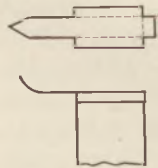


Fig. 2 und 3.

Diese Schreibspitzen haben sich in langjährigem, starkem Gebrauch sehr gut bewährt. Sie zeichnen Wellenlinien von wunderbarer Feinheit. Zur Aufnahme der Zeichnung dienen 2—3 cm breite Streifen von glattem, weißem Karton. Um sie auf dem Eisenstreifen zu befestigen, legt man diesen auf den Ring eines Bunsenstativs,

unterfährt mit einer Bunsenflamme, bis Wachskolophoniumkitt darauf schmilzt, zieht mit einem Kittstäbchen entlang der Mittellinie eine Spur von der Breite des Kartonstreifens, legt diesen auf und preßt ihn auf ebener Unterlage mittels eines aufgelegten Lineals oder Spiegelglasstreifens durch Gewichte glatt an und läßt erkalten.

Die Berußung geschieht am besten über der Flamme eines Petroleumrundbrenners. Die Lampe ist dabei so hoch aufzustellen, daß man die zu berußende Fläche von unten erblickt. Der Streifen wird einige Male nicht zu langsam durch die Flammenmitte bewegt. Nach einiger Übung wird der Streifen gleichmäßig berußt sein. Die Rußschicht soll nicht zu dick sein und nur dunkelgrau erscheinen.

Falls man die Zeichnungen aufbewahren will, fixiert man sie mit dünner Lacklösung, wie solche in Schreibwarenhandlungen unter dem Namen Fixatif käuflich ist, nicht durch Aufspritzen, sondern durch Überlaufenlassen. Es stellte sich heraus, daß so gerade bei Petroleumruß alle Feinheiten der Zeichnung erhalten bleiben, und kein Verschwimmen der Rußteilchen eintritt.

Ein Streifen kann nach dem Abwischen mit in Alkohol getränkter Watte mehrmals verwendet werden.

Die Vorführung des beschriebenen Apparats verläuft nun schnell und glatt. Nachdem das Stativ in der schon angedeuteten Weise aufgestellt und der Fallkörper richtig an dem Magneten hängt, schiebt man die mit der gleichen Stromquelle verbundene Stimmgabel bei zurückgeschraubter Kontaktplatte so weit vor, daß die Schreibspitze leicht gegen den Streifen federt und den Fallkörper genau in die Vertikale zurückdrückt. Ein an einem im Querholz des Magneten passend angebrachten Stifte hängendes Senkel gilt dabei als Richtschnur. Doch hat man es nach einigen Versuchen schon im Gefühl. Nun bringt man die Gabel durch Verschrauben des Kontaktplättchens zum lauten Tönen und schlägt auf den Taster. Binnen ein paar Minuten kann man 3 oder 4 Wellenzüge nebeneinander auf dem Streifen haben.

Ein auf den Fußboden gelegtes kleines Polster oder eine Bleiplatte mildert den Stoß; ein darüber in 50 cm Höhe angebrachter Ring eines Bunsenstativs, durch welchen der Fallkörper fällt, verhindert das Hinfallen und eine Verletzung der Rußschicht.

Bevor wir auf die beste didaktische Auswertung der Versuchsergebnisse zu sprechen kommen, sei überlegt, welche Genauigkeit zu erreichen ist. Von vornherein muß angesichts dieses in den arbeitenden Teilen überaus einfachen und übersichtlichen Apparats beim Lehrer und Schüler die Überzeugung erweckt sein, daß die aufgezeichneten Wellenzüge eine wissenschaftlich genaue Feststellung der Fallgesetze ermöglichen. Die für die ganze Physik grundlegende Naturkonstante g soll richtig zum Vorschein kommen. Nicht als ob eine Nachbestimmung derselben die physikalische Wissenschaft fördern könnte. Die hat ja im Pendel ein Hilfsmittel von unübertrefflicher Schärfe. Aber die Pendelmethode ist nicht nur indirekt, sondern fordert die schwierige Theorie des physischen Pendels und eine subtile Technik. Ganz anders unser Freifallapparat. Der schreibt den Fallvorgang unmittelbar auf. Das ist die denkbar einfachste und für den Standpunkt des Schülers und Laien zwingend einleuchtende Methode. Und wenn wir sicher sein dürfen, daß wir auf diesem Wege die Zahl g bis auf Bruchteile eines Tausendstels selbst herausarbeiten können, so bedeutet das einen großen didaktischen Vorzug.

Die Fehlergrenzen sind in den Oberklassen auch den Schülern klarzulegen. Was zuerst den Längenmaßfehler betrifft, so kann die bis zur 140. Welle reichende Strecke von etwa 500 mm mit gewöhnlichen Mitteln bis auf 0,1 mm, also bis auf $\frac{1}{5} \text{ ‰}$, auch von Schülern gemessen werden.

Wir erleichtern uns diese Messung durch Verwendung einer festen 0,5-m-Strecke, welche dadurch erhalten wurde, daß man 2 Nähadeln in diesem Abstände durch eine

Holzleiste von 1 cm im Quadrat trieb. Durch Aufsetzen der etwa 1 cm vorragenden Spitzen auf einen Maßstab wird die genaue Länge bestimmt und von den Schülern nachgeprüft; sie beträgt bei unserer Strecke 501,0 mm. Nun wird mit dieser Vorrichtung vom Nullpunkte aus in den Wellenzug eingeschnitten. Von dieser feinen Marke aus wird der nur etwa 9 mm betragende Abstand der Welle 140 leicht bestimmt. Für unsere Stimmgabel berechnet sich für $s = 509$ mm $g = 979,7$, für $s = 510$ mm $g = 981,9$. Aus einer durch Interpolation hergestellten kleinen Tabelle für die Zehntel lesen wir dann ohne weiteres den aus jedem Wellenzuge hervorgehenden Wert von g ab. Ebenso niedrig liegt die Fehlergrenze bei der zeitmessenden Stimmgabel. Unsere durch den Schreibstift etwas verlangsamte Gabel macht, in Berührung mit dem Streifen leicht ertönend, mit der daneben angeschlagenen Schwester-gabel 21 Schwebungen in 30 Sekunden. Ihre Schwingungszahl ist also 434,3. Die Schwestergabel gibt neben der amtlich geprüften Normalgabel keine Schwebungen.

Weniger günstig steht's mit der Wellenzählung. Denn einmal sind die beiden ersten Wellen zu kurz, um noch erkannt zu werden, zweitens ist die Phase beim Fallbeginn beliebig, wie sich auch beim Vergleich der verschiedenen nebeneinanderliegenden Wellenzüge offensichtlich herausstellt. Die ersten beiden Wellen von bezüglich 0,026 und 0,104 mm Abstand bilden einen weißen Strich, die dritte mit 0,234 mm Abstand kann mit der Lupe schon erkannt werden. Um von diesen Unsicherheiten loszukommen, berechnet man den Ort der 20. Welle nach einer ungefähren ersten Zählung auf 10,4 mm, faßt diese Strecke zwischen die Spitzen eines feinen Zirkels und schneidet sie unter Zuhilfenahme der Lupe ein. Die so erhaltene feine Marke zeigt auch die Phase. Nach dem Augenmaß läßt sich diese bis auf $\frac{1}{10}$ Welle abschätzen. Nun zählt man dekadentweises vorwärts und markiert mit einer Zirkelspitze die betreffenden Punkte und beziffert sie. Diese Marken müssen nach dem Augenmaß so in die betreffende Welle gesetzt werden, wie die Ausgangsmarke in der Welle 20 steht. Das muß namentlich bei der Welle, welche der Berechnung von g zugrunde gelegt wird, möglichst sorgfältig geschehen. Wir nehmen die Welle 140. Sie ist 7 mm lang. Im günstigsten Falle haben wir die Phase auf $\frac{1}{10}$ richtig geschätzt. Das macht 0,7 mm aus. Da aber der Abstand dieser Welle 510 mm ist, bedeutet 0,7 einen Fehler von 1,3 Promille. Dies ist die erreichbare Grenze. Wenn also 981,3 der richtige Wert von g ist, so können die mit unserm Apparat zu findenden Werte zwischen 979,9 und 982,6 liegen. Aber das Mittel aus mehreren wird uns g bis auf Bruchteile eines Zentimeters bzw. Tausendstels genau geben.

Außer diesen unvermeidlichen Meßfehlern birgt die Methode eine Fehlerquelle, aber auch nur diese eine. Sie entspringt aus der Biegung des Schreibstifts, wenn der Fallkörper schräg abfällt, oder die Streifenfläche bucklig ist. Die Spitze beschreibt beim Zurückbiegen einen Kreis von 10 mm Radius, und es läßt sich leicht aus einer 10 mal vergrößerten Zeichnung nachmessen, daß bei einer Abweichung um 1 mm ein Höhenfehler von 0,4 entsteht, was auf 500 mm Fallstrecke schon fast 1 Tausendstel ausmacht. Man hat also in der oben bereits erörterten Weise Sorge zu tragen, daß der Streifen genau in der nämlichen Vertikalen niedergeht. Tatsächlich fallen die Versuche so aus, daß man die Zahl g bis auf Bruchteile eines Tausendstels richtig erhält. Ein völliges Mißlingen ist ausgeschlossen. Um dem Leser ein Urteil zu ermöglichen, sei das photographierte Bild eines in 4 Abschnitte zerlegten fertigen Streifens beigelegt (Fig. 4). —

Zum Beschluß bleibt die uns besonders naheliegende Frage nach der besten didaktischen Auswertung der Versuche zu erörtern. Zweifellos dürfte ein rein induktives Verfahren den meisten Gewinn bringen. Der vor der Klasse mit den Fallwellenzügen beschriebene Streifen wird, so wie er ist, herungereicht. Außerdem wird eine Anzahl älterer, fertiger Streifen verteilt. Die Schüler sind ausreichend mit Zirkeln und kleinen Maßstäben versehen. Sie erhalten die Aufgabe, ohne jedes

Vorwissen die Gesetze der Naturerscheinung, welche auf den Streifen ihre Spur hinterlassen, zu erforschen. Auf den ersten Blick zeigt sich in der zunehmenden Wellenlänge das Wachsen der Geschwindigkeit. Nun ist klar, daß die Wellenlänge wegen der Kleinheit der zugehörigen Zeiteilchen sehr genau das Maß der augenblicklichen Geschwindigkeit ist, nämlich $c = 434,3 l$. Dieser wertvolle Umstand kommt bei langsamschwingenden Gabeln oder Federn nicht zur Geltung. Um die Beziehung zwischen c und s zu erkennen, fassen wir eine Welle nahe am Ende des Zugs zwischen die Zirkelspitzen und suchen die Stelle, wo genau 2 Wellen in dieselbe Zirkelöffnung fallen. Sofort stellt sich heraus, daß hier der Abstand der Zirkelstelle vom Anfangspunkt 4 mal kleiner ist. Es handelt sich also um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung und nach deren Gleichung $s = \frac{c^2}{2a}$ können wir auch schon annähernd a finden. Suchen wir z. B. die Stelle, wo die Wellenlänge genau 7 mm beträgt, also $c = 0,7 \cdot 434 \text{ cm}$ ist. Sie liegt 49 cm weit. Daraus berechnet sich $a = 950 \text{ cm}$.

Nunmehr versuchen wir auch die Wegzeitgleichung zu ermitteln. Die Zahl der Wellen ist ja das Zeitmaß. Aber wir sehen, daß die ersten Wellen wegen ihrer Kleinheit nicht zählbar sind. Wir können jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit beurteilen,

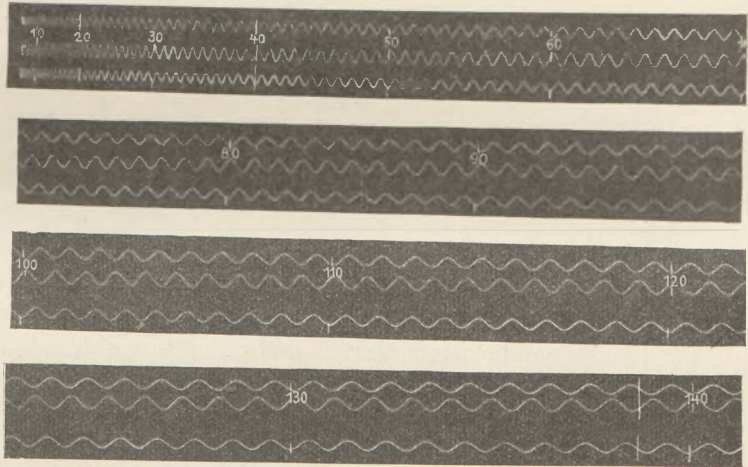


Fig. 4; $\frac{2}{3}$ n. Gr.

daß in dem weißen Strich zu Beginn höchstens 2 Wellen liegen. Nennen wir die erste erkennbare Welle 3 und zählen durch, so erhalten wir jedenfalls eine annähernd richtige Bezifferung. Auch hier ergibt sich das Quadratgesetz, und aus der Formel $s = \frac{a}{2} t^2$ können wir wiederum einen annähernden Wert für a berechnen. Mit diesem Wert aber können wir rückwärts den Ort der Welle 20 berechnen. Angenommen, man erhielte $s = 10,1 \text{ mm}$. Nehmen wir diese Strecke in den Zirkel, schneiden sie ein, nennen den erhaltenen Punkt 20 und zählen durch bis 140, so gelangen wir zu dem Abstand 50,7. Wenn wir aus diesen wieder a berechnen, so ergibt sich 976. Und mit dieser weit genaueren Zahl errechnet sich rückwärts die Fallstrecke für 20 Schwingungen zu 10,4 mm. Mit dieser Strecke schneiden wir nunmehr in alle Wellenzüge ein, und erhalten so den Zeitpunkt 20, von dem aus wir zählen und dekadentweise markieren und beziffern unter Berücksichtigung der Phase. Der Punkt 140 fällt nun in den Abstand 50,95 cm und dem entspricht $g = 980,6$.

Den angedeuteten Gang Fachleuten noch breiter zu erörtern erübrigt sich. Im einzelnen kann jeder sich nach seinem pädagogischen Gefühl die Sache auch anders zurechtlegen. Die Hauptsache ist die schaffende Mitarbeit der Schüler. Die Wellenzüge erschließen ihnen ein gutes Stück Wissenschaft und echter Naturforschung. Didaktisch liegt hier der besonders günstige Fall eines Stoffs vor, bei dem sich praktische Betätigung der ganzen Klasse zwanglos und ohne Zeitverlust in die Lehrstunde verlegen läßt.

Die einziehende Kraft einer Stromspule auf einen beweglichen Eisenkern.

Von

Dr. Emanuel Pfeiffer in München.

In Band 25, S. 226 des Jahrgangs 1912 dieser Zeitschrift habe ich kurz zwei elektromagnetische Versuche angegeben, die sich bequem mit der daselbst beschriebenen, einfachen Schülerwage ausführen lassen. Der zweite dieser Versuche hatte obiges Thema zum Gegenstand. In Anbetracht der vielfachen Anwendung, die die einziehende Wirkung einer Stromspule auf einen Eisenkern gefunden hat, lasse ich eine etwas eingehendere Untersuchung über dieses Thema hier folgen.

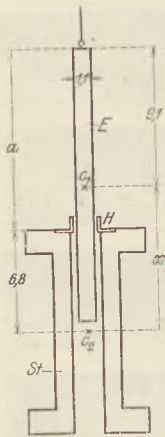


Fig. 1.

Zu den a. a. O. gegebenen Bemerkungen füge ich noch folgendes hinzu. In Fig. 1 ist eine Stellung des mit einem Faden an der Wagschale aufgehängten Eisenstabs gegen die Stromspule angegeben. Die gegenseitige Lage zwischen Stab und Spule ist am einfachsten durch den Abstand x ihrer beiden Mittelpunkte C_1, C_2 fixiert, während sich der Messung am bequemsten die

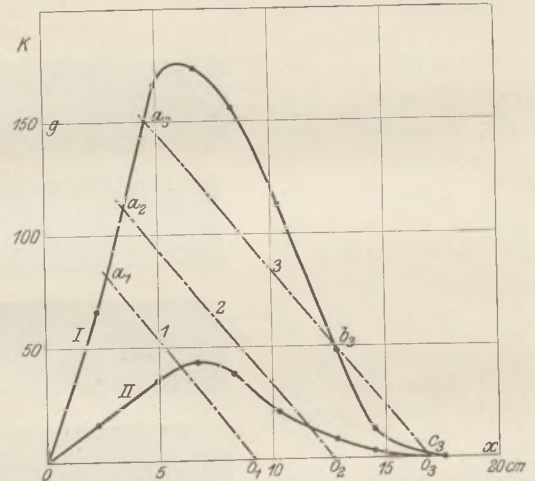


Fig. 2.

Länge a des aus dem obern Spulenrand herausragenden Eisenstücks darbietet. Zwischen beiden Längen besteht aber die einfache Beziehung, daß

$$6,8 + a = x + 9,1$$

oder

$$x = a - 2,3,$$

wo 6,8 cm die halbe Spulenhöhe und 9,1 cm die halbe Stablänge ist.

Da der Eisenstab im Innern der vom Strome durchflossenen Spule sich stets an die Wand anlegen will, so ist er durch eine innen ganz glatte, auf die obere Fläche der Holzspule aufgeschraubte Messinghülse H geführt, so daß der Einfluß der Reibung des Stabs an der Innenwand völlig belanglos wird.

1. Aufgabe: Abhängigkeit der einziehenden Kraft vom Abstand x .

Der Stab wurde an 8 verschiedenen langen, dünnen Schnüren an die Wagschale gehängt und durch Auflegen von Gewichten auf der andern Wagschale das Gleichgewicht hergestellt. Die Stromstärke war dabei konstant $J_1 = 1,68$ Amp. In der folgenden Tabelle sind die Abstände x und die dazu gehörigen elektromagnetischen Kräfte K_1 zusammengestellt. In Fig. 2 sind die Resultate graphisch dargestellt; die Abszissen bedeuten die Abstände x in cm, die Ordinaten die Kräfte K_1 in Gramm (Kurve I). Man erkennt, daß für $x = 0$ die Kraft $K_1 = 0$ ist, daß sie dann eine Zeitlang mit x angenähert proportional wächst und bei $x = 6$ ein Maximum erreicht. Es ist angenähert die Stelle, wo der Stabmittelpunkt mit dem oberen Ende der Drahtwicklung zusammenfällt. Dabei ist die interessante Tatsache zu finden, daß das

Gleichgewicht des Stabes im aufsteigenden Ast ein stabiles, im absteigenden ein labiles und am Maximum eine kleine Strecke weit ein indifferentes ist.

x	K_1 ($J_1 = 1,68$ Amp.)	K_2 ($J_2 = 0,71$ Amp.)	$\frac{K_1}{J_1^2}$	$\frac{K_2}{J_2^2}$
2,25	66,5	16	24	32
4,9	167	55	59	69
6,7	174	43	62	85
8,3	156,5	38	55	75
10,3	112,5	20,5	40	41
12,85	48,5	8,5	17	17
14,5	12,5	3	4,4	5,9
17,6	0,6	—	—	—

2. Aufgabe: Abhängigkeit der einziehenden Kraft von der Stromstärke.

In obiger Tabelle sind die Resultate zweier, einander genau entsprechender Versuchsreihen zusammengestellt. Die erste Stromstärke war $J_1 = 1,68$ Amp., die zweite $J_2 = 0,71$ Amp. Siehe in der Figur 2 die Kurven I und II. Man erkennt, daß die Kurven angenähert dieselben Eigenschaften besitzen. Nur die Stelle des Maximums rückt mit wachsendem Strom etwas nach links. Die verhältnismäßig schwachen Magnetfelder, welche der Strom erzeugt, lassen erwarten, daß namentlich bei größeren x die magnetische Induktion der Feld- und damit der Stromstärke proportional ist. Die Kräfte K sind dann angenähert dem Produkt aus Induktion und Feldstärke, d. h. dem Quadrat der Stromstärke, proportional. In den zwei letzten Reihen sind die Werte $\frac{K}{J^2}$ für beide Versuchsreihen berechnet. Wenn man die Abweichung der beiden letzten Zahlen auf Rechnung der Ungenauigkeit der Messung setzt, da die Kräfte hier schon sehr klein und deshalb fehlerhaft sind, so stimmen die Zahlen in den 3 letzten Horizontalreihen überein. Von da ab bleibt der Wert für den stärkeren Strom allmählich zurück, was ungezwungen durch den Einfluß der allmählich einsetzenden magnetischen Sättigung zu erklären ist.

3. Aufgabe: Verhalten des an einer Spiralfeder aufgehängten Eisenstabs in einer Stromspule.

Zu den Versuchen wurde die bekannte Jollysche Federwaage benutzt. Die Spule wurde auf das ein für allemal festgemachte Tischchen gestellt. Der Mittelpunkt der Spule ist der Anfangspunkt unseres Koordinatensystems. Im Stativ der Federwaage läßt sich eine Holzlatte auf- und abschieben, die durch eine Druckschraube in beliebiger Höhe festgestellt werden kann. An einem an dieser Latte eingeschraubten Haken hängt die Spiralfeder und an dieser der Eisenstab¹⁾. Dieser wurde in drei verschiedenen Höhen aufgehängt. Diese Lagen sind in der Figur durch die Punkte O_1 , O_2 und O_3 gegeben. Diese wurden wie in den früheren Aufgaben gefunden durch die Längen des herausragenden Eisenstabs a , aus denen sich die Größen x ergaben. Die numerischen Werte der drei Abszissen sind:

$$x_1 = 9,2 \text{ cm}, \quad x_2 = 12,7 \text{ cm} \quad \text{und} \quad x_3 = 16,9 \text{ cm};$$

dies sind die 3 Nullpunkte der Waage für die späteren Messungen. Die Spirale wurde aus federhartem Stahldraht gewickelt. Natürlich müssen die elastischen Kräfte der

¹⁾ Um die magnetische Beeinflussung der Stahlfeder durch die magnetischen Kräfte auszuschalten, hing der Eisenstab nicht unmittelbar an der Feder, sondern es war eine kurze dünne Schnur eingeschaltet.

Feder in entsprechendem Verhältnis zu den elektromagnetischen Kräften stehen. Die passende Stärke der Feder verschafft man sich durch Variierung der Drahtstärke und der Windungsweite. Ich benutzte eine Spiralfeder von etwa 1 mm Drahtstärke, 20 mm Windungsweite und 68 Windungen. Bei dieser Feder entsprach jeder Zunahme der Zugspannung um 100 g eine Dehnung von 8,15 cm.

Um nun das Verhalten des Eisenstabs gegen die Stromspule zu überschauen, müssen in der Figur auch die elastischen Kräfte der Feder eingetragen werden. Da bei dieser die Dehnungen den Zugspannungen proportional sind, so ist der Kraftverlauf durch eine durch den Nullpunkt der Wage gehende Gerade gegeben. Die Gerade 1 für die tiefste Stellung wird erhalten, indem man von O_1 nach links 8,15 cm und von da nach aufwärts 100 g aufträgt, dann den so gefundenen Punkt mit O_1 verbindet. Die Geraden 2 und 3 sind dazu parallel. Die Einstellungen des Eisenstabs bei Stromschluß ergeben sich durch die Schnittpunkte der Kurven I und II mit diesen Geraden. Untersucht wurde nur die Kurve I für eine Stromstärke $J_1 = 1,68$ Amp. In den ersten beiden Stellungen ergibt sich nur je eine neue Gleichgewichtslage a_1 und a_2 ; beide Gleichgewichte sind stabil. Für die Lage 1 ergibt die Figur $x_1 = 2,75$ cm, während der tatsächliche Versuch die Stellung $x_1 = 2,9$ cm lieferte. Beim 2. Fall gibt die Figur $x_2 = 3,55$ cm, der Versuch 3,75 cm. Die Übereinstimmung ist befriedigend. Am interessantesten ist der 3. Fall. Er liefert 3 Schnittpunkte mit den Abszissen

$$x_3 = 4,5 \text{ cm, } 12,7 \text{ cm} \quad \text{und} \quad 16,7 \text{ cm,}$$

der Versuch ergab dieselben Stellen zu

$$5,5 \text{ cm, } 11,1 \text{ cm} \quad \text{und} \quad 16,8 \text{ cm.}$$

Die Übereinstimmung ist für die Punkte a und b nicht mehr so gut wie vorher. Man könnte an Hysteresisfehler denken. Denn der Eisenstab war aus gewöhnlichem, nicht schweiß- und schmiedbarem, im Handel bezogenen Stabeisen abgeschnitten und nur zur Verminderung der Reibung glatt poliert worden. Um mir hierüber Klarheit zu verschaffen, habe ich den Stab einem magnetischen Kreislauf innerhalb meiner Versuchsgrenzen unterworfen, aber nur eine Hysteresisschleife von ganz unbedeutender Breite gefunden.

4. Aufgabe: Verhalten des Eisenstabs in der Stromspule bei variabler Stromstärke.

Dieser letzte Versuch ist insbesondere dadurch von Interesse, weil gerade diese Anordnung sehr naheliegt, und weil vielfach Stromzeiger und Amperemeter auf dem Prinzip beruhen, daß aus der einziehenden elektromagnetischen Kraft auf die Stromstärke ein Schluß gezogen werden kann. Das eigentümliche Verhalten des Eisenstabs mit wachsender Stromstärke läßt sich aus den vorherigen Beobachtungen voraussehen. Zunächst gibt man dem Stab an der Federwage einen passenden Nullpunkt. Bei der später zu beschreibenden Versuchsreihe wurde $x = 15,1$ cm genommen. Es wären nun die Schnittpunkte der durch diesen Nullpunkt gelegten vierten Parallelen mit den verschiedenen elektromagnetischen Kurven, die der wachsenden Stromstärke entsprechen, zu finden. Doch ist das Zeichnen dieser Kurven zu zeitraubend und kann durch folgende Überlegung umgangen werden. Alle Kurven haben im wesentlichen den gleichen Verlauf. Man kann also nur eine Kurve, z. B. I, zugrunde legen. Nur entspricht dann den wachsenden Stromstärken ein immer kleiner werdender Maßstab für die Kräfte K . Diese Veränderung des Kräftemaßstabs muß aber dann bei der die Federkraft darstellenden Geraden sich darin zeigen, daß mit wachsendem Strom diese Gerade sich um den Nullpunkt nach links dreht. Jetzt ist der Verlauf des Versuchs leicht zu übersehen. Bei schwachem Strom geht die Gerade rechts an der elektromagnetischen Kurve vorbei, man erhält nur den Punkt c . Überschreitet der Strom eine gewisse Grenze, so trifft die Gerade die

Kurve in 3 Punkten *a*, *b* und *c* mit den beschriebenen Gleichgewichtsformen. Bei weiterer Steigerung rücken *b* und *c* immer mehr zusammen, und bei Überschreitung einer zweiten Grenze, bei der die Gerade den rechten Kurvenast berührt, gibt es nur noch die stabile Lage *a*.

Der Versuch zeigt die Richtigkeit dieser Überlegung. Mittels des a. a. O. beschriebenen, aus 3 parallel geschalteten Glühlampen gebildeten Stromregulators konnte der Strom in Intervallen von $\frac{1}{4}$ Amp. bis auf $\frac{7}{4}$ Amp. gesteigert werden. Bis zu 1,25 Amp. erhielt man nur die ganz unbedeutenden Ausschläge *c*. Bei 1,5 Amp. konnten die 3 Stellungen gefunden werden; doch muß der Stab aus der stabilen Lage *c* mit der Hand herausgezogen werden, bis er die labile Lage *b* überschritten hat. Dann erst fällt er von selbst in die tiefe Lage *a* hinab. Bei 1,75 Amp. endlich wird der Stab von selbst sofort in die tiefe Lage *c* hineingezogen, die beiden anderen sind verschwunden.

