

## Beiträge zur geometrischen Optik.

Von

Professor Dr. K. Schellbach in Berlin.

Die Behandlungsweise der geometrischen Optik in unseren physikalischen Lehrbüchern ist noch immer mangelhaft. Noch immer erscheint z. B. statt des Bildes der Münze in der bekannten Kaffeetasse ein Phantom. Der Hauptfehler der Lehrbücher ist, dass sie einen Lichtstrahl nicht als einen unendlich dünnen Lichtkegel, sondern als eine gerade Linie darstellen und den Ort des Auges unberücksichtigt lassen. Durch den Herausgeber dieser Zeitschrift angeregt, beabsichtige ich, an einigen Beispielen zu zeigen, wie ich seit einer langen Reihe von Jahren diesen Teil der Optik behandle.

### I. Die Reflexion des Lichtes.

#### § 1.

Die geometrische Optik legt die Newton'sche Hypothese zu Grunde, die wir als bekannt voraussetzen. Die Fig. 1 soll zunächst andeuten, wie der Lichtkegel  $ACC'$  des leuchtenden Punktes  $A$  von dem Spiegel  $SS'$  nach dem Auge  $PP'$  reflektiert wird. Auf das Auge  $PP'$  wird auf die bekannte Weise die Wirkung hervorgebracht, als ob von  $A'$  aus der Lichtkegel  $A'PP'$  einwirkte. Ebenso wirkt der leuchtende Punkt  $B$  auf  $PP'$ . Die Figur stellt ganz deutlich dar, wie der Gegenstand  $AB$  dem Auge  $PP'$  als ein Bild  $A'B'$  erscheint, welches ebenso weit hinter dem Spiegel liegt, als der Gegenstand vor dem Spiegel.

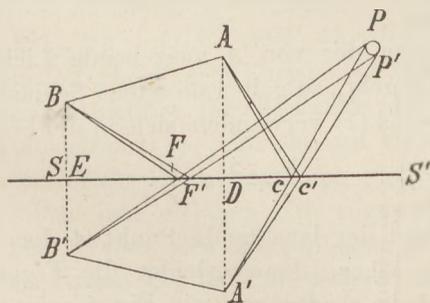


Fig. 1.

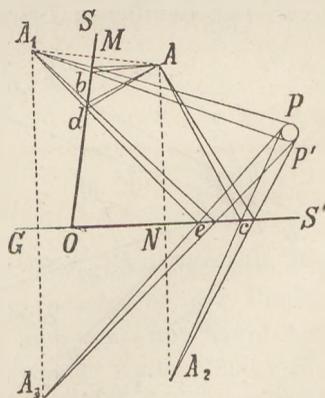


Fig. 2.

Wenn ein leuchtender Punkt  $A$  seine Strahlen auf zwei unter einem Winkel  $SOS'$  (Fig. 2) gegen einander geneigte Spiegel aussendet, so konstruiert man zunächst auf die bekannte Weise sein Bild  $A_1$  in dem Spiegel  $OS$ , und sein Bild  $A_2$  in dem Spiegel  $OS'$  für das Auge  $PP'$ . Ausserdem verlängert man das Lot

$A_1G$  auf den Spiegel  $OS'$  um sich selbst bis  $GA_3$ , zieht  $A_3eP$  und  $A_1de$ . Auf diese Weise überzeugt man sich, dass die Strahlenkegel  $Ad$ ,  $de$ ,  $eP$  ins Auge gelangen und ebenso wirken, wie der Strahlenkegel  $A_3eP$ , dass das Auge  $PP'$  also die drei Bilder  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  des Punktes  $A$  erblicken wird.

§ 2.

Der sphärische Hohlspiegel.

Der Radius des spiegelnden Kreises (Fig. 3) sei = 1. Der von  $A$  ausgehende Lichtstrahl  $AB = a$  werde durch das vom Mittelpunkte gefällte Lot  $ME$  in zwei gleiche Strecken  $BE = ED = c$  geteilt.

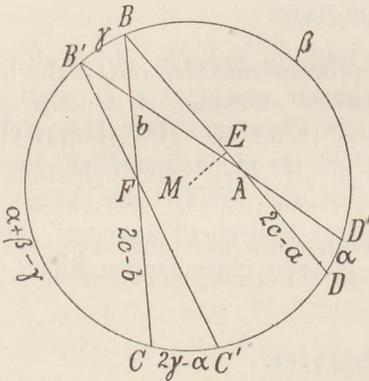


Fig. 3.

Dann ist der reflektierte Strahl  $BC = BD = 2c$ . Ist nun  $D'AB'$  ein Nachbarstrahl und  $B'C'$  der reflektierte, so ist  $F$  die Spitze des reflektierten Strahlenkegels  $FBB'$ , wenn  $ABB'$  der einfallende ist. Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $ADD'$  und  $ABB'$  folgt

$$\frac{\alpha}{\gamma} = \frac{2c - a}{a} = \frac{2c}{a} - 1$$

und aus der Ähnlichkeit von  $FBB'$  und  $FCC'$ , wenn  $FB = b$ ,

$$\frac{2\gamma - \alpha}{\gamma} = \frac{2c - b}{b} \text{ oder } 3 - \frac{\alpha}{\gamma} = \frac{2c}{b}.$$

Die Summe dieser beiden Gleichungen giebt die Formel

$$1) \dots \dots \dots \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{c},$$

Wenn man hiernach die Strecke  $BF = b$  auf  $BA$  bis zu einem Punkte  $F'$  abträgt, so erhält man vier harmonische Punkte  $A, E, F', B$ , kann also die Spitze  $F$  des reflektierten Strahlenkegels mit dem blossen Lineale finden.

Würde sich ein beobachtendes Auge zwischen den Schenkeln des Winkels  $CFC'$  in der deutlichen Sehweite, etwa 24 Centimeter weit von dem Punkte  $F$  entfernt befinden, so würde es hier ein deutliches Bild von dem leuchtenden Punkte  $A$  erblicken.

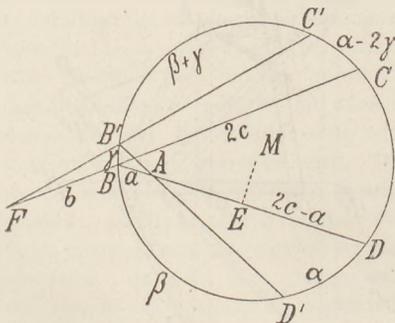


Fig. 4.

Wenn der von  $A$  ausgehende Lichtkegel durch  $M$  geht, so gelten dieselben Schlüsse und die Formel (1) verwandelt sich in die bekannte

$$2) \dots \dots \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r}.$$

Liegt der leuchtende Punkt  $A$  dem Hohlspiegel näher, dann erleidet die Figur eine wesentliche Änderung, wie Fig. 4 zeigt. Man sieht, ohne weitere Erläuterung, wie der Strahlenkegel  $ABB'$  so reflektiert wird, als ob er von dem Punkte  $F$  hinter dem Hohlspiegel ausginge, oder dass ein Auge in der Gegend  $CC'$ , in  $F$  das Bild des Punktes  $A$  erblickt. Ganz wie in Fig. 3 gelangt man hier zu der Formel

$$3) \dots \dots \dots \frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{2}{c}.$$

Wirft endlich ein leuchtender Punkt  $A$  (in Fig. 5) seinen Strahlenkegel  $ABB'$  auf die spiegelnde Kugel  $BCD$ , so wird dieser als Kegel  $BB'GG'$  so reflektiert, als wenn seine Strahlen aus dem innerhalb der Kugel liegenden Punkte  $F$  kämen. Mit Hülfe der Figur gelangt man hier zu der Formel

$$4) \dots \frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{2}{c}.$$

Der Lehrer wird nun diese Formeln und Konstruktionen zu weiteren Erläuterungen und Versuchen mit Erfolg benutzen können, und die Wichtigkeit der Gleichung (1) sehr bald bemerken.

§ 3.

In Fig. 6 stelle der Halbkreis  $HLH'$  den Hohlspiegel und  $HNH'$  den Convexspiegel vor. Es sei  $DBD'B'$  ein von der Sonne einfallender unendlich schmaler Strahlencylinder, der als Strahlenkegel  $BB'F$  reflektiert wird. Nach § 2 ist hier  $BE = ED = c$  und  $a = \infty$ , also  $BF$  nach Formel (1) gleich  $c/2$ . In dem reflektierten Strahle wird daher der Punkt  $F$  sehr hell erscheinen. Die ganze Fülle der von der Sonne einfallenden Strahlen erzeugt also auf dem Papiere eine leuchtende Linie  $HFGH'$ , die entweder durch Punkte oder Tangenten leicht contruiert werden kann. Um die Figur nicht mit Linien zu überladen, ist hier die letztere Konstruktion weggefallen, die aber jetzt fast in allen Lehrbüchern ausgeführt wird. Offenbar liegt  $G$  in der Mitte von  $LM$ .

Die Kurve  $HFG$  lässt sich aber auch auf eine andere merkwürdige Weise construieren. Man beschreibe nämlich aus  $M$  mit  $MG$ , der Hälfte des Radius  $ML$ , einen Kreis, ziehe den Radius  $MAB$ , und construiere über  $AB$  als Durchmesser einen Kreis  $BKA$ , der  $BE$  in der Mitte  $K$  schneidet, was sich daraus ergibt, dass die Dreiecke  $BKA$  und  $BEM$  ähnlich sind. Dieser Kreis geht also auch durch  $F$ , da  $BF$  auch  $= 1/2 BE$  ist. Nun ist aber der Winkel  $GMA = ABK = ABF = \lambda$ , also ist der Kreisbogen  $FA$  gleich dem Kreisbogen  $GA$ . Wird nun diese Konstruktion für alle Punkte des Quadranten  $LH$  ausgeführt, so entsteht auf diese Weise die Kurve  $HFG$ . Denkt man sich jetzt den Kreis  $AB$  bewegt, so dass sein Bogen  $AF$  auf dem ihm gleichen  $AG$  abgewickelt wird, so beschreibt der Punkt  $F$  des kleinen Kreises den Kurvenbogen  $FG$ . Wickelt sich also überhaupt auf einem festen Kreise ein halb so grosser Kreis ab, der einen festen Punkt  $F$  enthält, so beschreibt dieser Punkt die Kurve  $HFGH'$ . Diese durch Reflexion entstandenen Linien werden katakautische Kurven genannt. Wenn sich aber auf einem festen Kreise ein beweglicher abrollt, so beschreibt bekanntlich ein fester Punkt in seiner Peripherie eine Epicykloide. Die Kurve, welche wir hier construirt haben, ist also eine besondere Art von Epicykloide. Es ist gewiss für den Unterricht nicht ohne Interesse, dass wir bei unsern optischen Untersuchungen zum Begriff

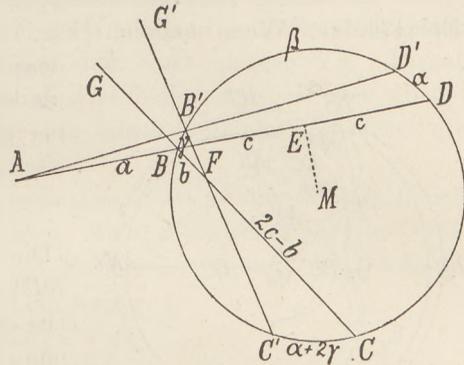


Fig. 5.

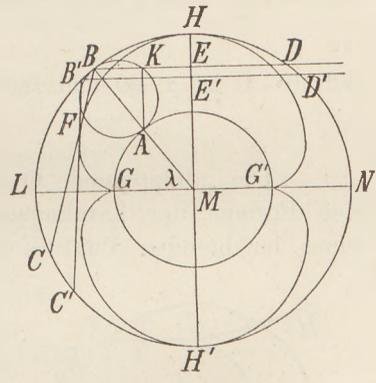


Fig. 6.



$NB$  auffallen, so reflektiert, dass die Spitzen der unendlich kleinen Strahlenkegel die Kurve  $JK$  bilden. Die folgenden Strahlen, welche den Kreisbogen  $BE$  treffen, erzeugen offenbar durch Reflexion den Kurvenbogen, welcher sich aus dem Unendlichen über  $H$  nach  $G$  erstreckt. Wenn  $EE'$  senkrecht auf  $MN$  steht, so ist  $AE = a = c$ , daher der reflektierte Strahl  $EG = b = c$ . Alle die übrigen Strahlen, die von  $A$  auf den Bogen  $EC$  einfallen, bilden den Kurvenbogen  $GS$ . Dieser Teil der Katakaustik muss also ausserordentlich viel heller sein als der übrige Teil, da er die meisten Strahlen empfängt, eine Eigentümlichkeit, welche die blosse Gleichung der Kurve nicht erkennen lässt.

Wenn der leuchtende Punkt  $A$  weiter nach dem Mittelpunkte  $M$  verschoben wird, so entstehen die übrigen seltsamen Linien, welche die darstellende Optik angeht und deren Gestalt im Voraus durch die Formel (5) erkannt werden kann.

Wir wollen diese Untersuchungen hier nicht weiter fortsetzen, denn es ist dem Scharfsinne Lagrange's gelungen, die Polargleichung für alle diese katakaustischen Linien aufzustellen. Die von Lagrange geführte Rechnung erscheint im folgenden in verkürzter Gestalt. Ist nämlich  $OB = a$  der Radius des spiegelnden Kreises,  $A$  der leuchtende Punkt, von dem Mittelpunkte  $O$  um  $OA = c$  entfernt,  $F$  die Spitze des reflektierten Strahlenkegels und  $\angle AOB = \alpha$ , so ist der Flächeninhalt des Dreiecks  $AOB$  gleich  $\frac{1}{2}ac \sin \alpha$ . Ist aber  $OF = r$  und  $BD = b$ , so sind die Dreiecke  $OBF$  und  $OBD$  kongruent, also  $OD = r$ . Bezeichnet man nun den Winkel  $AOF$  mit  $\theta$  und den Winkel  $AOD$  mit  $2\varphi$ , so ist

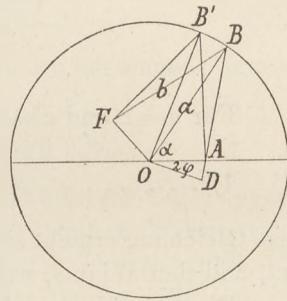


Fig. 9.

$$ar \sin(\theta - \alpha) = ac \sin \alpha + cr \sin 2\varphi.$$

Aber es ist

$$\theta - \alpha = \alpha + 2\varphi, \quad \alpha = \frac{\theta}{2} - \varphi \quad \text{und} \quad \theta - \alpha = \frac{\theta}{2} + \varphi,$$

also

$$ar \sin\left(\frac{\theta}{2} + \varphi\right) = ac \sin\left(\frac{\theta}{2} - \varphi\right) + cr \sin 2\varphi.$$

Hieraus ergibt sich sehr leicht

$$\frac{a}{2} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{c}\right) \frac{\cos \frac{\theta}{2}}{\cos \varphi} - \frac{a}{2} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{c}\right) \frac{\sin \frac{\theta}{2}}{\sin \varphi} = 1.$$

Setzt man

$$\frac{a}{2} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{c}\right) \cos \frac{\theta}{2} = A \quad \text{und} \quad \frac{a}{2} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{c}\right) \sin \frac{\theta}{2} = B,$$

so hat man also

$$1) \dots \dots \dots \frac{A}{\cos \varphi} - \frac{B}{\sin \varphi} = 1.$$

Der Punkt  $F$  ist so entstanden, dass der Winkel  $\varphi$  in den unendlich wenig verschiedenen Winkel  $\varphi_1$  übergang. Durch diese Änderung bleibt aber der Winkel  $AOF$  oder  $\theta$  ungeändert; also auch die Coefficienten  $A$  und  $B$ ; daher ist

$$\frac{A}{\cos \varphi_1} - \frac{B}{\sin \varphi_1} = 1.$$

Zieht man von dieser Gleichung die vorige ab und dividiert mit  $\sin \frac{\varphi - \varphi_1}{2}$  setzt dann  $\varphi_1 = \varphi$ , so ergibt sich

$$\frac{A}{\cos \varphi^3} = -\frac{B}{\sin \varphi^3} \quad \text{oder} \quad \frac{A^{\frac{1}{3}}}{\cos \varphi} = -\frac{B^{\frac{1}{3}}}{\sin \varphi} = C,$$

wenn man diese beiden gleichen Quotienten gleich  $C$  setzt. Danach ist aber

$$\frac{A}{\cos \varphi} = CA^{\frac{2}{3}} \text{ und } \frac{B}{\sin \varphi} = -CB^{\frac{2}{3}}$$

also

$$C(A^{\frac{2}{3}} + B^{\frac{2}{3}}) = 1.$$

Es ist aber auch aus (2)

$$A^{\frac{2}{3}} + B^{\frac{2}{3}} = C^2(\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = C^2 \text{ daher } C^3 = 1$$

also  $C = 1$ , daher endlich

$$A^{\frac{2}{3}} + B^{\frac{2}{3}} = 1$$

oder

$$3) \dots \dots \dots \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{c}\right)^{\frac{2}{3}} \cos \frac{\theta}{2} + \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{c}\right)^{\frac{2}{3}} \sin \frac{\theta}{2} = \left(\frac{2}{a}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

§ 5.

Für  $a = 2$  und  $c = \infty$  erhält man aus (3) die Gleichung der ersten Epicycloide

$$1) \dots \dots \dots r^{\frac{2}{3}} = \cos \frac{\theta}{2} + \sin \frac{\theta}{2}.$$

Diese Gleichung ergibt sich aber auch aus Fig. 6, wenn man den Radius  $MB$  gleich 2 setzt, und den Winkel, welchen der Radius  $MF = r$  mit  $ML$  bildet, mit  $\theta$  bezeichnet.

Die Coordinaten des Punktes  $F$  sind dann

$$x = 3 \cos \lambda - 2 \cos \lambda^3 = r \cos \theta,$$

$$y = 2 \sin \lambda^3 = r \sin \theta,$$

folglich

$$x^2 + y^2 = r^2 = 1 + 3 \sin^2 \lambda = 1 + 3r^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\sin \theta}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

oder

$$r^{\frac{4}{3}} - 3r^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\sin \theta}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 1.$$

Daher ist nach der Cardanischen Formel

$$r^{\frac{2}{3}} = \cos \frac{\theta}{2} + \sin \frac{\theta}{2},$$

wie auch aus der allgemeinen Gleichung von Lagrange folgt.

Für  $a = 2$  und  $c = 1$  ergibt sich aus (3) die zweite Epicycloide

$$2) \dots \dots \dots \left(\frac{1}{r} + 1\right)^{\frac{2}{3}} \cos \frac{\theta}{2} + \left(\frac{1}{r} - 1\right)^{\frac{2}{3}} \sin \frac{\theta}{2} = 1,$$

die jedoch zur numerischen Berechnung unbrauchbar ist. Durch Verlegung des Anfangspunktes der Coordinaten in die Spitze  $G_1$  Fig. 7 ergab sich aber die bekannte einfache Gleichung

$$\rho = 2r(1 - \cos \theta).$$

Nach Fig. 7 findet man für diese Kurve noch eine andere einfache Gleichung für rechtwinklige Coordinaten. Vertauscht man nämlich den Winkel  $2\varphi$  mit  $\lambda$ , bezeichnet den Radiusvector  $MF$  mit  $r$  und den Winkel  $PMF$  mit  $\theta$ , setzt  $MP = x$ ,  $PF = y$  und die Radien der Kreise  $MA$  und  $CA = 1$ , so wird

$$x = 2 \cos \lambda - \cos 2\lambda$$

$$y = 2 \sin \lambda - \sin 2\lambda$$



geschwindigkeit  $c$ , so kommt er auf dem Wege  $FAB$  schneller nach dem Punkte  $B$ , als auf irgend einem anderen Wege  $FBD$ .

Zum Beweise nehme man die Strecke  $AD$  der Einheit gleich und verlängere

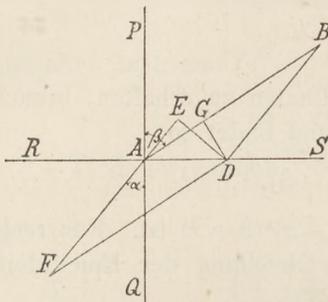


Fig. 11.

$FA$  bis  $E$ , so dass  $DE$  auf  $FE$  senkrecht steht; falle ferner auf  $AB$  das Lot  $DG$ , dann ist nach der Figur  $AE = \sin \alpha$  und  $AG = \sin \beta$ . Wenn  $T$  die Zeit ist, die  $F$  gebraucht um nach  $B$  zu gelangen, dann ist

$$T = \frac{FA}{c'} + \frac{AB}{c} = \frac{FE - \sin \alpha}{c'} + \frac{BG + \sin \beta}{c} = \frac{FE}{c'} + \frac{BG}{c}$$

Aber die Zeit um von  $F$  über  $D$  nach  $B$  zu kommen ist

$$T' = \frac{FD}{c'} + \frac{DB}{c}$$

und diese ist offenbar grösser als  $T$ . Dieser Beweis ist überraschend einfach.

Ist der Punkt  $A$  so weit von  $O$  entfernt, dass  $AB = AO$  wird, dann er-

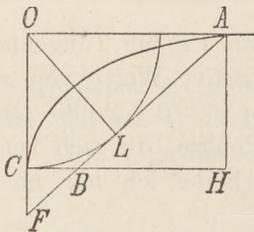


Fig. 12.

scheint kein Bild des leuchtenden Punktes im Wasser, oder es tritt die sogenannte totale Reflexion ein. Den Punkt, wo diese Erscheinung beginnt, lehrt folgende Konstruktion finden. Beschreibt man aus  $O$  mit dem Radius  $OC = b$  einen Kreis und zieht die Tangente  $FCA$ , so ist  $A$  der gesuchte Punkt, denn die rechtwinkligen Dreiecke  $ABH$  und  $AOL$  sind congruent, da die Katheten  $AH$  und  $OL$  und die Winkel  $ABH$  und  $LAO$  gleich sind, also auch die Hypotenusen  $AB$  und  $AO$ . Aus den Dreiecken  $FOL$  ergibt sich

$\sin F = OL : FO = b : a = 1/n$ . Für Wasser und Luft ist  $n$  annähernd  $4/3$ , daher  $\sin F = 3/4$ , also  $F = 48^\circ 36'$ .

§ 7.

Die Berechnung der Coordinaten des Durchschnittspunktes zweier beliebiger gebrochener Strahlen  $AE$  und  $A'E'$  (Fig. 10) ist für die erste Klasse unserer Gymnasien eine sehr nützliche Übung. Bezeichnet man  $OK$  mit  $x$  und  $KE'$  mit  $y$  und für den zweiten Strahl die Winkel mit  $\alpha_1$  und  $\beta_1$ , so erhält man die vier Gleichungen

$$1) \dots \dots \left. \begin{array}{l} \sin \beta = n \sin \alpha \\ \sin \beta_1 = n \sin \alpha_1 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} a \operatorname{tg} \alpha = x + y \operatorname{tg} \beta \\ a \operatorname{tg} \alpha_1 = x + y \operatorname{tg} \beta_1 \end{array} \right\} \dots \dots (2)$$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich sogleich die beiden folgenden:

$$\sin \frac{\beta_1 - \beta}{2} \cos \frac{\beta_1 + \beta}{2} = n \sin \frac{\alpha_1 - \alpha}{2} \cos \frac{\alpha_1 + \alpha}{2} \quad \text{und} \quad \frac{a \sin(\alpha_1 - \alpha)}{\cos \alpha_1 \cos \alpha} = \frac{y \sin(\beta_1 - \beta)}{\cos \beta_1 \cos \beta},$$

und hieraus erhält man mit Benutzung der ersten von beiden

$$\frac{a \cos \frac{\alpha_1 - \alpha}{2}}{n \cos \alpha_1 \cos \alpha \cos \frac{\alpha_1 + \alpha}{2}} = \frac{y \cos \frac{\beta_1 - \beta}{2}}{\cos \beta_1 \cos \beta \cos \frac{\beta_1 + \beta}{2}},$$

also die Ordinate  $y$  des Punktes  $F'$ .

Mit Benutzung der ersten der beiden Gleichungen (2) ergäbe sich dann auch die Abscisse  $x$ .

Sind die Strahlen  $FA$  und  $FA'$  Nachbarn, also  $\alpha_1 = \alpha$  und  $\beta_1 = \beta$ , so findet man sogleich

$$y = \frac{a \cos \beta^3}{n \cos \alpha^3} = \frac{a}{n} (1 - (n^2 - 1) \operatorname{tg} \alpha^2)^{\frac{3}{2}}$$

und hiermit aus (1) und (2)

$$x = a (n^2 - 1) \operatorname{tg} \alpha^3.$$

Eliminiert man aus diesen beiden Gleichungen den Winkel  $\alpha$ , so wird

$$3) \dots \dots \dots (n^2 - 1)^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}} + n^{\frac{2}{3}} y^{\frac{2}{3}} = a^{\frac{2}{3}}$$

die Gleichung der Kurve, auf welcher die Spitzen aller der unendlich schmalen gebrochenen Strahlenkegel liegen, welche der Punkt  $F$  gegen den Wasserspiegel aussendet.

Aus der Gleichung (3) ergibt sich die Ordinate

$$4) \dots \dots \dots y = b \left( 1 - (n^2 - 1)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{x}{a} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{\frac{3}{2}}.$$

Hiernach wird für  $x = 0$  die Ordinate  $y = b$ . Wenn also der Strahlenkegel  $FO$  senkrecht auf den Wasserspiegel fällt, so tritt er als ein Kegel in die Luft, dessen Spitze im Punkte  $C$  liegt. Ein Auge, welches senkrecht über  $F$  in das Wasser schaut, erblickt daher das Bild dieses Punktes gehoben im Punkte  $C$ . Diese Erscheinung veranlasste bekanntlich Goethe die ganze Theorie der Brechung zu verwerfen, da doch unmöglich eine Brechung der Lichtstrahlen bewirken könne, dass der Boden eines mit Wasser gefüllten Eimers gehoben erscheint.

Für

$$x = \frac{a}{\sqrt{n^2 - 1}} a \operatorname{tg} \alpha$$

verschwindet  $y$ , oder wenn der Winkel  $\alpha$ , den der Strahl  $FA$  mit dem Lote  $FO$  bildet, durch die angeführte Formel

$$\sin \alpha = \frac{1}{n}$$

bestimmt wird, dann liegt das Bild des Punktes  $F$  auf der Oberfläche des Wassers in  $A$ .

(Schluss folgt).

## Über Demonstrationsphotometer.<sup>1)</sup>

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die im Schulunterricht gebräuchlichen Photometer von Ritschie oder von Lambert (gewöhnlich nach Rumford benannt) werden von den Mechanikern meist als besondere Apparate geliefert, während man als Beigabe zur optischen Bank ein mehr oder weniger vollständiges Photometer nach Bunsen'schem Prinzip, oder auch nur einen Papierschirm mit einem Fettfleck erhält. In letzterem Falle kann natürlich von Lichtstärke-Messungen kaum die Rede sein, da das Verschwinden des Fleckes für die verschiedenen Visierlinien nicht gleichzeitig erfolgen kann, was sehr störend ist. — Auffallender Weise scheint man gar nicht versucht zu haben, diese drei gebräuchlichsten Photometertypen an einem Apparate derart zu vereinigen, dass sie rasch gewechselt und bequem verglichen werden

<sup>1)</sup> Vorgetragen (mit Demonstration d. betr. App.) in der Versammlung (russischer) Lehrer der Physik und Kosmographie am 15./27. Dez. 1887 im Pädagogischen Museum in St. Petersburg.

können. Im folgenden gebe ich die Beschreibung eines dazu geeigneten Demonstrationsphotometers, dessen Konstruktion so einfach ist, dass man es selbst herstellen kann, was unter Umständen ein Vorzug ist.

Um bei der Demonstration Zeit zu sparen, habe ich auf der optischen Bank<sup>2)</sup> ausser der Centimeterteilung, noch eine solche nach Normalkerzen angebracht, so dass die Lichtstärke der betr. Lampen direkt abgelesen werden kann. Da in den Lehrbüchern der Physik keine Photometertabelle gegeben wird, so erlaube ich mir, eine von mir neu berechnete Tabelle (*Zeitschr. für Instrumentenkunde 1887, S. 83*) zu reproduzieren, nach welcher leicht die Teilung des Skalenstabes gemacht, oder aus der gemessenen Entfernung der Lampe deren Lichtstärke abgelesen werden kann.

Photometer-Tabelle

für eine Entfernung der Normalkerze  $e = 20$  cm.

$J$  = Intensität in Normalkerzen.  $E$  = Entfernung der zu untersuchenden Flamme.

$$J = \frac{E^2}{e^2} = \left(\frac{E}{20}\right)^2. \quad E = e\sqrt{J} = 20\sqrt{J}.$$

$J$	$E$	$J$	$E$	$J$	$E$	$J$	$E$	$J$	$E$	$J$	$E$	$J$	$E$
0,1	6,32	1	20	11	66,33	21	91,65	31	111,35	41	128,06	55	148,32
0,2	8,94	2	28,28	12	69,28	22	93,81	32	113,14	42	129,61	60	154,92
0,3	10,95	3	34,64	13	72,11	23	95,92	33	114,89	43	131,15	65	161,24
0,4	12,63	4	40	14	74,83	24	97,89	34	116,62	44	132,66	70	167,33
0,5	14,14	5	44,72	15	77,45	25	100	35	118,32	45	134,16	75	173,20
0,6	15,49	6	48,99	16	80	26	101,98	36	120	46	135,65	80	178,88
0,7	16,73	7	52,91	17	82,46	27	103,92	37	121,65	47	137,11	85	184,39
0,8	17,89	8	56,57	18	84,85	28	105,83	38	123,29	48	138,56	90	189,74
0,9	18,96	9	60	19	87,18	29	107,70	39	124,90	49	140	95	194,93
1,0	20,00	10	63,24	20	89,44	30	109,54	40	126,49	50	141,42	100	200

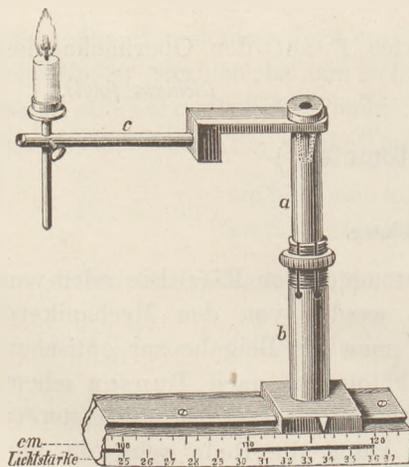


Fig. 1 (1/6 nat. Gr.)

Die Photometerskala gilt für alle drei Photometer, da der gemeinschaftliche Ständer ( $a$ , Fig. 1), der sowohl in einen Halter ( $b$ ) der optischen Bank, als auch in einen besonderen Halter (mit Fuss) gesetzt werden kann, einen drehbaren Arm ( $c$ ) hat, der den Leuchter für die Normalkerze in genau 20 cm Entfernung von der Drehungsachse trägt. In die obere konische Öffnung des Ständers werden die betr. Photometer, die einen entsprechenden konischen Zapfen haben, eingesetzt. Da die Normalkerze in constanter Entfernung bleibt, so sind die Angaben der einzelnen Photometer unter sich vergleichbar.

<sup>2)</sup> In Ermangelung einer optischen Bank kann ein Holzstab von 130 cm Länge (was für vorliegenden Zweck ausreicht) mit starkem Millimeterpapier (von Schleicher und Schüll in Düren) beklebt und nach gesehener Einteilung und Numerierung lackiert werden. Eine solche Skala kann leicht weithin sichtbar gemacht werden, wenn man die Decimeter abwechselnd mit einer transparenten Farbe (Karmin, Indigo etc.) markiert (vgl. Fig. 1).