Versuche mit ungewöhnlich starken Thermoströmen.

Von

Dr. Wilhelm Volkmann in Berlin-Steglitz.

Schon bald nach Entdeckung der Thermoelektrizität und seitdem mehrfach ist darauf hingewiesen worden, daß man kräftige Thermoströme erhalten kann, wenn man den Widerstand des Schließungskreises gering hält. Diese Erkenntnis scheint aber immer noch nicht Gemeingut geworden zu sein, denn in den neusten Preislisten werden wieder Thermoelemente für die Schulversuche angeboten, bei denen zwar fingerdicke Stücke von Wismut und Antimon oder anderen geeigneten Metallen angewendet sind, die Weiterleitung des Stromes aber durch sehr dünne Drähte geschieht. Das diene zur Entschuldigung, wenn die alte Weisheit hier wieder verkündet wird.

Fig. 1 zeigt ein Thermoelement aus Kupfer und Kupfernichel, die durch Hartlötung miteinander verbunden sind. Die Metalle haben eine beträchtliche Thermokraft und vertragen eine starke Erhitzung, so daß man in den Versuchen nahezu auf 0,01 Volt kommt. Der größte Teil des Leitungsweges ist aus Kupfer gebildet und enthält etwa den halben Gesamtwiderstand. Das Thermoelement ist lose auf ein Magnetnadelstativ gelegt, die Enden des Kupferbügels sind über die Lötstellen hinausgeführt, das wagerechte dient zum Erhitzen mit einer Flamme, am wirksamsten durch einen gewöhnlichen Bunsenbrenner mit Aufsatz zur Flammenverbreiterung. Das abwärtsgebogene Ende kann mit heißem Wasser erhitzt oder mit Kältemischung abgekühlt werden.

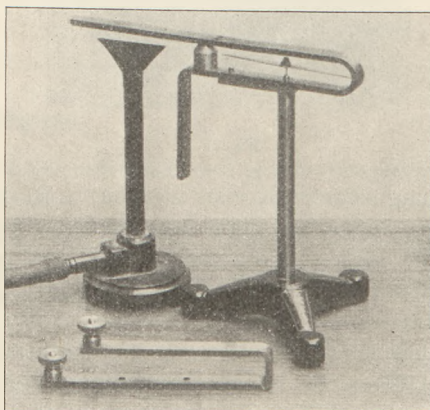


Fig. 1.

Dem Apparat ist ein Kupferbügel mit Klemmschrauben beigegeben, der statt des Thermoelementes auf das Magnetnadelstativ gesetzt und durch einen mit dem Amperemeter gemessenen Strom gespeist werden kann. Man ändert die Stromstärke so lange, bis der mit dem Thermoelement erhaltene Ausschlag wieder erhalten wird. Man muß sich dabei auf mäßige Erwärmungen des Thermoelementes beschränken, sonst wird der Ausschlag der Nadel zu groß, und man hat Schwierigkeiten, einen Vergleichsstrom von der nötigen Stärke (bis 45 Amp.) zu beschaffen. Stehen starke

Vergleichsströme zur Verfügung, so kann man auch den Ausschlag der Nadel mit einem Richtmagneten auf ein geeignetes Maß zurückführen. Das Thermoelement mit den bisher beschriebenen Zutaten kostet M 17,50.

Vor einigen Jahren hat L. Wunder*) den Thermostrom zur Speisung eines Elektromagneten verwendet. Ein zurückgebogener fingerstarker Eisenstab ist auf jedem Schenkel mit etwa 5 Windungen aus Rundkupfer von 1 cm Stärke versehen. Zwischen die Enden der Wicklung ist ein Thermoelement aus dicken Stäben von Neusilber und Eisen gelötet. Wunder gibt an, daß der Magnet imstande ist, einen großen Hausschlüssel zu tragen. Dieser Magnet ist nun keineswegs für Tragkraft günstig gestaltet. Zunächst muß man im magnetischen Kreise jeden Luftschlitz vermeiden, also einen gut aufgeschliffenen Anker verwenden. Ferner aber ist es sehr wichtig, den Weg der Kraftlinie im Eisen so kurz wie möglich zu machen. Geschlossene

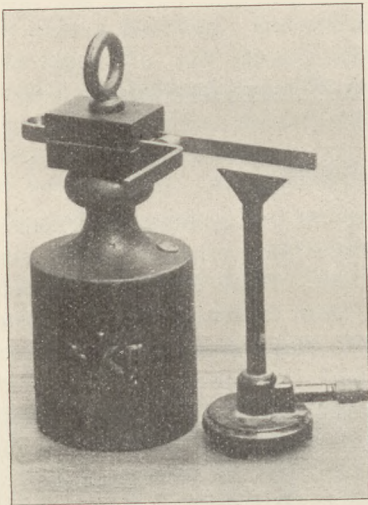


Fig. 2.

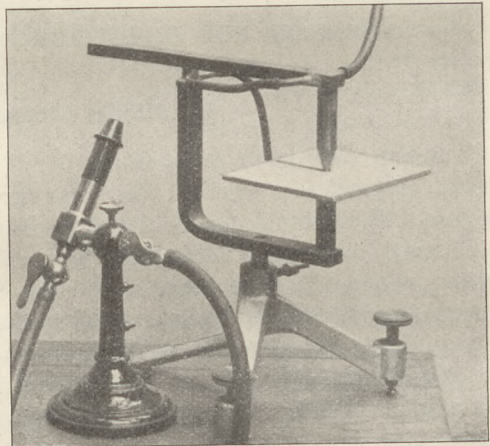


Fig. 3.

magnetische Kreise werden z. B. beim Bau von Dynamomaschinen geradezu nach Analogie des Ohmschen Gesetzes berechnet. Der elektromotorischen Kraft entspricht die magnetomotorische, die durch das Produkt der Drahtwindungen und der in ihnen fließenden Stromstärke gegeben ist. Der magnetische Widerstand ergibt sich aus Länge des Kraftlinienweges, Eisenquerschnitt und Permeabilität ebenso, wie ein elektrischer Widerstand aus Drahtlänge, Drahtquerschnitt und Leitfähigkeit berechnet wird. Nur ist die Leitfähigkeit eine konstante, während die Permeabilität in einer empirisch festzustellenden und für viele Eisensorten in Kurven bekannten Weise von der erreichten magnetischen Induktion, dem Analogon zur elektrischen Stromdichte, abhängt. Die Tragkraft ist endlich dem Quadrat der Induktion und dem Querschnitt der Trennungsfläche proportional. Nach diesen Gesichtspunkten ist der in Fig. 2 abgebildete Thermomagnet berechnet, der aus zwei doppelt gefurchten und aufeinander geschliffenen Eisenstücken von zusammen etwa 0,5 kg Gewicht besteht und dessen Furchen das oben beschriebene Thermoelement oder auch den Kupferbügel mit Klemmschrauben aufnehmen können. Bei den aus der Abbildung zu ersehenden Abmessungen erreicht man je nach der Eisensorte Tragkräfte von ca. 10 bis über 20 kg. Der Magnet wird auf den Kopf eines Gewichtes aufgeschraubt geliefert, das etwa der Hälfte der erreichbaren Tragkraft entspricht. Die Vorführung bleibt so hinreichend wirkungsvoll, ohne daß die größte Sorgfalt beim Versuch verlangt wird.

*) Vgl. diese Zeitschr. 24, S. 224 (1911).

Es empfiehlt sich auch, für die Schule nicht die allerwirksamsten Eisensorten zu nehmen, weil sie äußerst weich und die Schliffflächen daher sehr verletzlich sind. Der Magnet mit Gewicht kostet M 14,—.

Es macht keine Schwierigkeit, den Thermostromkreis größer und aus so dickem Metall herzustellen, daß die Stromstärke noch bedeutend größer wird. So ist für die Demonstration der magnetischen Kraftlinien eines einzelnen Drahtes die Stromstärke, die den meisten Schulen höchstens zur Verfügung steht, nicht recht genügend. Der in Fig. 3 abgebildete große Thermostromkreis mit Wasserkühlung liefert bei Erhitzung des überstehenden Kupferendes mit einem mehrfachen Bunsenbrenner oder besser noch mit einer Gebläselampe 120 bis 160 Amp. Er wird mit seinem Gewinde auf einen Stiel aus dem Präzisionsstativ gesetzt und von dem niedrigen Klemmfuß getragen. Die Stellschrauben erlauben ein wagerechtes Ausrichten der Holzplatte, die man möglichst gleichmäßig mit mittelfeinen Eisenfeilspänen bestreut. Nachdem der Apparat angeheizt ist, erschüttert man ihn durch Klopfen mit einem Metallstäbchen, wobei sich die Kraftlinien vortrefflich ausbilden. Nach dem Löschen der Flamme lasse man das Wasser, das sich übrigens nur um wenige Grade erwärmt, noch so lange fließen, bis der Apparat völlig erkaltet ist. Spannt man den Apparat flach in ein Stativ, so lassen sich auf einem flach auf den runden Kupferstab gelegten Brettchen die Kraftlinien gut zeigen. Der Apparat kostet (ohne Stativ) M 30,—.

Da die meisten Schulen nicht in der Lage sind, diese großen Stromstärken auch nur näherungsweise auf anderem Wege zu erzeugen, dürfte der große Thermostromkreis eine empfehlenswerte Ergänzung zur elektrischen Anlage sein. Auch rückt er das Ohmsche Gesetz sowie den Quotienten zweier sehr kleiner Größen in ein für die meisten Schüler überraschendes Licht und erleichtert ihnen damit das Verständnis für diese wichtigen Dinge.

Versuchslaboratorium der Firma Leppin & Masche, Berlin.

Kleine Mitteilungen.

Über die Gesetzmäßigkeiten beim Schalten von Kondensatoren nach Gruppen.

Von **Hans Lohmann** in Dresden.

Bedeutet e den Spannungsunterschied zwischen den Belegen eines Kondensators, c dessen Kapazität und q die Elektrizitätsmenge, die diesen Kondensator auf die genannte Spannung ladet, so besteht unter Benutzung zugeordneter Einheiten die Gleichung

$$q = c \cdot e$$

Wir schalten zwei Kondensatoren c_1 und c_2 zunächst parallel, dann hintereinander.

1. Parallelschaltung (Fig. 1).

Damit beide Kondensatoren auf die gemeinsame Spannung e geladen werden, ströme bei a auf die Innenbelege die Elektrizitätsmenge q . Diese verteilt sich auf die beiden Kondensatoren, so daß einerseits

$$q = q_1 + q_2,$$

andererseits

$$q_1 = c_1 e$$

$$q_2 = c_2 e$$

ist. Nimmt man als Gesamtkapazität beider parallelgeschalteten Kondensatoren c an, so ist endlich

$$q = c \cdot e.$$

Aus diesen Gleichungen folgt

$$c e = c_1 e + c_2 e,$$

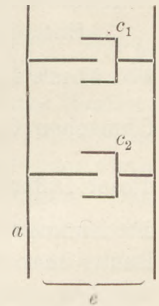


Fig. 1.

also

$$c = c_1 + c_2, \quad 1)$$

d. h. die Kapazität zweier (mehrerer) parallelgeschalteten Kondensatoren ist gleich der Summe der Einzelkapazitäten.

2. Hintereinanderschaltung (Fig. 2).

Es ströme bei a die Elektrizitätsmenge q auf den einen Beleg des Kondensators c_1 , dann fließt die gleiche Menge Influenz Elektrizität II. Art auf den entsprechenden Beleg des Kondensators c_2 . Sind die Spannungen, auf die die Einzelkondensatoren geladen werden, nun e_1 bzw. e_2 , so bestehen die Gleichungen

$$\begin{aligned} q &= c_1 e_1, \\ q &= c_2 e_2. \end{aligned}$$

Nennt man jetzt die Gesamtkapazität beider hintereinandergeschalteten Kondensatoren c und die Spannung an den nach außen liegenden Belegen e , so ist drittens

$$q = c e.$$

Aus diesen Gleichungen folgt nun

$$e_1 = \frac{q}{c_1}; \quad e_2 = \frac{q}{c_2}; \quad e = \frac{q}{c}.$$

Da aber

$$e = e_1 + e_2$$

ist, so ergibt sich ferner

$$\frac{q}{c} = \frac{q}{c_1} + \frac{q}{c_2}$$

oder

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}, \quad \text{II)}$$

d. h. das Reziprokom der Kapazität zweier (mehrerer) hintereinandergeschalteten Kondensatoren ist gleich der Summe der Reziproka der Einzelkapazitäten.

Man erkennt, daß die Gleichungen I) und II) den Beziehungen, die bei Schaltungen von Widerständen bestehen, aber in umgekehrter Reihenfolge, entsprechen.

Bedeutet r einen Widerstand, so ist ja bei Parallelschaltung $\alpha)$ $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$ und bei Hintereinanderschaltung $\beta)$ $r_1 + r_2 = r$.

Die Beziehungen I) und II) lassen sich mit den Gleichungen $\alpha)$ und $\beta)$ auf folgende Weise in Verbindung bringen:

Entladet man einen Kondensator durch einen Widerstand, so ist die Ladungsabnahme in der Zeiteinheit $c \cdot \frac{de}{dt}$, das ist aber eine Stromstärke, die sich nach dem Ohmschen Gesetze auch zu $\frac{e}{r}$ ergibt. Hieraus folgt $\frac{e}{r} = -c \cdot \frac{de}{dt}$. Die Integration dieser Differentialgleichung ergibt die Beziehung $r = \frac{1}{c} \cdot \frac{t}{\ln e_0 - \ln e}$, wenn e_0 und e die Anfangs- und Endspannung am Kondensator und t die Entladungszeit bedeutet¹⁾. Denkt man sich nun mehrere solche Widerstände und zugehörige Kapazitäten, so bestehen die Beziehungen

$$\begin{aligned} r_1 &= \frac{1}{c_1} \cdot k_1, \\ \gamma) \quad r_2 &= \frac{1}{c_2} \cdot k_2, \\ r &= \frac{1}{c} \cdot k, \end{aligned}$$

¹⁾ Starke, Experimentelle Elektrizitätslehre, S. 158.

wobei die k_i von t , e_0 und der jeweiligen Endspannung abhängig sind. Die Größen r_i und c_i lassen sich nun so einander zuordnen, daß die Werte k_i gleich sind.

Schaltet man die ersten beiden Widerstände parallel und nimmt als Gesamtwiderstand den dritten (r) an, so daß also $\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}$ ist, so ergibt sich $c_1 + c_2 = c$.

Wie man die Kondensatoren parallel und in Reihe schalten kann, so läßt sich auch, ähnlich wie bei galvanischen Elementen, die

3. sog. gemischte Schaltungsart bilden.

Hat man z. B. 4 Kondensatoren von je 2 Mikrofarad, so kann man zunächst je zwei parallel- und die erhaltenen Gruppen wieder hintereinanderschalten. Man be-

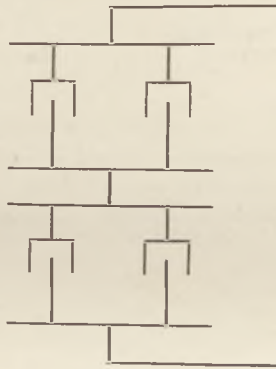


Fig. 3.

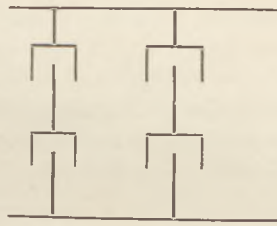


Fig. 4.

kommt dann für jede Gruppe $2 + 2 = 4$ MF. und aus $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ als Gesamtkapazität 2 MF. (Fig. 3).

Andererseits lassen sich je zwei Kondensatoren hintereinander- und diese beiden Gruppen parallelschalten. Jede Gruppe hat für sich $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{1}{1}\right)$ 1 MF. Kapazität, und als Gesamtkapazität ergibt sich dann $1 + 1 = 2$ MF. (Fig. 4).

Vorrichtung zur Demonstration der Ampereschen Regel.

Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

Ein mindestens 1 m langes Stück Flachstahl, 4 : 20 mm, wie es in jeder Eisenhandlung käuflich ist, wird in der Mitte einer Flachseite mit Hilfe eines Körners mit einer konischen Vertiefung versehen, um ihn auf einer Spitze wie eine riesige Magnetnadel aufhängen zu können. Durch schwache Biegung im Verein mit dem Durchhang bringt man den Schwerpunkt ein wenig unter den Drehpunkt. Sobald der Stab richtig balanciert, wird er durch eine kräftige Magnetisierungsspule gezogen. Das nunmehr gestörte Gleichgewicht kann durch ein auf das Südende geklemmtes Stück Blech leicht wiederhergestellt werden. Der so hergerichtete Stab ist nun nicht bloß in der horizontalen, sondern auch ziemlich weit in vertikaler Richtung drehbar. Ein vor dem Nordpol von unten nach oben geleiteter Strom treibt ihn horizontal nach links, ein horizontaler Strom nach oben oder unten, ein schräggestellter aber immer senkrecht zu der durch Pol und Strom bestimmten Ebene, wie Fig. 1 andeutet. So kommt das Eigenartige der Transversalkraft eindrucklich zur Anschauung.

Man verwendet einen aus starkem Messingdraht hergestellten Quadratleiter von 30 cm Seite, der mittels des in Fig. 1 sichtbaren Holzstiels in einem Bunsenstativ in jeder gewünschten Lage feststellbar ist und durch einen Doppelleiter von höchstens

0,05 Ohm mit parallel geschalteten Akkumulatoren verbunden wird. Selbstverständlich schließt man den über 20 Amp. starken Strom jedesmal nur für einen Augenblick.

Es braucht kaum gesagt zu werden, daß sich noch zahlreiche andere Stromlagen gut verwerten lassen. Besonders lehrreich ist es, den Strom quer ober- oder

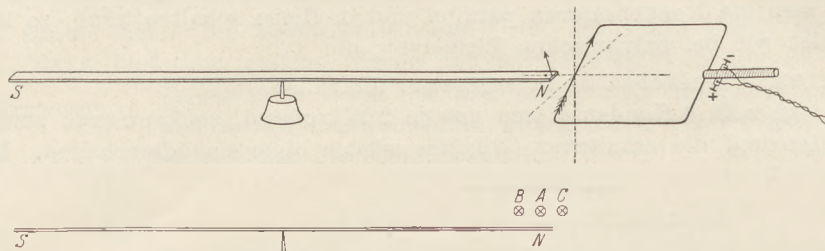


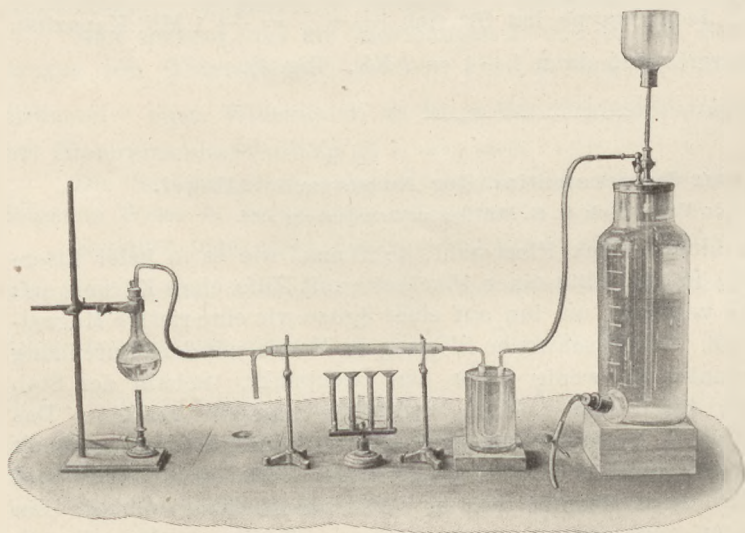
Fig. 1 und 2.

unterhalb des Pols zu verlegen, wie Fig. 2 andeutet. In *A*, genau über dem Pol, bewirkt der Strom keine Bewegung; verschiebt man ihn aber ein wenig nach der Stabmitte zu, etwa nach *B*, so treibt er den Pol nach unten; im Gegensatz dazu wird von *C* aus der Pol nach oben bewegt.

Die Darstellung des Wasserstoffs aus Wasserdampf mittels Eisenpulvers.

Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. d. H.

Die Tatsache, daß man mit reduziertem Eisenpulver Wasserdampf schon in Glasröhren zerlegen kann, ist längst bekannt und namentlich durch den Apparat von MAX ROSENFELD, ds. Zeitschr. VI, 137, und die Arbeiten OHMANN'S, ds. Zeitschr. XIV, 1 und XXIV, 348 für Unterrichtszwecke verwertbar geworden. Indessen wurden diese Versuche bislang nur im Kleinen mit einfachsten Hilfsmitteln ausgeführt, mehr



um die Tatsache der Reduzierbarkeit des Wasserdampfs durch Eisen zu zeigen, als um größere Mengen Wasserstoff für Experimentierzwecke zu gewinnen. Auch ich benutzte beim Beginn des Wasserstoffkapitels nicht Eisenpulver, sondern Magnesium, um aus Wasserdampf mehrere Liter des neuen Gases binnen 3 Minuten abzuscheiden. Dabei diente der von mir ds. Zeitschr. XIV, 334 und in meiner

„Technik d. phys. Unterrichts“ § 136 beschriebene Apparat. Erst neuerdings versuchte ich es in dem nämlichen Apparate mit Eisenpulver. Ganz gegen Erwarten verlief gleich der erste Versuch sehr befriedigend. Nach weiterem Studium gelangte ich endlich zu der in Fig. 1 skizzierten Versuchsanordnung. Ein 35 cm langes, 15–20 mm weites Verbrennungsrohr, das in der Mitte auf 15 cm Länge zwischen zwei Asbestpfropfen mit 20 g reduziertem Eisenpulver in gleichmäßiger Schicht beschickt wird,

ist vorn mit Kautschuckstopfen und dem T-Rohr verbunden, hinten mittels durchbohrten Korks mit einem fingerdicken, gekühlten U-Rohr. Der Wasserdampf wird in einem Kolben erzeugt und mittels Schlauchs dem T-Rohr zugeführt. Er entweicht in kräftigem Strahl durch dessen Stiel nach unten ins Freie. Aber ein bestimmter, regelbarer Anteil des Dampfes kann mit Hilfe des Gasgasometers durch das Rohr mit dem erhitzten Eisenpulver gesaugt werden, wobei das überschüssige Wasser in dem U-Rohr verdichtet wird, und das gebildete Wasserstoffgas oben in den Gasometer tritt. Das Saugen wird durch den Wasserausfluß geregelt. Zu dem Zweck ist der Gasometerstutzen mit Stopfen, Glasrohr und Quetschhahn versehen. Durch Einschieben eines kleinen Holzkeils wird letzterer beliebig geöffnet. Der Gashahn oben am Gasometer muß ganz offen sein, wobei bemerkt sei, daß mit diesem Hahn eine gute Regelung des Saugens nicht gelingt, weil kondensiertes Wasser bei Feinstellung den Durchlaß mehr oder weniger sperrt.

Die Erhitzung des Rohrs kann mittels eines vierfachen Reihenbrenners direkt geschehen, da infolge der kühlenden Wirkung des Dampfstroms ein Weichwerden des Glases nicht eintritt.

Beim Beginn des Saugens darf der Quetschhahn so weit geöffnet werden, daß in der ersten Minute 1 Liter Wasser ausfließt. Dann verringert man den Ausfluß auf die Hälfte, weil die H_2 -Entbindung langsamer wird, in dem Maße, wie die Reaktion von der Oberflächenschicht allmählich in die Tiefe dringt. In 3 Minuten hat man 2 Liter, in 5 Minuten 3 Liter, in 8 Minuten 5 Liter im Gasometer. Ein stärkerer Wasserausfluß würde unnötig viel Wasserdampf in das U-Rohr herübersaugen. Nachdem der Ausfluß auf etwa $\frac{1}{4}$ Liter in der Minute eingestellt worden, kann der Versuch ganz sich selbst überlassen bleiben. Auch kann man ihn jederzeit unterbrechen und wieder beginnen. So ist es angezeigt, wenn die ersten 2 Liter rasch erzeugt worden, hiermit erst die üblichen, den Wasserstoff charakterisierenden Experimente anzustellen. Dann kann der Apparat automatisch langsam weiter arbeiten, und nach einer halben Stunde wird man 10 Liter gewonnen haben; die theoretische Menge würde bei Zimmertemperatur etwa 11,5 Liter betragen. Das Gas ist rein und geruchlos. Allerdings wird die anfängliche Portion mit dem etwa 80 ccm betragenden Luftinhalt der Röhre vermennt, was aber den Ausfall der Versuche nicht stört.

Da das Eisen im Gegensatz zum brennenden Magnesium das Glas nicht angreift, kann der Versuch auch mit bestem Ergebnis quantitativ gestaltet werden. Das Rohr mit dem Eisen wird tariert und nachher die Gewichtszunahme bestimmt. Außerdem stellt man, am besten durch Messung des ausgeflossenen Wassers, das Volum des zugehörigen Wasserstoffs fest. So erhielten wir bei einem Versuche vor der Klasse eine Gewichtszunahme von 3,25 g. Das Gasvolum betrug genau 5 Liter; korrigiert 4,55 Liter. Der zugehörige Sauerstoff hat aber das Volum $3,25/1,43 = 2,27$.

Es ist zu beachten, daß das Eisenpulver hygroskopisch ist. Man muß es also bei quantitativem Arbeiten im Leuchtgas- oder Wasserstoffstrom erhitzen und wieder erkalten lassen, um das anhaftende Wasser zu beseitigen. Es sei noch hinzugefügt, daß auch das Ferrum pulverisatum der Apotheken, welches durch Zerstampfen von Schmiedeeisen erhalten wird, sich ebensogut für diese Versuche eignet als das Ferrum hydrogenio reductum.

Von großer didaktischer Wichtigkeit ist die Tatsache, daß der Vorgang $3 Fe + 4 H_2 O = Fe_3 O_4 + 4 H_2$ umkehrbar ist, und daß diese Umkehrung sofort ins Werk gesetzt werden kann. Man wechselt das U-Rohr gegen ein trocknes aus und den Wasserkolben gegen einen Wasserstoffentwickler unter Verschließung des T-Rohrstiels. Der Wasserstoffstrom wird so geregelt, daß am Ausgang des U-Rohrs eine kleine Flamme entsteht. Die Brenner sind währenddem im Gang geblieben. Sofort beginnt die Reduktion; das vorher schwarz gewordene Pulver wird von der Eintrittsseite her wieder grau und im U-Rohr schlägt sich etwas Wasser nieder. Dieser umgekehrte

Vorgang verläuft indessen ungleich langsamer, so daß erst nach einer Stunde das rückgängig gemacht ist, was durch den Wasserdampf in 5 Minuten zu Wege gebracht wurde.

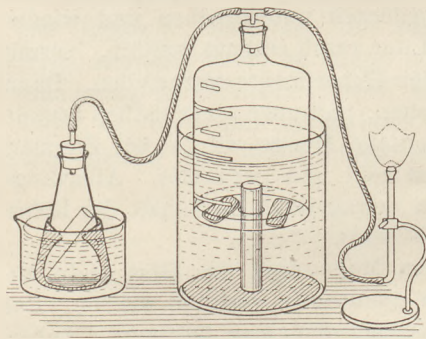
Hiermit bietet sich eine gute Gelegenheit, über Massenwirkung und chemisches Gleichgewicht das Nötige auszuführen.

Die Reduktion läßt sich auch mit Leuchtgas durchführen und damit die technische Möglichkeit demonstrieren, Wasserstoff fabrikmäßig zu gewinnen, indem in dem nämlichen Reaktionsraum dieselbe Beschickung von Eisenoxyd abwechselnd reduziert und mit Wasserdampf oxydiert wird.

Apparat für Acetylen.