### Demonstration der Photometer.

1. Das Lambert'sche Photometer (Fig. 2) kann, da es doch nur historisches Interesse hat<sup>3)</sup>, sehr einfach sein. Ein kurzer Cylinder (*a*) aus hartem Holze trägt unten den Zapfen (*c*) aus Messing und oben eine einfache Federklemme (*b*) zum Einstecken eines weissen Kartons (in der Zeichnung nur im Umriss angedeutet). Der schattenwerfende Stab kann auf der Feder (*d*) näher und weiter gestellt werden. Die Lampe wird auf einen mit concentrischen Kreisen (zum Centrieren) versehenen Holzsteller gesetzt, und zwar auf den Skalenpunkt 0, während das Photometergestell bewegt wird. Diese Anordnung ist bei allen drei genannten Photometern zweckmässiger als die umgekehrte.

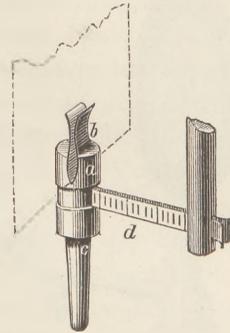


Fig. 2 (1/2 nat. Gr.)

2. Das Ritschie'sche Photometer (Fig. 3) habe ich zur Demonstration bequemer eingerichtet. Anstatt des schwer zu beklebenden massiven Holzprismas von 90° ist ein dreifach geknickter schwarzer Karton vermittelt je zweier Heftzwecken am Boden befestigt, so dass der obere Kantenwinkel 60° beträgt. (In diesem Falle stört etwaiges Reflexlicht weniger.) Auf dieses Prisma werden scharf geknickte matte Papiere (*b*) einfach aufgesetzt. Die Grenze beider Gesichtsfelder ist hierbei weit schärfer, als bei aufgeleimten Papieren. Da die eine Längswand geöffnet werden kann, so ist in dem Hohlraum des Kartonprismas Platz für Reservepapiere, die hier völlig vor Staub geschützt sind. Das Visierrohr kann leicht abgenommen werden, wie Fig. 3 zeigt. Das Photometergehäuse hat in der Mitte der Bodenplatte, sowie an der festen Längswand einen Zapfen, der in die konische Öffnung des Ständers (Fig. 1) passt. Setzt man das Photometer mit letzterem ein, so kann man nach Abnahme des Visierrohres rasch die Wirkungsweise des Apparates den Zuschauern zeigen, indem man das Gehäuse mit dem Leuchterarm (*c*, Fig. 1) entsprechend dreht.

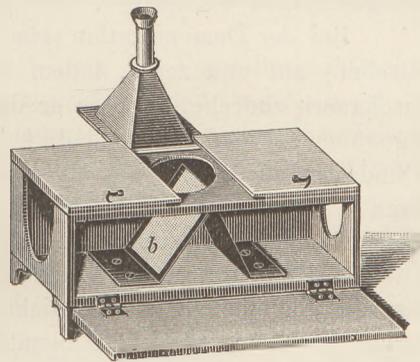


Fig. 3 (1/6 nat. Gr.)

Bei den käuflichen Photometern dieser Art sind meist halbmondförmige Öffnungen in die kurzen Wände geschnitten. Wenn nun — was gewöhnlich der Fall ist — die Höhe des Ausschnittes kleiner ist als die Flammenhöhe der Kerze, so erhält man, wenn die Kerze zu nahe gestellt wird, ein falsches Resultat, da nicht alles Licht der Kerze auf die Fläche des Photometers fällt; hierdurch kann die Lichtstärke einer zu vergleichenden Lampe bis zu 25% zu gross erscheinen.

3. Das Bunsen'sche Photometer, wie ich es zu Demonstrationszwecken

<sup>3)</sup> Lambert: Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Augustae vindelicorum 1760. Als besonderer Apparat von Rumford beschrieben (Philos. Transact. LXXXIV, 67); für praktische Messungen u. A. verbessert von Bertin-Sans (Ann. d'hygiène 1882, Janv.—Févr.); modifiziert von mir, durch Anwendung eines durchbrochenen Gitters, zur genaueren Ablesung (v. Graefe's Arch. f. Ophth. 1884, II, 23, mit Abbildung).

construiert habe<sup>4)</sup>, zeigt Fig. 4. Hier trägt der kleine Cylinder (*a*) ausser dem Zapfen noch eine Röhre (*b*), in welcher durch den in einem Schlitz beweglichen Griff (*c*) eine andere Röhre (*e*) aus- und eingeschoben werden kann. Dadurch wird die am Ende befestigte constante Lichtquelle, eine Benzinkerze (doch genügt für

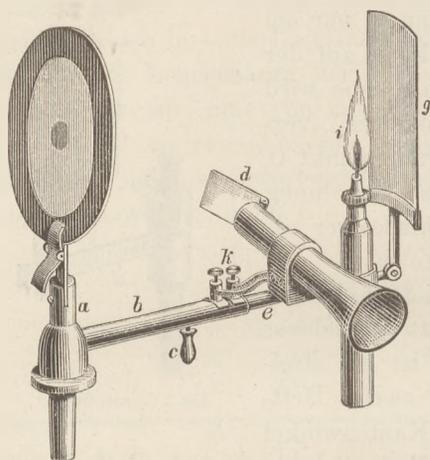


Fig. 4 ( $\frac{1}{3}$  nat. Gr.)

Schulzwecke auch eine Stearinkerze), passend eingestellt. Am Ende der festen Röhre (*b*) sind 2 Schraubenklappen (*k*) angebracht, um das einfache Gestell des Visierrohres (*f*) zu befestigen. Das Visierrohr ist in seinem Lager drehbar und hat einen ebenfalls drehbaren kleinen Spiegel (*d*), sodass man leicht den Fleck des Schirmes in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen kann. Die Länge des Visierrohres und der Röhre *b* ist so abgepasst, dass die Entfernung vom Fleck zum Spiegel und von dort zum Auge gerade 25 cm beträgt. Mit Vorliebe benutze ich den sehr unveränderlichen Töppler'schen Schirm (in der Mitte ein Blatt Schreibpapier No. 50, zu beiden Seiten

Pauspapier No. 112, von Schleicher & Schüll in Düren). Die drei losen Blätter werden von 2 Ringen aus schwarzem Karton, deren äusserer Rand mit schwarzem Papier umklebt ist, zusammengehalten. Der Reflektor (*g*) kann nach Bedarf zurückgeschlagen werden.

Bei der Demonstration setze ich zuerst einen grossen Fettfleckschirm (20 cm Durchm.) auf und zeige, indem ich den als Reflektor dienenden Karton (*g*) den Zuschauern zudrehe, so dass er die Flamme *i* verdeckt (der Arm *c*, Fig. 1 steht gegenüber), wie der Fleck bald hell auf dunkeln Grunde, bald dunkel auf hellem Grunde erscheint und bei einer gewissen Entfernung der Kerze *i* verschwindet. Dann erst setze ich den kleineren (Töppler'schen) Schirm auf und mache mit Hülfe des Visierrohres die erforderlichen Messungen.

Als ich in einer Dunkelkammer vier Normalkerzen passend aufstellte, so dass die Flammen möglichst dicht standen, erhielt ich gleiche Helligkeit mit der vorher in 20 cm Entfernung benutzten einen Normalkerze bei 39,4; 40,5; 39,8 cm, also im Mittel in 39,9 cm Entfernung — ein Resultat, das ich nie mit einem Ritschie'schen Photometer erzielt habe.

Um die Normalkerze nicht dazwischen auslösen zu müssen, empfiehlt es sich, das Modell des Bunsen'schen Photometers zuletzt vorzuführen<sup>5)</sup>.

<sup>4)</sup> Ein im wesentlichen nach demselben Princip construiertes, aber für genaue Messungen eingerichtetes Photometer habe ich kürzlich beschrieben in der *Zeitschr. f. Instrk.* 1887, S. 81. — Vergleichende Versuche mit einem Bunsen'schen Photometer von Krüss in Hamburg, wo beide Seiten des Schirmes mittelst zweier Spiegel beobachtet werden, zeigte mir, dass die bei meinem Photometer (wie bei dem Bunsen'schen Originalphotometer) angewandte Substitutionsmethode mindestens ebenso genaue Resultate liefert, wie die Vergleichung beider Schirmseiten. Auch ist man unabhängig von der verschiedenen Beschaffenheit beider Seiten des Schirmes. Vergl. Weber: *Wied. Ann. d. Phys. u. Chem.* 1887, Bd. XXI, pag. 700.

<sup>5)</sup> Die Aufertigung des Demonstrationsphotometers, wie auch des im vorigen Heft S. 152 beschriebenen Papier-Elektroskopes, hat der Präzisionsmechaniker Ferdinand Erneck in Berlin übernommen.

## Über die Anordnung von quantitativen Schulversuchen.

Von

Professor Dr. E. Mach in Prag.

Durch das mechanische Rechnen wird eine Entlastung der Vorstellungsthätigkeit bewirkt, welche es ermöglicht auch schwierigere Fälle zu bewältigen und stückweise nacheinander in die Vorstellung treten zu lassen, was diese auf einmal nicht zu fassen vermag. So grosse nicht zu unterschätzende Vorteile nun auch das Hilfsmittel der Rechnung bei schwierigeren Aufgaben gewährt, so ist doch nicht zu verkennen, dass der allzuhäufige oder ausschliessliche Gebrauch desselben bei jeder Gelegenheit nachteilig auf die Lebhaftigkeit der Vorstellung wirkt. Die Frische der mathematischen Phantasie Joh. Bernoulli's, welche mit einem Blick in dem schweren noch ungelösten mechanischen Problem der Brachystochrone sofort eine leicht lösbare, optische Aufgabe erkennt, wird selbstverständlich immer nur bevorzugten Naturen eigen sein. Der aufmerksame Beobachter sieht jedoch, dass auch in dieser Richtung die Übung, oder die Unterlassung der Übung, sich sehr bemerklich macht. Während der studierende Sohn zur Lösung einer in der Haushaltung sich ergebenden geometrischen oder Mischungsaufgabe nach Papier und Bleistift greift, hat oft die Hausmutter ohne mathematische Studien die Aufgabe mit Sicherheit und in kürzerer Zeit im Kopfe gelöst. Während der Rechner z. B. die Gleichungen  $x + y = 75$ ,  $x - y = 15$  mechanisch behandelt, sieht der auf seine Phantasie Angewiesene unmittelbar, dass die Summe 75 aus der Differenz 15 und der doppelten kleineren Zahl (30) besteht. Ähnlich verhält es sich in schwierigeren Fällen.

Ich bin nun der Meinung, dass man zur Übung der Vorstellungsthätigkeit für die quantitativen Schulversuche eine Anordnung wählen soll, welche möglichst viel mit einem Blick zu überschauen erlaubt. Keineswegs soll die genaue rechnende Analyse des Versuches unterbleiben, was ja ein bedeutender Rückschritt wäre; dieselbe soll vielmehr nebenhergehen oder nachfolgen, nicht aber die zusammenhängende Darlegung einer Sache durch Ablenkung der Aufmerksamkeit auf mechanische rechnerische Nebenoperationen erschweren und unterbrechen. Einige Beispiele werden meinen Gedanken erläutern.

1. Wenn wir ein Fadenpendel von 1 m Länge schwingen lassen, so finden wir die Schwingungsdauer sehr nahe gleich einer Sekunde. Da nun

$$T^2 = \pi^2 \frac{l}{g},$$

so folgt wegen  $T = 1$ ,  $l = 1$  für  $g$  nahezu der Zahlenwert

$$g = \pi^2,$$

und zwar wegen

$$g = \pi^2 \frac{l}{T^2}$$

der Werth  $\pi^2$  ( $m \text{ sec.}^{-2}$ ) oder rund 10 ( $m \text{ sec.}^{-2}$ )

Bei diesem Versuch tritt ohne Rechnung der Zusammenhang zwischen der Länge des Sekundenpendels und der Fallbeschleunigung so übersichtlich hervor, dass weder die Zahlenwerte noch die Dimensionen je wieder vergessen werden können.

2. Wenn 30 Gramm Messingspäne, deren spezifische Wärme rund  $\frac{1}{10}$  ist, von  $100^\circ$  auf  $20^\circ \text{ C}$  (um  $80^\circ$ ) abgekühlt werden, so beträgt die abgegebene Wärmemenge  $\frac{1}{10} \times 30 \times 80 = 3 \times 80$  Grammcaldorien. Diese Wärmemenge wird

genügen um 80 Gramm Wasser um  $3^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen. Bringen wir die 30 Gramm Messingspäne von  $100^{\circ}$  in 80 Gramm Wasser von  $17^{\circ}$ , so nimmt die Mischung sehr rasch die Temperatur von sehr nahe  $20^{\circ}$  an, wobei der Wärmevergang übersichtlich durch

$$3 \times 80 = 80 \times 3$$

dargestellt wird. Es thut dem Interesse an dem Versuch gar keinen Eintrag, dass das Resultat im Voraus bekannt ist; derselbe wird im Gegenteil mit desto grösserer Spannung verfolgt. Die kleinen Abweichungen von der angegebenen Disposition, sowie die nötigen Correktionen können nachträglich berücksichtigt werden.

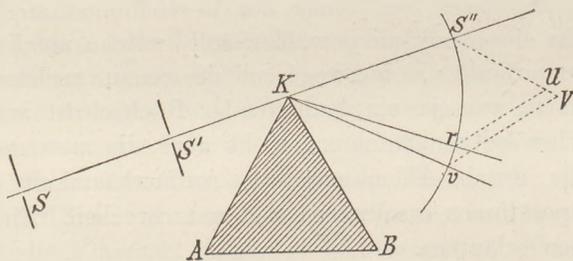
3. Dass zur Schmelzung von 1 Gramm Eis 80 Grammcaloreien verbraucht werden, kann man durch folgenden Versuch nachweisen:

Ein dünnwandiges Metallgefäss mit 80 Gramm Wasser von  $20^{\circ}\text{C}$  steht auf einer Wagschale, während die andere Wagschale mit einem Übergewicht von 4 Gramm belastet ist. Bringt man in das Wasser Schnee ein, bis die Wage auszuschlagen beginnt, so schmilzt derselbe rasch, und da

$$4 \times 80 = 80 \times 4,$$

so haben wir ein Herabgehen der Wassertemperatur von  $20^{\circ}$  auf  $16^{\circ}$  zu erwarten. Da ferner noch das Schmelzwasser fast auf  $16^{\circ}$  auf Kosten des wärmeren Wassers sich erwärmen muss, während letzteres sich nur um den 20. Teil dieser Temperaturerhöhung abkühlt, so findet ein weiteres Absinken um  $0,8^{\circ} - 0,7^{\circ}$  (genauer berechnet um  $0,76^{\circ}$ ) statt.

4. Ein scharfkantiges Prisma wird auf ein horizontales Zeichenbrett gestellt. Man bezeichnet die Durchschnitte  $KA$ ,  $KB$  der Seitenflächen mit Bleistift.



2 Spalten  $S$ ,  $S'$  fällt ein das Papier streifender Sonnenstrahl  $SS''$  auf die Kante  $K$ , an welcher er teilweise vorbeigeht. Einen Punkt dieses Strahls  $S'$ , so wie je einen Punkt  $r$  des roten und  $v$  des violetten austretenden Lichtbündels bezeichnet man ebenfalls. Zieht man

dann mit dem Radius  $KS'' = 10\text{ cm}$  den Kreis  $S''rv$ , durch  $S''$  ein Lot auf  $KA$ , durch  $r$  und  $v$  Lote auf  $KB$ , so liest man an  $KU$  und  $KV$  mit dem Maassstab die Längen, z. B.  $16,7\text{ cm}$  und  $17,1\text{ cm}$ , also die Brechungsexponenten  $1,67$  für das rote,  $1,71$  für das violette Licht ab. Durch Visieren über die Kante und Einstechen von Nadeln kann man dasselbe Resultat auch ohne Sonnenlicht erzielen.

Der Versuch führt sämtliche Operationen, welche bei genauerer Bestimmung des Brechungsexponenten mit dem Spectrometer auszuführen sind, übersichtlich vor. Nur die Rechnung wird durch die Construction ersetzt, aus welcher sich übrigens für den Fall des Minimums der Ablenkung auch die Formel

$$n = \frac{\sin \frac{A+D}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

ablesen lässt. — Der Vorteil und die Notwendigkeit der Anwendung von Fernrohren zur genaueren Bestimmung von  $n$  wird bei Ausführung des Versuches sehr deutlich fühlbar und verständlich.

5. Eine schmale vertikale Spalte von der Breite  $b$  wird durch das von einer andern fernen Spalte herkommende normal auf die Ebene der ersten Spalte treffende Sonnenlicht erleuchtet. In der Entfernung  $d$  fange ein Schirm das Beugungsbild auf, und in der Entfernung  $a$  von der Symmetrielinie des Beugungsbildes erscheine das erste Minimum. Die daselbst zusammentreffenden Strahlen können bei kleinem  $b$  und  $a$ , so wie bei grossem  $d$  als nahe parallel unter dem Winkel  $\alpha$  gegen die Normale der Spaltenebene abgehend angesehen werden, und für dieselben gilt

$$b \cdot \sin \alpha = \lambda.$$

Wird  $\sin \alpha = \tan \alpha = a/d$  gesetzt, so ist

$$\lambda = b \cdot \frac{a}{d}.$$

Da für rotes Licht rund  $\lambda = 7/10000$  mm, so beobachtet man auf einem Schirm aus tiefrotem mattem Glas, für  $b = 1$  mm und  $d = 10000$  mm,  $a = 7$  mm, was durch

$$\lambda = 1 \text{ mm} \cdot \frac{7 \text{ mm}}{10000 \text{ mm}}$$

übersichtlich dargestellt wird.

Wegen der bequemeren kleineren Entfernung kann man auch  $b = 1/2$  mm,  $d = 5000$  mm wählen. Dann ist

$$\lambda = 1/2 \text{ mm} \cdot \frac{7 \text{ mm}}{5000 \text{ mm}}.$$

Dass zur zweckmässigen Wahl der Anordnung der Wert der zu ermittelnden Grössen schon bekannt sein muss, wird wohl nicht stören. Jede genauere Messung setzt ja auch schon die Kenntnis eines angenäherten Wertes voraus. Ein Vorteil solcher Anordnungen möchte auch darin bestehen, dass der lange Weg von der Thatsache zum Maassbegriff sozusagen perspektivisch abgekürzt wird, was der lebendigen Auffassung sehr zuträglich ist.

## Vibratorium

von

Dr. Joh. Bergmann in Greifswald.

(Vorgetragen in der Sitzung des Naturwissenschaftl. Vereins für Neuvorpommern und Rügen am 4. Jan. 1888.)

Die Lissajous'schen Figuren oder Schwingungscurven, wie Melde sie bezeichnet hat<sup>1)</sup>, lassen sich graphisch mit den bis jetzt hierzu angegebenen Mitteln weit weniger leicht und vollkommen erzeugen, als auf optische Weise. Mehrere Apparate zur Aufzeichnung der Curven beschreibt J. Hagen in seiner Abhandlung<sup>2)</sup>: „Über die Verwendung des Pendels zur graphischen Darstellung der Stimmgabelcurven.“ Sie haben alle mit einander gemeinsam, dass die Sinusbewegungen durch Pendel hervorgebracht werden. Auf der Londoner internationalen Ausstellung im

1) Melde, die Lehre von den Schwingungscurven, Leipzig 1864. Weitere mathematische Behandlung haben die Schwingungscurven in den folgenden Abhandlungen erfahren: Wilhelm Braun, die Singularitäten der Lissajous'schen Stimmgabelcurven, Jnaug. Diss. Erlangen 1875; Himstedt, über Lissajous'sche Curven, in Grunert's Arch. 70, Heft 4, 1883; H. Ekama, die Lissajous'schen Curven, in Grunert's Arch. (2) 6, Heft 1, 1887.

2) Zeitschrift für Mathematik und Physik, XXIV. Jahrg. 1879, S. 285.

Jahre 1876 waren zwei derartige Apparate zu sehen<sup>3)</sup>, deren einer von Tisley & Spiller nach Airy, der andere nach Angaben von H. Knoblauch ausgeführt war.

Die vom Verfasser bei der Konstruktion des Apparates zur Darstellung einfacher Schwingungen<sup>4)</sup> angewendete Vorrichtung, die man wohl eine Sinussteuerung nennen kann, ist geeignet, für die vorliegenden Zwecke das Pendel zu ersetzen. Zu erwähnen sind nach dieser Richtung hin schon zwei Apparate: Die „Vorrichtung zur mechanisch-graphischen Darstellung der Schwingungscuren“ von E. Mach<sup>5)</sup> und ein von Stöhrer konstruierter Apparat<sup>6)</sup>.

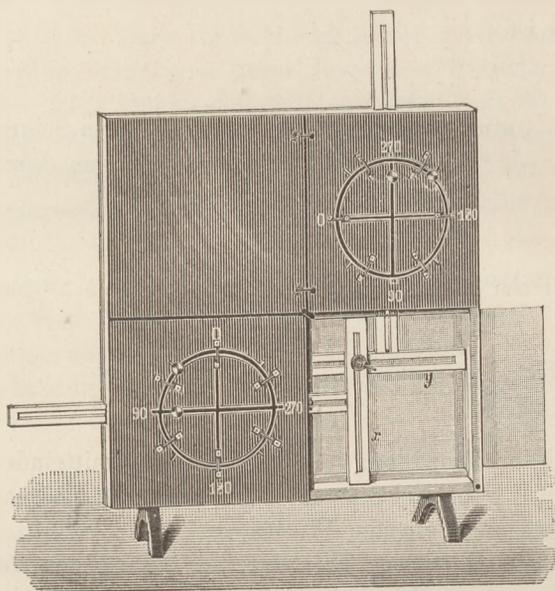


Fig. 1 ( $\frac{1}{3}$  nat. Gr.)

graphisch darzustellen und zu demonstrieren gestattet. Derselbe ist in Fig. 1 abgebildet. Auf der Vorderseite eines zum Teil geschlossenen, zum Teil offenen Gehäuses befindet sich unten rechts in dem nicht verdeckten Raume die Schreibvorrichtung. Zwei zu einander senkrechte Schienen  $x$  und  $y$  sind ihrer ganzen Länge nach durchbrochen. Die Kreuzungsstelle der Durchbrechungen dient zur Aufnahme eines Halters für den Schreibstift. Seitlich in den Apparat ist durch einen Einschnitt in dem Rahmen des Gehäuses ein Blatt von dem üblichen Bogenformat des Schreibpapiers eingelegt, auf welches der Stift die Curven aufzeichnet, sobald der in dem Gehäuse eingeschlossene Mechanismus mittelst einer ausserhalb auf der Rückseite befindlichen Kurbel in Bewegung gesetzt wird. Die Schiene  $x$  führt dann in horizontaler, die Schiene  $y$  in vertikaler Richtung einfache Schwingungen aus. Die Kreuzungsstelle der Durchbrechungen beider Schienen und folglich auch der in ihr sitzende Halter des Schreibstiftes bewegen sich dabei in der resultierenden Schwingungscurve.

<sup>3)</sup> Bericht über die wissenschaftl. Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung im Jahre 1876. Braunschweig 1878, S. 292 u. 293.

<sup>4)</sup> Mitteil. a. d. naturw. Verein f. Neuvorpommern u. Rügen, 18. Jahrg. (1886), ferner Heft 1 d. Ztschr. S. 25. Während des Druckes dieser Publikation erfahre ich, dass soeben auch Fr. Plettner eine „Vorrichtung zum Zeichnen der Lissajou'schen Figuren“ (*Praktische Physik I, H. 4, S. 85*) angegeben und dabei von der Sinussteuerung Gebrauch gemacht hat.

<sup>5)</sup> Pogg. Ann. Band 129 S. 464 (1866); vgl. d. Ztschr. Heft 2, S. 75.

<sup>6)</sup> Physikalische Demonstrationen von A. F. Weinhold, Leipzig 1881, S. 240.

seine Vorrichtung unter anderem: „Dieser Apparat zeichnet also die Schwingungscuren verschiedener Klangfarben mit Rücksicht auf die drei ersten Partialtöne. Man braucht sich natürlich nicht darauf zu beschränken. Es hängt nur von der Zahl der angewandten Räder ab, wie viele, und nur von ihren Durchmessern, welcherlei pendelartige Schwingungen man combinieren kann. Lässt man den Schreibstift nach einer Richtung und die Schreibplatte nach irgend einer anderen hin- und herziehen, so erhält man Lissajou'sche Figuren.“

In den folgenden Zeilen wird ein Apparat beschrieben, welcher die Schwingungscuren gleichfalls

Wie die Bewegungen von  $x$  und  $y$  zu Stande kommen, lässt sich sogleich übersehen, wenn man das Gehäuse öffnet und den inneren Mechanismus betrachtet. Der Apparat erscheint dann in der in Fig. 2 angegebenen Gestalt. Die oben als Sinussteuerung bezeichnete Vorrichtung ist zweimal angebracht und zwar, von dem Unterschiede in der Richtung abgesehen, beide Mal genau ebenso, wie es in den beiden auf S. 200 Anm. 4 citierten Abhandlungen beschrieben habe. Die Bügel  $C$  und die Zapfen  $T$  ragen wieder, wenn die Thüren  $W$  und  $W_1$  geschlossen sind, durch die in dieselben eingeschnittenen Bahnen hindurch, um als Träger zu dienen für vier Metallknöpfe, welche die Schwingungsbewegungen auf den Durchmessern der Kreise und die zugehörigen Bewegungen auf den Peripherieen markieren. Die Schienen  $x$  und  $y$  sind in einfacher Weise bei den Stellen  $K$  an den Steuerungen befestigt.

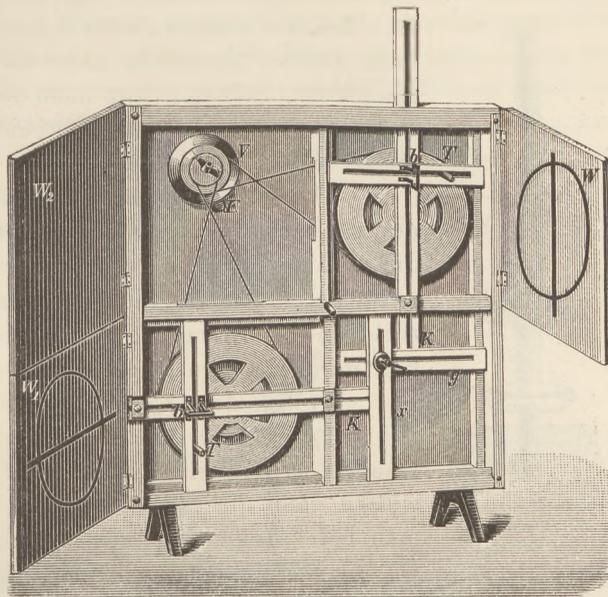


Fig. 2 ( $\frac{1}{8}$  nat. Gr.)

Das Drehen der Räder wird durch die Vorrichtung  $V$  bewirkt. Eine Axe, welcher eine in der Wand des Gehäuses befestigte Hülse als Lager dient, trägt an dem nach der Aussenseite des Apparates gerichteten Ende die bereits genannte Kurbel. Auf dem anderen in der Fig. 2 sichtbaren Ende sitzen zwei Rollen. Von jeder derselben läuft eine Schnur nach den Rädern hin, welche die Steuerungen bewegen, und man übersieht, dass der Mechanismus durch die Kurbel auf der Rückseite des Apparates sich leicht in Gang setzen lässt.

Noch einige Einzelheiten sollen hervorgehoben werden. Die Steuerungsräder haben gleiche Radien, auch sind die Zapfen  $T$  von den Drehungsaxen gleich weit entfernt. Die Rollen der Vorrichtung  $V$  kann man durch andere, dem Apparate beigegebene ersetzen und auf diese Weise das Verhältnis ihrer Radien innerhalb gewisser Grenzen variieren. Das Lager für die Axe, welche die Rollen von  $V$  trägt, ist in dem Einschnitte  $E$  verstellbar. Deshalb kann man durch gehöriges Spannen der Übertragungsschnüre sowohl beide Steuerungsräder gleichzeitig, als auch jedes allein von  $V$  aus bewegen.

Schliesst man die drei Thüren  $W$   $W_1$   $W_2$  und schraubt auf die Zapfen  $T$  und Bügel  $C$  die vier Metallplatten auf, so entsteht die in Fig. 1 angegebene Form. Auf  $W$  und  $W_1$  sind ausserhalb die Kreisperipherieen und Durchmesser in entsprechender Weise hervorgehoben, und zur Orientierung und Einteilung der Kreise in Quadranten die Zahlen 0, 90 etc. angeschrieben.

Was den von  $x$  und  $y$  geführten Schreibstifthalter betrifft, so hat derselbe die in Fig. 3 angegebene Einrichtung. Von zwei Platten  $M$  und  $N$  ist die eine  $M$  auf den Hohlzylinder  $H$  aufgelötet, die andere aufgeschraubt. Der äussere Durchmesser von  $H$  ist gleich der Breite der Durchbrechungen, der Abstand  $M - N$  gleich

der Summe der Dicken beider Schienen  $x$  und  $y$ . An die Platte  $N$  ist die Spiralfeder  $F$  angelötet, welche in eine Messingfassung mit der Schraubenmutter  $S$  endigt. Durch das Ganze wird ein Schreibstift  $G$ , etwa ein gewöhnlicher Graphitstift, von passendem Durchmesser soweit hindurchgesteckt und mit  $S$  festgeklummt, dass beim Gleiten desselben über die Unterlage die Feder etwas gespannt ist. Soll der Stift nicht zeichnen oder erforderlichen Falles erneuert werden, so lässt sich beides nach dem Lösen der Schraubenmutter sofort bewirken.

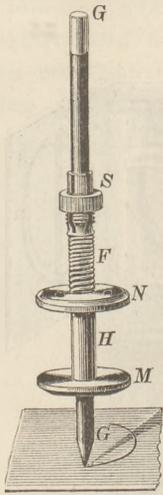


Fig. 3.  
( $\frac{1}{2}$  nat. Gr.)

Der Apparat mag als Vibratorium bezeichnet werden. In der vorstehend beschriebenen Ausführung stellt dasselbe die Curven dar, welche aus der Combination einfacher Schwingungen resultieren, wenn deren Amplituden gleich und ihre Bahnen zu einander senkrecht sind<sup>7)</sup>. Besonders demonstriert das Vibratorium die Abhängigkeit der Schwingungscurven

- 1) von dem Verhältnis der Schwingungszahlen,
- 2) von der Phasendifferenz der Schwingungen.

Handelt es sich z. B. um die der Quinte entsprechende Curve, für welche sich die Schwingungszahlen wie 2:3 verhalten, so setzt man bei  $V$  Rollen auf, deren Radien im Verhältnis von 2:3 stehen.

Da die Radien der Steuerungsräder gleich sind, so macht von den Schienen  $X$  und  $Y$  die eine zwei volle Schwingungen, während die andere deren drei ausführt.

Um ferner die Gestalt einer Curve zu erhalten für eine gegebene Phasendifferenz  $\varphi$ , ändert man die Stellung von  $V$  in der Weise, dass die Steuerungsräder in den Übertragungssehnüren gleiten. Danach lassen sie sich mittelst zweier an den freien Enden ihrer Axen auf der Rückseite des Vibratoriums angebrachter Griffe so einstellen, dass die Schwingungen auf den Durchmessern der Kreise die Phasendifferenz  $\varphi$  haben, was man an der Stellung der Metallknöpfe auf den Kreisperipherieen erkennt. Beim Entstehen der Curven werden also die Verhältnisse der Schwingungszahlen und die Phasendifferenzen in angemessener Weise auf der Vorderseite des Vibratoriums angezeigt.

Wie der Apparat zur Erläuterung der verschiedenen Arten des polarisierten Lichtes gebraucht werden kann, übersieht man leicht.

Selbstverständlich ersetzt das Vibratorium im weitesten Umfange den vom Verfasser angegebenen Apparat zur Darstellung einfacher Schwingungen, von welchem es eine Anwendung ist<sup>8)</sup>.

## Schulapparat zur Demonstration der Wechselwirkung galvanischer Ströme.

Von

Schuldirektor C. Mühlenbein in Cöthen.