Von Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Das bekannte Verfahren, für die ruhige Entwicklung des Acetylen das Calciumkarbid mit Alkohol zu bedecken und erst hierauf Wasser zu bringen, wird am besten in einem Gefäße ausgeführt, das man durch Einsetzen in Wasser kühlen kann. Es mischen sich sonst dem Gase viel Dämpfe bei, die zum mindestens dadurch stören, daß sie im Abzugsrohr Tropfen von Kondensat erzeugen, die eine Flamme unruhig machen. Beim Einstellen der Entwicklerflasche in Wasser entsteht andererseits ein Auftrieb, da man nur eine wenige cm hohe Bodenschicht Karbid darin hat. Des nach oben verengten Luftraumes wegen ist hierbei ein Erlenmayer-Kolben besonders empfehlenswert, bei dem auch eine künstliche Beschwerung gut gelingt. Entweder legt man Stücke Blei mit in den Kolben, oder man befestigt ihn, wie die Figur zeigt, in einem großen rechteckigen Bleiblechabschnitt (2 mm), den man beiderseits aufwärts biegt.



Durch Andrücken gestaltet sich leicht aus den weiter vorgebogenen Ecken des Bleistückes eine Vorrichtung, die den Kolben aufrecht und ruhig im Kühlwasser festhält. Ein Trichterrohr im Stopfen des Entwicklers hat einige Nachteile. Eingegossenes Wasser reißt leicht Luft mit hinein; auch verstopft sich das untere Rohrende, wodurch man versucht wird, mit mehr Wasserdruck nachzuhelfen und beim Herauspressen des Kalkhydrats dann unerwünscht viel Wasser zum Karbid strömen läßt.

Besser hat man den Wasserzusatz in der Hand, wenn man die mehr als ausreichende Wassermenge in einem Einsatzrohr mit in den Kolben bringt. Dasselbe ist nur wenig enger als die ziemlich weite Kolbenmündung und wird nach fast völligem Anfüllen mit Wasser in den Kolben gleiten gelassen. Steckt man eine Fingerspitze in das Röhrchen, so gelingt dies ohne weiteres. An der Kegelwand des Erlenmayer-Kolbens hat das Röhrchen völlig sichern Stand. Nach dem Zusammensetzen des Apparates ergreift man den Entwickler, indem man die Bleikappe mit der Hand erhebt. Durch geringeres, später stärkeres Kippen läßt man Anteile des Wassers zum Karbid treten.

Beim Brennen der Acetylenflammen wird man einen Gasometer nicht entbehren wollen, da die Regulierung des Gaszuflusses das Aufspeichern nötig macht. Auch kann man für kurze Zeit hochkerzige Brenner anschließen. Die mit Bodenloch versehene, durch Bleibelastung sowie eine schwere Platte mit hineinragendem Rohre in der Mitte erhaltene Flaschenglocke ermöglicht einen besonders ruhigen Verbrauch des Gases. Sie bleibt aufrecht, auch wenn beim Abstellen nach dem Brenner hin das überschüssige Gas aus dem weiten Bodenloche gedrängt wird. Durch einen Vorversuch paßt man die Bleibescherung den zu benutzenden Brennern an. Hebt

man die Glocke von oben mit der Hand etwas an, oder senkt sie, so ergibt sich derjenige Wasserdruck, bei dem wenigstens die eine Brennerflamme am reinsten erscheint. Eine Überschlagsrechnung nach dem Querschnitt der Flaschenglocke zeigt, um wieviel Hektogramm die Bleibeschwerung bis zum besten Gasdrucke für das nächste Arbeiten zu ändern ist. Nimmt man es weniger genau, so sorgt man bloß für nicht zu geringe Beschwerung und stellt am Abführungsschlauch den Quetschhahn nach der Reinheit der Flamme ein.

Die Specksteinbrenner werden sehr bequem verwendbar, wenn man sie an Metallröhren kittet, die ein kleines Metallgestelle trägt. Es genügt ein einfacher Lochbrenner neben einem solchen, der mittels der zwei senkrecht aufeinander-treffenden Gasstrahlen die quer gestellte Fischschwanzflamme liefert. Bemerkenswert ist die Verschlechterung dieser Flammen bei zu kleinem, sowie bei zu großem Gasdruck. Durch Bewegen der Flaschenglocke (wie vorhin beschrieben) macht man beides sehr deutlich. Zur Herstellung eines Photogramms wurde bei brennender Flamme etwa eine Sekunde belichtet und nach kurzem Zudrücken des Schlauches das übrige Bild in mehreren Sekunden durch erneutes Exponieren beigelegt.

Die Firma Gustav Müller in Ilmenau liefert den Acetylenentwickler mit Einsatzrohr und Bleikappe, sowie Kühlgefäß für den Gasometer aus Flaschenglocke und Behälter nebst 6 Bleistücken von je 150 g. Die Gestelle enthalten einen Loch-, sowie einen Fischschwanzbrenner.

Die Wasserstoff-Explosionsprobe ohne Pfeifton.

Von Prof. II. Rebenstorff in Dresden.

Im Unterrichte wird nie versäumt werden, jede Art von Wasserstoff, insbesondere aber das Gas nach frischem Ansetzen oder Wiederingebrauchnehmen des Entwicklers, vor dem Anzünden auf Explosivität mittels angefüllten Reagensglases vorzuprüfen. Man benutzt entweder die pneumatische Wanne oder füllt durch Einstecken der Ausströmungsröhre in das verkehrt gehaltene Gläschen, indem man einige Sekunden lang das Gas einströmen läßt und die Röhre langsam emporzieht. Das unterschiedliche Verhalten von reinem und luftgemischtem Wasserstoff an der Zündflamme läßt man die Schüler besser zu oft, als zu vereinzelt erleben. Den Neuling mutet bei der Zündprobe sonderbar an, daß er statt des von einer kleinen Explosion erwarteten leichten Knalles einen kurzen schrillen Piff hört. Nicht der sich dabei aufdrängenden akustischen Abschweifung, sondern der Bedeutung der Zündprobe wegen, ist es wohl empfehlenswert, diese auch ohne den Pfeifton vorzunehmen.

Einen größeren, gleichmäßigen Vorrat des Luftknallgases bereitet man entweder wie OHMANN (*d. Zeitschr.* XXV 26) in einer vorgerichteten Flasche, oder in einer beschwerten Glocke, die gasometerartig in einem Behälter mit Wasser steht. Den Schlauch zum Abströmen des Gases hält man bei mehreren Versuchen in schneller Folge zwischendurch mit den Fingern zugeedrückt. Die Röhren kann man wagemrecht, oder fast ohne zu kippen, ziemlich senkrecht nach dem Füllen schnell an die Flamme bringen, deren Bewegung die plötzliche Volumzunahme des Gases im Gläschen sichtbar macht. Ohne den Quetschhahn zu schließen, sperrt man den Gasaustritt bequem auch durch Einsenken in etwas Quecksilber ab.

Den Pfeifton kann man nun dadurch aufheben, daß man mit einer Bodenschicht Watte im Gläschen die sonst hier eintretende Reflexion der Verdichtungswelle stört. Auch an einer gewöhnlichen Pfeife hindert ja, worauf O. PRAETORIUS (*d. Zeitschr.* XXVI 266) hinwies, ein Bausch Watte vor der Öffnung Reflexion und Pfeifenton. In einem langen Reagenzglas von 18 mm Weite waren nicht ganz 3 cm ein wenig zusammengedrückter Watte am Boden nötig. Nimmt man nur halb soviel Watte, so ist das Pfeifen bei der Zündung noch leise angedeutet. Das Geräusch beim Anzünden im Rohr mit

Watte ist zunächst viel weniger laut. Es wird also ein Teil der akustischen Energie in der Watte vernichtet. Anstatt schwächeren Pfeifens hört man aber einen Laut, als ob ein Tuch ausgeschwenkt würde. Auch manche Gasflammen im Cylinder geben beim Anzünden ein ähnliches Geräusch.

Beim Nachfüllen des Röhrchens aus dem Vorrat wird man für schnelles Hantieren unbedingt von dem Stahlwollenschutz nach OHMANN (*a. a. O.*) Gebrauch machen. In der Zuströmungsröhre ist ein solches umsomehr notwendig, als die Watte bei der Zündung etwas angesengt wird und nur in langen engen Röhren alsbald nicht weiter glimmt. Man kann aber statt mit Watte das Röhrchen am Boden auch mit Stahlwolle beschicken, nur muß die Schicht etwa die doppelte Länge haben. Nicht selten fliegt bei der nicht pfeifenden Explosion ein Stahlspänchen in hellem Brande mit heraus.

Eine andere Art Aufhebung des Pfeiftons zeigt ein Röhrchen, wenn man den Gasinhalt nicht vor der Mündung, sondern weiter nach dem Innern zu entzündet. Sehr einfach gelingt dies mittels des *d. Zeitschr.* XIII 249 beschriebenen Taucherröhrchens mit kleinem Seitenloch. Das starkwandige Röhrchen hat bekanntlich das letztere an solcher Stelle, daß nach bloßem Einsenken in Wasser die Füllung wie beim Cartesianischen Taucher richtig abgeglichen ist (Bezugsquelle *Gustav Müller in Immenau*). Man kann beim Füllen des Röhrchens mit dem Ausströmungsrohr das kleine Seitenloch mit dem einen Finger geschlossen halten. Es genügt aber auch, daß man das Röhrchen schräg und mit der Seitenöffnung nach unten hält. So bringt man es gefüllt vor die Flamme und kippt hier derart, daß das Löchlein aufwärts kommt und dabei von der Flamme bestrichen wird. Auch hier vernimmt man statt des Pfeifens das mehr knallende Geräusch des Tuchschwenkens. Vermutlich hindert die Interferenz der beiden am Boden, sowie an der Mündung reflektierten Verdichtungswellen das Auftreten der stehenden Welle des Pfeifentons. Mit dem Taucherröhrchen kann schnell hintereinander die mehr knallende oder die pfeifende Explosion ausgeführt werden, je nachdem man von der kleinen Seitenöffnung oder vom offenen Rohrende aus entzündet. Das Seitenloch ist etwa um ein Drittel der Rohrlänge von der freien Mündung entfernt.

Hat der moderne Begriff „Stärke der Säuren und Basen“ didaktischen Wert?

Von Dr.-Jug. J. Richard in Nürnberg.

Schon im 18. Jahrhundert hatte man gefunden, daß eine Säure eine andere aus ihren Salzen „auszutreiben“ oder, besser gesagt, „freizumachen“ vermag. Solche Säuren wurden die stärkeren genannt. Eine Säure zeigte sich in diesem Sinne um so stärker, je konzentrierter sie war. Der Begriff stärker oder schwächer wurde wohl ursprünglich mehr für die Bezeichnung konzentrierter oder verdünnter Säuren verwendet und erst später zum Vergleich verschiedener Säuren in ihrem Verhalten zu Salzen gebraucht. Tatsächlich wird noch heute von den mit der Fabrikation der Schwefelsäure beschäftigten Laien nicht von einer höher konzentrierten, sondern von einer stärkeren Säure gesprochen. Ebenso sagt jeder Laie, der die käufliche Essigessenz verdünnt, um gebrauchsfertigen Essig zu bereiten, daß er aus dem starken Essig schwächeren herstelle. — Der alte Begriff Stärke verlor bald sein Ansehen, als man merkte, daß die Säuren sich in bezug auf diese Stärke sehr veränderlich verhielten; einmal trieb die eine Säure die andere aus den Salzen und ein andermal war es gerade umgekehrt. — Der Begriff erfuhr eine Umdeutung und erlebte eine neue Auflage in der Form, in welcher wir ihn noch heute besitzen. So sehr nun dieser neue Begriff der Stärke von Säuren und Basen Eingang in alle modernen Lehrbücher gefunden hat, so bleibt es doch fraglich, ob der Begriff notwendig ist, und ob er für die Schule irgendeine Bedeutung besitzt.

Es ist zweifellos, daß der moderne Begriff Stärke überall dort rasch einen Vergleich zwischen Säuren und Basen unter sich zuläßt, wo es sich um eigentliche Eigenschaften von Säuren bzw. Basen, also Eigenschaften des Wasserstoff- bzw. Hydroxylions, handelt, z. B. beim Vergleich der verschiedenen Wirkung auf Lackmus, der Entwicklung von Wasserstoff mit Zink und anderen Metallen, der Leitfähigkeit usw. Ist dazu aber ein neuer Begriff nötig?

Für den, der den modernen Begriff der Säuren und Basen kennt, ist ebensoviel gesagt, wenn wir von „stärker oder schwächer ionisierten“ Säuren und Basen sprechen. Wir sagen damit sogar noch deutlicher aus, daß wir die Wirkung von „ionisierten“ Säuren und Basen nur miteinander vergleichen können, und es bedarf zur Klärung dieses Ausdrucks keinerlei Zufügung von Worten. Auch der Schüler versteht ohne weiteres, was damit gesagt ist, wenn die Kenntnis der Ionenlehre vorausgegangen.

Diese Kenntnis ist aber ebenso wie das Verständnis für den Begriff Äquivalenz und gleichmäßige Verdünnung äquivalenter Säure- und Basenmengen Voraussetzung, wenn der Begriff der „Stärke“ erfaßt werden soll. Daß aber die Aktivität einer Säure oder Base mit der Konzentration der die Säure- und Baseneigenschaften bedingenden Wasserstoff- und Hydroxylionen wächst, entspricht einer allgemein gültigen Regel, nach welcher die Reaktionsgeschwindigkeit mit der Konzentration der wirksamen Stoffe zunimmt. Es ist sogar ein pädagogischer Vorteil, wenn hier neuerdings auf diese umfassende Regel hingewiesen wird. Während also die Aufrechterhaltung des Begriffs Stärke nicht nötig erscheint, weil er durch einen nicht minder einfachen, ohne weiteres verständlichen Ausdruck ersetzt werden kann, spricht manches noch mehr gegen ihn. Der Schüler verwendet wie jeder andere Laie den Ausdruck stark gern im Sinne von konzentriert. Es erscheint ihm daher mindestens merkwürdig, wenn eine Säure oder Base durch Erhöhung der Konzentration, durch Verstärken, wie er sich ausdrückt, schwächer werden soll. Der moderne Begriff Stärke läuft also dem ursprünglichen, ganz natürlichen Sinn des Wortes Stärke direkt zuwider, und das bringt sicher für die rasche Aneignung des Begriffs keinen Vorteil. Der Schüler sieht leichter ein, daß eine Säure oder Base durch Verdünnen stärker, durch Konzentrieren schwächer ionisiert werden kann. — Will man aber beim Begriff Stärke bleiben, schon weil er sich eben bereits eingebürgert hat, so ist noch einzuwenden, daß man dann folgerichtig auch von starken und schwachen Salzen reden sollte. Das Verhalten von Zink zu einer Kupfersulfat- oder Chloridlösung, die langsamere oder raschere Verdrängung des Kupferions durch Zinkion, ist ebenso von der schwächeren oder stärkeren Ionisation der Salze abhängig wie das Verdrängen von Wasserstoffionen der Säuren durch Zink. Bei Anwendung äquivalenter Salzmengen und bei gleichmäßiger Verdünnung ist es nicht gleich, ob einmal neben dem Kupferion (SO_4)ion oder Cl ion vorhanden ist, ebensowenig, wie es gleichgültig ist, ob wir Wasserstoffsulfat oder -chlorid auf Zink einwirken lassen. Man sollte auch von starken und schwachen Kupfersalzen, Zinksalzen usw. reden, wenn man nicht den Anschein erwecken will, als ob bei Säuren und Basen ganz besondere Verhältnisse obwalten. Die Besonderheiten der Basen und Säuren sind durch die moderne Definition gekennzeichnet, und sind ebenso durch die Eigenschaften des Wasserstoff- bzw. Hydroxylions bestimmt wie die Eigentümlichkeiten der Kupfersalze durch die des Kupferions.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Freihandversuche zur Bestimmung von Dampf Wärmen. Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H. In eine gewogene, etwa 220 ccm fassende Kochflasche aus Jenaer Glas bringt man 50 g Wasser und tariert auf der Klassenwaage. Dann spannt man die Flasche in einen Halter und erhitzt sie nach dem Sekunden-

schläger mittels einer untergestellten Bunsenflamme bis zum Aufkochen des Inhalts. Von diesem Moment zählt man die gleiche Sekundenzahl weiter und entfernt die Flamme. Hinterher ergibt sich aus der Gewichtsabnahme, wieviel Flüssigkeit durch die nämliche Wärme, welche den Kolben auf 100° erwärmte, in Dampf verwandelt wurde.

Beispiel: Zimmertemperatur 18° . Der Kolben war 48 g schwer, entsprechend 10 g Wasser. Es treten also $60 \cdot 82 = 4920$ Kalorien ein bis zum Aufkochen. Das erfolgte auf den 58. Sekundenschlag. Nach weiteren 58 Sek. wurde die Flamme fortgenommen. Darauf zeigte sich eine Gewichtsabnahme von 9,7 g. Also sind $4920/9,7 = 534$ Kalorien nötig, um 1 g Wasser von 100° zu Dampf von 100° zu verwandeln.

Im Anschluß an diesen Versuch wurden 50 g Alkohol zum Sieden gebracht und wieder 58 Sek. im Kochen erhalten. Es waren 22,2 g verdampft. $4920/22,2 = 221$.

Weiter verdampften von 50 g Äther in 29 Sek. 27,9 g. Woraus seine Dampfwärme $2460/27,9 = 88$. Die so zu erhaltenen Werte sind auf 2–3% genau, was aber bei diesen wenig benutzten Naturkonstanten ausreichend sein dürfte. Die Hauptsache ist die Demonstration der ungeheuren Unterschiede bei verschiedenen Stoffen und der überragenden Stellung des Wassers. Der Zeitpunkt des Hochwallens und gleichzeitigen Dampfaustritts aus dem Kolbenhalse wurde von den Schülern auf 1 Sek. übereinstimmend, d. h. auf 58 ± 1 , ausgerufen.

Für die Praxis.

Verbrennen von Stanniol in Sauerstoff. Von W. Merkelbach in Cassel. Daß man Zinn in der Luft in Form feiner Zinnwolle verbrennen kann, hat OHMANN (d. Zeitschr. 26. Jahrg. 1913, S. 158) gezeigt, ebenso die Verbrennung von Zinn bzw. Stanniol in reinem Sauerstoff (d. Zeitschr. XI, 229, Vers. 6 u. 6a). Eine andere Ausführung des letzteren Versuchs sei in folgendem mitgeteilt.

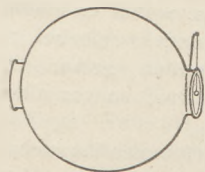
Man hängt das obere Ende eines dünnen, etwa 4 cm breiten Stanniolstreifens an einen horizontalen, an einer Platte befestigten Draht und preßt es an diesen fest an. Das untere Ende des Streifens wird zu einer Spitze zugeschnitten, deren Ränder etwa senkrecht aufeinander stehen. Dadurch, daß man den unteren Teil dieser Spitze umlegt, kann man zwischen ihr und dem Stanniolblatt einen doppelt gelegten Zündfaden festklemmen, dessen beide Enden einige Zentimeter aus dem Stanniol hervorragen. Diesen Zündfaden hat man sich durch Einlegen eines baumwollenen Nähfadens in Salpeterlösung hergestellt, der dadurch nach dem Trocknen die Eigenschaft erhält, nach dem Anzünden glimmend weiterzubrennen.

Bringt man beide Enden des Zündfadens am Stanniolstreifen ins Glimmen und taucht den Streifen in ein mit Sauerstoff gefülltes Gefäß, dann flammt der Faden auf und entzündet den Streifen, der sich in wenigen Sekunden unter Bildung eines Feuerregens verzehrt und das Gefäß mit dichtem weißem Rauch von Zinnoxid erfüllt. War das Gefäß auf trockenem Wege mit Sauerstoff gefüllt worden, so sammelt sich das Zinnoxid als lockeres weißes Pulver am Boden des Gefäßes; außerdem finden sich noch dort unverbrannte Zinnteilchen, die sich teilweise in das Glas eingeschmolzen haben. Der Versuch in dieser Weise ist aber nicht zu empfehlen, da das Glas durch die herabfallenden glühenden Zinnteilchen zu springen pflegt. Besser ist es, wenn man das Gefäß über einer pneumatischen Wanne mit Sauerstoff füllt und eine den Boden bedeckende Wasserschicht zurückläßt. Auf diese setzt sich nach einiger Zeit das in der Luft schwebende Zinnoxid ab. Solches findet man aber auch neben unverbrannten Zinnteilchen im Wasser. Letztere sind teilweise mit einer schwärzlichen Masse bedeckt, die Zinnoxidul zu sein scheint.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Objektiver Gebrauch von Resonatoren. In einem Aufsatz über „Akustik, Nationen und Musik“ (*Monatsh. f. d. naturw. Unterr.* VII, H. 7, 1914) beschreibt C. W. BIELSCHOWSKY eine Einrichtung der Resonatoren, wodurch diese für objektive Demonstration brauchbar werden. Man läßt die Resonatoren so herstellen, daß



Hohlkugel mit zwei Öffnungen, die rechte mit einer Haut überspannt, davor ein Kugelchen aufgehängt.

auch die für das Ohr bestimmte Öffnung groß genug ist, daß sie mit einer isotonen Membran verschlossen werden kann. Auf dem die Membran haltenden Ringe wird ein kleines Stäbchen befestigt, das an einem Kokonfaden ein Holundermarkkugelchen trägt. Dieses muß

leicht auf der Membran aufliegen. Sobald der Resonator anspricht, wird das Kugelchen fortgeschleudert, und man hat so ein absolut zuverlässiges, objektives Mittel zur Bestimmung des jeweils erklingenden Tones in der Hand. Das Verfahren ist augenscheinlich dasselbe wie das von Schellbach bei seinem künstlichen Trommelfell angewandte. P.

Versuche aus dem Gebiete der Tribolumineszenz. (Originalbericht.) Unter Tribolumineszenz verstehen wir mit EILHARD WIEDEMANN¹⁾ alle diejenigen Vorgänge, bei denen unter dem Einfluß irgendeiner mechanischen Reibung eine Lichtemission auftritt. Nicht hierher gehörig sind jedoch alle diejenigen Fälle, in denen das Leuchten auf die Oxydation kleiner Metallteilchen zurückzuführen ist, die durch die Reibung auf die Entzündungstemperatur erwärmt wurden. Soviel ich weiß, wurde eine Erscheinung dieser Art zuerst von O. OHMANN an elektrolytisch dargestelltem Calcium beobachtet; bei eingehenderer Untersuchung fand derselbe sie auch noch beim Kalium, Natrium und beim Lithium; Aluminium und Magnesium zeigten sie zuweilen, während Thallium gänzlich versagte. Von Nichtmetallen gab Phosphor ein positives Resultat²⁾. Nach einer Mitteilung von A. C. G.

EGERTON (*Nature* LXXXV, 308, 1910) leuchtet auch metallisches Uran in sauerstoffhaltiger Atmosphäre, wenn man es reibt; dagegen unterbleibt das Leuchten in einer Wasserstoffatmosphäre. Die echte Tribolumineszenz aber zeigt sich völlig unabhängig von der Gegenwart von Sauerstoff; sie tritt sowohl in den verschiedensten Gasen als auch sogar unter Wasser auf.

Was nun die theoretischen Vorstellungen über das Wesen der Tribolumineszenz anbelangt, so sind dieselben in Ermangelung größerer systematischer Experimentaluntersuchungen auf diesem Gebiet noch recht unzulänglich. Im Anschluß an Versuche über den Zusammenhang zwischen Lumineszenz und Temperatur kommt J. PRECHT (*Phys. Zeitschr.* III, 1902) zu dem Resultat, daß es sich dabei um elektrische Funkenentladungen zwischen den einzelnen zerbrechenden Kristallen handelt. Jedenfalls ist es im hohen Maße unwahrscheinlich, daß die bei der Tribolumineszenz ausgesandte strahlende Energie ihren Ursprung direkt aus der dem betr. Körper mitgeteilten mechanischen Energie nimmt; vielmehr muß man annehmen, daß die aufgenommene mechanische Energie zunächst in eine andere Energieform verwandelt wird, und daß diese dann erst sekundär die Veranlassung zur Emission von strahlender Energie gibt.

Ein bekanntes Beispiel eines tribolumineszierenden Körpers ist der Zucker³⁾. Legt man ein Stückchen Würfelzucker in eine Porzellanreischale und stößt mit dem Pistill ziemlich kräftig darauf, so sieht man im Dunkeln ein deutliches blitzähnliches Aufleuchten der Masse an der Stelle, die von dem Pistill getroffen wurde. Um den Versuch einem größeren Auditorium zugleich sichtbar zu machen, benutzt man entweder eine geeignete Spiegelvorrichtung oder nach dem Vorschlage von J. PLOTNIKOW ein sog. Triboluminoskop (vgl. hierzu J. PLOTNIKOW, Photochemische Versuchstechnik, Akad. Verlagsges., Leipzig). Einfacher aber verfährt

der Verf. (S. 88/89) auch über die Ausführung eines solchen Versuchs im Unterricht.

³⁾ Vgl. hierzu auch C. STERNSTEIN, Versuche über Fluoreszenz u. Phosphoreszenz, ds. Zeitschr. 22, S. 300, 301.

¹⁾ Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie 34, S. 446 (1888), und 37, S. 177 (1889).

²⁾ Ber. d. Deutschen Chem. Ges. 39, S. 866; ds. Zeitschr. 19, S. 183 (1906); ebenda berichtet

man in der Weise, daß man das Zerstoßen in einem starkwandigen Glasgefäß, am besten einem Fußzylinder, vornimmt, etwa mit einer passenden Messingstange. Ja, in den meisten Fällen genügt es sogar, das Glas (Reagenzglas) mit der Substanz heftig zu schütteln, um schon ein recht intensives Leuchten zu erhalten. Das gilt in ganz besonders hohem Maße für das Urannitrat, einen Stoff, der sich überhaupt durch seine große Fähigkeit, zu tribolumineszieren, auszeichnet, und der aus jeder Apotheke und Großdrogerie für wenig Geld bezogen werden kann. Einige wenige der schönen grünen Kristalle in ein Reagenzglas geworfen und leicht geschüttelt liefern ein wahrhaft prächtiges Büschel kleiner Lichtblitze. Das Leuchten erinnert dabei in der Tat an das Aussehen von elektrischen Entladungsfunken (vgl. oben).

Als weitere tribolumineszierende Substanzen seien hier noch die folgenden genannt⁴⁾: Arsenrioxyd, Kaliumsulfat, Kaliumbromat, Kaliumbicarbonat, Natriumfluorid, Natriumbromat, Natriumhydrosulfit, Strontiumbromat, Baryumchlorat, Baryumbromat, Zinksulfid, Chininsulfat, Glas, Kieselstein, manche Edelsteine, sowie nach E. WIEDEMANN („Über Lumineszenz“, Erlangen, 1901) das Salophen, Santoninderivate und einige Ketone. Über die sehr zahlreichen anderen tribolumineszierenden organischen Verbindungen vgl. TRAUTZ (a. a. O.). Es erübrigt sich wohl, noch hinzuzufügen, daß man bei allen diesen Versuchen möglichst gut ausgebildete Kristalle verwenden muß.