Eisenlohr beschreibt in seinem Lehrbuche der Physik (11. Aufl., S. 543 f.) einen Apparat, bei welchem zwischen den beiden Polen eines in horizontaler Lage aufgestellten Hufeisenmagnetes ein Goldblättchen schlaff herabhängt, dessen Enden

<sup>7)</sup> Die Verallgemeinerung für ungleiche, selbst variable Amplituden und schiefe Winkel ist ohne Schwierigkeit ausführbar.

<sup>8)</sup> Der Apparat ist von dem Mechaniker Wittig in Greifswald angefertigt.

oben und unten an zwei vertikale Messingdrähte mit Eiweiss angeklebt und durch zwei Leitungsdrähte mit den Polen eines galvanischen Elementes verbunden sind. Wenn das Element in Thätigkeit gesetzt wird, muss das Goldblättchen je nach der Richtung des Stroms von dem Magnet abgestossen und auswärts getrieben, oder angezogen und einwärts getrieben werden. Mit diesem Apparate lassen sich die schwächsten Ströme nachweisen, so dass das hierauf beruhende Galvanometer von Cummings ebenso empfindlich gemacht werden kann, wie das von Schweigger.

Mit einigen Abänderungen lässt sich der Apparat aber überhaupt zur Demonstration der Wechselwirkung galvanischer Ströme verwerten. An dem Grundbrett *A* (Fig. 1) befindet sich die messingene Säule *a*, deren oberes, kürzeres

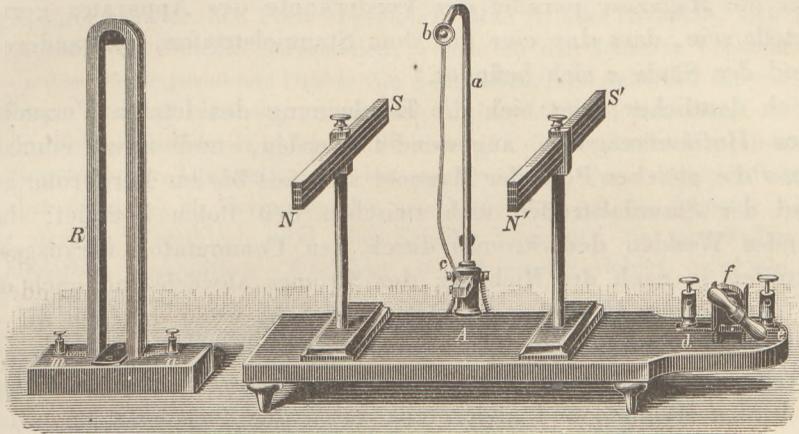


Fig. 1 ( $\frac{1}{6}$  nat. Gr.)

Stück rechtwinklig nach vorn umgebogen ist, damit bei *b* ein 5 mm breiter Stanniolstreifen angebracht werden kann, welcher schlaff herunterhängt und an seinem unteren Ende bei *c* festgeklemmt ist. Die beiden Enden *b* und *c* des Stanniolstreifens sind mit den Klemmschrauben *d* und *e* und diese mit dem Commutator *f* leitend verbunden. Zu dem Apparate gehören nun noch zwei Paar Magnete, die auf Ständern horizontal befestigt sind, nämlich ein Paar Stabmagnete *NS* und *N'S'*, die aus je 3 bis 4 Lamellen zusammengesetzt sind, und ein Paar Hufeisenmagnete von der aus Fig. 2 ersichtlichen Gestalt; ausserdem ist noch ein mit Kupferdraht (etwa 1 mm dick) in etwa 15 bis 20 Windungen umwickelter Rahmen *R* erforderlich, der auf ein besonderes, mit den Klemmschrauben *m* und *n* versehenes Grundbrett aufgesetzt ist; dieses ist so eingerichtet, dass es unter das untere Ende des Stanniolstreifens *c* geschoben werden kann, so dass dieser genau in der Mitte des Rahmens *R* hängt, resp. innerhalb desselben hin und her schwingen kann.

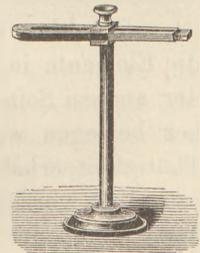


Fig. 2 ( $\frac{1}{6}$  nat. Gr.)

Mit einem so zusammengesetzten Apparate lassen sich die Ampère'schen Gesetze sowohl in Bezug auf die Wechselwirkung zwischen zwei Strömen, als auch zwischen einem galvanischen Strom und einem Magnet auf eine leichte und auch im Klassenunterricht gut sichtbare Art nachweisen.

Wenn die zwei Stabmagnete *NS* und *N'S'* dem Stanniolstreifen so genähert werden, dass dieser zwischen ihnen hängt, so wird der Stanniolstreifen in dem Falle, dass die gleichen Pole der beiden parallel gerichteten Magnete neben einander liegen, stets von einem Magneten zum andern geworfen werden, vorausgesetzt

dass durch den Stanniolstreifen ein galvanischer Strom geleitet und durch den Commutator  $f$  fortwährend gewendet wird; dagegen wird der Stanniolstreifen, wenn die entgegengesetzten Pole neben einander liegen, abwechselnd auswärts und einwärts getrieben werden, besonders wenn man an der einen Seite die beiden entgegengesetzten Pole durch einen Anker verbunden und so einen Hufeisenmagneten hergestellt hat. Da der Stanniolstreifen nur in der Richtung parallel der vorderen Kante des Apparates schwingen kann, so ist es zweckmässig, im ersten Falle die magnetischen Magazine von vorn nach hinten gerichtet (wie Fig. 1 zeigt) aufzustellen und in dieser Stellung von beiden Seiten her dem Stanniolstreifen zu nähern. Wenn dagegen die ungleichen Pole einander gegenüberstehen, so müssen die Magazine parallel der Vorderkante des Apparates gerichtet und so aufgestellt sein, dass das eine vor dem Stanniolstreifen, das andere zwischen diesem und der Säule  $a$  sich befindet.

Noch deutlicher zeigt sich die Erscheinung des letzten Versuches, wenn die beiden Hufeisenmagnete angewendet werden, und zwar einmal in der Weise, dass die gleichen Pole der Magnete sich fast bis zur Berührung gegenüberstehen und der Stanniolstreifen sich zwischen den Polen befindet; dann wird, fortwährendes Wenden des Stromes durch den Commutator vorausgesetzt, der Stanniolstreifen je nach der Richtung des Stromes abwechselnd nach dem einen und nach dem andern Magneten einwärts getrieben; wenn dagegen die entgegengesetzten Pole der Magnete einander gegenübergestellt werden, so bewegt sich der Stanniolstreifen je nach der Richtung des Stromes abwechselnd nach dem Innern eines der beiden Magnete und andernteils durch den Zwischenraum zwischen den sich noch nicht völlig berührenden entgegengesetzten Polen nach aussen. Alle diese Erscheinungen erklären sich aus der Wechselwirkung zwischen den hypothetischen Strömen des Magneten und dem galvanischen Strom und erläutern andererseits diese Wirkung in sehr anschaulicher Weise.

Ebenso deutlich wird die Wechselwirkung zwischen zwei verschiedenen galvanischen Strömen, wenn man den Rahmen  $R$  mit seinem Grundbrett unter  $c$  bringt und sowohl durch den Draht des Rahmens, als auch durch den Stanniolstreifen je einen galvanischen Strom schiebt, von denen der eine, der durch den Stanniolstreifen fliesst, durch den Commutator  $f$  fortwährend gewendet wird. Es ist sofort klar, dass der Stanniolstreifen inmitten des Rahmens, wenn er, nachdem die Elemente in Thätigkeit gesetzt sind, von der einen Seite angezogen wird, von der andern Seite abgestossen werden muss, und dass er sich fortwährend hin und her bewegen wird, so lange die galvanischen Ströme mit dem Commutator in Thätigkeit erhalten werden.

So vorzüglich das bekannte Ampère'sche Gestell auch sein mag, so kennt doch jeder, der damit experimentiert hat, die mancherlei Unannehmlichkeiten, die damit verbunden sind, auch wenn man eine der neueren verbesserten Formen des Apparates zur Verfügung hat. Schon die Anwendung von Quecksilber ist unbequem, und wenn dieses nicht ganz rein ist, müssen verhältnismässig starke Ströme benutzt werden, damit die Versuche gelingen. Dazu bedarf das Ampère'sche Gestell überhaupt eines nicht ganz ungeübten Experimentators, der es versteht, das Ganze immer richtig zu justieren. Diese Unannehmlichkeiten und diese Bedenken fallen mehr oder weniger bei dem hier beschriebenen Apparate weg. Derselbe ist in allen seinen Theilen höchst übersichtlich; es bedarf keines besondern Geschickes, um die beschriebenen Versuche anstellen zu können; schon ein schwaches

Element, etwa ein gewöhnliches kleineres Grenet'sches Flaschenelement, resp. zwei solche reichen für alle diese Versuche vollständig aus. Dazu kommt, dass der Apparat weit billiger hergestellt werden kann, als das meist recht kostspielige Ampère'sche Gestell<sup>1)</sup>.

## Schulversuche über die gleichförmig beschleunigte Bewegung und das physische Pendel<sup>1)</sup>.

Von

Fr. C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Zur Bestätigung der Gesetze des physischen Pendels sind die gebräuchlichen Linsenpendel wegen ihrer verwickelten Form ungeeignet. Man ist aber imstande, sich für wenige Mark eine Anzahl von Pendeln herzustellen, welche zu den feinsten Versuchen geeignet sind. Ich benutze gerade gerichtete Drähte von 4 mm Dicke und Scheiben aus starkem Blech. Um diese Körper pendeln zu lassen, bohre ich Löcher hindurch und hänge sie damit auf eine Schneide; diese Schneide ist nichts weiter als ein in die Kante des Experimentiertisches horizontal eingetriebener Drahtstift, der mittels der Feile oben zugespitzt worden ist. Besonders aber dient mir zu Versuchen der verschiedensten Art die folgende Einrichtung.

Aus starkem Weissblech wird eine Scheibe von etwa 200 mm Radius möglichst genau in Kreisform geschnitten. Nachdem sie gut eben gerichtet, wird sie auf einer

Stahlspitze genau balanciert, wobei sich zeigen muss, dass der Schwerpunkt kaum um  $\frac{1}{2}$  mm von dem Mittelpunkt abweicht. Durch einen leichten Hammerschlag oben auf die Scheibe markiert die Spitze dann genau die Lage des Schwerpunktes. In die Marke setzt man die Spitze eines Bohrers von 4 mm und bohrt das Loch durch. In der beistehenden Figur ist *SS* der mittlere Teil der Scheibe. Genau über dem Loch wird die Buchsbaumrolle *RR* von 25 mm Radius befestigt. Dieselbe hat

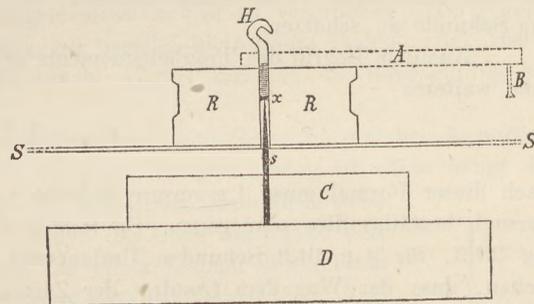


Fig. 1.

ebenfalls eine axiale Durchbohrung von 4 mm, so dass die Centrierung mittels eines hindurch gesteckten gleichstarken Drahts genau erreicht wird. Von oben wird in die Bohrung der Rolle der Haken *H* geschraubt, von unten ein genau in die Bohrung passendes Achathütchen *x* eingesetzt, auf dessen Rückseite, falls es so nicht fest sitzen sollte, man ein wenig Klebwachs bringt. Das Ganze kann auf eine Nadelspitze *S* gestellt werden, zu der man eine sogenannte Sacknadel nimmt, welche aber zur Verhütung einer schnellen Abnutzung auf einem Wetzstein unter einem Winkel von etwa 60 Grad zugeschliffen werden muss. Diese Nadel treibt man senkrecht durch eine Holzscheibe *C*, die ihrerseits auf einem schweren Holzklotz *D* befestigt wird. Zur Beobachtung der Umdrehung klebt man auf den Rand der Scheibe an den Enden zweier senkrechten Durchmesser schmale kurze Streifen aus verschiedenfarbigem Papier.

Zu dem Apparat gehört noch der leichte Holzhebel *A*, welcher aber nur zu einem unten zu besprechenden Versuche mittels kleiner Holzschrauben auf der Rolle befestigt wird.

Das Gewicht meiner Scheibe beträgt 812,4 g, das der Rolle 41,0 g, das des Hakens 1,2 g, der Scheibenradius 198 mm, woraus sich das auf kg und m bezogene Trägheitsmoment  $K = 0,0159374$  berechnet. Es sei hieran noch die pädagogische Bemerkung

<sup>1)</sup> Der Mechaniker Max Kohl in Chemnitz liefert den Apparat in sehr sauberer und geschmackvoller Ausführung zu dem Preise von 36 M.

<sup>1)</sup> Vom Verfasser nach seiner Pr. Abh. „*Neue Apparate und Versuche für den physikalischen Unterricht*“, (Brandenburg a. d. H. 1887) bearbeitet.

geknüpft, dass man vor Beginn der Versuche die Scheibe nebst einem geeigneten in mm getheilten Maassstabe den Schülern übergibt und von einigen derselben den Radius, sowie den Abstand der Drehpunkte, bis auf 0,1 mm bestimmen lässt, was bei den kurzen und scharf markierten Strecken auch schnell und sicher geschieht. Selbstredend wird auch die Wägung der Scheibe vor den Augen der Schüler ausgeführt.

Die erste Reihe von Versuchen, welche sich mit der Scheibe anstellen lassen, bezieht sich auf die Gesetze der gleichmässig beschleunigten Bewegung. Die Scheibe wird zu dem Zweck auf die Spitze gestellt und durch einen um  $R$  gewickelten feinen Faden, welcher über eine seitwärts aufgestellte feine Rolle geht und mit Gewichten belastet ist, in Rotation versetzt. An dem Faden hängt zuerst ein Haken von etwa 0,2 g Gewicht, welcher so abgeglichen wurde, dass er soeben die Reibung überwindet, was daraus ersichtlich, dass die Scheibe nach einem kleinen Anstoss gleichmässig weiter rotiert. Nimmehr hängt man 1, 2, 3, 4 g hinzu und beobachtet die Sekundenzahl, welche beim ersten Umlauf verfließt. Die Grammgewichte bestehen aus Haken, welche man sich aus Messingdraht von 2 mm Stärke gemacht hat. Zur Ausführung des Versuches stellt man als Index vor die Scheibe ein vertikales Stübchen, fasst den Faden zwischen zwei Fingern, so dass er soeben anfängt, schlaff zu werden, bringt eine der an der Scheibe befindlichen Marken dem Index gegenüber, zählt nach dem Sekundenschläger von 5 rückwärts, lässt auf den Schlag 0 den Faden los und zählt weiter, bis die nämliche Marke den Index passiert. Indem man die Stellung des Index zur Marke beim Schlage vor und nach dem Vorübergang beachtet, gelingt es leicht, die Umlaufszeit bis auf  $\frac{1}{10}$  Sekunde zu schätzen.

Aus dem Begriff des Trägheitsmoments ergibt sich für die Zeit des ersten Umlaufs ohne weiteres

$$T = 2 \sqrt{\frac{\pi K}{D}}.$$

Nach dieser Formel muss 1 g unsere Scheibe in 28,6 Sekunden einmal umdrehen. Der Versuch bestätigt dies sehr genau. So fanden wir bei einer Messung vor der Klasse für 1 g 28,3, für 4 g 14,3 Sekunden Umlaufszeit. Gleichzeitig zeigt sich bei diesen Versuchen, dass der Weg dem Quadrat der Zeit proportional ist. Bei 1 g Belastung z. B. verfloßen zu  $\frac{1}{4}$  Umdrehung 14,2, zu einer ganzen 28,3, zu  $2\frac{1}{4}$  43 Sekunden. Auch lässt sich leicht demonstrieren, dass die Geschwindigkeiten proportional der Zeit und in der nämlichen Zeit proportional der Kraft wachsen. Zu dem Zweck hängt man den Grammbaken nicht unmittelbar, sondern mittels eines kurzen Fadens auf. Beim 14. Sekundenschlage fängt man denselben mit der Hand und hängt ihn ab. Fortan macht die Scheibe in je 14 Sekunden eine halbe Umdrehung. Fängt man ihn aber bei der 28. Sekunde auf, so macht die Scheibe nachher eine ganze Umdrehung in 14 Sekunden. Dasselbe geschieht, wenn man 2 g nach 14 Sekunden auffängt. Wie man sieht, lassen sich mit diesen einfachen Hilfsmitteln die Gesetze der gleichmässig beschleunigten Bewegung ungleich schärfer und bequemer bestätigen, als mit der gewöhnlichen Fallmaschine. Was aber besonders hervorzuheben, es sind diese Messungen absolute, während man mittels der Fallmaschine wegen des durch Rechnung nicht bestimmbareren Trägheitsmoments der Rolle nur relative ausführen kann.

Dass bei constanter Drehkraft der Weg mit dem Quadrat der Zeit wächst, lässt sich noch sehr hübsch auf folgende einfache Weise zeigen. Man hängt die Scheibe an dem Haken  $H$  mittels eines feinen unter der Zimmerdecke befestigten, Bindfadens auf und drillt letzteren dadurch, dass man die Scheibe in raschen Umschwung versetzt, etwa 200 mal um sich selbst. Es ist einleuchtend, dass wenn man ihn sich jetzt nur um eine oder zwei Umdrehungen detordieren lässt, die Kraft sogut wie constant bleibt. In der That gebraucht die zwischen den Fingern festgehaltene Scheibe nach dem Loslassen zur ersten halben Umdrehung genau die Hälfte der Zeit, wie zu je zwei ganzen.

Um mit der nämlichen Scheibe die Gesetze des physischen Pendels zu bestätigen,

erhielt sie am Rande ein Loch von 4 mm, mit dem sie in der bereits angedeuteten Weise auf eine Schneide gehängt wird. Sie pendelt wegen des geringen Luftwiderstandes ungewöhnlich lange. Die theoretisch berechnete Schwingungszahl ist pro Minute 111,15, die sich über mehrere Minuten erstreckende Beobachtung gab wiederholt 111,2. Die reduzierte Pendellänge berechnet sich zu 289,6 mm. Es wurde nun auf dem nämlichen Durchmesser ein zweites Loch hergestellt, so dass die Aussenränder beider genau 289,6 mm Abstand haben. Es geht dies sehr leicht, indem man das Loch zuerst etwa 1 mm näher bohrt und es dann mittels einer Rundfeile bis auf den vorgezeichneten Abstand erweitert. Damit sind wir im Besitz eines Reversionspendels, welches auf diesem zweiten Drehpunkte ebenfalls genau 111,2 Schwingungen macht.

Zur weiteren Befestigung der Theorie des physischen Pendels dient noch der folgende lehrreiche Versuch. Die Scheibe wird mit dem in der Figur punktiert gezeichneten Hebel versehen auf die Spitze der Nadel *s* gestellt. Der Hebel *A* enthält genau in 100 mm Abstand vom Drehpunkte den nach innen mit einer scharfen Kante versehenen Stift *B*. An *B* zieht mittels eines kleinen Hakens ein Faden, welcher in horizontaler Richtung über eine in 5 m Entfernung befindliche Rolle geht und durch ein Gewicht gespannt wird. Sobald die Scheibe aus der Ruhelage, bei der Faden und Hebelarm eine Gerade bilden, gedreht wird, schwingt sie. Wäre der Faden unendlich lang, so lägen die Verhältnisse ganz analog, wie beim physischen Pendel. Bei endlicher Fadenzahl bleibt alles ebenso, nur dass der Angriffswinkel um den Bruchteil, welchen man durch Division des Radius in die Fadenzahl erhält, grösser wird. In unserm Falle ist also, kleine Ausschläge vorausgesetzt, das Drehungsmoment um  $\frac{1}{50}$  zu vergrössern, 100 g üben also die nämliche Wirkung aus, wie 102 g bei parallel bleibendem Faden. Bei 100 g Belastung ist nun die berechnete Schwingungszahl 47,86, während die Beobachtung bei 10—20° Amplitude 48,0 ergibt.

Hieran schliesst sich noch der folgende interessante Versuch, welcher äusserlich zwar ganz abweichend, seinem Wesen nach doch dem vorigen analog ist. Man hängt die Scheibe an einen feinen, unter der Zimmerdecke befestigten Draht vermittelt eines innen zugespitzten Hakens, welcher durch das Loch am Rande derselben geführt ist, auf. Dreht man sie nun um einen kleinen Winkel um ihre Axe, ohne den Mittelpunkt aus der Lage senkrecht unter dem Aufhängungspunkt zu bringen, so schwingt sie beim Loslassen um ihr Centrum in der Weise, wie es die Figur versinnlicht. Im Prinzip haben wir dann ein 'Joujou', welches sich nur um wenige Grade dreht. Die Berechnung ist unter Voraussetzung ganz kleiner Ausschläge die nämliche, wie beim vorigen Versuch, nur dass hier die wirkende Kraft gleich dem Gewicht der Scheibe ist. Bei einem Versuch, wo die Länge des Radius 0,193 und des Drahts 2,1 m betrug, beobachteten wir 100,5 Doppelschwingungen; die Rechnung verlangt 100,4. In einem andern Loch, bei welchem der Abstand des Aufhängepunkts vom Centrum 48,2 mm, also ein Viertel des vorhergehenden war, machte die Scheibe richtig 50,2 Schwingungen. An Stelle der runden Scheibe verwendet man zur Beschaffung weiteren Übungsmaterials bei diesem Versuche noch eine quadratische. Den Aufhängungspunkt verlegt man dabei auf eine Mittellinie und hat dann Gelegenheit zu einer lehrreichen Variante. Man lässt nämlich die Scheibe ausser um die zu ihrer Ebene senkrechte Schwerpunktsaxe auch um ihre horizontale Mittellinie schwingen. Da das Trägheitsmoment in bezug auf letztere halb so gross ist, ist die Schwingungszahl  $\sqrt{2}$  mal grösser. Nebenbei bemerkt kann man auch die runde Scheibe um einen horizontalen Durchmesser schwingen lassen, wobei die Schwingungszahl ebenfalls  $\sqrt{2}$  mal grösser ist. Es übersteigt aber im allgemeinen die Kräfte der Schüler, das auf den Durchmesser bezogene Trägheitsmoment selbständig zu berechnen.

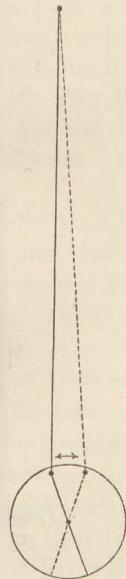


Fig. 2.

Schliesslich lassen sich mittels der Scheibe noch eine Anzahl Versuche ausführen, wenn man sie mittels des Hakens an Drähten befestigt und Torsionsschwingungen ausführen lässt. Wendet man z. B. Drähte gleicher Länge, aber verschiedener aus dem Gewicht zu berechnender Dicke an, so ergibt sich aus den Schwingungszahlen das Gesetz, dass die Torsionselastizität mit der vierten Potenz des Durchmessers wächst. Oder man berechnet für einen bestimmten Draht die Direktionskraft aus der Schwingungszahl der Scheibe und lässt darauf andere Körper mit bekanntem Trägheitsmoment, z. B. eine quadratische Scheibe, welche am Endpunkt einer Mittellinie aufgehängt ist, an demselben Draht schwingen und zeigt, dass die Schwingungszahlen mit der Theorie übereinstimmend sind.

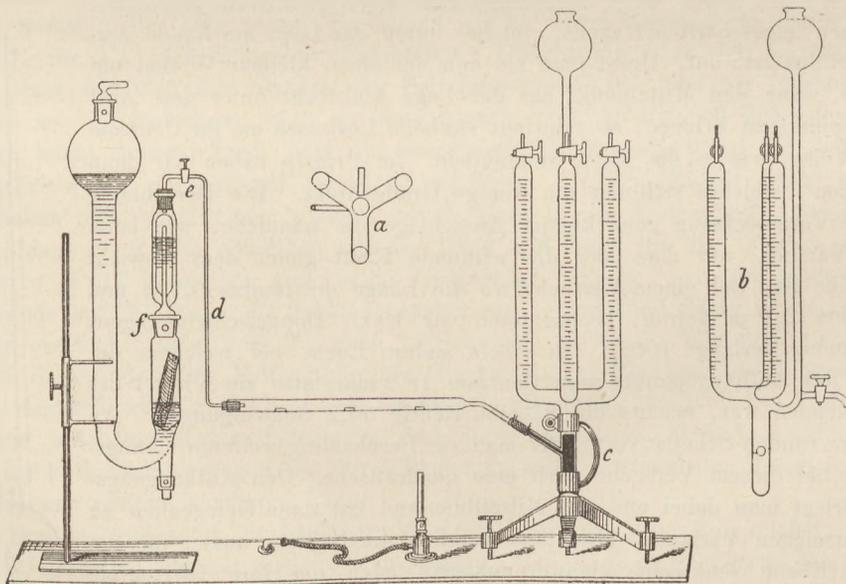
Die vorstehend beschriebenen messenden Versuche, so einfach und interesselos sie für den oberflächlichen Blick auch sein mögen, müssen für den denkenden Schüler einen ganz besonderen Reiz haben. Welche Summe geistiger Arbeit und welcher Aufwand von Logik und mathematischen Kenntnissen verbirgt sich nicht in der Zahl, welche wir für die Schwingungsdauer einer einfachen Blechscheibe berechnet haben? Wenn nun hinterher der Versuch diese Zahl genau zum Vorschein bringt, so liegt darin eine hohe geistige Befriedigung und ein Antrieb zu ernster wissenschaftlicher Arbeit.

### Vorlesungsversuch zur Demonstration der Valenz der Metalle.

Von

Dr. B. Lepsius in Frankfurt a. Main.

Vor kurzem haben L. F. Nilson und O. Pettersson<sup>1)</sup> die Atomgewichte der Metalle der seltenen Erden bestimmt, indem sie abgewogene Mengen der reinen Metalle im trockenen Chlorwasserstoffgase erhitzen und die Menge des dabei in Freiheit gesetzten Wasserstoffs feststellten. Diese Methode lässt sich zu einem Vorlesungsversuche verwenden, die Valenz verschiedenwertiger Metalle zu veranschaulichen<sup>2)</sup>.



Es eignen sich für diesen Versuch nur diejenigen Metalle, welche bei gewöhnlicher Temperatur von trockener Salzsäure nicht angegriffen werden, beim Erhitzen jedoch dieselbe unter Entwicklung von Wasserstoff und Bildung des wasserfreien Chlorides zersetzen.

1) Journ. f. pr. Chem. 1886, 33, 1.

2) Vgl. auch Lepsius, Ber. d. d. chem. Ges. 1888, 21, 556.

Werden hierbei den Atomgewichten proportionale Gewichtsmengen ein-, zwei- und dreiwertiger Metalle verwandt, so verhalten sich die entwickelten Wasserstoffvolumina wie die Valenzen derselben, also wie 1 : 2 : 3 u. s. w. Hierfür lassen sich nun die Metalle Thallium, Zink und Aluminium am besten benutzen. Da die Dampfdichten der Chloride dieser Metalle den Formeln  $TlCl^3$ ),  $ZnCl_2^4$ ),  $AlCl_3^5$ ) entsprechen, so besteht über die Valenz derselben in diesen Verbindungen kein Zweifel mehr. Als vierwertiges Metall dem Versuche das Thorium hinzuzufügen erscheint wegen der Seltenheit derselben unzweckmässig.

Der Versuch wird folgendermaassen ausgeführt: Das trockene Salzsäuregas wird in dem für Vorlesungszwecke unentbehrlichen Norblad'schen Apparate<sup>6</sup>) aus einem Stück sublimierten Salmiaks mittels concentrirter Schwefelsäure entwickelt und in dem aufgesetzten Trockenapparat, welcher ebenfalls mit concentrirter Schwefelsäure angefüllt ist, völlig wasserfrei erhalten. Obgleich der Norblad'sche Apparat (bei *f* in der Figur) eine Regulirvorrichtung besitzt, so ist es doch zweckmässig in das Leitungsrohr *d* bei *e* noch einen leicht gehenden Hahn einzusetzen. Das Rohr wird am unteren Ende durch einen Gummistopfen mit einem ca. 40 cm langen und 15 mm weiten Verbrennungsrohr aus schwerschmelzendem Glase verbunden, welches andererseits passend ausgezogen und in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise an den Messapparat durch ein Stück Gummischlauch angeschlossen ist.

Den Messapparat<sup>6</sup>) habe ich so construiert, dass man die drei zu vergleichenden und zu messenden Gasvolumina nach einander in drei Messröhren auffangen kann, ohne Hähne oder sonstige Umschaltungsvorrichtungen zu benötigen. Die Anordnung ist aus der Figur leicht zu ersehen. Aus dem Verbrennungsrohre treten die Gase in das unten mit Quecksilber abgeschlossene Rohr ein. Über dem Quecksilberabschluss teilt sich dasselbe unter Winkeln von  $120^\circ$  (siehe Fig. *a*) in drei Arme, welche 10 cm genau horizontal laufen und dann im rechten Winkel nach oben gebogen sind. Sie sind durch gut eingeschliffene Hähne verschliessbar und vom Hahn aus möglichst genau in Cubikcentimeter geteilt. Ihre Capacität beträgt ca. 80—100 ccm. Etwas unter dem Kreuzstück ist (siehe Fig. *b*) noch ein Steigrohr mit Reservoir und Entleerungshahn angelötet. Das ganze Rohr wird durch eine auf dem eisernen Dreifuss um die Vertikalaxe drehbare Messingfassung, welche gleichzeitig als Handhabe dient, festgehalten. Der Dreifuss ist mit drei Stellschrauben versehen, welche gestatten den ganzen Apparat genau vertikal zu stellen oder aber ihn nach drei Seiten hin ein wenig zu neigen. Über dem Quecksilber ist der Apparat bis an die Hähne mit ca. 5prozentiger Kalilauge angefüllt, welche mit etwas Lackmus blau gefärbt werden kann.

Vor der Vorlesung werden die doppelten Atomgewichte der drei Metalle in Milligrammen genau abgewogen, (beim Zink und Aluminium verwendet man am besten dünnes Blech oder Draht) und mit Hilfe eines nicht rund geschmolzenen Glasstabes in das Verbrennungsrohr ca. 10 cm von einander entfernt eingeschoben: zuerst 408 mg Thallium, dann 113 mg Zink und schliesslich 54 mg Aluminium. Bei dem Versuche wird der Norblad'sche Apparat vorsichtig geöffnet, sodass ein langsamer Strom von trockener Salzsäure durch das Verbrennungsrohr geht. Sobald bei geöffneten Hähnen die Luft aus demselben völlig verdrängt ist, was man bald aus der lauten Absorption der Gasblasen vernimmt, werden die drei Hähne geschlossen. Man stellt nun eine Bunsen-Lampe unter das Thallium und disponiert den Messapparat so, dass die auftretenden Gasblasen nur in eines der drei Messrohre eintreten können. Dies gelingt leicht, wenn man den Apparat mit Hilfe einer Stellschraube schiefstellt; die Gasblasen sammeln sich alsdann in demjenigen Rohre, welches am Kreuzstück etwas nach oben gerichtet ist. Nach

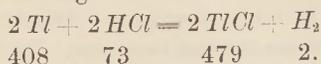
3) Roscoe, Proc. Roy. Soc. 27, 426.

4) V. Meyer u. C. Meyer, Ber. d. d. chem. Ges. 1879, 1197.

5) Nilson u. Pettersson, Zeitschr. phys. Chem. 1. 459.