PRECHT (l. c.) hat einige interessante Versuche beschrieben, die man sehr leicht nachmachen kann. Er bringt kristallisiertes Urannitrat plötzlich auf die Temperatur der flüssigen Luft, wobei durch die Zersprengung des Kristallbaues eine intensive Tribolumineszenz ausgelöst wird. Man nimmt für diese Zwecke am besten eine Dewarsche Flasche von der Form eines Reagenzglases ohne Silberbelag, wie sie heute ja vielfach zu den bekannten Farbumschlagsversuchen in flüssiger Luft in den Handel kommen; sonst, in Ermangelung einer solchen, ein gewöhnliches Reagenzglas. Das Urannitrat wird einfach in die flüssige Luft hineingeworfen. Die Erscheinung ist derjenigen, die bei der Reibung von Urannitrat in Luft auftritt, vollkommen ähnlich, so daß auch die Ursachen im Prinzip in beiden Fällen identisch sein müssen. Hand

in Hand mit dieser Tribolumineszenz geht bei dem Urannitrat eine starke Photolumineszenz, d. h. also Phosphoreszenz, die eben bei dieser Kälte viel intensiver ist als bei gewöhnlicher Temperatur.

Denselben Versuch kann man nun natürlich auch noch mit anderen Substanzen anstellen, die die Eigenschaft der Tribolumineszenz besitzen, also mit allen obengenannten Stoffen. Ferner gelingt er sehr schön mit einem Stückchen Eis. Dasselbe zerspringt unter merklichem Krachen, wobei es lebhaft aufleuchtet, wiederum genau so wie bei gestoßenem Urannitrat. Endlich geben den Effekt noch einige Quarzarten, so vor allem Rosenquarze.

War bei den eben beschriebenen Versuchen die tiefe Temperatur nur insofern an dem Zustandekommen der Tribolumineszenz beteiligt, als sie das Zersprengen der Substanz bewirkte und dadurch die Erscheinung gewissermaßen erst sekundär hervorrief, so ist uns durch die Forschungen von LENARD und KLATT ein hübsches Beispiel dafür bekannt geworden, daß hohe Temperaturen zur Auslösung von Tribolumineszenz primär erforderlich sind. Diese Forscher fanden nämlich, daß ihre intensiv phosphoreszierenden sog. Erdalkaliphosphore durch Reibung zur Lumineszenz gebracht werden können, wenn sie noch glühend aus dem Schmelztiegel genommen werden. Auch dieser Versuch ist mit einfachen Mitteln bequem reproduzierbar, und daher mag er hier kurz beschrieben werden, zumal damit zugleich eine Anleitung zur Anfertigung von prächtig phosphoreszierenden Präparaten gegeben wird. Wer hierüber noch weitere Angaben wünscht, sei auf meine diesbezüglichen Mitteilungen in „Natur und Unterricht“ (Monatsschrift für den elementaren naturwissenschaftlichen Unterricht, bei Franckh in Stuttgart) verwiesen, oder auch auf die Originalabhandlungen der eben genannten Forscher in den Annalen der Physik (XV. 1904).

Sämtliche für diese Zwecke zur Verwendung gelangenden Substanzen müssen vollkommen chemisch rein sein. Man vermischt 2 g Calciumoxyd mit 1,4 g Schwefel und 0,1 g Natrium- (oder auch Kalium-)sulfid. Dieses Gemenge übergießt man auf einem sauberen Uhrgläschen mit etwas absolutem Alkohol, dem zuvor drei Tropfen einer $\frac{1}{100}$ normalen Wismutnitratlösung zugesetzt worden waren. Eine solche Lösung bezieht man in der erforderlichen Reinheit am besten von Merck in Darmstadt; 1 ccm derselben ent-

⁴⁾ Vgl. M. TRAUTZ, Zeitschr. f. phys. Chemie 53 (1905), S. 39 ff.

hält an metallischem Wismut 0,00209 g; für einen einzelnen Tropfen erhielt ich in einem Fall einen Wismutgehalt von 0,0001672 g. Nach gründlicher Vermischung des Pulvergemenges mit dem Alkohol läßt man diesen verdunsten. Das zurückbleibende, völlig getrocknete Pulver wird mit einem Glasspatel abgekratzt und in einem reinen bedeckten Porzellantiegel über der Bunsenflamme etwa 15—20 Minuten geglüht. Dann erst beginnt der eigentliche Tribolumineszenzversuch. Man stellt eine Reibschale bereit, legt das Pistill zur Hand, entfernt den Tiegeldeckel mit einer Tiegelzange, faßt mit dieser den Tiegel, hebt ihn aus der Flamme und läßt durch kurzes heftiges Aufschlagen des Tiegels auf den Rand des Mörsers den glühenden, fest zusammengebackenen Inhalt in diesen hineinfallen. Sofort drückt man dann mit dem Pistill auf diesen Kuchen. Man erkennt in diesem Augenblick an ihm ganz deutlich das charakteristische Aufblitzen einer Tribolumineszenz, das sich wesentlich von der tiefroten Glut der ganzen Masse abhebt. Nach

dem Verlöschen der Glut unterbleibt auch bei weiterem Stoßen die Tribolumineszenz vollständig. Das zerstoßene Pulver stellt den fertigen Phosphor dar, der sich, wie bereits gesagt, durch sein überaus großes Phosphoreszenzvermögen auszeichnet. Einige Minuten in das Sonnenlicht gelegt, leuchtet er im Dunkeln zuerst so intensiv im prächtigsten Blau, daß man in seinem Lichte bequem lesen kann. Allmählich wird das Leuchten etwas schwächer, dauert aber, deutlich sichtbar, noch mehrere Stunden an; ein akkommodiertes Auge gewahrt sogar noch nach Tagen einen schwachen Lichtschimmer. Mit ihm lassen sich sämtliche, den Lesern zur Genüge bekannten Phosphoreszenzversuche in glänzendster Weise ausführen. (Näheres hierüber vgl. den erwähnten Aufsatz von C. STERNSTEIN: Fluoreszenz und Phosphoreszenz, ds. Zeitschr. *XXII*, 295 ff., sowie meine Aufsätze aus diesen Gebieten in der oben genannten Zeitschrift „Natur und Unterricht“ in den drei letzten Jahrgängen.)

Harry Schmidt.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. 1. Kombinationstöne im Mikrophon-Telephonkreis. Von E. WAETZMANN¹⁾. Die Untersuchungen wurden objektiv gemacht durch Beobachtung der von den Membranen erzeugten Klangkurven. Als Tonquellen dienten Stimmgabeln und Pfeifen. Die Primärtöne wurden durch ein Mikrophon einem lautsprechenden Telephon zugeleitet, dessen Schwingungen mit Hilfe der empfindlichen Martensschen Spiegelanordnung auf einem rotierenden lichtempfindlichen Papierstreifen photographiert wurden. Zunächst wurden jeder der Primärtöne für sich und dann beide zusammen aufgenommen. Die dritte Kurve zeigte dann den Differenzton der beiden Töne überraschend deutlich. Die Schwingungszahlen der Primärtöne schwankten zwischen 400 und 3000; man erhielt im allgemeinen um so stärkere Amplituden der Kombinationstöne, je höher die Primärtöne lagen.

In weiteren Versuchen wurden die Schwingungen der Telephon- und Mikrophonmembranen — jede für sich allein — untersucht. Es zeigte sich, daß dann keine Kombinationstöne auftraten. Die durch zwei Primärtöne

erregte Telephonmembran — und ebenso die Mikrophonmembran — zeigte die typischen, durch einfache Überlagerung der beiden Primärschwingungen entstandenen Schwebungskurven. Sobald aber Mikrophon und Telephon mit einer Stromquelle in Reihe geschaltet waren und zwei Primärtöne auf das Mikrophon einwirkten, waren in der resultierenden Schwingung der Telephonmembran Kombinationstöne enthalten. Der Verf. führt diese Erscheinung auf eine Art Kohärerwirkung des benutzten Körnermikrophons zurück, indem dessen Widerstand unter dem Einfluß einer auffallenden Schwingung verkleinert wird. Diese Widerstandsänderung ist bei 2 Primärtönen nicht konstant, und so wird die Schwebungskurve bei ihrer Übertragung auf die Telephonmembran verzerrt, indem während jedes Widerstandsminimums die Telephonmembran von dem Elektromagneten besonders stark angezogen wird. So entsteht dann bei den Primärtönen p und q in der Telephonmembran ein Kombinationston $p - q$. Diese Verzerrungen durch Widerstandsänderungen des Mikrophons bilden eine bisher noch gar nicht beachtete Störungsmöglichkeit für die Sprachübertragung im Mikrophon-Telephonkreis. Da bei lauten Tönen die Widerstandsänderungen größer sind als bei leisem Sprechen, so wird — wie

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 59 (1913); Ann. d. Physik **42**, 729 (1913); Phys. Zeitschr. **15**, 638 (1914).

die Erfahrung lehrt — leise Sprache reiner und deutlicher übertragen werden. Um die Güte einer Fernsprechanlage festzustellen, hat man einfache Schwebungskurven in bezug auf Verzerrung zu prüfen; fehlt diese, so kann man auf ausgezeichnete Verständigung schließen.

2. Einen Einfluß von Bestrahlungen auf die Schallgeschwindigkeit in Gasen glaubte W. KÜPPER feststellen zu können²⁾. Das Verhältnis der spezifischen Wärmen α von mehratomigen Gasen ist nach der Boltzmannschen Theorie (starre Verbindung der Atome) 1,40, nach der Maxwell'schen Theorie (frei bewegliche Atome) 1,33. Bei den wirklichen Gasen dürften die Werte im allgemeinen zwischen diesen Grenzen liegen. Dagegen fand Küster bei Sauerstoff, der über Phosphorpentoxyd gestanden hatte, $\alpha = 1,43$, bei Röntgenbestrahlung $\alpha = 1,46$. Das spricht für den Einfluß einer Ionisation auf α , bzw. auf die davon abhängige Schallgeschwindigkeit. KÜPPER suchte nun ganz allgemein den Einfluß von Röntgen-, ultravioletten, Becquerelstrahlen und des elektrischen Wechselfeldes auf die Schallgeschwindigkeit in Gasen zu bestimmen. Als Meßrohr diente Glasrohre von 90 cm Länge und 61 mm Weite. Der Ton in dem Gas der Röhre wurde durch ein mit Saitenunterbrecher erregtes Telephon erzeugt. Ein in dem Rohr verschiebbarer Stempel trug am inneren Ende eine Mikrophonmembran, deren Zuleitungsdrähte zu einem Telephon führten, mit welchem die Knoten und Bäuche sehr genau abgehört werden konnten. Neben dem Versuchsrohr befand sich ein nicht bestrahltes Kontrollrohr. Bei Luft, Sauerstoff und Stickstoff war der Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Schallgeschwindigkeit stark, so daß eine Zunahme von α bis zu 10% berechnet wurde. Bei Wasserstoff war die Wirkung gering. Ultraviolettes Licht führte bei allen Sauerstoff enthaltenden Gasgemischen zur Verkleinerung der Schallgeschwindigkeit, erhöhte sie dagegen bei Stickstoff und Wasserstoff, wenn auch in geringerem Maße als die Röntgenstrahlen. Ein Einfluß der Radiumstrahlen ließ sich nicht feststellen.

Die beschriebenen Versuche sind mit Röntgenstrahlen von W. H. WESTPIAL bei Luft, von F. SRIEDER bei Argon wiederholt worden³⁾. Da das Ergebnis in beiden Fällen

²⁾ Ann. d. Physik **43**, 905 (1914).

³⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **16**, 613, 615 (1914).

negativ war, so dürfte die Frage nach dem Einfluß von Bestrahlungen auf die Schallgeschwindigkeit trotz der Küpperschen Arbeit noch nicht entschieden sein.

3. Theorie der Hiebtöne. Von A. KRÜGER und A. LAUTH⁴⁾. Unter „Hiebtönen“ sollen die Töne verstanden werden, die beim Schlagen eines Stabes durch die Luft oder beim Vorbeiströmen von Luft an Stäben oder Drähten auftreten. C. Runge, ferner W. Kaufmann und H. Barkhausen haben diese Töne auf die periodische Ablösung von Wirbeln zurückzuführen versucht. Die Verf. geben eine Theorie unter Heranziehung der Berechnungen von v. Karmans und der Beobachtungen von Rubach. Wird ein fester Körper durch eine ruhende Flüssigkeit geschleppt, so zeigen sich nach Rubach hinter dem Körper abwechselnd rechts und links drehende Wirbel, deren Stabilitätsbedingungen v. Karmans bestimmte. Nach ihm ist der Widerstand, den ein durch Wasser bewegter Körper erfährt, allein abhängig von den Verhältnissen u/U und l/D (wo u bzw. U die Geschwindigkeit des Wirbelsystems bzw. des Körpers, l den Abstand der einzelnen Wirbel, D den Durchmesser des Körpers bedeuten); die von ihm gefundene Zahl stimmt mit den für Luftwiderstand gefundenen Werten überein, so daß hier dieselbe Theorie anwendbar sein dürfte. Die Frequenz N der Hiebtöne ist durch die Anzahl der in der Zeiteinheit sich bildenden Wirbel gegeben und den Geschwindigkeiten der Luft und des Stabes direkt, dem Durchmesser des letzteren umgekehrt proportional. Der Ausdruck $N \cdot D/U$ ist nach v. Karmans und Rubach konstant und für eine Flüssigkeitsströmung um einen zylindrischen Stab $= 0,20$. Die Verf. prüften die Theorie an den Ergebnissen einer 1878 von Strouhal angestellten Untersuchung, welche die Töne betraf, die bei einem parallel zur Drehachse gedrehten Stabe entstehen. Auch hier war $N \cdot D/U$ nahezu konstant und von dem theoretisch berechneten Wert 0,2 (außer bei sehr dünnen Drähten) nicht sehr verschieden. Fällt die Frequenz des Hiebtönen mit dem Eigentönen des Drahtes zusammen, so entstehen laute Resonanztöne des Drahtes (Äolsharfen). Die Intensität der Hiebtöne wächst mit der Länge, der Dicke und der Geschwindigkeit des Drahtes.

4. Einwirkung von Tönen auf Wasserstrahlen. Von P. CERMAR⁵⁾. An

⁴⁾ Ann. d. Physik **44**, 801 (1914).

⁵⁾ Ann. d. Physik **45**, 75 (1914).

dieser von Tyndall zuerst zu Vorlesungsversuchen benutzten Einwirkung wurden einige neue Beobachtungen gemacht. Die besten Ergebnisse erhielt der Verf., wenn der von der Wasserleitung kommende Gasschlauch in ein Glasrohr von gleicher Weite und kegelförmiger Spitze übergang, außerdem noch ein Windkessel eingeschaltet war. Auch hoher Druck des ausfließenden Wassers (7 Atmosphären) schien zum guten Gelingen der Versuche erforderlich. Ein in 1–1,5 m Entfernung die Horizontale schneidender Strahl löst sich nach 20 cm in Tropfen auf; durch das geringste Geräusch verschiebt sich die Auflösungstelle, und zwar immer nach der Seite der Ausflußöffnung. Mit einer starken Lichtquelle läßt es sich durch Projektion sichtbar machen. Unter dem Einfluß der regelmäßigen Schwingungen eines passend gewählten Tones erscheint der Strahl auf seinem ganzen Wege zusammenhängend, in der Mitte aber mit Bäuchen und Knoten, die sich im rotierenden Spiegel als einzelne Tropfen darstellen. Zur genauen Feststellung der Vorgänge wurde der Wasserstrahl durch eine Linse aus der Zinkfunkenstrecke eines Induktatoriums beleuchtet und auf einer photographischen Platte abgebildet. Mit Benutzung der Stimmgabeln von 128, 256, 512, 768 und 896 Schwingungen wurde der Einfluß der Tonhöhe untersucht. Alle Bilder zeigen einzelne Tropfen, die bei Ton 128 die geringste Regelmäßigkeit haben. Ton 256 zeigt die Tropfen in Paaren (oo oo oo), die 18 mm voneinander abstehen; Ton 512 zeigt sie einzeln (o o o o) in Abständen von 9 mm, Ton 768 wieder Paare in Abständen von 6 mm. Da $6 = \frac{2}{3} \cdot 9$, $768 = \frac{3}{2} \cdot 512$ ist, so folgt, daß der Abstand immer umgekehrt proportional ist der Tonhöhe. Auf Ton 896 sprach der Strahl nicht mehr so gut an. In jedem Strahl gibt es große und kleine Tropfen; alle sind in rotierender Bewegung. Zur Feststellung der Beziehungen zwischen Ausflußöffnung, Ausflußmenge und Lage des Resonanzgebiets wurden verschieden große Ausflußmengen und verschiedene Düsen verwendet. Bei engen Düsen lag die größte Empfindlichkeit bei den höheren Tönen; mit Zunahme des Strahlquerschnitts ging das Resonanzgebiet zu immer tieferen Tönen über. Zeigt ein Strahl für einen Ton die größte Empfindlichkeit, so spricht er auf ihn in über 10 m Entfernung an, wobei die Übertragung allein durch die Luft zu erfolgen braucht. Bei gleicher Düse verschiebt die Zunahme der Ausflußgeschwindigkeit das Resonanzgebiet des Strahles nach immer höheren Tönen. Der

Austrittswinkel ist nur von geringem Einfluß. Die Schwebungen zweier naheliegender Töne machen sich durch ein Hin- und Hergehen der Knoten und Bäuche bemerkbar. Zwei Töne von größerer Verschiedenheit wirken auf den Strahl wie der Differenzton. Wurde z. B. ein Strahl nur durch die Stimmgabel 128 beruhigt, so wirkte auf ihn ebenso das gleichzeitige Anschlagen der Stimmgabeln 896 und 1024, 896 und 768, 768 und 640, 640 und 512, deren Differenz immer 128 ist. Damit ist ein objektiver Beweis für den Differenzton gegeben. Läßt man die Töne 256 und 512 gleichzeitig erklingen, so bilden sich zwei Strahlen aus, die im Tempo der Schwebungen des Tons 256 abwechselnd zusammen- und auseinandergehen; hierbei kann es sich nur um Schwebungen des Grundtones mit dem Differenztone handeln. Die Töne 512 und 768, deren Intervall eine Quinte ist, geben ebenfalls 2, die Töne 384 und 512 (Intervall eine Quarte) geben 3, beim Einwirken einer großen Terz erhält man 4–5 einzelne Strahlen. Dabei geben die im Resonanzgebiet des Strahls fallenden Differenztone verschiedener Ordnungen untereinander und mit den Gabeltönen zu Schwebungen Anlaß, in deren Tempo die einzelnen Strahlen zusammen- und wieder auseinandergehen. Die Wirkung der Differenztone zeigt sich auch in der Tropfenfolge: Die zusammengeklappten Teile der beiden durch 256 und 512 erregten Strahlen zeigen Tropfenpaare von 18 mm Abstand, entsprechend dem Differenzton 256. Ebenso ergaben die Töne 384 und 512 Gruppen von je vier Tropfen, deren Abstand dem Differenzton 128 entspricht, usw. Aufnahmen, die nacheinander während einer ganzen Schwebungsperiode gemacht wurden, zeigten ebenfalls in jedem Falle charakteristische Eigentümlichkeiten der Tropfenfolge, die bei konsonanten Tönen einfach, bei dissonanten kompliziert wurden. Der Differenzton läßt sich auch auf einem dünnen Metallblech hörbar machen, wenn der von den beiden Stimmgabeln beeinflusste Wasserstrahl auf das Blech fällt: er bleibt hier sogar hörbar, wenn das Ohr ihn direkt nicht mehr hört. Die Tropfengeschwindigkeit der Strahlen zeigt sich ebenfalls verschieden für die einzelnen Töne.

5. Eine absolute Messung der Schallintensität. Von K. HEINDLHOFFER⁶⁾. Die Messung wird auf eine Temperaturmessung zurückgeführt. Eine im Schallfeld

⁶⁾ Ann. d. Physik **37**, 247 (1912); **45**, 259 (1914).

eingebettete Goldfolie wird durch die Kompressionsschwankungen periodisch erwärmt, wodurch ihr elektrischer Widerstand sich periodisch ändert. Dieser verursacht periodische Stromschwankungen, aus denen man auf die Schallamplitude schließen kann. Der Verf. entwickelte zunächst eine genaue Theorie dieser Methode. Dann stellte er Versuche über die Richtigkeit der Theorie in der Weise an, daß er mit einem besonders konstruierten Druckoszillator vermittelt eines Kolbens in einem mit dem Goldblatt abgeschlossenen Rezipienten Druckschwankungen hervorrief und den durch die Temperaturschwankungen des Goldblatts im Sekundärkreis eines Transformators erzeugten Wechselstrom messend verfolgte. Bei Druckschwankungen von der Periodizität 5,2 bis 32 sec. wurde eine gute Übereinstimmung der Versuche mit der Theorie nachgewiesen. Wirkliche Schallmessungen wurden noch nicht ausgeführt.

6. Änderung der Schwingungszahl tönender Körper in Gasen. Von A. KALÄHNE⁷⁾. Die von der Dichte des umgebenden Gases abhängige Frequenz eines tönenden Körpers, die der Verf. zur Herstellung eines Schwingungspyknometers benutzt hatte (d. Ztschr. XXVII, 243) wurde von ihm weiterhin in bezug auf verschiedene Gasatmosphären untersucht. Als tönende Körper dienten dünnwandige Aluminiumröhren, die in zwei Knotenpunkten befestigt, Querschwingungen wie massive Stäbe ausführen. Die Tonhöhe wurde durch Vergleichung mit geeigneten Stimmgabeln (Zählung der Schwebungen) bestimmt. Die benutzten Gase waren Luft, Wasserstoff, Leuchtgas, Kohlensäure. Die Frequenzänderung war in erster Annäherung (bei genügender Kleinheit der Änderung) der Dichte bzw. Dichteänderung proportional und unabhängig von der besonderen chemischen Natur des Gases. Die Theorie der Querschwingungen eines aus parallelen Schichten verschiedenen Materials zusammengesetzten Stabes auf diesen Fall (Stab mit Gasschicht) angewandt, ergab eine mit der Erfahrung übereinstimmende Formel zur Berechnung der Frequenzänderung aus der Gasdichte.

7. Die Ausbreitung des Schalles in der freien Atmosphäre. Von W. SCHMIDT⁸⁾. Nach bisherigen Versuchen schien sich das Gebiet der Hörbarkeit einer starken Schallerregung (Explosion) in verschiedene Zonen

zu teilen: eine innere, um die Quelle gelegene Zone gleichmäßiger Hörbarkeit, davon nach außen anschließend eine „Zone des Schweigens“, endlich weiter außen eine Zone abnormer Hörbarkeit (d. Zeitschr. XXVI, 362). Eine Erklärung für diese 3 Zonen wurde gefunden in einer totalen Reflexion der Schallstrahlen von den oberen, vielleicht nur Wasserstoff enthaltenden dünnen Schichten der Atmosphäre. Neuere Beobachtungen zeigten nun aber, daß diese Auffassung nicht zutrifft und daß die Hörbarkeit im wesentlichen von den Windverhältnissen bedingt wird. So waren die explosionsartigen Ausbrüche des Vulkans Asama in Japan oft nur nach einer Seite hin in einem langgestreckten Gebiet hörbar. Noch viel auffälliger trat die besondere Gestaltung des Gebiets bei einer Explosion des Pulvermagazins bei Wiener Neustadt hervor, wo J. N. DÖRR 800 Meldungen sammeln und sichten konnte. Die Schallquelle lag hier auch stark exzentrisch zu einer kreisförmigen Innengruppe, über die nach Westen nur wenige Meldungen hinausreichten, während sie nach Osten bis zu 100 km noch häufig, vereinzelt bis zu 230 km auftraten. Der innere Rand der Außengruppe, die nur nach SSW über W nach NNW auftrat, lag bei 180 km, die entferntesten Meldungen bei 300 km. Die Beobachtungen sprechen für den Einfluß des Windes. Nimmt der Wind mit der Höhe zu, so werden die Schallstrahlen hinter der Quelle, in Lee von dieser, nach abwärts gebogen, in Luv nach aufwärts; dort folgt eine erhöhte, hier eine bedeutend erniedrigte Hörbarkeit. Das letztere kann zu einer vollständigen Ausschaltung führen, wie z. B. in dem obigen Falle die Explosion vom Wiener Schneeberg aus (31 km nach WSW) gesehen, aber nicht gehört wurde. Die Luftbewegung war an jenem Tage am Boden gering; dagegen meldeten die Stationen der Alpen in 3000 m Höhe Weststurm. Die bis dahin zunehmende Windgeschwindigkeit würde das Ablenken der Schallstrahlen nach O, also das Entstehen der exzentrischen Innengruppe, erklären. Dagegen würden bei nach oben wieder abnehmender Westströmung die von der untersten Schicht nach aufwärts gelenkten Strahlen wieder zu Boden gekehrt werden und so die Außengruppe bilden. *Schk.*

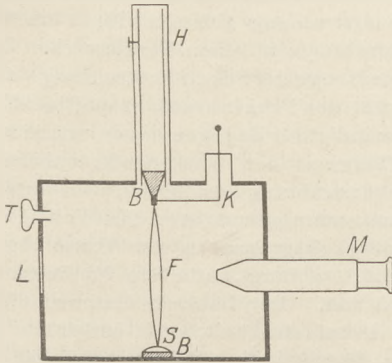
Radioaktivität. Die durchdringende Strahlung der Atmosphäre macht K. KÄHLER zum Gegenstande eines Referats¹⁾,

⁷⁾ Ann. d. Physik 45, 321 (1914).

⁸⁾ Die Naturwissenschaften 2, 925 (1914).

¹⁾ Die Naturwissenschaften 2, 501 (1914).

aus dem hier, in Ergänzung früherer Berichte, einiges mitgeteilt werden möge. Zur Messung der durchdringenden Strahlung dient jetzt meistens der Apparat von Wulf (Fig. 1). Er



besteht aus einem geschlossenen Gefäß mit dünnen Zinkwänden, die die durchdringende Strahlung durchlassen. Als Meßfaden dient ein doppelter, mit Platin bestäubter Quarzfaden *F*, der durch eine elastische Schlinge *S* gespannt ist und durch die Kontaktvorrichtung *K* aufgeladen wird. Mit wachsender Spannung entfernen sich die Fäden voneinander. *B* ist ein Bernsteinstopfen, *T* eine Natriumtrocknung. Der eigentliche Meßraum (2–3 l) kann von den Fäden durch ein enges Metallrohr, das für gewöhnlich in den Hals *H* hochgezogen ist, getrennt werden. Die Ablesung des Spannungsabfalls erfolgt durch das Mikroskop *M*, das von *L* Licht erhält. Mit Hilfe des bekannten Volumens und der gleichfalls bekannten Einheitsladung eines Elektrizitätsträgers ($4,6 \cdot 10^{-10}$ E. S. E.) läßt sich die Zahl der von den gesamten wirksamen Strahlen pro Sek. und ccm gebildeten Träger berechnen. Zur Beseitigung von Temperatureinflüssen umgibt man den Apparat mit einer dichten Watteschicht. Die Werte der durchdringenden Strahlung, die man mit demselben Gefäß findet, sind sehr von dem Meßort abhängig. Am größten sind sie in Gegenden mit stark radioaktivem Gestein, z. B. Granit. Daher sind sie auch im Gebirge viel größer als in der norddeutschen Tiefebene; die geringsten Werte erhält man über Mooren und Heiden. Auf freiem Felde fand man einen Mittelwert von 6 Trägerpaaren pro ccm und Sek. Im Zimmer, namentlich in der Nähe der Wände, ebenso unmittelbar über dem Erdboden erhielt man höhere Werte. In einem Steinsalzbergwerk und in einer Kreidegrotte fand man eine geringere Strahlung, ebenso über dem Wasser. In der Tiefe von Seen wurde eine Verminderung, dagegen

in der Tiefe des festen Bodens eine Vermehrung der Strahlung beobachtet. Mit der Höhe wurde zunächst eine Abnahme, bei Ballonfahrten über 6000 m aber wieder eine Zunahme der Strahlung beobachtet, was auf eine kosmische Strahlenquelle hinweisen würde. Die Schwankungen der durchdringenden Strahlung am gleichen Ort sind weit geringer als an verschiedenen Orten und leichter durch Instrumentfehler zu beeinflussen. Meistens fand man eine doppelte Periode, die der des atmosphärischen Potentialgefälles ähnlich ist. Bei fallendem Luftdruck und bei starkem Wind, auch bei Niederschlägen wurde oft eine höhere Strahlung beobachtet. Der Ursprung der durchdringenden Strahlung beruht zum größten Teil auf den radioaktiven Bestandteilen der Erde, auf die nach Chauveau 4–5 von den mittleren 6 in der Sekunde erzeugten Trägerpaaren zurückzuführen sind, während der Rest den auf der negativen Erdoberfläche niedergeschlagenen, positiv geladenen Induktionen zukommt.