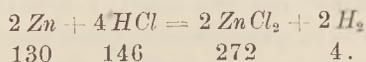
6) Zu beziehen von Dr. Geissler's Nachfolger Franz Müller in Bonn a. R.

wenigen Minuten hat sich dasselbe mit genau 2 mg Wasserstoff oder (normal) 22.32 ccm angefüllt, gemäss folgender Gleichung:

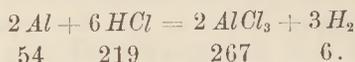


Wenn der Wasserstoff ganz aus dem Verbrennungsrohre ausgetrieben ist und die Salzsäureblasen wieder völlig absorbiert werden, wird der Messapparat umgeschaltet: man ergreift denselben an der Handhabe *c* und dreht mit der anderen Hand den ganzen Dreifuss um 120°, sodass die kommenden Gasblasen in das zweite Messrohr eintreten müssen, welches nunmehr an dem Kreuzstück etwas nach oben gerichtet erscheint.

Gleichzeitig stellt man die Bunsenflamme unter das Zink und nach kurzer Zeit füllt sich das Rohr mit genau 4 mg oder (normal) 44,62 ccm Wasserstoff:



Nach nochmaligem Drehen des Fusses um 120° wird endlich das Aluminium zum Schmelzen erhitzt. In dem dritten Rohre sammelt sich die Wasserstoffmenge von genau 6 mg oder (normal) 67,86 ccm an:



Die Chloride haben sich an den kälteren Stellen des Rohres als Sublimate oder in Gestalt erstarrter wasserheller Tropfen angesetzt — das geschmolzene Thallochlorid zeichnet sich, so lange es heiss ist, durch seine schöne goldgelbe Farbe aus —, nur ganz geringe Spuren von Verunreinigungen der Metalle bezeichnen die Stellen, wo diese gelegen.

Der Messapparat wird nun mit Hilfe der Stellschraube wieder vertikal gestellt. Die Volumina zeigen deutlich das Verhältnis von 1 : 2 : 3 und, um genau abzulesen, ist es nur noch nötig, nacheinander die Flüssigkeitshöhe im Steigrohr durch Ablaufenlassen mit den drei Niveaus in den Messröhren coincidieren zu lassen.

Man hat sich zweckmässig vor der Vorlesung den Coëfficienten ausgerechnet, mit welchem ein feucht gemessenes Volumen unter dem herrschenden Atmosphärendruck und bei der im Hörsaal vorhandenen Temperatur multipliciert werden muss, um in das Normalvolumen verwandelt zu werden; multipliciert man damit die abgelesenen Volumina, so erhält man, wenn man möglichst reine Metalle angewandt hatte, die Normalvolumina von 2, 4 und 6 mg Wasserstoff mit grosser Genauigkeit, woraus sich nach den vorstehenden Gleichungen die Ein-, Zwei- und Dreiwertigkeit der angewandten Metalle ohne weiteres ableiten lässt.

Man kann an dem Apparate noch folgende Abänderungen treffen: Will man sich damit begnügen, nur das Verhältnis der Wasserstoffvolumina 1 : 2 : 3 in der Vorlesung zu zeigen und auf die absolute Messung des Wasserstoffs verzichten, so kann die Teilung weggelassen werden. Auch die Stellschrauben am Dreifuss können entbehrt werden, indem man bei dem Schiefstellen des Apparats und nachher beim Umschalten ein Holzklötzchen unter den betreffenden Fuss legt. Damit der Versuch gelinge, ist es notwendig, dass die Salzsäure völlig trocken sei, man muss daher in dem Entwicklungs-Apparate ganz concentrirte Schwefelsäure anwenden, und jede Feuchtigkeit sowohl aus dem Leitungsrohr *d*, wie auch aus dem Verbrennungsrohr fernhalten, da nur ganz trockene Säure die Metalle bei gewöhnlicher Temperatur nicht angreift. Es ist deshalb zweckmässig, nach dem Gebrauch des Apparates das Leitungsrohr *d* gleich mit Gummischlauchstückchen und Glasstäbchen zu verschliessen, weil es sich sonst sogleich mit Feuchtigkeit anfüllt.

Der Versuch erläutert natürlich umgekehrt die wichtige oben erwähnte Atomgewichtsbestimmungsmethode, welche vor anderen den Vorzug hat, dass die Bestimmung der Gewichtsmenge des gebildeten Wasserstoffs, dieses leichtesten aller Stoffe, auf volumetrischem Wege eine sehr grosse Genauigkeit gestattet, welche auch diesem Vorlesungsversuche zu gute kommt. Auch die Erläuterung des Substitutionsgesetzes lässt sich mit demselben verbinden. Der Versuch dauert nicht ganz 30 Minuten.

## Physikalische Aufgaben.

### Denkaufgaben.

1. Ein Mann steigt in einem durch einen Motor bewegten Tretrade an der absteigenden Seite so auf, dass er an Ort und Stelle bleibt. Wieso leistet er, sein Körpergewicht erhebend, Arbeit, da er doch immer in derselben Höhe bleibt? Er fühlt die Arbeit, dieselbe ergibt sich durch den Verlust des calorischen Äquivalentes bei diesem (Hirn'schen) Versuch, dieselbe steht endlich ausser Zweifel, da es nicht auf die Geschwindigkeit der Stufen, sondern auf die Relativbeschleunigung der Körpermasse gegen die Stufen ankommt. Wo steckt aber die Arbeit? (Vgl. S. 111, Aufgabe 3.)

2. Ein Hohlzylinder (Fig. 1) wird um seine horizontale Axe so gleichmässig gedreht, dass ein darin liegender schwerer Halbzylinder infolge der Reibung eine bleibende Schiefstellung annimmt. Wovon hängt hier die in der Sekunde geleistete Arbeit ab?

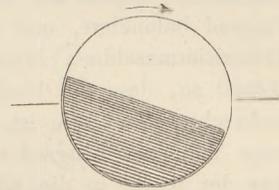


Fig. 1.

3. Zwei Torricelli'sche Röhren (Fig. 2) stehen hart nebeneinander und tauchen in Gefässe ( $m, m'$ ) von verschiedenem Niveau. Was geschieht, wenn die Röhren durch eine Querbohrung miteinander in Verbindung gesetzt werden? Welcher Unterschied ergibt sich, je nachdem die Verbindung oberhalb oder unterhalb des höheren Quecksilberspiegels  $n$  angebracht wird?

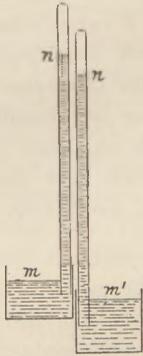


Fig. 2.

4. Nach welchem Gesetze ändert sich der Druck von Stelle zu Stelle in einem Heber (Fig. 3), dessen Mündung bei  $a$  oder  $b$  geschlossen ist? — Welche Modifikation tritt in den Druckverhältnissen ein, wenn der Heber fliesst?

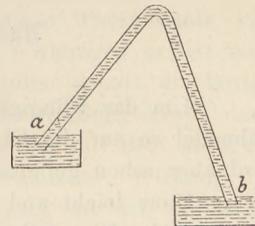


Fig. 3.

5. Eine Leydener Flasche von der Capacität  $C$  und dem Potential  $V$  (also von der Energie  $\frac{1}{2} CV^2$ ) wird durch ein Riess'sches Luftthermometer mit einer Franklin'schen Tafel von gleicher Capacität in Verbindung gesetzt, deren eine Belegung isoliert abhebbbar ist. Hierbei wird die Energie  $\frac{1}{4} CV^2$  in Wärme umgesetzt, während je  $\frac{1}{8} CV^2$  in der Flasche und in der Tafel zurückbleibt. Wird derselbe Versuch in der Weise wiederholt, dass man die Tafel erst nach Herstellung der leitenden Verbindung zusammenlegt, so giebt das Luftthermometer keine Anzeige, während das Endresultat in Bezug auf die elektrische Energie dasselbe ist. Wo ist die Energie  $\frac{1}{4} CV^2$  hingekommen? *E. Mach.*

6. Auf eine Wagschale wird ein Glas Wasser und ein Stück Kork gelegt, welches an einem dünnen Draht steckt; Die Wage wird in's Gleichgewicht gebracht, arretiert und dann der Draht so an einem neben der Wage befindlichen Träger befestigt, dass der Kork von Wasser bedeckt ist. Wie wird sich nun die Wage stellen und welche Kraft kommt am Träger zur Geltung? *J. Henrici, Heidelberg.*

7. Warum benutzt man zu Spectralversuchen paralleles Licht? — Auf welchem Umstand beruht es, dass im Allgemeinen nur bei Brechung durch ein Prisma, nicht aber bei derjenigen durch ein Planglas Farbenzerstreuung eintritt? — Warum beobachtet man beim Spectralapparat das erzeugte Spectrum gerade durch ein Fernrohr?

8. a) Kann aus dem Umstande, dass bei Sonnenaufgang sogleich Strahlen jeder Farbe unser Auge treffen, ein Rückschluss auf gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben durch den Weltraum gemacht werden?

b) Als Anleitung: Wie verhielte es sich hiermit unter Zugrundelegung des Ptolemäischen Weltsystems?

9. Die Sonne sendet uns (wie man sagt) paralleles Licht zu; warum vereinigt sich dasselbe nicht im Brennpunkt einer Linse? — Wie gross ist das von einer Convexlinse von 15 cm Brennweite gelieferte Sonnenbild?

10. Können wir das von einer Linse entworfene reelle Bild eines Gegenstandes direkt wahrnehmen, indem wir, statt es in der Bildebene durch einen Schirm aufzufangen, das Auge selbst an dessen Stelle bringen?

11. Welches Vorzeichen hat die Brennweite einer Luftblase in Wasser oder: Wie ändert sich die Brennweite einer Crown Glaslinse, wenn man dieselbe in Schwefelkohlenstoff bringt?  
*J. Epstein, Berlin.*

12. Man entferne aus dem elektrischen Flugrade alle Strahlen bis auf zwei diametrale, spiesse auf deren Spitzen gleich grosse Hollundermarkkugeln auf, so dass das Flugrad balanciert, und stelle es auf den Conduktor einer gewöhnlichen (Winter'schen) Elektrisiermaschine. Wird nun diese in Thätigkeit gesetzt, so stellen sich die Kugeln alsbald so, dass die Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte auf der Ebene der Glasscheibe senkrecht steht. Wie ist die Erscheinung zu erklären? — Die Erscheinung ist dieselbe, wenn man das Flugrad nahe der Maschine auf den Tisch stellt, natürlich so, dass die Axe des Rades in die Ebene der Scheibe fällt. Wodurch unterscheidet sich aber diese Wirkung von der vorigen?  
*R. Wronsky, Gartz a/O.*

### Kleine Mitteilungen.

#### Nachweis des Flüssigkeitshütchens bei Wasser.

Von Prof. Dr. **G. Krebs** in Frankfurt a. M.

Um das Flüssigkeitshütchen bei Wasser nachzuweisen, versucht man wohl eine Nähnadel so auf die Oberfläche zu legen, dass sie nicht einsinkt. Jeder Experimentator wird aber schon gefunden haben, dass dies eine heikle Aufgabe ist.

Ganz leicht und sicher aber gelingt folgender Versuch: Man streue von nicht zu grosser Höhe Eisenfeile — es braucht nicht gerade ferrum limatum zu sein — auf eine Wasseroberfläche und man wird finden, dass immer ein grosser Teil davon auf der Oberfläche liegen bleibt, ohne unterzusinken.

[Ein einfaches Verfahren zur Anstellung des hier erwähnten Versuchs mit der Nähnadel ist vor längerer Zeit in der Zeitschrift „La Nature“ angegeben worden, ohne indessen anscheinend allgemeiner bekannt geworden zu sein. Man bringt ein Blatt Seidenpapier oder Löschpapier auf die Wasseroberfläche und legt die Nähnadel darauf; das Papier wird allmählich vom Wasser durchtränkt und sinkt auf den Boden des Gefässes, während die Nadel schwimmen bleibt. Man kann den Vorgang beschleunigen, indem man das Papier auf der Oberseite rings um die Nadel benetzt und dann nach unten drückt. Übrigens gelingt es auch ohne Mühe, eine feine Nähnadel mit den Fingern direkt auf die Wasseroberfläche zu legen. *P.*]

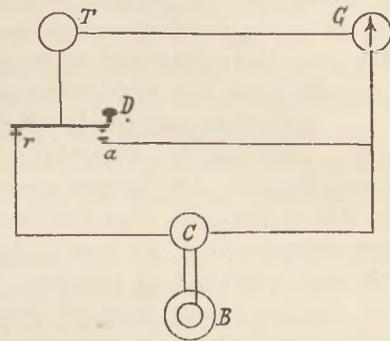
#### Zur Demonstration des Peltier'schen Phänomens.

Von Professor **L. Lechner** in Baden bei Wien.

Soviel mir bekannt, erfreut sich die Darstellung des Peltier'schen Versuches in der Schule nicht jener Verbreitung, welche der überraschenden Eigentümlichkeit desselben entspräche. Die Gründe davon liegen nicht fern: der Versuch mit dem Peltier'schen Kreuz ist, wie auch Weinhold bemerkt hat, ziemlich difficult und scheitert an der geringen Empfindlichkeit der gewöhnlichen Vertikalgalvanometer; ausserdem vermindert erfahrungsgemäss der alsbald sich geltend machende Verdacht, dass Zweigstromwirkungen mitspielen, bei den Schülern leicht das Schlagende seiner Beweiskraft. Das Differential- Luft- oder Ätherthermoskop aber ist teuer und erfordert eine sorgfältige Behandlung; seine Angaben sind einem grösseren Auditorium nicht mehr gut sichtbar, eine Projektion aber lässt sich nur schwierig ausführen.

Ich erlaube mir daher auf eine Anordnung des Versuches aufmerksam zu machen, welche im wesentlichen mit der von Weinhold für den Nachweis der Polarisation vorgeschlagenen übereinstimmt, in der Form aber, wie das nachstehende Schema zeigt, eine Abänderung aufweist und nur Apparate, die in jedem physikalischen Cabinette nach dem (österreichischen) Normalverzeichnis vorhanden sein sollen, zur Voraussetzung hat.

In der beistehenden Figur bedeutet *B* die Batterie (Element), *C* den Commutator, *D* den Druckhebel eines Telegraphenapparates, *G* das Galvanometer, *T* die Thermosäule, *a* den Arbeitskontakt, *r* den Ruhekontakt am Druckhebel. Zu Beginn des Versuches liegt der Hebel am Ruhekontakt, der Batteriestrom durchfließt die Thermosäule und das Galvanometer, dessen Ausschlagsrichtung von den Schülern zu merken ist. Durch eine Drehung am Commutator wird der Strom unterbrochen, die Galvanometernadel geht auf den Nullpunkt zurück. Hierauf wird durch Niederdrücken des Druckhebels auf den Arbeitskontakt das Auftreten eines Thermostromes von entgegengesetzter Richtung am Galvanometer angezeigt. Eine Wiederholung des Versuches mit entgegengesetzter Stromrichtung (durch Umdrehung am Commutator) giebt die vervollständigende Kontrolle<sup>1)</sup>.



Zum Gelingen genügt ein Trockenelement, eine gewöhnliche Thermosäule von Nobili und ein kleines Vertikalgalvanometer. Recht auffallende Wirkungen erzielt man mit einer Thermosäule von Noë. Die Anwendung des Commutators erspart die lästige Schwebehaltung des Druckhebels und ist auch für die analoge Darstellung des Polarisationsstromes sehr zu empfehlen. Ein Nachteil des Versuches, den er mit dem am Peltier'schen Kreuze angestellten teilt, ist der, dass damit nur die sekundäre Wirkung des Hauptstromes, der Thermostrom, nicht aber die Temperaturänderung an den Lötstellen gezeigt werden kann.

### Ein historischer Verbrennungsversuch.

Von Dr. Fr. Poske.