Die Zunahme der durchdringenden Strahlung in großer Höhe wird von GÖCKEL bestätigt²⁾. Das Austreten der Emanation aus dem Erdboden zeigt nach ihm einen regelmäßigen täglichen Gang mit doppelter Periode. Besonders stark ist die radioaktive Bodenatmung bei großen Luftdruckschwankungen wie Gewittern. Der Radiumgehalt von Gesteinen beträgt im Maximum einige milliontel mg im kg Gestein. Der Thoriumgehalt ist im Durchschnitt zehnmillionenmal größer. Da die Aktivität des Thoriums aber im selben Verhältnis kleiner ist als die des Radiums, so tragen beide Stoffe im Durchschnitt etwa gleichviel zur Aktivität der Gesteine bei. Eruptivgesteine sind in der Regel aktiver als Sedimentärgesteine, und zwar um so mehr, je saurer sie sind. Unter den Sedimentgesteinen sind die tonhaltigen am aktivsten. Die Aktivität der Gesteine beruht auf ihren akzessorischen Beimengungen von radium- oder thoriumhaltigen Mineralien und ist je nach den Fundorten sehr verschieden. Daß die Wirkung der Heilquellen auf ihrem Gehalt an Emanation beruht, dürfte jetzt als erwiesen gelten. Auch das Meerwasser enthält eine sehr geringe Menge Emanation.

Während der Gehalt an radioaktiven Stoffen im Erdboden eine Strahlung in die

²⁾ A. Gockel, Die Radioaktivität von Boden und Quelle. Braunschweig. Die Naturwissenschaften **2**, 871 (1914).

Atmosphäre und natürliche Ionisation und Leitfähigkeit der Luft bewirkt, so kann diese durch künstliche Einführung radioaktiver Substanz noch vergrößert werden. Darauf beruht der von B. SZILARD konstruierte Radiumblitzableiter, über den H. Sieveking berichtet³⁾. Dieser Blitzableiter trägt unterhalb seiner Spitze eine Platte, die mit Radium überzogen ist. Die dadurch erhöhte Leitfähigkeit der Luft erniedrigt das Entladungspotential, während gleichzeitig eine Strömung der Elektrizität zwischen Wolke und Spitze zustande kommt. Auch das zur disruptiven Entladung notwendige Potential wird verringert; die Funken werden große Schlagweiten haben und zumeist ihre Richtung auf die Spitze nehmen. Bei einem transportablen Versuchsblitzableiter wurde mit einer Meßvorrichtung 1. der Zerstreungsstrom, der vom Instrument in die Atmosphäre geht, und 2. der umgekehrt verlaufende Ladungsstrom bestimmt. Dazu war der Blitzableiter mit dem Quadranten eines Elektrometers in Verbindung und konnte auf eine Spannung V geladen werden; die Zerstreung wurde mit Hilfe einer variablen Kondensatorkapazität, der Ladungsstrom mit Hilfe eines variablen Widerstandes gemessen. Aus den Versuchen ergab sich deutlich, daß die Wirkung des Radiumblitzableiters schon bei der Anfangsspannung beginnt, während der gewöhnliche Blitzableiter erst bei sehr hoher Spannung in Aktion tritt. Auch die Entfernung, in der noch eine Einwirkung stattfand, war eine sehr bedeutende; je mehr aktive Substanz, um so größer die Reichweite. Eine kleine Elektrisiermaschine im Zimmer gab in 4–5 m Entfernung einen Ausschlag der Elektrometernadel. Eine kleine, mit dem Apparat verbundene Geißleröhre leuchtete auf, was bei Wegnahme der radioaktiven Schicht nicht eintrat. *Schk.*

Die Sekundärstrahlung der Kanalstrahlen.

Leitet man eine von Kanalstrahlen getroffene Metallplatte durch ein Galvanometer zur Erde ab, so wird der entstehende Ausschlag durch drei Faktoren bedingt: 1. die von der Platte aufgenommene Kanalstrahlenladung, 2. die Reflexion von der Plattenoberfläche, 3. die von ihr ausgesandte Sekundärstrahlung. Während die Strahlabsorption und Reflexion nur durch sehr starke äußere Felder beeinflußt werden, genügen nach H. BAERWALD schon wenige Volt Gegenspannung, um die Sekundärstrahlung zum Verschwinden zu

bringen¹⁾. Bei der vom Verf. benutzten Versuchsanordnung trafen die Primärstrahlen unter 60° auf die zu untersuchende Platte, an die ein verzögerndes positives Feld angelegt werden konnte; die von der Platte kommende Sekundärstrahlung gelangte durch ein feines Platindrahtnetz in einen Faradayschen Zylinder. Die Menge der Sekundärstrahlung war der Intensität des Primärstrahls proportional, ihre Geschwindigkeit dagegen davon unabhängig. Die Fähigkeit der Wasserstoffkanalstrahlen, Sekundärstrahlung auszulösen, erforderte eine Minimalspannung von etwa 900 Volt, die Geschwindigkeitsgrenze in der Verteilung der Sekundärstrahlung hatte ein Minimum von etwa 5 Volt. Der höheren Geschwindigkeit eines Primärstrahlteilchens entsprach eine höhere Geschwindigkeit des sekundär ausgelösten Elektrons. Um den Einfluß der Substanz festzustellen, wurden Platten von *Al, Fe, Cu, Zn, Ag, Pt, Au, Pb, C, Mg, S, Ca, Ti, Bi, U, CuO* benutzt. Es zeigte sich, daß die Natur des von Kanalstrahlen getroffenen Stoffes ohne Einfluß ist auf Menge und Geschwindigkeit der Sekundärstrahlung. Die letzte Frage untersuchte der Verfasser noch besonders bei Gasen und Dämpfen. Hier zeigte sich zunächst, daß die von einem Kanalstrahl in einer beliebigen artfremden Atmosphäre hervorgerufenen Ionisation seiner Energie proportional ist. Ferner wies die Menge der von einem Kanalstrahl in verschiedenen Gasen ausgelösten Sekundärstrahlung auf spezifische, in der Natur der Teilchen gelegene Wirkungen hin. *H*-Strahlen wirkten stärker als *N*- und *O*-Strahlen auf sämtliche ruhende Atmosphären; andererseits reagierten *N*, *CO*₂ und *O* auf bewegten *H* energischer als ruhender *H*. Ganz besonders stark war die Sekundärstrahlung im Joddampf. Die Lichtemission eines Kanalstrahles zeigte dasselbe Verhalten wie die von ihm hervorgerufene Sekundärstrahlung. Die Parallelität von Ionisation und Lichtemission, die namentlich auch beim Joddampf hervortritt, führte zu der Annahme, daß — ebenso wie bei den Versuchen von Franck und Hertz (d. Zeitschr. XXVII, 301) — auch im Kanalstrahl die Sekundärstrahlen, d. h. die ausgelösten Elektronen es sind, welche das Leuchten hervorrufen.

Wie verschiedene Versuche gezeigt haben, spricht sich die elektrochemische Affinität des Atoms in den Kanalstrahlerscheinungen fast

¹⁾ Annalen d. Physik **41**, 643; **42**, 1287 (1913). Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **16**, 789 (1914).

³⁾ Die Naturwissenschaften **2**, 973 (1914).

gar nicht aus. Da aber die elektrische Leitfähigkeit wesentlich von der Affinität bestimmt wird, so hielten es J. KOENIGSBERGER und A. GALLUS für angebracht, zu untersuchen, ob bei der Sekundärstrahlung Affinitätswirkungen wahrnehmbar sind²⁾. Dazu wurde die Größe der Sekundärstrahlung von einem Metall mit der eines guten Isolators bei streifender Inzidenz der Strahlen verglichen. Als Isolator diente ein mit hartem Ramsaykitt getränktes Seidenpapier. Die negative Sekundärstrahlung wurde von einer Meßplatte aufgenommen und ihre Ladung mit dem Galvanometer bestimmt. Der Druck im Beobachtungsraum war $3 \cdot 10^{-4}$ mm. Es zeigte sich, daß der Isolator sehr viel weniger Elektronen abgibt als die Metallplatte. War die Sekundärstrahlung bei Metallen (Platin oder Aluminium; die Dichte macht keinen Unterschied) = 1, so war sie bei fettgetränktem Papier nur 0,03.

Auch bei den von GOLDSTEIN an freiliegenden Kathoden beobachteten Lichterscheinungen der Kanalstrahlen spielen die Sekundärstrahlen eine wichtige Rolle³⁾. Um Kathoden mit regelmäßigem Umriß ordnen sich die Lichtbündel zu regelmäßigen Figuren an: bei Quadraten und regelmäßigen Vielecken von gerader Seitenzahl sind es Strahlen, die aus den Mitten der Seiten, bei Vielecken von ungerader Seitenzahl Strahlen, die in Richtung der Winkelhalbierenden austreten. Diese Strahlen streichen von den Polygonseiten her einwärts über die Kathodenflächen hin. Andere Strahlen dagegen sind nach auswärts gerichtet. Solche Strahlen zeigen sich an den Öffnungen einer zylindrischen Kathode, ferner bei sehr kleinflächigen, ungeradzahligen Doppelpolygonen, bei Kreisscheiben mit Segmenten, Sektoren, Schlitzern usw. Der Verf. unterscheidet so die einwärts gerichteten gewöhnlichen *C*-Bündel, welche durch die aus dem vorderen Gasraum auf die Kathode zufliegenden Teilchen erzeugt sind, von den nach auswärts gerichteten *F*- (Front)-Bündeln. Die Frontbündel werden erklärt als Sekundärstrahlen, die durch Ionisierung seitens der primären *C*-Strahlen da entstehen, wo diese bei der Art des Kathoden umrisses sich in einem „Brennpunkt“ schneiden und hier eine besonders starke Ionisierung veranlassen.

Schk.

²⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **16**, 190 (1914).

³⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **16**, 545 (1914).

Fortschritte der Radiochemie. Bekanntlich war schon bei den ersten Anfängen einer genaueren Untersuchung der chemischen Eigenschaften der Radioelemente die sonderbare Tatsache gefunden worden, daß sich manche dieser Stoffe in weitgehendem Maße einander ähnlich verhalten. Der erste jedoch, der auf Grund der Untrennbarkeit von Radium und Mesothorium I das Bestehen verschiedener Radioelemente mit verschiedenem Atomgewicht und einem vollkommen identischen chemischen Verhalten scharf betonte und auch auf den Widerspruch hinwies, in dem diese Tatsache mit dem Prinzip des periodischen Systems der chemischen Elemente stehe, war SODDY¹⁾. Auf seine Veranlassung hin wurde planmäßig nach weiteren Beispielen einer derartigen Erscheinung gesucht, und es gelang FLECK²⁾, deren eine große Zahl aufzufinden. Soddy führte für die neue Erscheinung, d. h. also, daß Elemente mit verschiedenem Atomgewicht existieren und dabei miteinander in chemischer Beziehung vollkommen identisch sind, die Bezeichnung Isotopie ein; die einzelnen derartigen Elemente nennt er Isotope. Dieser Name hat sich in der Zwischenzeit ganz allgemein eingebürgert. Auf Grund theoretischer Überlegungen kam nun FAJANS³⁾ zu dem Schluß, daß unter den Endprodukten der drei sog. radioaktiven Zerfallsreihen, nämlich der Uran-Radium-Reihe, der Thorium-Reihe und der Aktinium-Reihe, sich jedesmal das Blei befinden müßte, und zwar müßten sich diese drei Bleie in bezug auf ihr Atomgewicht untereinander und vom gewöhnlichen, nicht aus radioaktiven Mineralien gewonnenem Blei merklich unterscheiden. Auf seine Veranlassung unternahm LEMBERT³⁾ die Atomgewichtsbestimmung von Blei, das aus Uranmineralien stammte und von gewöhnlichem Blei; das Resultat war das erwartete: das gewöhnliche Blei wurde zu $207,15 \pm 0,01$, das aus den Uranmineralien stammende zu $206,60 \pm 0,01$ bestimmt. Damit ist der experimentelle Beweis für die Atomgewichtsdifferenz bei isotopen Elementen geliefert.

¹⁾ Soddy, Journ. of the Chem. Soc. **99**, S. 72 (1911).

²⁾ Fleck, Journ. of the Chem. Soc. **103**, S. 381 (1913).

³⁾ Vgl. die zusammenfassende Bearbeitung aller hier angeschnittenen Fragen durch Fajans, Die Naturwissenschaften, 1914, Heft 18, S. 429/34 und Heft 19, S. 463/68 (auch 1914, Heft 22), in der sich genaue Literaturangaben befinden.

Wie weit geht nun die chemische Identität der Isotopen? Zunächst konnte in einem Falle nachgewiesen werden, daß sogar das Spektrum (wenigstens im sichtbaren und ultravioletten Gebiet) von isotopen Elementen das gleiche ist, indem nämlich in einem Ionium-Thorium-Präparat nur die bekannten Linien des Thoriums, nicht aber neue, dem Ionium (isotop mit Thorium) zuzuschreibende Linien aufgefunden werden konnten⁴⁾. Besonders auffällig wird die Identität aber bei dem elektrochemischen Verhalten. Bekanntlich gilt in allen diesen Fällen das Gesetz der chemischen Massenwirkung, das in seiner allgemeinsten Fassung besagt, daß die Wirkung eines Stoffes bei irgendeinem chemischen Vorgang proportional seiner aktiven Masse ist. Tauchen wir z. B. einen Metallstreifen in die wäßrige Lösung seiner Ionen, so zeigt er gegen die Lösung eine Potentialdifferenz, und die Größe dieser Potentialdifferenz ist definiert durch die Ionenkonzentration des betreffenden Metalls in der Lösung. Mit Hilfe der Nernstschen Formel läßt sich der Potentialsprung berechnen. Es erhob sich nun die Frage, ob zwei isotope Elemente, also z. B. Radium-D und Blei, miteinander in dem Maße chemisch identisch sind, daß sie sich in ihrer Massenwirkung vertreten können. HEVESY und PANETH⁵⁾ haben diese Frage durch eine experimentelle Untersuchung im bejahenden Sinne beantwortet, indem sie nämlich fanden, daß der Potentialsprung, den Radium-D-Superoxyd in einer Lösung von Radium-D-Nitrat von der Radium-D-Ionenkonzentration A zeigt, sich um den gleichen Betrag ändert, wenn man das eine Mal diese Ionenkonzentration A auf den Betrag B erhöht durch Zusatz einer bestimmten Menge von Radium-D-Nitrat, und das andere Mal dieselbe Erhöhung der Ionenkonzentration in der Lösung durch Zusatz einer entsprechenden Menge von Bleinitrat bewirkt. Auch zeigt das Bleisuperoxyd in einer Lösung von Bleinitrat denselben Potentialsprung wie in einer Lösung von Radium-D-Nitrat, wenn nur die entsprechenden Ionenkonzentrationen die gleichen sind. Daraus folgt, daß die Ionenkonzentration eines Gemisches von isotopen Elementen sich additiv aus den Partialionenkonzentrationen der ein-

zelnen Komponenten zusammensetzen läßt; ein Zeichen dafür, daß wir es bei Isotopen tatsächlich mit Elementen zu tun haben, die miteinander in chemischer Beziehung vollkommen identisch sind.

Eine Theorie der Erscheinung der Isotopie läßt sich in ungezwungener Weise geben, wenn man das von RUTHERFORD⁶⁾ angegebene Atommodell zugrunde legt. Dieser Forscher vereinigt bekanntlich die Masse eines Atoms in seinem Zentrum, und spricht diesem Zentrum eine positive Ladung zu, deren Betrag als durch eine bestimmte Anzahl von Kernladungen bedingt angesehen wird. Um das positive Massenzentrum herum bewegen sich innerhalb vorgegebener Sphären negative Elektronen, deren Zahl sich naturgemäß nach der Zahl der positiven Kernladungen richten wird, in dem Sinne, daß das ganze System nach außen hin elektrisch neutral erscheint. Das Atomgewicht eines Elementes wird bestimmt durch die Größe der im Kern vereinigten Masse, indem die Masse der Elektronen, falls sie eine solche im Sinne der Newtonschen Mechanik überhaupt besitzen, vernachlässigt werden kann. Die chemischen Eigenschaften des betr. Elements dagegen werden lediglich bedingt durch die Anzahl und die Anordnung der innerhalb der Wirkungssphäre des Atoms sich bewegenden Elektronen. Auf Grund der experimentell aufgefundenen Erscheinung der Isotopie werden wir nun zu dem Schluß geführt, daß die Anzahl der Elektronen und damit auch der positiven Kernladungen von dem Betrage der Masse des Atoms unabhängig ist; denn da bei solchen isotopen Elementen die chemischen Eigenschaften völlig die gleichen sind, so müssen sie die gleiche Anzahl von Elektronen enthalten; ihr verschiedenes Atomgewicht aber verlangt die Annahme verschieden großer Massen im Zentrum.

Von besonderem Interesse wird nun die Erscheinung der Isotopie bei den Radioelementen aus dem Grunde, weil es mit ihrer Hilfe gelungen ist, diese Radioelemente in das periodische System der chemischen Elemente einzureihen. Es haben das auf demselben Wege nahezu gleichzeitig FAJANS⁷⁾ und RUSSELL⁸⁾, kurz darauf auch SODDY⁹⁾ ausge-

⁴⁾ F. Exner u. E. Haschek, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, **121**, S. 175 (1912); A. S. Russell und R. Rossi, Proc. Roy. Soc. **87**, S. 478 (1912).

⁵⁾ v. Hevesy und Paneth, Phys. Zeitschr. **15**, S. 797 ff. (1914)

⁶⁾ Rutherford, Phil. Mag. **21**, S. 669 (1911).

⁷⁾ Russell, Chem. News **107**, S. 49 (1913).

⁸⁾ K. Fajans, Phys. Zeitschr. **14**, S. 131 u. 136 (1913). Man vgl. auch den ersten kurzen Bericht in d. Zeitschr. **26**, 252 (1913).

⁹⁾ Soddy, Chem. News **107**, S. 97 (1913).

Tabelle 2.
Die radioaktiven Plejaden mit Angabe der
Atomgewichte der einzelnen Isotopen
(nach Fajans).

Act Em 218,5	Act X 222,5	Act 226,5
Th Em 220,4	Th X 224,4	Mes Th II 228,4
Ra Em 222,5	Ra 226,5	
	Mes Th I 228,4	
Act D 206,5	Pb 206,5	Rad Act 226,5
Th D 208,4	Th D ₂ 208,4	Rad Th 228,4
Ra C ₂ 210,5	Ra D 210,5	Io 230,5
	Act B 210,5	Th 232,4
	Th B 212,4	U X ₁ 234,5
	Ra B 214,5	
U X ₂ 234,5	U II 234,5	
	U I 238,5	
Bi 208,4		
Ra E 210,5	Ra F 210,5	
Act C 210,5	Th C ₂ 212,4	
Th C ₁ 212,4	Ra C ₂ 214,5	
Ra C ₁ 214,5	Act A 214,5	
	Th A 216,4	
	Ra A 218,5	

Soeben erscheint in der Phys. Zeitschr. (XV. S. 935, 1914) eine Arbeit von FAJANS, in der u. a. im Gegensatz zu den oben genannten Ausführungen von v. HEVESY und PANETH eine Deutung des beschriebenen elektrochemischen Verhaltens von Isotopen ohne Hinzuziehung des Begriffes der chemischen Vertretbarkeit gegeben wird. Auf Grund der begründeten Annahmen, daß die Normalpotentiale der reinen isotopen Metalle gleich, und sie selbst im metallischen Zustand

in allen Verhältnissen ineinander löslich sind, daß ferner die Lösungstrusion jeder Komponente der festen Lösung ihrer Konzentration in der festen Lösung genau proportional ist, ergibt sich, wenn mit x bzw. $(1-x)$ die Konzentration der betreffenden isotopen Metalle (z. B. RaD und Pb) in der festen Lösung und mit c_1 bzw. c_2 die entsprechenden Ionenkonzentrationen in der flüssigen Lösung bezeichnet werden, die folgende Beziehung:

$$(1) \quad \frac{x}{1-x} = \frac{c_1}{c_2}$$

Darin liegt ausgesprochen, daß das Verhältnis der Konzentrationen der Isotopen in dem Metall und in der Lösung das gleiche sein muß. Dieser freiwillige Austausch der Isotopen zwischen Metall und Lösung ist, wie sich zeigen läßt, mit Abnahme der freien Energie verbunden, woraus folgt, daß ein Metall A gegen die Lösung der Ionen des mit ihm isotopen Elementes B keine bestimmte Potentialdifferenz hat. Aus (1) folgt nach einigen Umformungen:

$$(2) \quad \xi_1 = \xi_2 = \frac{RT}{nF} \ln \frac{C}{c_1 + c_2}$$

d. h., eine Legierung zeigt gegen die Lösung eines Gemisches von Isotopen den gleichen Potentialsprung wie jede der reinen Komponenten gegen eine Lösung ihrer Ionen, wenn letztere in einer Konzentration sich befinden, die gleich der Summe der Konzentrationen der Ionen der beiden Isotopen im Falle der Legierung ist.

Daraus ergibt sich die folgende Deutung der obengenannten Versuche v. HEVESY und PANETHS: Taucht man PbO₂ in eine RaD-Lösung, so findet zwischen Elektrode und Elektrolyt so lange ein Austausch von Pb- und RaD-Atomen statt, bis die Potentialsprünge der beiden Komponenten gleich geworden sind. Da nun die Experimente ergaben, daß in Übereinstimmung mit Gl. (2), bei gegebener Gesamtkonzentration der Lösung an Bleiisotopen der Potentialsprung der gleiche ist, unabhängig davon, ob man PbO₂ oder RaD-Superoxyd ursprünglich in die Lösung tauchte, so folgt daraus die Gültigkeit dieser Gleichung, mithin auch die Richtigkeit der ihrer Ableitung zugrunde gelegten Annahmen. „Die von v. HEVESY und PANETH erstrebte Entscheidung der Frage, ob die chemischen Eigenschaften der Isotopen völlig identisch oder nur außerordentlich ähnlich sind, vermögen indessen diese Versuche ebensowenig herbeizuführen als andere auf diesem Gebiete vorliegende Erfahrungen . . . es liegt mithin zur Änderung des Begriffes der chemischen Individualität kein Grund vor.“ Harry Schmidt.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Roger Bacon. Im Jahre 1914 waren sieben Jahrhunderte seit der Geburt Roger Bacons verflossen. Zur Feier seines Gedächtnisses ist in Oxford ein Band von Essays erschienen¹⁾, der auch Beiträge von deutschen Physikern enthält. EILHARD WIEDMANN handelt über Bacons Verdienste um die Optik. Er weist darauf hin, das Bacon nicht nur den Wert der Erfahrungswissenschaft betont, sondern auch für die Anwendung der Mathematik auf naturwissenschaftliche Probleme Methoden benutzt hat, die als Anfänge einer mathematischen Physik anzusehen sind. Allerdings ist Bacon nicht der Erfinder dieser Methoden, die vielmehr schon von den arabischen Forschern (Ibe al Heitam und Kámal al Dín) ausgebildet und benutzt worden sind. Man darf aber für die richtige Einschätzung der Verdienste Bacons nicht vergessen, daß die Araber eine hochentwickelte Mathematik besaßen, und daß ihre Gelehrten inmitten eines reichen und anregenden wissenschaftlichen Lebens standen, während Bacon ohne ausreichende Hilfsmittel und unter den größten Hindernissen sich den Weg bahnen mußte. Bacons Interesse wurde besonders von der Optik in Anspruch genommen, die er selbst als die schönste aller Wissenschaften bezeichnet. Sein Hauptwerk darüber trägt den Titel *Perspectiva*; es enthält eine knappe, geistvolle Übersicht über den damaligen Stand dieser Wissenschaft und ist durch Herausheben der wesentlichen Punkte, durch Zurückdrängung des rein Mathematischen und durch anschauliche Betrachtungen an Stelle langatmiger Beweise ausgezeichnet. Die Optik ist hier im wesentlichen als Lehre vom Sehen behandelt, daneben wird auch der Strahlengang selbst betrachtet, namentlich bei der geradlinigen Ausbreitung, bei den Brennsiegeln und bei der Brechung. Daß die Strahlen sich kreuzen können und dann in gerader Linie weitergehen, wird durch einen Versuch nachgewiesen. Auch eine ganze Reihe von optischen Täuschungen ist Bacon bekannt, so die farbigen Nachbilder. Für die Spiegelung wird neben dem Reflexionsgesetz der Grundsatz angewandt, daß das Bild da liegt, wo die Sehstrahlen, d. h. die

vom Auge gezogenen Strahlen, bei ihrer Verlängerung die Kathete, d. h. das vom Gegenstand auf die spiegelnde Fläche gefällte Lot, schneiden. Bei den sphärischen Spiegeln tritt an Stelle der Kathete der durch den Gegenstand gelegte Kugeldurchmesser. Doch liefert Bacon ebensowenig wie seine Vorgänger den Beweis, daß alle von einem Punkt ausgehenden Strahlen sich wieder in einem Punkt schneiden. Auch bei der Brechung verlegt Bacon das Bild eines Objektpunktes in den Schnittpunkt des verlängerten Sehstrahles mit der Kathete. Die Brennwirkung einer Kugel aus Kristall oder eines kugligen, mit Wasser gefüllten Glasgefäßes behandelt er wiederholt; die von ihm gegebene Zeichnung ist nur eine erste rohe Anpassung der Erscheinung an das unvollkommen bekannte Brechungsgesetz, läßt aber immerhin die Möglichkeit der Brennwirkung erkennen. Auch die vergrößernde Wirkung von gläsernen Kugelsegmenten hat Bacon gekannt und sich von ihrer Ursache Rechenschaft zu geben gesucht. Auf die Lehre vom Regenbogen, die Bacon in seiner *Scientia experimentalis* behandelt, geht der Verfasser des Aufsatzes leider nicht näher ein; nach Ansicht des Referenten ist diese Untersuchung besonders dazu geeignet, Bacon als einen Vorläufer der neueren Naturforschung erscheinen zu lassen.

In einer zweiten Abhandlung behandelt J. WÜRSCHMIDT Bacons Art des wissenschaftlichen Arbeitens, dargestellt nach seiner Schrift *De Speculis*. Eine eingehende Prüfung zeigt, „in welcher Weise R. Bacon ganz verschiedenen Gebieten der Optik angehörige Gegenstände zur Lösung eines bestimmten Problems benutzt hat“. Er untersucht die Reflexion der von einem Punkt der Sonne ausgehenden Strahlen an einem sphärischen Hohlspiegel und zeigt, daß ein mit der Achse nicht zusammenfallender Strahl nach der Reflexion die Achse in einem Punkte schneidet, der zwischen Spiegelfläche und Kugelmittelpunkt liegt. Abweichend hiervon hatte Euclid Strahlen von mehreren Punkten der Sonne durch den Kugelmittelpunkt gezogen und daraus geschlossen, daß in diesem ein Brennpunkt entstehen müsse. Bacon sucht nun zwischen diesen beiden Ansichten auf Grund der Erfahrung (*experientia*) zu entscheiden. Aus der vorliegenden Darstellung ist nicht ersichtlich, ob Bacon die Lage des Brennpunktes experimentell festgestellt hat. Die experimentelle Prüfung, von der hier die

¹⁾ Roger Bacon, Essays contributed by various writers on the occasion of the commemoration of the seventh century of his birth, collected and edited by A. G. Little. 8°, VIII u. 426 p. Oxford, At the Clarendon Press, 16 sh.

Rede ist, bezieht sich auf die Benutzung von Erfahrungstatsachen, wie die, daß die Intensität des Lichts mit der Entfernung abnimmt, und daß von allen auf eine Fläche auffallenden Strahlen der senkrechte die stärkste Wirkung hat. Hierauf fußend, setzt Bacon auseinander, daß von allen Punkten der dem Spiegel zugewandten Sonnenfläche Strahlenkegel nach jedem Punkt des Spiegels gehen, und daß in diesen Strahlenkegeln die Zentralstrahlen die wirksamsten sind. Er weist auf Grund hiervon die Ansicht des Euclid zurück, denn durch den Mittelpunkt des Spiegels gehen nur einfach unendlich viele Strahlen, während durch den wirklichen Brennpunkt unendlich viele Strahlen, unendlich vieler Strahlenkegel gehen. Das Vorhandensein solcher Strahlenkegel legt Bacon an der Hand des Schattenkegels, besonders bei Mondfinsternissen, dar; einen weiteren Nachweis erbringt er durch den Versuch über den Durchgang des Sonnenlichts durch eine enge Öffnung, wobei sich zeigt, daß auch der Spezialfall des Sonnenbildchens bei teilweise verfinsteter Sonne ihm bekannt ist. Er behandelt nunmehr die einfachsten Fälle der Reflexion, zunächst am ebenen Spiegel nicht für einzelne Strahlen, sondern für die von der Sonne aus gezogenen konvergenten Strahlenkegel, wobei sich ergibt, daß diese bei schiefer Inzidenz

als ein anderer, aber divergenter Strahlenkegel reflektiert werden. Dies wendet er auf die gekrümmten Spiegel an, wo demnach die Sammlung der Strahlen in einem Brennpunkt als eine nur scheinbare erkannt wird, da eine, wenn auch nur geringe Zerstreuung eintritt (dies deutet auf das Sonnenbildchen im Brennpunkt hin). Nun erst ersetzt der Autor die Strahlenkegel durch deren Achsen, die Zentralstrahlen, und zeigt, daß man die von der Sonne ausgehenden Strahlen praktisch als parallel ansehen kann. Der Satz, daß der Brennpunkt des Konkavspiegels höchstens um die Hälfte des Radius vom Spiegel entfernt ist, wird nur erwähnt, aber nicht bewiesen. Die gesamte Behandlung des Problems aber läßt erkennen, daß sich Bacons Arbeitsmethode ganz wesentlich von der mehr das rein Mathematische betonenden der Araber unterscheidet; auch von seinen christlichen Zeitgenossen hebt er sich ab durch die stete Betonung der Wichtigkeit der Erfahrung und des Experiments gegenüber den Überlieferungen der früheren Gelehrten und dem Autoritätsglauben der Scholastiker.

Ein dritter Beitrag von S. VOGL handelt über Bacons Lehre von der sinnlichen Spezies und vom Sehvorgange. Bezüglich des Inhalts sei auf die früher erschienene Dissertation desselben Verfassers (d. Zeitschr. XX, 255) verwiesen. P.

4. Unterricht und Methode.

Die physikalischen Schülerübungen auf der Unterstufe der österreichischen Mittelschulen. Von MAX PRODINGER. Über den Vortrag, der in der Versammlung der Naturforscher und Ärzte in Wien 1913 gehalten worden ist, wurde bereits in dieser Zeitschr. (XXVII, 61 und 122) kurz berichtet. Der inzwischen erfolgten ausführlichen Veröffentlichung (Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterricht 1914, Heft 12) entnehmen wir noch die folgenden genauen Angaben:

Von den 233 höheren Schulen mit deutscher Unterrichtssprache hatten im Jahre 1912/13 nur 21, d. i. 9%, Schülerübungen eingerichtet, im Schuljahr 1913/14 wurden die Übungen von 31 Anstalten, d. i. 13,5 %, weitergeführt. Als Ursache der Nichteinführung wird einerseits Mangel an den notwendigen Apparaten und Geräten sowie an Geldmitteln zu deren Beschaffung, andererseits Mangel an geeigneten Räumlichkeiten angeführt. In ersterer Hinsicht ist jedoch inzwischen von seiten der österreichischen Regierung der Betrag von ca. 41 000 Kr. für die Einführung naturwissen-

schaftlicher Übungen bereitgestellt. Auch hat sich an weniger reich dotierten Anstalten die Erhebung einer „Übungstaxe“ von 8 Kr. pro Kopf und Semester als zweckdienlich erwiesen. In betreff der Raumfrage wird auf HAHNS (auf dessen eigener Erfahrung gegründete) Bemerkung verwiesen, daß auch der Mangel eines besonderen Übungsraumes tatkräftige und begeisterte Physiklehrer nicht abhalten werde, mit solchen Übungen vorzugehen.

Von den beiden in Betracht kommenden Verfahren, entweder die Übungen an den Klassenunterricht zur Vertiefung und Wiederholung anzuschließen oder die Übung zum Ausgangspunkt und zur Grundlage des Unterrichts zu machen, ist fast durchweg nur das erste zur Einführung gelangt; dies ist namentlich dadurch bedingt, daß die Übungen der Regel nach als wahlfreie eingeführt sind. Gleichwohl wird diesem Verfahren durchweg eine mehr oder minder beträchtliche Förderung des Unterrichts nachgerühmt. Der Einführung des zweiten Verfahrens, obwohl es das Ideal eines physikalischen Unterrichts

darstellt, stehen nach der Ansicht des Verfassers zurzeit noch erhebliche Bedenken entgegen. Die Dauer einer einfachen Lehrstunde (50 Minuten) ist zu kurz, um das Verfahren gründlich anzuwenden (hier kann nur die Einrichtung von Doppelstunden helfen). Auch arbeiten die Schüler derselben Klasse weder mit derselben Geschwindigkeit noch mit derselben Exaktheit. Das teilweise Nichtübereinstimmen der Resultate sei gefährlich, wenn aus den Ergebnissen der Übung das Gesetz abgeleitet werden soll. „Welchen Nutzen sollte eine Übung haben, wenn schließlich der Lehrer gezwungen wäre, beispielsweise zu sagen: Euere Messungen ergeben zwar für das Produkt aus Spannung und Volumen einer eingeschlossenen Luftmasse lauter verschiedene Werte, trotzdem ist dieses Produkt konstant.“ Das Vertrauen auf die Zweckmäßigkeit des vom Lehrer vorgeschriebenen Verfahrens, ja auf die Richtigkeit physikalischer Forschung überhaupt müsse dadurch stark beeinträchtigt werden. (Diese Bedenken sind zwar nicht auf längere eigene Erfahrung begründet, doch wird man ihnen namentlich für die Unterstufe, wo es sich um 12- bis 13jährige, zum Teil noch ungeschickte Schüler handelt, ein gewisses Gewicht nicht absprechen können. Es wird sorgfältigster Auswahl und Vorbereitung der Versuche sowie geschicktester Leitung bedürfen, um die gekennzeichnete Schwierigkeit auf ein Minimum herabzudrücken.) Das „Forschungsverfahren“ wird nach Ansicht des Verfassers nur bei solchen Aufgaben angemessen sein, bei denen ein Mißlingen ausgeschlossen ist; auch wird es gut sein, damit erst zu beginnen, wenn die Schüler über die ersten Schwierigkeiten des Arbeitens hinaus sind. „Als bester Vorgang dürfte sich ein geschicktes, den Fähigkeiten der Schüler und der Art der zu behandelnden Frage angepaßtes Abwechseln zwischen beiden Verfahren empfehlen.“

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Sicherheit elektrischer Anlagen. Originalbeitrag von Dr. K. HOERNER in Köln. Die elektrische Energie birgt besondere persönliche Gefahr, weil sie von dem Menschen erst durch ihre Wirkung wahrgenommen wird; kein anderer Sinn als das Gefühl kann in der Regel sie erkennen und den Menschen warnen. Die Gefahren des elektrischen Stromes und ihre Bekämpfung durch die Fachwelt sollen im Folgenden kurz dargelegt werden.

In der Regel wurde das Arbeiten in gleicher Front bevorzugt, zuweilen die regellose Arbeitsweise, selten die Methode des allseitigen Angriffs. Doch spricht sich darin kein Urteil über Vorzüge oder Nachteile dieser Methoden aus, da ihre Wahl zumeist durch äußere Umstände bedingt war. Der Aufsatz schließt mit folgenden Leitsätzen:

1. Die bis jetzt wahlfreien physikalischen Schülerübungen auf der Unterstufe haben sich als Ergänzung des physikalischen Klassenunterrichts bestens bewährt. Es ist daher mit allen Mitteln danach zu streben, dieselben möglichst allgemein dem physikalischen Unterricht anzugliedern, bzw. durch die Einführung verbindlicher Übungen dieselben zum Kern des Lehrganges zu erheben.

2. Unterrichtsstunde und Übungsstunde sollen zeitlich nicht getrennt sein. Dazu ist das Vorhandensein eines entsprechenden Raumes mit hinreichender Zahl von Apparaten notwendig, ferner eine Vermehrung der wöchentlichen Lehrstundenzahl.

3. Gemäß der induktiven Methode der Physik soll das „Forschungsverfahren“ tunlichst in den Vordergrund treten. Es muß jedoch dem Übungsleiter überlassen bleiben, die Entscheidung, ob und wann dasselbe anzuwenden sei, zu treffen.

4. Solange aus irgendwelchen Gründen die Durchführung der Übungen als integrierenden Bestandteiles des Klassenunterrichts untunlich erscheint, sollen an dessen Stelle die wahlfreien Übungen in der bisherigen Gepflogenheit weitergeführt werden.

5. Übungen und Klassenunterricht sollen in der Hand des Fachphysikers gelegen sein. Es ist daher anzustreben, daß in jenen Klassen, in denen nach dem jetzigen Lehrplan der Naturhistoriker im I. Semester Physik, im II. Semester Mineralogie und Chemie lehrt, die Erteilung des Physikunterrichts im I. Semester dem Fachphysiker zufällt. P.

Nehmen wir die Sachbeschädigung vor aus, so sind zunächst die gewaltigen mechanischen Kräfte zu nennen, die bei Kurzschlüssen auftreten können. Bei der großen Leistung, die in modernen Anlagen auf kleinem Raum erzeugt und übertragen werden, entsteht bei einem etwa durch Drahtbruch oder Durchschlag verursachten Kurzschluß ein Strom von dem Vielfachen des normalen Wertes; wenn dieser auch durch die Selbstschalter schon nach Bruchteilen einer Sekunde unter-

brochen wird, können doch ungenügend befestigte Leitungen oder Maschinenwicklungen durch Formänderung zerstört werden. In den Rohrleitungen im Erdboden entstehen manchmal durch Elektrolyse Anfressungen; läuft ein Rohr parallel zu einer unisolierten Gleichstromleitung, in der ein Spannungsverlust von mehreren Volt auftritt, z. B. Schienen der Straßenbahn, so wird der Strom streckenweise durch ersteres fließen und es an der Austrittsstelle durch Oxidation anfressen. In ausgedehnten Straßenbahnnetzen ist es daher notwendig, durch isolierte Rückleitung oder besondere Maschinen die Spannung gegen Erde herabzudrücken.

Wichtiger sind die durch Wärmewirkung des elektrischen Stromes herbeigeführten Schäden. Solche können entstehen, wenn brennbare Körper in der Nähe von Teilen der Anlage liegen, an denen betriebsmäßig Funken auftreten, wie bei Maschinen oder Schaltern, oder die höhere Temperaturen annehmen, wie die Birnen von Glühlampen oder die Drähte von Widerständen. Zu einer besonderen Berühmtheit ist der Kurzschluß als Brandursache gelangt. Unbekümmert um alle Gegenbeweise wird er immer wieder in der ersten Nachricht über einen Brand genannt, fast immer ergibt dann die Untersuchung die Haltlosigkeit dieser Behauptung, sei es, daß das betreffende Gebäude überhaupt keine elektrische Anlage hatte, die vorhandene spannungslos war oder während des Brandes noch unversehrt ihre Aufgabe erfüllte. Bei Einbau vorschrittmäßiger Sicherungen ist ein wirklicher Kurzschluß nicht gefährlich, dagegen kann ein Brandschaden durch unzulässig hohen Strom oder mangelhaften Isolationswiderstand einer Leitung verursacht werden. Bekanntlich wird die Überlastung einer Leitung, d. h. das dauernde Fließen eines übermäßigen Stromes, durch Einschaltung passender Sicherungen verhindert; ein solches Sicherheitsventil darf aber nicht durch irgendeinen Metallgegenstand oder eine zu starke Sicherung ersetzt sein.

Gefährlich kann der sogenannte schlechende Schluß zwischen zwei Leitungen gleicher Polarität werden. Nehmen wir an, daß in einer Glühlampenverteilungsleitung für 110 V und 5 A die zu dem einpoligen Schalter führenden Leitungen gegeneinander einen Isolationswiderstand von nur 50 Ohm haben, der Widerstand der Lampengruppe (Metallfadlampen in schwach glühendem Zustand) 5 Ohm ist, so fließt bei geöffnetem Schalter durch die Fehlerstelle ein Strom von

2 A. An dieser wird also eine Leistung von 200 Watt in Wärme umgesetzt, was in der Minute etwa 3 WE ergibt. Durch solche Fehler entstanden früher, als noch schlecht-isolierte Leitungen in Holzleisten unter den Tapeten verlegt wurden, zahlreiche Brände, die neuere Verlegungsart schließt die Gefahr aus.

Während durch derartige Sachschäden Menschen nur mittelbar gefährdet werden, gibt es verschiedene Möglichkeiten unmittelbarer persönlicher Gefahr. Ohne weiteres ist verständlich, daß durch das Berühren von Teilen einer Anlage hoher Spannung durch Lichtbogenbildung oder durch die Wärmeentwicklung bei dem Stromdurchgang durch die Haut Brandwunden entstehen; bei den neuerdings angewendeten hohen Spannungen von etwa 100 000 V entstehen auch Verbrennungen im Inneren des Körpers, und zwar durch Glimmströme infolge der verschiedenen Dielektrizitätskonstanten der Organe. Schwierigkeiten begrifflicher Art stellen sich der Untersuchung der Frage entgegen, welche Stromstärken die menschlichen Organe aushalten, und welche Veränderungen diese erfahren. Tierversuche sind hier von geringem Wert, da die Empfindlichkeit der Tiere eine andere ist als die des Menschen. Nach den bisherigen Forschungen ist vor allem eine Lähmung von Gehirn, Lunge und Herz anzunehmen; die Wirkung hängt von der Art und Stärke des Stromes und von seiner Bahn ab. Verläuft diese durch Rumpf oder Kopf, so ist eine Stromstärke von 30 MA als gefährlich, eine solche von 100 MA, also 0,1 A, als tödlich anzunehmen, wenn auch einzelne Menschen schon größere Stromstärken ausgehalten haben. Da nun der hauptsächlich in der Haut liegende Widerstand des menschlichen Körpers bei feuchtem Zustand derselben und einer Berührungsfläche von der Größe des Handtellers nur 1000 Ohm und weniger beträgt, so sind tödliche Unglücksfälle mit der gebräuchlichsten Spannung von 110 V möglich und auch mehrfach vorkommen. Sekundären Einfluß hat die Konstitution des Körpers insofern, als der Genuß von Alkohol oder Nervenschwäche die Wirkung verstärkt, während durch Erschrecken das Herz in bekannter Weise beeinflusst wird.

Die erwähnten Gefahren elektrischer Anlagen durch sachgemäße Ausführung und Behandlung zu vermeiden, ist seit längerer Zeit das Bestreben der Fachwelt mehrerer Länder, das sich durch Herausgabe und Verbreitung von Vorschriften über den Bau von

Maschinen und Apparaten und die Ausführung und Überwachung von Anlagen äußert. Österreich ging mit der Aufstellung von Sicherheitsvorschriften im Jahre 1888 voran; 4 Jahre später folgte Deutschland, wo seitdem die „Vorschriften für Errichtung und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker“ (V. D. E.) immer mehr Anerkennung finden. Unter Starkstromanlagen werden dabei dem Sprachgebrauch nach alle diejenigen verstanden, bei denen es sich um Übertragung nennenswerter Leistung mit möglichst gutem Wirkungsgrad handelt, während in das Gebiet des Schwachstromes die Anlagen fallen, bei denen der Strom zu Meldezwecken, medizinischen Wirkungen u. dgl. dient. Erstere unterscheiden sich wieder je nach der Höhe der Spannung und der Art der Räume, in denen die Anlage liegt. Die Vorschriften mit Ausführungsregeln werden durch Normalien (für Maschinen, Leitungen, Lampen usw.) ergänzt.

Was zunächst die Brandgefahr bei Nachbarschaft entzündlicher Gegenstände betrifft, so ist diese durch Abdeckung der Maschinen und Apparate leicht zu vermeiden. Besonders ist darauf hinzuweisen, daß elektrische Widerstände sich bis 300 Grad erwärmen dürfen; ferner ist zu warnen vor den oft beliebten Reparaturen durchgebrannter Schmelzstöpsel, da solche bei Kurzschlüssen meist Stichflammen nach außen treten lassen oder ganz zertrümmert werden.

Um gefährliche Erwärmung von Leitungen oder Wicklungen zu verhindern, verlangen die Verbandsvorschriften, daß in der Regel jede Leitung durch eine passende Sicherung oder einen Selbstschalter geschützt wird, deren zulässige Stromstärke für die verschiedenen Arten und Querschnitte der Leitung bestimmt ist. Die Sicherungen sind unverwechselbar gemacht, um zu verhindern, daß nachträglich aus Fahrlässigkeit eine zu starke Patrone eingesetzt wird, und zwar haben die Patronen je nach Spannung und Strom, für die sie bestimmt sind, verschiedene Abmessungen, so daß eine solche für höheren Strom oder geringere Spannung in einem anderen Sockel nicht ohne weiteres Kontakt gibt.

Das absichtliche Einsetzen falscher Patronen, die durch Unterlegen von Metallstücken oder ähnliche Kniffe in Kontakt gebracht werden, kann natürlich nicht verhindert werden; auf das Schuldkonto solchen Leichtsinns sind wohl die meisten Brände zu

setzen, die tatsächlich durch elektrische Leitungen entstehen.

Den Strom stets in den gewollten Bahnen zu halten, ist die Aufgabe der Nichtleiter, die den Leiter umgeben und tragen; sie ist besonders wichtig bei den isolierten, d. h. mit Gummi umkleideten, Leitungen in geschlossenen Räumen. Der Aufbau dieser Leitungen, neuerdings auch die chemische Zusammensetzung des Gummis, sind genau vorgeschrieben; durch die erwähnte Begrenzung der zulässigen Stromstärke wird verhindert, daß dieser im Laufe der Zeit durch stärkere Erwärmung Schaden leidet. Um eine Brandgefahr durch Entweichen nennenswerter Ströme zu verhindern, ist schließlich der Mindestwert des Isolationswiderstandes vorgeschrieben, den im allgemeinen jede Teilstrecke einer Leitungsanlage in geschlossenen Räumen haben soll. Während früher die Leitungen oft in Holzleisten unter den Tapeten oder dem Putz verlegt wurden, ist jetzt nur offene Verlegung auf Isolatoren oder in Metallrohren zulässig, wodurch die Sicherheit gegen Verletzung der Leitungen und Brandgefahr sehr gestiegen. Die Ausführung der Verlegung, Herstellung der Leitungsverbindungen usw. ist ebenfalls durch Vorschriften festgelegt.

Persönliche Gefahr tritt ein, sobald der Körper zwischen Punkte verschiedenen Potentials geschaltet wird. Da es viel häufiger vorkommt, daß jemand mit der Erde mehr oder weniger leitend verbunden einen spannungsführenden Teil, z. B. an einer Lampe, einem Schalter oder an einer Maschine, anfaßt, als zwei Leiter von entgegengesetztem Potential berührt, so sind die elektrischen Anlagen in erster Linie nach der Spannung eingeteilt, die gegen Erde auftreten kann. Es gehören zu den Hochspannungsanlagen, die besonders strengen Vorschriften unterworfen sind, alle diejenigen, bei denen die Spannung gegen Erde höhere Werte als 250 V annehmen kann, die übrigen sind Niederspannungsanlagen.

Demgemäß gehört eine sogenannte Dreileiteranlage mit geerdetem Mittelleiter, deren Außenleiter gegen diesen + bzw. - 220 V Spannung, gegeneinander also 440 V haben, noch zu Niederspannung, da bei vorschriftsmäßig ausgeführter Anlage auch bei einem Isolationsfehler eines Außenleiters die Spannung gegen Erde nicht größer als 220 V werden kann. Bei ungeerdetem oder unterbrochenem Mittelleiter wäre die Anlage dagegen als Hochspannungsanlage zu behandeln, da dann durch einen solchen Fehler die Span-

nung gegen Erde bis zu 440 V betragen könnte. Dabei wird natürlich diejenige Spannung außer acht gelassen, die nicht durch den gewollten Stromweg, sondern infolge Durchschlags eines Transformators, Drahtbruchs, durch innere Ausgleichvorgänge oder durch Influenz in einem Netz auftreten kann. Durch letztere tritt in allen Metallteilen in unmittelbarer Nähe von Hochspannungsdrähten, z. B. dem Gehäuse von Maschinen oder Transformatoren, in eisernen Masten oder Teilen von Apparaten, ruhende Elektrizität auf. Als Schutz hiergegen dienen einerseits Überspannungssicherungen, bei denen eine kurze Luftstrecke durch die Spannung überbrückt wird, andererseits die vollständige Isolierung oder häufiger die Erdung der betreffenden Teile. Unter Erdung versteht der Elektrotechniker eine gut leitende Verbindung mit der Erdmasse (Grundwasser, Wasserleitungsnetz u. dgl.). Dabei ist nicht nur wichtig, daß der Ableitungswiderstand dieser Erdung im Vergleich zu demjenigen benachbarter Gebäude, Bäume usw. gering ist, sondern auch daß das Spannungsgefälle parallel zum Erdboden, z. B. in der Umgebung eines Hochspannungsmastes, gering ist, was durch großen Ausbreitungsquerschnitt und entsprechende Lage der erdenden Metallkörper erreicht wird. Bei mangelhafter Erdung tritt während eines Stromdurchgangs von mehreren Ampere zwischen der wirklichen Erde und dem geerdeten Metallteil eine unter Umständen gefährliche Spannung auf. Es sei hier noch auf den Einfluß hingewiesen, den die Kapazität bei Wechselstrom auf die Spannung gegen Erde hat. Während eine hochisolierte Anlage bei Gleichstrom keine wirksame Spannung gegen Erde hat, wird bei Wechselstrom dauernd ein der Dielektrizitätskonstante des Isoliermittels entsprechender Strom zwischen Leitung und Erde fließen und die Berührung einer Leitung mit geerdetem Körper also einen geschlossenen Stromkreis ergeben.

Gegenüber Starkstromanlagen gilt daher als wichtigstes Gebot: Jedes unnötige Berühren spannungsführender Teile ist zu vermeiden, alle Spielereien und Eingriffe von Laien sind gefährlich. Arbeiten unter Spannung dürfen nur von Fachleuten unter Beobachtung der in den Betriebsvorschriften des V. D. E. niedergelegten Verhaltensmaßregeln ausgeführt werden.

Der Gefahr der unbeabsichtigten Berührung spannungsführender Teile, besonders in den allgemein zugänglichen Installationen, begegnet der V. D. E. durch eine Reihe von

Konstruktionsnormalien und Errichtungsvorschriften. Für den Bau von Maschinen und Apparaten und die Verlegung der Leitungen ist vor allem der Gesichtspunkt maßgebend, daß bei Niederspannung alle blanken, bei Hochspannung auch die mit Isolierstoff bedeckten Teile, die unter Spannung gegen Erde stehen, der zufälligen Berührung entzogen sein müssen. So haben die kleinen Drehschalter auf der Außenseite überhaupt keine Metallteile, oder diese sind sorgfältig isoliert; das gleiche gilt von den Stöpselsicherungen; die Kontakte der Glühlampen sind durch Porzellan-schutzringe von vorgeschriebenen Maßen abgedeckt; die Wicklungen von Maschinen werden durch die Form des Gehäuses geschützt usw. Der Aufbau der Handlampen und ihrer Leitungen, die infolge ihrer Beweglichkeit besonders leicht Beschädigungen ausgesetzt sind, wurde in neuerer Zeit besonderen Vorschriften unterworfen. Für größere Verbrauchskörper werden Schalter und Sicherungen zusammengebaut und so gegeneinander verriegelt, daß das Auswechseln der Sicherungen nur bei offenem Schalter, das Einschalten des letzteren nur bei ordnungsmäßig eingesetzten Sicherungen erfolgen kann. Größere Metallkörper, wie Gehäuse von Schaltern, werden häufig auch bei Niederspannung geerdet, um jede Gefahr beim Auftreten eines Isolationsfehlers auszuschließen.

Neben den allgemeinen Vorschriften sind noch besondere für solche Räume und Verwendungsarten aufgestellt, bei denen eine Verminderung oder Erhöhung der Gefahr eintritt. Die nur von Fachleuten bedienten Betriebsanlagen, ferner die nur für kurze Zeit hergestellten, wie Illuminationen, bedürfen nicht des obigen Schutzes gegen Berührung, dagegen sind für feuchte oder explosionsgefährliche Räume, für Theater, Bergwerke unter Tage u. dgl. die Vorschriften entsprechend verschärft und erweitert. In feuchten Räumen, zu denen auch Badezimmer oder Keller gerechnet werden sollen, kann mit dem sonst verwendeten leichten Material ein guter Isolationszustand nicht erreicht werden, so daß eine Berührung auch isolierter Teile gefährlich sein kann, es sind daher wasserdicht gekapselte Apparate und stärker isolierte Leitungen (Gummiader) am Platze. Bei Explosionsgefahr infolge von Staub oder Schlagwettern verwendet man Maschinen oder Apparate, bei denen Unterbrechungsfunken nur in eng umschlossenen Kammern auftreten können, die von dem Außenraum durch

kühlende Metallflächen (nach Art der Davyschen Sicherheitslampe) getrennt sind.

Wie sehr die Sicherheit der elektrischen Anlagen durch die unermüdliche Arbeit der Fachkreise zunimmt, zeigen die Zahlen der Statistiken über Unfälle und Brände, wird aber auch einem Laien klar durch kritische Betrachtung einer alten und einer neueren, gut ausgeführten Anlage, wie sie durch die außerordentliche Verbreitung der Überland-

zentralen in den kleinsten Bauernhütten anzutreffen sind. Leider entspricht auch auf diesem Gebiet die allgemeine Kenntnis und Wertschätzung nicht der im stillen geleisteten Arbeit, so daß die Mehrzahl der Unfälle und Schäden nicht den Eigentümlichkeiten des elektrischen Stromes oder einem Mangel an den verantwortlichen Stellen, sondern dem Unverstand und Leichtsinne der breiten Masse zuzuschreiben ist.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Entwicklung des Temperaturbegriffs im Laufe der Zeiten sowie dessen Zusammenhang mit den wechselnden Vorstellungen über die Natur der Wärme. Von Kirstine Meyer, geb. Bjerrum. (Die Wissenschaft, Band 48.) Aus dem Dänischen übersetzt von Irmgard Kolde, mit einem Vorwort von E. Wiedemann. Mit 21 Abbildungen, 160 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1913. M 4,—, geb. M 4,80.

Die Verfasserin hat sich durch ihre Forschungen zur Geschichte des Temperaturbegriffs rühmlich bekannt gemacht (vgl. d. Zeitschr. XXI/7, 45). Sie gibt hier eine klar geschriebene Darstellung zur Geschichte der Wärmelehre, in diese sind auch ihre Untersuchungen über den Anteil Ole Römers an der Erfindung des Thermometers eingeflochten, aus denen hervorgeht, daß Römer bereits 1702 Quecksilberthermometer mit den beiden noch heute gebräuchlichen Fixpunkten konstruiert hat, und daß Fahrenheit, der zwischen 1702 und 1710 in Kopenhagen war, von Römer abhängig ist. Die Verfasserin verfolgt die Wandlungen des Temperaturbegriffs von den ältesten Zeiten an bis auf die neuesten Arbeiten bezüglich der theoretischen Festlegung der Temperatur und dem Begriff der absoluten Temperatur. Sie berührt auch die Frage nach dem Zusammenhang zwischen dem inneren Bau der Körper und ihrer Temperaturzahl, an deren Lösung sie selbst sich erfolgreich beteiligt hat. (Man vgl. auch ihren Aufsatz in d. Zeitschr. XXIII, 162.) Das Buch kann durchaus zum Studium empfohlen werden. P.

Die Brownsche Bewegung und einige verwandte Erscheinungen. Von G. L. de Haas-Lorentz. Von der Verfasserin ins Deutsche übersetzt. (Die Wissenschaft, Band 52) 103 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. M 3,50, geb. M 4,20.

Die Schrift behandelt den sehr interessanten Gegenstand in gediegener und gründ-

licher Weise. Auf eine historische Übersicht bis 1906 folgen mathematische Betrachtungen über den von einem Teilchen in einer bestimmten Zeit erreichbaren Abstand, dann die Einsteinsche Theorie bezüglich des quadratischen Mittelwerts dieses Abstands und deren experimentelle Bestätigung durch Perrin, die theoretischen Ableitungen von v. Smoluchowski, Langevin und der Verfasserin und die späteren Untersuchungen einer Reihe anderer Forscher. Hieran schließen sich Erörterungen über die „wirkliche“ und die „sichtbare“ Bewegung der Teilchen, aus denen hervorgeht, daß beide keineswegs zusammenfallen. Endlich werden einige Probleme besprochen, die nach der Methode von Einstein und Hopf gelöst werden können, nämlich die schwingende Bewegung der Teilchen, die spontane Elektrizitätsbewegung in einer und in zwei leitenden Ketten, die transportierte Elektrizitätsmenge, die Brownsche Bewegung einer Magnetnadel infolge der spontanen Elektrizitätsbewegung in einem sie umgebenden Stromkreis u. a. m. P.

Drehkreisel. Von John Perry. Übersetzt von A. Walzel in Brünn. Zweite verb. und erweiterte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1913. Geb. M 2,40.

Die erste Auflage des Schriftchens hat bei uns viel Beifall gefunden und mannigfache Anregung gegeben. Die neue Auflage ist durch zwei Anhänge ergänzt, deren einer einen kurzen Abriss der Anwendungen des Kreisels, besonders bei Brennans Einschienebahn, gibt. P.

Polhöschwankungen. Von Dr. E. Przybyłłok. (Sammlung Vieweg, Heft 11.) Mit 8 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. 41 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1914. M 1,60.

Die hier behandelten Polschwankungen haben ihren Grund darin, daß die Rotations-

achse der Erde nicht mit der annähernd vom Nord- zum Südpol gerichteten Hauptträgheitsachse zusammenfällt. Die Methoden zur Untersuchung der Polschwankungen, um deren Einführung sich W. Foerster besonders verdient gemacht hat, werden eingehend beschrieben. Auf drei Tafeln sind die merkwürdigen Bewegungen des Pols in den Zeiträumen von 1890,0 bis 1913,0 dargestellt. P.

Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen. VII. Band, herausgegeben von Bastian Schmid. 1. Kriegsheft (Doppelheft 11/12 des Jahrgangs 1914). Mit 1 Tafel und 5 Textabbildungen. Leipzig, B. G. Teubner, 1914.

Das Heft liefert wertvolle Beiträge zu der Frage, was die Naturwissenschaften beitragen können zu der Lösung der großen und schweren Aufgaben, die heute vom ganzen deutschen Volk zu leisten sind. Einführung in die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Kriegsführung und in die Kenntnis der Mittel, die der moderne Krieg erfordert, ferner aber auch in die Lehre von der Volksernährung, von der persönlichen und allgemeinen Hygiene, in die Bekanntschaft mit den bakteriologischen Forschungen der Gegenwart und vieles andere gehören in diesen Bereich. Das vorliegende Heft bringt u. a. Aufsätze von A. Czerny (Berlin), Über Jugendpflege und Hygiene in Kriegszeiten, Aloys Fischer, Die Schule und der Krieg, W. Donle, Über den Flug der Geschosse, K. Scheid, Chemieunterricht während des Krieges, R. v. Hanstein, Biologischer Unterricht und vaterländische Gesinnung, E. Alt, Krieg und Witterung, A. Albert, Pharmazeutisches zur Kriegszeit. Die folgenden Kriegshefte sollen weitere Beiträge aus der Geologie, Geographie, Chemischen Industrie, Astronomie u. a. m. bringen. Wir möchten nicht unterlassen, die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf diese Hefte zu lenken. P.

Lehrbuch der Physik für den Gebrauch an höheren Gewerbeschulen. Von Franz Körner, Prof. an der k. k. Staatsgewerbeschule in Reichenberg. 3. Auflage. I. Teil. Mit 334 Abbild. 192 S. II. Teil, bearbeitet von K. Treven. Mit 418 Abbild. und 2 Tafeln 303 S. Wien u. Leipzig, Franz Deuticke, 1913. I. geb. Kr. 3,20. II. geb. Kr. 5,—.

Das Buch ist seiner Bestimmung nach durch eine besonders große Rücksichtnahme auf die Technik gekennzeichnet und aus diesem Grunde wert, daß auch Physiklehrer

an andern als Gewerbeschulen ihm Interesse zuwenden. Nur bei der Elektrizität geht der Umfang des Stoffes nicht über das auch in andern Lehrbüchern Gebräuchliche hinaus, da hierfür an den Gewerbeschulen besondere Kurse bestehen. In methodischer Hinsicht schließt sich das Lehrbuch den älteren Traditionen an; vielfach, namentlich auch in der Mechanik, überwiegt die Neigung zu dogmatischer Darstellung unter Zurückdrängung der induktiven Seite. In der Elektrizitätslehre bedarf der Abschnitt über die Elektrolyse einer gründlichen Revision; die elektrolytische Dissoziation ist hier völlig außer acht gelassen. In historischer Hinsicht ist zu bemerken, daß die Influenzmaschinen, auch die selbsterregenden, nicht nach Whimshurst, sondern nach Holtz zu benennen sind. P.

Grundriß der Physik. Von Dr. K. Sumpf. Ausgabe B, vorzugsweise für Realschulen und die Unterstufe höherer Lehranstalten, höhere Bürgerschulen u. verwandte Anstalten. Herausgegeben von Prof. Dr. H. Hartenstein und Dr. W. Bahrdt. Mit 526 in den Text gedruckten zum Teil farbigen Abbildungen und 1 Spektraltafel. 6. Auflage. August Lax, Hildesheim und Leipzig, 1914. 286 S. Geb. M 2,70.

Das Buch ist gegen die vorhergehende Auflage nicht unerheblich verändert und zeichnet sich jetzt namentlich durch größere Übersichtlichkeit aus. Die Anordnung ist insofern verschieden, als die Wirkungen der Molekularkräfte, die früher in der Einleitung standen, an eine spätere Stelle versetzt wurden; dabei hätte nur auch mit der Porosität (§ 5) gründlicher aufgeräumt werden sollen. Auch die Luftpumpe hätte an eine andere Stelle versetzt werden sollen; ihre übliche Stellung am Ende der Aerostatik entspricht nicht der Bedeutung, die sie für dieses ganze Gebiet hat. Ferner ist der Arbeitsbegriff etwas zusammenhanglos zwischen „Gleichgewicht“ und „Standfestigkeit“ gestellt, während er bei den einfachen Maschinen seinen Platz finden müßte. Von Einzelheiten sei erwähnt, daß die Einführung der Masse durch den Quotienten G/g sich für die Unterstufe nicht empfiehlt, und daß von Wasserzersetzung durch den galvanischen Strom nicht mehr gesprochen werden sollte. Eine große Zahl neuer Figuren ist in das Buch eingestellt und erhöht seine Brauchbarkeit. Es ist durch eine schlichte, leicht verständliche Fassung des Textes gewiß für den Zweck, dem es dienen soll, wohl geeignet. P.

Optique Physique. Par R. W. Wood. Ouvrage traduit de l'anglais d'après la deuxième édition par H. Labrouste et H. Vigneron. Tome II, Étude des radiations. 477 S. Paris, Gauthier-Villars, 1914.

Der zweite Band dieses vortrefflichen Werkes zeigt dieselben Vorzüge wie der erste (vgl. ds. Zeitschr. XXVII, S. 59). Er behandelt die Theorien der Reflexion, Brechung, Dispersion, ferner die Absorption, Metalloptik, Rotationspolarisation, Magneto- und Elektrooptik, Strahlung, Diffusion und optische Resonanz, Optik in bewegten Körpern.

E. Gehrcke.

Drei Vorlesungen über neuere Fortschritte der mathematischen Physik, gehalten im September 1909 an der Clark-University. Von V. Volterra. (Sonderabdruck aus dem Archiv der Mathematik und Physik.) Deutsch von E. Lamla. 181 S. mit 9 Fig. Leipzig und Berlin, B.G. Teubner, 1914. M 3,—.

Vorlesungen über neuere Probleme der theoretischen Physik, gehalten an der Columbia-Universität in New York im April 1913. 76 S. mit 11 Fig. Von W. Wien. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1913. M 2,40.

Moderne Probleme der Physik. Vortrag von H. Sieveking. 146 S. mit 21 Abb. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1914. M 4,50, geb. M 5,50.

Die drei fast gleichzeitig erschienenen Werke sind der äußeren Gestalt nach und in dem leitenden Grundgedanken, eine kurze Zusammenstellung neuerer wissenschaftlicher Forschungen zu geben, einander nahe verwandt, aber in den Einzelheiten weichen sie doch weit voneinander ab. Das Buch von Volterra behandelt in ziemlich zwangloser Gruppierung eine Reihe von Problemen, an die der Verfasser in seiner eigenen Forschungsarbeit herantreten ist, in der ersten Vorlesung wesentlich die Grundlagen der elektromagnetischen Theorie, in der zweiten besondere Ausgestaltungen der Elastizitätstheorie und in der dritten endlich die sogenannte hereditäre Mechanik, welche nicht bloß den augenblicklichen Zustand des Körpers, sondern auch seine ganze Vorgeschichte in Rechnung zieht und eine sehr interessante Anwendung der Integralgleichungen bildet. Das kleine Werk ist nicht gerade leicht zu lesen, es setzt sofort mit einer ziemlich schwierigen mathematischen Entwicklung ein. Dann aber kommen auch wieder leichtere Abschnitte, die geeignet sind, einen guten Überblick über die behandelten Fragen zu geben. Im ganzen genommen ist es jedoch

durchaus ein Buch für den selbständig mit-schaffenden Forscher. Ebenso wie Volterra bewegt sich auch Wien ganz im Gebiete der mathematischen Physik. Was er behandelt, ist im wesentlichen die moderne Strahlungstheorie und Fragen, die damit im Zusammenhang stehen. Er beginnt mit der Ableitung der Strahlungsformel, die sich für die neue Plancksche Theorie ergibt. Diese als Quantentheorie bekannte Erklärung, die annimmt, daß der ausstrahlende Körper die Energie nicht kontinuierlich, sondern in bestimmten Quanten abgibt, wird in der zweiten Vorlesung auf die Theorie der spezifischen Wärmen angewendet und dann eine spätere Form der Planckschen Theorie entwickelt. Hierauf werden in der dritten Vorlesung die gewonnenen Ergebnisse für die Theorie der elektrischen Leitung in Metallen verwertet, die dadurch auf eine neue Grundlage gestellt wird. Nachdem dann in der folgenden Vorlesung die Einsteinschen Untersuchungen über die Schwankungen, denen die Strahlung infolge der unregelmäßigen Wärmebewegung, durch die sie erzeugt wird, unterworfen sein muß, Berücksichtigung gefunden haben, wird in der fünften Vorlesung die Theorie der Röntgenstrahlen entwickelt, die bekanntlich als die Ausstrahlung eines seine Geschwindigkeit verlierenden Elektrons ihre Erklärung finden, während in den Kanalstrahlen, welche die letzte Vorlesung behandelt, positive und negative Ionen mit großer Geschwindigkeit durch ein verdünntes Gas fliegen.

Das Buch von Sieveking ist viel einfacher im mathematischen Apparat. Es bringt nur gelegentlich kurze mathematische Ableitungen, und hält sich im übrigen mehr an die Erscheinungen selbst als an ihre Behandlung in einer zusammenhängenden theoretischen Entwicklung. Es ist aus Vorträgen hervorgegangen, die der Verfasser im Winter 1913 in Mannheim vor einer Gruppe von Chemikern aus der Praxis gehalten hat, und behandelt der Reihe nach die Fragen, die gegenwärtig im Vordergrund des physikalischen Interesses stehen, die Elektronentheorie, die Radioaktivität, die Röntgenstrahlen, das Relativitätsprinzip und zum Schluß auch die Quantentheorie. Das kleine Buch ist daher vortrefflich geeignet, jemanden, der mathematisch nicht ganz ungeschult ist, in den Entwicklungsgang der modernen Physik einzuführen.

H. E. Timerding-Braunschweig.

Kräfte und Spannungen. Das Gravitations- und Strahlenfeld. Von Max B. Weinstein, Braun-

schweig (Sammlung Vieweg, Heft 8). 64 Seiten. Vieweg & Sohn, 1914. Geh. M 2,—.

„Die kleine Schrift soll einen Überblick über die modernen Theorien der Kräfte in der Natur vermitteln.“ Sie schließt sich eng an das frühere Werk des Verfassers „Physik der bewegten Materie und die Relativitätstheorie“ an, auf die häufig verwiesen wird. Die Darstellung gründet sich auf die Unterscheidung von Vektoren und Tensoren. Die durch diese Namen gekennzeichneten Begriffe lassen sich am einfachsten einführen durch eine Translation für die Vektoren und eine Deformation um ein Zentrum (lineare homogene Transformation der kartesischen Koordinaten) für die Tensoren. Diese geometrische Begriffsbestimmung wird nun physikalisch auf die Kräfte angewendet. „Die Unterscheidung der Kräfte als Vektoren und Tensoren hat auch physikalisch eine bestimmte Bedeutung. Zu den Vektoren können wir alle treibenden und hemmenden Kräfte rechnen, wie Anziehungen, Abstoßungen, drehende Kräfte, Widerstände usw. Den Tensoren weisen wir Züge und Drucke — wir sagen allgemein Spannungen — zu. . . . Der bequemeren Ausdrucksweise wegen nennen wir erstere nunmehr einfach Kräfte, letztere Spannungen.“ Der Verfasser beginnt mit der Behandlung des elektromagnetischen Kraftfeldes. Er sieht es dabei als seine wesentliche Aufgabe an, die an die eingeführten Begriffe anknüpfenden analytischen Beziehungen zu verfolgen, unter Berücksichtigung der durch die Relativitätstheorie bedingten Ausdehnung auf das Minkowskische Raumzeitgebiet. Von diesem Standpunkt aus werden auch die mechanischen Kräfte und zum Schluß das Gravitationsfeld besprochen. Bei der Kürze der Darstellung war es natürlich nicht möglich, die mathematische Begründung aller Formeln von Anfang an zu geben. Der Leser darf hier nicht eine erste Einführung in das behandelte Gebiet, sondern eine kurze methodische Zusammenstellung erwarten.

H. E. Timerding-Braunschweig.

Energie, Leben und Tod. Vortrag, gehalten in Wien in der „Wiener Urania“ am 7. Februar 1914. Von Franz Tangl. M 1,60. Berlin, Julius Springer, 1914.

Der vorliegende Vortrag über das vielbehandelte Lebensproblem knüpft an die Lehren der Energetik an, so, wie sie in neuerer Zeit dogmatisch festgelegt sind, und wendet sie auf den lebenden Organismus an. Der Name W. Ostwald kehrt häufig wieder, und die typischen Gedanken, die wir aus den natur-

philosophischen Schriften Ostwalds gewöhnt sind, finden wir auch hier vorgetragen. Daß die Gesetze der Energieumwandlung auch für die Lebensvorgänge gültig sind, wird man ja von vornherein zuzugeben bereit sein. Allerdings ist die Fixierung und Messung der Energie im lebenden Organismus nicht immer eine leichte Aufgabe; wir brauchen bloß an die Schwierigkeiten zu denken, welche die Bestimmung der Vorgänge in den Nerven der Forschung gemacht hat. Allgemeine Ausführungen können uns da nicht viel helfen, und es ist schwierig einzusehen, wie solche Vergleichen, die nicht auf exakten Bestimmungen beruhen, den Schluß rechtfertigen, daß zwischen den Vorgängen der anorganischen und organischen Welt keine Wesensverschiedenheit besteht, so mannigfaltig verschieden ihre Erscheinungsformen auch sein mögen. Jedenfalls wird er durch die einfache Bilanz des Energieumsatzes nicht gerechtfertigt. Auch ist es doch nur eine einfache Umschreibung, wenn der Tod als das Aufhören der individuellen Existenz des Lebewesens durch das Aufhören des stationären Zustandes des in dem Lebewesen verkörperten Energiekomplexes definiert wird. Ein volktümlicher Vortrag, in dem die wissenschaftlichen Begründungen immer nur gestreift und nicht ausgeführt werden können, macht es sehr schwer, eine bestimmte Erkenntnis und Überzeugung über die Bedeutung des Lebens und Sterbens anders zu vermitteln, als indem der Zuhörer der Autorität des Vortragenden blindlings folgt.

H. E. Timerding-Braunschweig.

Experimentelle Elektrizitätslehre. Experimentelle Einführung in die Elementarelektrizität unter Beachtung des Moorelights und der drahtlosen Telegraphie, gemeinverständlich dargestellt von Bruno Thieme. Mit 62 Textabbildungen. Berlin, Hermann Schwan & Co, 90 S. 1914.

Das Büchlein macht in seinem Anfange den Eindruck, als ob es einen ganz unkundigen Leser lehren will, sich mit äußerst billigen, fast überprimitiven Hilfsmitteln durch eigene Versuche einen Einblick in die wichtigsten Lehren vom elektrischen Strom und seine Anwendungen zu verschaffen. Im weiteren Verlauf fallen aber diese Rücksichten weg, und es werden Versuche beschrieben, die dem Leser sicher unzugänglich sind. Auch im einzelnen läßt die Darstellung bei etlichen guten Anfängen das Festhalten an irgendeinem wohlüberlegten Plan vermissen. Fachausdrücke tauchen plötzlich ohne Erklärung auf und manche Erläuterungen und

Berechnungen sind nicht ohne Bedenken, sowohl in sich als in der Verknüpfung mit dem Übrigen. Das Buch macht den Eindruck, daß es mit Hast und ohne Zusammenhang hingeworfen ist, enthält aber manches, das vermuten läßt, daß der Verf. bei ruhiger Arbeit und mehr Selbstzucht die Aufgabe in brauchbarer Weise hätte lösen können. *W. Vn.*

Der osmotische Druck. Von Dr. Alexander Findlay, Professor für Chemie und Vorstand der Edw. Davies Laboratorien am University College of Wales, Aberystwyth. Autorisierte deutsche Ausgabe von Dr. Guido Sziwessy. Mit einer Einführung zur deutschen Ausgabe von Geh. Hofrat Dr. Wilh. Ostwald. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff, 1914. VIII und 96 S. Brosch. M 4,—.

Die wenigsten, die mit dem osmotischen Druck rechnen und operieren, machen sich klar, auf wie schmaler experimenteller Basis die Lehre aufgebaut ist, und wie viele — selten ganz erfüllte — Voraussetzungen die Anwendbarkeit der einfachen van 't Hoff'schen Gleichungen bedingen. Es gibt kaum ein Gebiet, auf dem experimentell wie theoretisch so viel gesündigt wird, wie das der osmotischen Drucke, Gefrierpunktserniedrigungen und was damit zusammenhängt. Auch die von Findlay herangezogenen kryoskopischen Daten sind nach der Überzeugung des Referenten nicht einwandfrei; wie üblich, sind die Depressionen zu groß. Das ist aber auch die einzige kritische Bemerkung, die der Referent zu machen hat. Sonst ist das Büchlein ein ganz ausgezeichnete Führer durch ein sehr schwieriges Gebiet der Wissenschaft. Unter fast vollständiger Berücksichtigung der weit verstreuten Literatur zeigt Findlay mit feinem wissenschaftlichen und pädagogischen Taktgefühl klar und sicher den induktiven Weg durch alle gefährlichen Stellen des Gebietes. Mit schonender Kritik wird darauf hingewiesen, wie andere an diesen Stellen in die Irre gegangen sind. Das Buch sei jedem Lehrer der Chemie oder Physik warm empfohlen. *W. Roth-Greifswald.*

Grundzüge der Chemie und Mineralogie für die vierte Klasse der Realschulen. Von Dr. Hugo Ludwig Fulda, k. k. Professor der Staatsrealschule in Wien VI. Mit 146 Figuren im Text, einer farbigen Tafel und 2 Beilagen. Wien, Franz Deuticke, 1914. Geh. 3 K, geb. 3,40 K.

Das für Österreich allgemein zum Unterrichtsgebrauch an Realschulen zugelassene Buch beginnt mit einigen einführenden

Kapiteln, in denen materielle Umwandlungen gezeigt und die Bedingungen für ihr Eintreten aufgesucht werden. Als grundlegende erste Versuche dienen die Verbrennung von unreinem Blattgold in Chlor und die Zersetzung von Höllenstein durch Erhitzen; sie werden mit Wägungen verbunden und führen sofort zu der Erkenntnis, daß „die materielle Änderung eines Körpers durch Aufnahme oder Abgabe eines Stoffes hervorgerufen werden kann.“ Hieran schließt sich der Satz von der Erhaltung des Gewichts oder der Materie, der durch die Synthese des Zinnjodids sowie durch die Einwirkung von Kochsalz auf Höllensteinlösung bestätigt wird. Gegen diese Einleitung ist einzuwenden, daß nicht an Bekanntes angeknüpft wird, sondern dem Anfänger fremdartige Stoffe wie Jod und Chlor herangezogen werden. Auch in dem folgenden Kapitel ist die berechnete Forderung der methodischen Richtung, die bei den Verbrennungserscheinungen von der Aschenbildung der Schwermetalle ausgeht, außer Acht gelassen und die Verbrennung der Kerze vor die Oxydation des Eisens gestellt worden. Hingegen ist die weitere Anordnung des Stoffes durchaus zweckmäßig, die Betrachtung der nichtmetallischen Grundstoffe und der allgemeinen Gesetze sowie der wichtigsten organischen Verbindungen schließt sich nämlich an bekannte Naturkörper wie Luft, Wasser, Schwefel, Steinsalz usw. an, worauf der kürzere Abschnitt über die Metalle in systematischer Anordnung folgt.

Die Eigenart des Buches besteht in einer sehr eingehenden Besprechung der chemischen Vorgänge, insbesondere auch der quantitativen Verhältnisse, womit die zahlreichen stöchiometrischen Aufgaben in Beziehung stehen. Kristallographie und Mineralogie sind an passenden Stellen in sorgfältiger Weise behandelt, ebenso die erst an später Stelle auftretenden Theorien über den Aufbau der Materie. Die Anwendungen der Chemie in den Gewerben, wie Leuchtgasbereitung, Hochofenprozeß, Darstellung von Soda usw., sind unter Ausscheidung des eigentlich Technischen nur in den Grundsätzen behandelt worden. Beigegeben sind am Schlusse mehrere Tabellen, darunter eine zur Erläuterung der Fremdwörter, sowie zwei Tafeln mit Kristallnetzen; sie erhöhen ebenso wie die vorzügliche Ausstattung den Wert des empfehlenswerten Buches. Für weitere Auflagen sei der Wunsch ausgesprochen, daß wenigstens in der Tabelle am Schlusse die Atomgewichtszahlen genau angegeben werden mögen (nicht $O = 16$, $H = 1$ usw.) *J. Schiff.*

Chemische Plaudereien. Für 10- bis 14-jährige Schüler aller Schulgattungen. Von L. Wunder in Sendelbach b. Lohr a. M. Bastian Schmid, Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek, Nr. 22. Mit 5 Abb. Berlin u. Leipzig, B. G. Teubner, 1913. 42 S. Kart. M 1,—.

Das Büchlein will den Knaben, die noch keinen Chemieunterricht gehabt haben, einige erwünschte Begriffe über besonders wichtige Erscheinungen beibringen. Dieser Zweck soll teils durch einfache Belehrungen, teils durch Selbstbeschäftigung erreicht werden. In anregendem Plauderton werden in be-

sonderen Abschnitten die Flamme, die Vorgänge der Oxydation und Reduktion, die Säuren, Laugen und Salze, die Luft, chemische Elemente und Verbindungen behandelt. Mit Erfolg wird auf leichte Verständlichkeit besonderes Gewicht gelegt; man merkt es dem Buch allenthalben an, daß der Verfasser sich in die Seele des Kindes hineinzuwenden gewöhnt ist. Das Büchlein wird gewiß in der jungen Welt viele Freunde finden und dazu beitragen, reges Interesse für den eigentlichen chemischen Unterricht zu erwecken. (1)

Korrespondenz.

Bewegung eines stromdurchflossenen Lamettafadens. In einer Zuschrift aus Lauenburg i. Pom. an die Redaktion der Zeitschrift wird die Beobachtung mitgeteilt, daß ein zwischen zwei Fußklemmen schlaff gespannter Lamettafaden beim Durchgang eines kräftigen Stromes seitwärts abgelenkt wird, und zwar nach links, wenn man den Faden entlang in der Richtung des Stromes blickt. Nach W. VOLKMANN (diese Zeitschr. XVIII, 287) wird die Erscheinung durch das magnetische Kraftfeld der Erde hervorgerufen; einige andere verwandte Erscheinungen sind in demselben Aufsatz beschrieben.

Herr Prof. Dr. FRIEDRICH C. G. MÜLLER sandte uns im Anschluß an seinen in diesem Heft, S. 17 veröffentlichten Aufsatz über einen Freifallapparat folgende Zuschrift:

Herr H. Dircks teilt, ohne meinen Namen zu nennen, in Heft V, 1914 eine Versuchsanordnung für Stimmgabel-Fallversuche mit, wie er sie vor bald zehn Jahren bei mir gesehen hat und in meiner Technik beschrieben finden konnte. Freilich sind die Schwierigkeiten, welche sich der Erzielung genauer Ergebnisse entgegenstellen, von ihm nicht beachtet worden, ebensowenig die natürlichen Fehlergrenzen, namentlich die Unbestimmtheit der Schwingungsphase beim Fallbeginn. Auch muß ihm die Handhabung des elektrischen Antriebs der Stimmgabel nicht recht gelungen sein. Denn während nach Ausweis meiner Abbildungen (d. Heft, S. 21) schon mit 2 Volt eine Schwingungsweite von 2—3 mm erzielt werden kann, erreicht Herr Dircks nur 0,07 mm, so daß seine Fallwellenlinie mit bloßem Auge von einer Geraden nicht zu unterscheiden ist. Man vgl. seine Figur a. a. O., S. 283. Das zwang ihn auch wohl zu der

pädagogisch wie meßtechnisch gleich anfechtbaren Verwendung des Projektionsapparats bei diesem sonst so einfachen, übersichtlichen und bequemen Schulversuch.

Höfler-Preis ausschreiben. Zu dem in Heft 5 des Jahrgangs 1913 veröffentlichten Preis ausschreiben der Verlagsbuchhandlung B. G. Teubner ist eine größere Zahl von Bewerbungsarbeiten eingelaufen. Die Entscheidung ist durch den Krieg verzögert worden und soll nunmehr im März d. Jahres bekanntgegeben werden.

Ausstellung „Schule und Krieg“. Das Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht in Berlin, Potsdamer Str. 120, wird die neuen Räume mit einer Ausstellung eröffnen, in der folgende Fragen Beantwortung finden sollen: Was können Schüler und Schülerinnen unmittelbar für den Krieg leisten? Was wissen Schüler und Schülerinnen verschiedenen Alters vom Kriege? Wie kann man Schüler und Schülerinnen über den Krieg belehren und ihre innere Teilnahme wecken? Wie kann die Jugend für den späteren Militärdienst vorbereitet werden? Genauere Programme versendet das Zentralinstitut, an das Anmeldungen und Anregungen baldigst zu richten sind.

Preis ausschreiben. Die wissenschaftliche und praktische Weiterbildung der akademisch gebildeten Lehrer an höheren Schulen will ein vor einiger Zeit erlassenes Preis ausschreiben fördern. Eine höchstens 4 Bogen starke Abhandlung soll das Wesen und die Wege der Weiterbildung für unsere Oberlehrer darlegen, sowie Anleitungen und Anregungen geben, wie sich die bisher gebotenen Möglichkeiten für die Weiterbildung nutzbar

machen, umgestalten und ausbauen lassen. Als Preise sind 500, 300 und 100 M ausgesetzt. Die Arbeiten sind bis zum 15. Oktober 1915 an die Verlagsbuchhandlung Quelle & Meyer in Leipzig einzusenden. Die Beurteilung

haben übernommen die Herren Geh. Oberregierungsrat Dr. Norrenberg-Berlin, Geh. Regierungsrat Dr. Klatt-Berlin, Gymnasialdirektor E. Erythropel-Düsseldorf, Professor Dr. P. Trautwein-Berlin.

Zur astronomischen Tafel für 1915.

Von Prof. M. Koppe in Berlin.

Vorbemerkung des Herausgebers. Die astronomische Tafel von Professor M. KOPPE erscheint in diesem Jahre zum fünfundzwanzigsten Male. Wer die erste dem Jahrgang 1890/91 beigegebene Tafel mit den späteren vergleicht, wird sich davon überzeugen, wie unausgesetzt der Urheber dieser Tafeln bemüht gewesen ist, ihren Inhalt immer reicher, ihre Brauchbarkeit in didaktischer Hinsicht immer vielseitiger zu gestalten. Darum wird es gewiß allgemein gebilligt werden, wenn der Herausgeber Herrn Professor KOPPE auch an dieser Stelle den Dank der Fachwelt für das von ihm Geleistete zum Ausdruck bringt. Als eine Festgabe der Verlagsbuchhandlung zu dem Jubiläum der astronomischen Tafel mögen die sechs Tafeln für die Sichtbarkeit der Planeten angesehen werden, die dem letzten Heft des Jahrgangs 1914 beigegeben sind und einen Lieblingsgedanken des Verfassers verwirklichen. P.

Das Folgende ist ein Auszug aus der vollständigen Erklärung, die der Sonderausgabe für 1915 beigegeben ist¹⁾.

1. Zur Orientierung am Fixsternhimmel vgl. man die Sonderausgabe oder den Jahrgang 1913 d. Zeitschr., S. 69.

2. Die Planeten sind in Karte III bis VI einzeln in die Mittelzone des Tierkreis-Netzes eingezeichnet und sind unter Beachtung der Länge senkrecht aufwärts in die *Sternbilder* des Tierkreises (Karte I) zu übertragen. Die einzelnen Planeten auf ihren Lauf zu verfolgen, überlassen wir diesmal dem Leser. Dagegen wollen wir die Hauptstellungen der Planeten zur Sonne mitteilen:

	wird rechtl.	Quadr.	Konj.	Quadr.	wird rückl.
♃	II 25	III 16	VI 28	X 10	X 29
	Konj.	Quadr.	w. rückl.	Oppos.	w. rechtl.
♃	II 24	VI 18	VII 18	IX 17	XI 14
			Quadr.		
♃			XI 9		
	gr. Gl.	gr. E.w.	U. K.		
♀	I 0	II 6	IX 12		
	gr. E.w.	U. K.	gr. E.ö.	gr. E.w.	U. K.
♀	II 12	II 21	III 6	VI 13	VI 26
			gr. E.ö.		
♀	X 10	X 22	X 31		

Die Abkürzungen bedeuten: Größter Glanz, Größte Elongation westlich u. östlich, Untere Konjunktion.

¹⁾ Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1915. Verlag von Julius Springer in Berlin. Preis M 0,40; für 10 Expl. M 3,—; für 20 Expl. M 5,50 bei portofreier Zusendung.

Ferner sei die Sichtbarkeit der großen Planeten für jeden Ort in $52\frac{1}{2}^\circ$ Breite nach Ortszeit für je 20 Tage Abstand angegeben²⁾.

Merkur wird zweimal als Abendstern, zweimal als Morgenstern sichtbar.

3. Der Mond. (Karte VII.) Man sehe die S.-A. oder Jahrg. 1914, S. 68.

4. Astronomische und zyklische Mondphasen. Finsternisse. (Karte IX.) Man sehe Jahrg. 1914, S. 69. Die Mondphasen fallen nach einer Periode von 19 Jahren etwa wieder auf dasselbe Datum, genauer nach 19 Julianischen Jahren oder $19 \cdot 365\frac{1}{4}$ Tagen, wieder auf denselben Abschnitt und dieselbe Stunde des in Viertelstage geteilten Jahres. Erst nach 300 Jahren findet man, nach solchen Perioden fortschreitend, die Phasen um 1 Tag zu spät. Je eine durch 19 teilbare Jahreszahl beginnt nach dem Willen der Gesetzgeber einen neuen Zyklus, so auch das Jahr 1900 am Anfang unseres Jahrhunderts. In jenem Jahr war am 1. Januar Neumond, somit nach $3\frac{1}{2} \cdot 29\frac{1}{2} = 103$ Tagen Vollmond am 14. April 1900. Dies war der erste Vollmond im Frühling, da dessen Anfang auf den 21. März festgesetzt ist. Der Vollmond wiederholt sich zum 12ten Mal nach $12 \cdot 29\frac{1}{2} = 354$ Tagen, also im nächsten Jahr 11 Tage früher, am 3. April 1901; dann am 23. März 1902 und am 12. März 1903. Dieser letzte Vollmond liegt aber nicht mehr im Frühling, man muß daher noch etwa einen vollen synodischen Monat, etwa 30 Tage, bis zum ersten Frühlings-

²⁾ Auf Grund der Karten in dieser Zeitschr. 27, Heft 6. Man sehe die Tabelle a. d. folg. S.

Ortszeit mit italienischer Stundenangabe												
Sicht- bar am	♂		♂		♂		♀		Sicht- bar am	♀		
	von h m	bis h m	von h m	bis h m	von h m	bis h m	von h m	bis h m		von h m	bis h m	
I 0	D 17.13	D 7.29	D 17. 6	U 19.47			Morgenstern		I 30	Abendstern		
20	17.37	U 6. 4	17.30	18.53			A 4.45	D 7.36	II 9	D 17.52	U 18. 7	
II 9	18. 9	4.42	18. 2	18. 2			4.34	7.28		18. 2	18.44	
III 1	18.43	3.23					4.48	6.59	V 20	D 21.18	U 21.53	
21	19.20	2. 6					4.56	6.22	V 30	21.38	22.15	
							4.46	5.36				
IV 10	19.59	0.52					4.18	4.48		Morgenstern		
30	20.42	23.43	A 3.16	D 3.20			3.44	4. 1	VII 19	A 2.34	D 2.34	
V 20	21.30	22.33	2. 5	2.34			3. 7	3.23	VII 29	2.46	2.33	
VI 9			0.51	2. 0			2.36	2.59				
29			23.35	1.59	A 1.18	D 1.59	2.23	2.59	X 27	A 5.44	D 5.44	
VII 19			22.18	2.31	0.36	2.31	2.42	3.20	XI 6	5. 9	6. 0	
VIII 8	A 1.29	D 3. 5	D 20.58	3.15	0. 4	3.15	3.30	3.57	XI 16	5.36	6.15	
28	0.22	3.48	20. 6	3.56	23.39	3.56	4.28	4.33				
IX 17	23.11	4. 4	19.15	4.35	23.22	4.35						
X 7	21.58	5. 3	18.27	U 4. 6	23. 3	5. 9						
27	20.41	5.37	17.44	2.38	22.42	5.44	Abendstern					
XI 16	19.21	6. 9	17.15	1.16	22.15	6.15	D 16.39	U 16.49				
XII 6	17.56	6.36	16.59	0. 2	21.33	6.43	16.22	17. 2				
26	D 17. 9	6.51	17. 2	22.55	20.32	6.58	16.24	17.50				
32	17.13	6.53	17. 6	22.37	20. 9	7. 0	16.29	18.11				

A und U bedeuten Aufgang und Untergang, D bedeutet: links vom Mittelstrich das Erscheinen abends, rechts das Verblässen morgens in der Dämmerung. Ein Doppelstrich in der senkrechten Mittellinie zeigt an, daß die rechts stehende Zeitangabe des Verschwindens sich auf den nächsten Tag bezieht.

vollmond, 11. April 1903, warten. Geht man im Datum bald um 11 Tage zurück, bald um $(30 - 11) = 19$ Tage vor, so erhält man folgenden Zyklus:

	1900	01	02	03	04
	IV 14	IV 3	III 23	IV 11	III 31
	1905	06	07	08	09
(Z ₁)	IV 19!	IV 8	III 28	IV 16	IV 5
	1910	11	12	13	14
	III 25	IV 13	IV 2	III 22	IV 10
	1915	16	17	18	(19)
	III 30	IV 18!	IV 7	III 27	(IV 15?)

Für 1919 erhielt man IV 15, man nimmt dafür, nach dem obigen Gesetz, IV 14 und beginnt einen neuen Zyklus. Die Summation der kleinen Fehler während eines Zyklus wird durch das gewaltsame Zurückschieben des Datums um 1 Tag ausgeglichen. Die unregelmäßig eingestreuten Schalttage des Kalenders bringen das Julianische Jahr auf seinen richtigen Durchschnittswert, veranlassen aber kleine Schwankungen der zyklischen gegen die wirklichen Vollmonde.

Wann ist der erste Frühlingsvollmond 1953? Dieses Jahr gleicht dem Jahre 1915, welches 2 Zyklen zurückliegt. Um das jedesmalige

Aufstellen der obigen Tabelle zu vermeiden, geht man vom Anfang, IV 14, jedes Jahr um 11 Tage zurück, d. h. um $11 \cdot 15 = 165$ Tage, und geht durch Hinzufügung voller Monate von 30 Tagen wieder in den Frühling über. $(-165) + 5 \cdot 30 = -15$. So kommt man von IV 14 auf III 30. Demnach ist Vollmond 1915 III 30 und 1953 III 30. In Karte IX steht, für diesen Einzelfall genauer, 1915 III 31.

Der obige Zyklus gilt für unser Jahrhundert (19) und die beiden folgenden (20) und (21).

Setzt man die Rechnung in das vorige Jahrhundert fort, so umfaßt der nächstvorhergehende Zyklus die Jahre 1881 bis 1899. Wiederholt man die Tage genau in den oben ersichtlichen Abständen, so erhält man doch jedes Datum um 1 geringer, weil der Name 19. Febr. 1900 auszulassen ist. Es ergibt sich:

	1881	82	83	84	85
	IV 13	IV 2	III 22	IV 10	III 30
	1886	87	88	89	90
(Z ₂)	IV 18	IV 7	III 27	IV 16	IV 4
	1891	92	93	94	95
	III 24	IV 12	IV 1	III 21	IV 9
	1896	97	98	99	(1900)
	III 29	IV 18	IV 6	III 26	(IV 14)

Auf diesen Zyklus ist jedes Jahr, dessen Zahl mit 17 oder 18 anfang, durch Zulegen etlicher Zyklen zurückzuführen.

Aus dem Frühlingsvollmond ergeben sich die übrigen Vollmonde des Jahres durch abwechselndes Hinzufügen von 29 und 30 Tagen.

5. Auf- und Untergang, Sternzeit.

6. Sonnenzeit, Zeitgleichung. Man sehe die S.-A.

7. Räumliche Bahn. Es ist empfehlenswert, die geozentrische Bahn eines Planeten angenähert zu konstruieren, indem man die als Kreise anzunehmenden heliozentrischen räumlichen Bahnen nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

	Mittlere Länge 1915 Jan. 0. ^h	Änderung der mittleren Länge in		Mögliche Abweichung d. mittl. v. d. wahren Länge	Radius der Bahn
		365 ^d	366 ^d		
Merkur ♀	274,00 ^o	4 ^u 53,72 ^o	4 ^u 57,81 ^o	23 ^o	0,39
Venus ♀	118,58 ^o	1 ^u 224,79 ^o	1 ^u 226,39 ^o	1 ^o	0,72
Erde ♂	98,53 ^o	359,76 ^o	1 ^u 0,75 ^o	2 ^o	1,00
Mars ♂	284,32 ^o	191,29 ^o	191,81 ^o	11 ^o	1,52
Jupiter ♃	333,38 ^o	30,34 ^o	30,43 ^o	6 ^o	5,20
Saturn ♄	90,06 ^o	12,23 ^o	12,26 ^o	6 ^o	9,54
Uranus ♅	308,59 ^o	4,30 ^o	4,31 ^o	5 ^o	19,2
Neptun ♆	117,99 ^o	2,20 ^o	2,20 ^o	1 ^o	30,1

Die Fixsterne in Karte I scheinen in den bisherigen 25 Ausgaben der Tafel (seit 1891) unverändert. Sie müssen jedoch Jahr für Jahr um etwa 1' im Sinne wachsender Länge vorrücken, was bisher unmerklich ist. Im Jahre 1972 wird jeder Fixstern von seiner Position 1900 um 1° nach links zu rücken sein. Die obigen Planeten-Örter gelten für das unsichtbare, gegen die Fixsterne langsam bewegliche Netz, welches auch den Äquator mitnimmt.

8. Mondort. Man sehe die S.-A. oder Jahrg. 1914, S. 70.

9. Das Osterfest Die einfache Regel, Ostern solle auf den ersten Sonntag nach Frühlingsvollmond fallen, ist durch Ausnahmen entstellt. Wenn wie 1981 der Vollmond auf das späteste Datum, IV 19, fällt, und wenn noch dazu, was in der Tat eintritt, dieser Tag ein Sonntag ist, so könnte Ostern erst nach einer Woche, IV 26, gefeiert werden.

Dieses späte Datum suchte der Kalenderverbesserer Clavius aus nichtigen Gründen zu vermeiden, nur IV 25 hielt er noch für angängig. Er änderte deshalb willkürlich den zyklischen Vollmond IV 19 (Seite 62 links, Z₁) in IV 18, und weil es — nach seiner Ansicht — mit dem Wesen eines Zyklus unvereinbar war, daß zweimal dasselbe Glied wiederkehrte, so verbesserte er den schon vorhandenen Tag IV 18 (bei 1916) nun auch noch in IV 17. Damit konnte es glücklicherweise sein Bewenden haben, da IV 17 in jenem Zyklus nicht vorkommt. Diese beiden Verunstaltungen sind oben durch das Zeichen (!) kenntlich gemacht, welches (-1) bedeutet. In dem anderen Zyklus, der für die Jahrhunderte 18 und 17 gilt (Seite 62 rechts, Z₂), kam das späteste Datum des Frühlingsvollmonds nicht vor, er bleibt von Verbesserungen des Clavius frei.

Der Wochentag eines beliebigen Datums. z. B. 1981 IV 18, läßt sich in folgender Art bestimmen: Die Zahl der Jahrhunderte (19) sei s , in $s/4$ seien s' Ganze = 4 Die Zahl der Jahre (81) sei j , in $j/4$ seien j' Ganze = 20. Jedem Monat entspreche eine Monatszahl m

	I	II	III	IV	V	VI
$m = 0$		3	3	6	1	
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$m = 6$	6	2	5	0	3	5

Die Zahlen m bedeuten die gesammelten Tage aller vorhergehenden Monate unter Weglassung voller Wochen. Man kann sie nach judiziöser Art sich einprägen²⁾.

Endlich bedeute t die Zahl der Monatstage = 18. Dann ist der Wochentag bestimmt durch

$$w = 5s + s' + j + j' + m + t + [-1]$$

nach der Beziehung

	St	Mt	Dt	Mi	Do	Fr	Sb
$w = 1$	1	2	3	4	5	6	7

Das eingeklammerte Glied [-1] gilt nur für Januar und Februar im Schaltjahr.

Beispiel 1: 1981 IV 18. $5s + s' = 99$, $j + j' = 101$, $m = 6$, $t = 18$, $w = 224$, oder bis auf volle Wochen $w = 7$, der Tag ein Sonntag. Ostern am folgenden Sonntag 1981 IV 19. Vermehrt sich s um 4, also s' um 1, so wächst $5s + s'$ um 21 Tage oder 3 volle Wochen. Man kann daher von s ein Vielfaches von 4 weglassen, ebenso von j ein

²⁾ Rebenstorff, Unterr.-Bl. für Math. und Naturw. 1908, S. 77, und Fleck, Math. Gesellschaft 1914, September.

Vielfaches von 28, von t ein Vielfaches von 7. So wird obiges Datum reduziert auf 325 IV 4, wo nun s' immer = 0 ist. Es fällt auf Sonnabend.

Beispiel 2: 1915 III 30 = Frühlingsvollmond, verwandelt in 315 III 2. $5s = 15$, $j + j' = 18$, $m = 3$, $t = 2$, $w = 38$ oder $3 =$ Dienstag. Fünf Tage später ist Ostern: 1915 IV 4.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1915.

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

	Februar						März						
	1	6	11	16	21	26	3	8	13	18	23	28	
♀	AR	22 ^h 4 ^m	22.26	22.36	22.30	22.12	21.53	21.41	21.41	21.51	22. 6	22.27	22.50
	D	- 12 ^o	- 9	- 7	- 6	- 7	- 9	- 11	- 13	- 13	- 12	- 11	- 10
♀	AR	17 ^h 38 ^m	17.59	18.21	18.43	19. 6	19.30	19.53	20.17	20.40	21.4	21.27	21.50
	D	- 20 ^o	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 19	- 18	- 17	- 16	- 15	- 13
☉	AR	20 ^h 56 ^m	21.16	21.36	21.56	22.15	22.34	22.53	23.12	23.30	23.48	0. 7	0.25
	D	- 17.3 ^o	- 15.9	- 14.3	- 12.6	- 10.8	- 9.0	- 7.1	- 5.2	- 3.2	- 1.3	+ 0.7	+ 2.7
♂	AR	20 ^h 17 ^m	20.33	20.49	21. 5	21.21	21.36	21.52	22. 7	22.22	22.37	22.51	23. 6
	D	- 21 ^o	- 20	- 19	- 18	- 17	- 15	- 14	- 13	- 11	- 10	- 8	- 7
♃	AR		22.12		22.21		22.30		22.39		22.48		22.57
	D		- 12		- 11		- 10		- 9		- 9		- 8
♄	AR	5 ^h 42 ^m						5.40					
	D	+ 22 ^o						+ 22					
☉	Aufg.	7 ^h 46 ^m	7.38	7.28	7.19	7. 9	6.58	6.47	6.35	6.24	6.12	6. 0	5.49
	Unterg.	16 ^h 42 ^m	16.51	17. 1	17.11	17.20	17.29	17.39	17.48	17.57	18. 6	18.15	18.23
☾	Aufg.	18 ^h 33 ^m	0.13	6.26	7.54	9. 1	13.20	20.25	2.25	5.39	6.34	8.37	15. 2
	Unterg.	8 ^h 16 ^m	9.20	13.21	20.13	1. 9	5.41	7. 0	8.54	15.18	21.37	2.14	4.41
Sternzeit im mittl. Mittg.		20 ^h 42 ^m 18 ^s	21. 2. 1	21.21.43	21.41.26	22. 1. 9	22.20.52	22.40.34	23. 0.17	23.20. 0	23.39.43	23.59.25	0.19. 8
Zeitgl.		+ 13 ^m 38 ^s	+ 14.11	+ 14.24	+ 14.13	+ 13.54	+ 13.13	+ 12.17	+ 11.10	+ 9.52	+ 8.28	+ 6.59	+ 5.28

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Frühlingsäquinoktium am 21. März, 17^h 52^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Febr. 14,	5 ^h 31 ^m	Febr. 22,	3 ^h 58 ^m	März 1,	19 ^h 33 ^m	Febr. 7,
	März 15,	20 ^h 42 ^m	März 23,	23 ^h 48 ^m	März 31,	6 ^h 38 ^m	März 8,	13 ^h 28 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars •	Jupiter	Saturn
im Februar	in den ersten Tagen abends bis 40 Minuten lang sichtbar; von der Mitte des Monats ab unsichtbar	2 bis 1½ Stunden lang als Morgenstern sichtbar	unsichtbar	unsichtbar; Konjunktion am 24.	11 bis 8¼ Stunden lang abends sichtbar
im März	unsichtbar	zuletzt nur noch ½ Stunde lang sichtbar	unsichtbar	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 5¼ Stunden

Am Morgen des 14. Februar findet eine in Deutschland **unsichtbare Sonnenfinsternis** statt, die als ringförmige Finsternis im Indischen und Großen Ozean, in West-Australien und Neuguinea sichtbar sein wird.

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

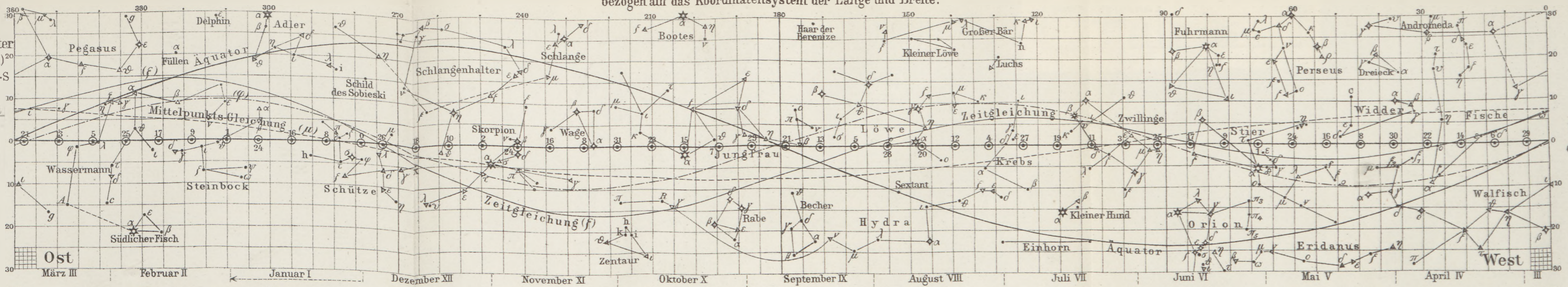
Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1915

bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.

I. Tierkreisgürtel und Örter
der mittleren Sonne ☉(M)
Länge der wahren Sonne...S

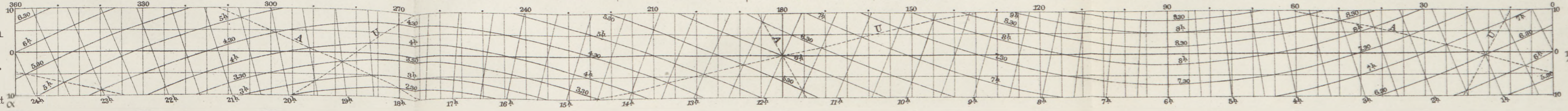
Mittelpunkts-Gleichung S-M- μ
M-F- φ
(μ und φ in 4-fachem Maßstab)
Zeitgleichung (in Min.) $\mu + \varphi - f$
(Intervall 8 Tage)

Sterngrößen
★ ◆ ▲ ●
1 2 3 4



II. Halbe Tagesbogen
für die
Polhöhe von Berlin.
 $\frac{1}{2}$ T.

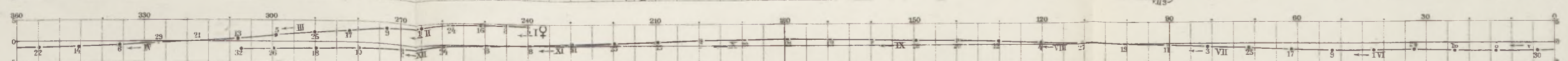
Kulmination nach Sternzeit



III. Merkur ♀
(Intervall 8 Tage)



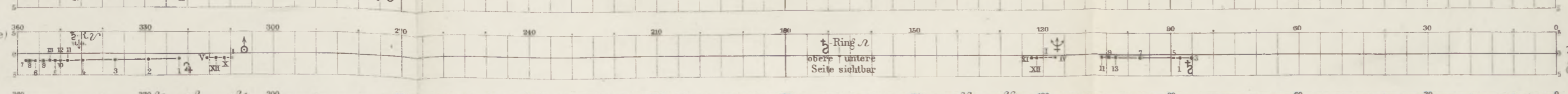
IV. Venus ♀ (8 Tage)



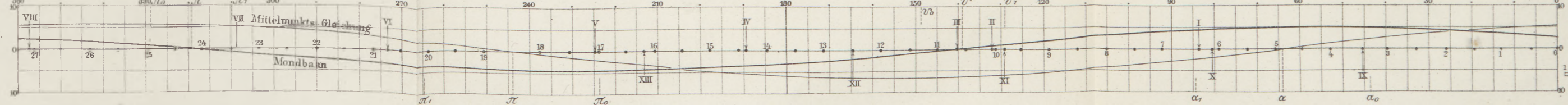
V. Mars ♂ (16 Tage)



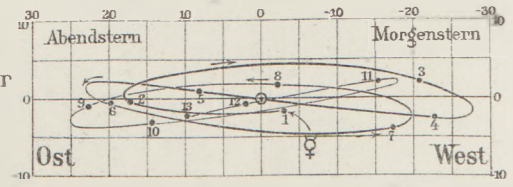
VI. Jupiter ♃ (32 Tage)
Saturn ♄ (64 Tage)
Uranus ♅
Neptun ♆



VII. Mond ☾
(in I. Jan. 0 in II. Febr. 0 etc.)
(Intervall 1 Tag)
Eine Tagesreise



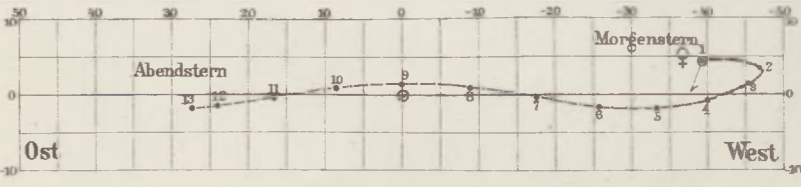
VIII. Stellung des Merkur
relativ zur Sonne



Abkürzungen in den Karten VI u. VIII:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I _o	II ₁	III ₂	IV ₃	V ₄	VI ₅	VII ₁	VIII ₂	IX ₃	X ₄	XI ₅	XII ₁	XIII ₂

VIII. Stellung der Venus
relativ zur Sonne



IX. Kalender
der Finsternisse

☉ Neumond, ☽ Vollmond

☉ Sonne im Knoten der Mondbahn