Lavoisier hat (1774) durch einen klassischen Versuch die neuere Lehre von der Verbrennung begründet. Ein Jahrhundert vorher schon hatte Robert Boyle gezeigt, dass Zinn und Blei auch in hermetisch verschlossenen Gefäßen durch Hitze ‚verkalkt‘ werden und dabei eine Gewichtszunahme erfahren, er hatte aber unterlassen, das Gefäß uneröffnet zu wägen, indem er sich von der Vorstellung leiten liess, dass aus der Flamme herrührende feine Stoffteilchen das Glas durchdringen und sich mit den Metallen vereinigen könnten; er hatte dem Versuch eine strenge Beweiskraft zu Gunsten dieser Vorstellung beigemessen, ohne die andere Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass die Gewichtszunahme auf Kosten der in dem Gefäße enthaltenen Luft erfolgt sein könne. Nicht also eigentlich der Umstand, dass Boyle von einer falschen Vorstellung ausging, darf als Grund seines Fehlschlusses angesehen werden, sondern vielmehr der Umstand, dass er nicht sorgsam genug alle anderen Erklärungs-Möglichkeiten erwogen und ausgeschlossen hatte.

<sup>1)</sup> Wie beim Polarisationsstrom, so lässt sich auch hier statt des Morsetasters eine Pohl'sche Wippe (mit sechs Quecksilbernäpfen) verwenden und giebt, bei übersichtlicherer Anordnung, den gleichen Erfolg. Versuche dieser Art hat schon v. Quintus Icilius (*Pogg. Ann.* 1853) benutzt um nachzuweisen, dass die Temperaturänderung an den Lötstellen der Stärke des Ladungsstromes proportional ist. Bemerkenswert ist auch, dass nach A. v. WALLENHOFEN (*Wied. Ann.* 21, 360; 1884) bei unsymmetrisch construierten Thermosäulen der Peltier'sche Strom dem Ladungsstrom gleichgerichtet sein kann. Dies fand bei einer zwanzigelementigen Noë'schen Säule statt, wenn der Ladungsstrom an den Heizstellen vom negativen Metall zum positiven gerichtet war und die Stromstärke 7 Ampère überstieg. — P.

Für Lavoisier war die Richtigstellung des Boyle'schen Versuches dadurch erleichtert, dass er mit einer bereits durch Thatsachen, namentlich aber durch die Kenntnis des Sauerstoffs unterstützten neuen Vorstellung an die Wiederholung des Versuches ging, er bemerkte daher sofort die Möglichkeit, welche Boyle entgangen war, dass nämlich die Gewichtsvermehrung bei der Verkalkung von der Aufnahme eines Bestandteils aus der im Gefäss befindlichen Luft herrühren könne; er schloss, wenn diese Vorstellung richtig sei, so müsse das Gefäss nach dem Versuche genau soviel wiegen wie vorher, es müsse aber eine Luftverdünnung entstanden sein, derzufolge beim Öffnen Luft eindringen und dann allerdings eine Gewichtszunahme des Gefässes bewirken werde (*Oeuvres II, 106*).

Von einer grossen Anzahl Retorten, mit denen Lavoisier den Versuch anstellen wollte, zersprang die Mehrzahl, nur zwei hielten bis zu Ende aus und lieferten das erwartete Resultat. Die Retorten wurden zu dem Zweck mit Zinkstäben im Gewicht von 8 Unzen (ca. 245 g) beschickt, über Kohlenfeuer bis zum Schmelzen des Zinns erhitzt und dann erst ganz zugeschmolzen, da sonst leicht Explosionen durch die in den Gefässen eingeschlossene und stark erhitzte Luft eintraten. Da die Retorten verschiedene Grösse hatten, so stellte sich überdies heraus, dass die Menge von verbranntem Metall mit der Grösse des eingeschlossenen Luftvolums zunimmt; auch erwies sich die Gewichtszunahme des Zinns fast genau so gross wie das Gewicht der verbrauchten Luft.

Der Versuch lässt sich in der Anordnung von Lavoisier schwerlich im Unterricht ausführen, andererseits möchte man ihn in den Elementen der Chemie um so weniger missen, als er sehr augenfällig darthut, dass Gewichtsvermehrung nicht von selbst, sondern nur durch Hinzutritt von Materie statthaben kann. Überdies ist der Versuch, wie die geschichtliche Betrachtung erkennen lässt, in methodischer Hinsicht überaus wertvoll und fruchtbar. Als Ersatz des Zinns aber ist der Phosphor um so geeigneter, da Lavoisier selber an diesem und dem Schwefel zuerst als Grund der Gewichtszunahme bei der Verbrennung die Aufnahme eines beträchtlichen Quantums von Luft erkannt hat (1772). Ein für die Verbrennung des Phosphors eingerichteter, etwas complizierter Apparat wird von A. W. Hofmann in seinen Vorlesungen benutzt (*Ch. Ber. 15, 2659; 1882*).

Mit den einfachsten Mitteln aber kann man den Versuch in der folgenden Weise anstellen: Auf den Boden einer Kochflasche von etwa 400 cem Inhalt bringt man eine Schicht Sand von 1 bis 2 cm Höhe; dann schiebt man durch den Hals der Flasche ein zusammengerolltes Stanniolblatt hinein, breitet es mit Hilfe zweier Holz- oder Metallstäbe auf der Sandschicht auseinander und bringt endlich ein Stückchen Phosphor darauf. Die Flasche wird mit einem Kautschukstopfen luftdicht verschlossen, auf einer Demonstrationswaage gewogen und nun auf ein Sandbad gestellt. Der Phosphor schmilzt und entzündet sich, die Flasche erfüllt sich mit Phosphorsäuredämpfen. Nach dem Abkühlen (das durch vorsichtige Anwendung von kaltem Wasser beschleunigt werden kann) constatiert man zunächst die Nichtveränderung des Gewichts, lüftet darauf den Stopfen für einen Augenblick und findet nunmehr eine Gewichtszunahme von etwa 1 dg.

Noch schöner ist der Versuch, wenn man, wie es Lavoisier that, den Phosphor durch eine nicht zu kleine Linse mittels Sonnenlichtes entzündet; in diesem Fall kann man die Wägung fast unmittelbar nach Beendigung der Verbrennung ausführen. Bringt man in dem Kautschukstopfen eine Glasröhre mit Hahn und enger Öffnung an, so wird man bei nicht zu kleinem Kolben auch das Geräusch der einströmenden Luft wahrnehmen können, wie es Lavoisier beim Abbrechen der Spitze an seiner grösseren Retorte bemerkte.

Zur Ergänzung dieses Versuches wird immer noch die gleichfalls von Lavoisier herrührende Verbrennung von Phosphor in einer durch Wasser abgesperrten Glasglocke anzustellen sein. Überhaupt sei bei dieser Gelegenheit auf die musterergültige Darstellung hingewiesen, welche die Grundthatsachen der neueren Chemie in Lavoisiers 1789 veröffentlichtem ‚*Traité élémentaire de chimie*‘ (*Oeuvres, t. I, Paris 1864*) gefunden haben.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Freier Fall im Vakuum.** Zur Demonstration des Satzes, dass alle Körper im leeren Raum gleich schnell fallen, verwendet J. PULUJ (*Wien. Ber.* 3, Nov. 1887, *Wied. Ann.* 33, 575; 1888) eine Eisenkugel von 1,5 cm Durchmesser und eine leichte Feder, in deren Kiel eine feine Nadelspitze von 2 mm Länge gesteckt ist; beide befinden sich in einer Fallröhre von 4 cm Weite und 150 cm Länge und werden durch einen Elektromagneten festgehalten, der in das eine Ende der Röhre eingeschraubt ist und durch einen kräftigen Strom (3 Bunsen oder Akkumulatorzellen) erregt wird. Bei Unterbrechung des Stromes fallen die beiden Körper gleichzeitig herab; das untere Ende des Rohres ist mit einem Kautschuck-Pfropfen versehen, um es vor dem Anschlagen der Kugel zu schützen.

**Ein Apparat zur Vorführung optischer Beziehungen.** Ein von K. L. BAUER (Karlsruhe) in *Wied. Ann.* 33, 218, 1888 beschriebener Apparat beruht auf dem folgenden Satze. Sind  $AB$  und  $NN'$  (Fig. 1) zwei zu einander senkrechte Durchmesser eines Kreises, und zieht man aus einem beliebigen Punkte  $O$  der Peripherie die durch  $N$  und  $N'$  gehenden Sekanten, welche den Durchmesser  $AB$  in  $C$  und  $D$  schneiden, so bilden die Punkte  $A, B, C, D$  ein harmonisches Doppelpaar. Der Apparat löst die Aufgabe, zu der constanten Strecke  $AB$  beliebige harmonische Punktepaare zu construieren, auf rein mechanische Weise, indem zwei zu einander senkrechte Metallschienen  $ON, ON'$  angebracht sind, welche ihre Lage gegen  $AB$  stetig ändern.  $AB$  ist mit einer verschiebbaren Skala versehen, die nach beiden Seiten über  $A$  und  $B$  hinaus um etwa das Vierfache des Radius fortgesetzt ist. Bringt man noch das Modell eines sphärischen Spiegels (oder einer Linse) in  $A$  oder  $B$  an und bezeichnet  $F$  den Brennpunkt, so kann man zu jedem in der Hauptaxe  $AB$  liegenden optischen Centrum die Lage des Bildes bestimmen, da bei dem sphärischen Spiegel das optische Centrum und das Bild harmonische Teilpunkte der doppelten Brennweite sind, während bei der sphärischen Linse dieselbe Beziehung besteht,

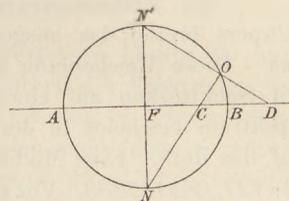


Fig. 1.

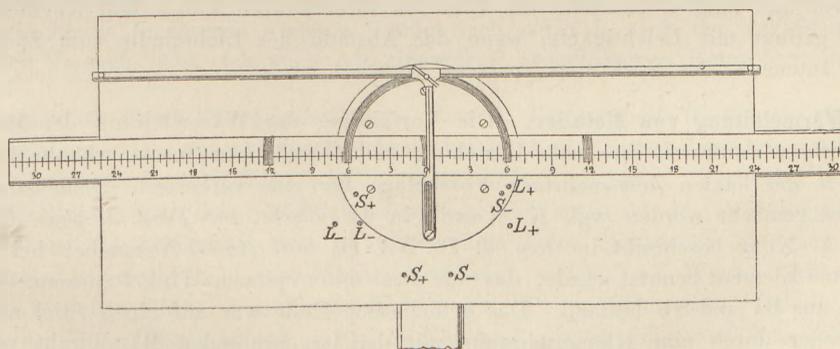


Fig. 2 ( $\frac{1}{20}$  nat. Gr.)

wenn man statt des optischen Centrums seinen „Gegenpunkt“ auf der anderen Seite der Linse setzt. Die Buchstaben  $S$  und  $L$  in Figur 2 bezeichnen die Löcher, welche zum Feststecken der Spiegel- und Linsenmodelle dienen. Die Lage der Centra und Bildpunkte wird durch Messingknöpfe bezeichnet, der Gegenpunkt durch einen schwarzen Knopf. Der Apparat gestattet, wie ersichtlich, auch die Berücksichtigung virtueller Convergenzpunkte. Als einfache Beispiele werden Lupe und Ocular des Galilei'schen Fernrohrs auseinandergesetzt.

**Zur Demonstration der Brechung des Lichtes.** V. L. ROSENBERG beschreibt im *J. d. russ. phys.-chem. Ges. (XIX 1. 7—13, 1887)* einen Glaskasten mit parallelen Wänden, 16 cm l., 7 cm br., 7 cm h., der in ein dickes Brett von 20 cm Länge und Breite [etwa 1 cm tief] eingelassen ist. Das Brett ist mit weissem Papier überzogen. Auf dem Boden des Kastens wird ein mit weisser Ölfarbe angestrichenes Blech so befestigt, dass die Oberfläche desselben mit der des Brettes in einer Ebene liegt. Der Kasten wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Vor dem Kasten ist ein Karton mit einem vertikalen, 2 mm breiten Spalt aufgestellt, durch welchen das Licht einer  $\frac{1}{2}$  m entfernten Kerze auf die Kante eines Glasprismas fällt, das vertikal im Kasten steht. Ein hinter dem Kasten aufgestellter weisser Karton zeigt 3 Bilder des Spaltes. Ein Teil des Lichtes geht, der brechenden Kante vorbei, ungebrochen durch. Der im Wasser befindliche Teil des Prismas zeigt eine Brechung  $n = \frac{9}{8}$ ; die obere Hälfte des Prismas dagegen die des Glases. Den Gang der beiden ersten Strahlen kann man auf der horizontalen weissen Fläche des Kastens und des Brettes direkt verfolgen. — Ersetzt man das Prisma durch eine Cylinderlinse, so erhält man entsprechend verschiedene Brennweiten. Die Wirkung von Hohlprismen und Linsen ist ebenfalls sehr anschaulich. B. K.

**Ein Vorlesungsversuch über Licht-Emission.** Bei allmählichem Erhitzen eines Körpers breitet das ausgestrahlte Licht sich nach und nach vom Roth bis zum Violett aus. Diese Erscheinung kann bekanntlich auf die Weise beobachtet werden, dass man ein Spektroskop auf einen Platindraht richtet, der in einer Bunsenflamme glüht; das Spektrum erscheint in der Mitte vollständig, nach den Rändern zu verkürzt es sich bis auf das Roth. Eine Modifikation dieses Versuches beschreibt P. SIMON im *Journ. de Phys. (2) VII, Févr. 1888*. Vor einem Spektroskop wird eine gewöhnliche Gasflamme aufgestellt; dicht am Spalt wird, senkrecht zu ihm, ein Platindraht ausgespannt, den man durch einen Strom mit eingeschaltetem Rheostaten in veränderlichem Grade glühend machen kann. Bei nicht erhitztem Draht erscheint das Spektrum von einer dunklen Linie quer durchschnitten. Bei Durchgang eines Stromes von wachsender Stärke verschwindet die dunkle Linie zuerst im Roth, sobald das vom Draht ausgesandte rothe Licht dieselbe Intensität erlangt hat wie dasjenige des Spektrums. Bei noch mehr vergrößerter Stromstärke hebt sich die Linie leuchtend vom Roth ab, während sie im Grün verschwindet und im Violett noch dunkel bleibt. Dann schreitet die unsichtbare Partie der Linie allmählich bis ins Violett vor und endlich erscheint die Linie in ihrer ganzen Länge hell leuchtend. Der Versuch gelingt mit Leichtigkeit, wenn der Abstand der Lichtquelle vom Spektroskop, also die Intensität des Spektrums, passend reguliert ist.

**Wärmeleitung von Metallen.** Die Vorführung der Wärmeleitung der Metalle im Unterricht gewinnt durch ihre nahe Beziehung zum Ohm'schen Gesetz erhöhte Bedeutung. Es sind in der letzten Zeit mehrfach Vorschläge für eine verbesserte Demonstration des Vorganges gemacht worden (vgl. K. Noack in der *Ztschr. zur Förd. d. phys. Unt. 1886 S. 67*). A. KURZ beschreibt im *Rep. d. Ph. XXIII, 650 (1887)* Versuche, bei welchen ein Thermo-Element benutzt wurde, das aus zwei unter spitzem Winkel zusammengelöteten Stäbchen aus Bi und Sb bestand. Das gemeinsame Ende war auf einen Stiel aufgesetzt, der entweder durch eine Klemmschraube mit dem zu prüfenden Metalldraht verbunden oder bei dickeren Stäben in Löcher derselben gesteckt werden konnte. Die freien Enden des Thermo-Elements waren mit einem Beetz'schen Vorlesungs-Galvanometer verknüpft. Bei Verwendung einer Bunsenflamme gab ein Eisenstab von 0,43 cm Dicke in den Abständen 4, 6, 8, 10 cm Ausschläge von 16, 10, 8, 5 Graden. Die hieran geknüpfte Berechnung des Verhältnisses zwischen „Wärmeabgabekonstante“ und „Wärmeleitungsconstante“ giebt freilich ein von den genauen Messungen von Wiedemann und Franz erheblich abweichendes Resultat; bei einem Kupferstab war die Abweichung geringer. An Versuchen von Wiedemann und Franz mit einem Kupferstab, dessen eines Ende durch Wasserdämpfe erwärmt wurde, hat sich ziemlich genau das Gesetz

bestätigt, dass zu constanten Längendifferenzen constante Temperaturquotienten gehören. Es entsprachen nämlich den Abständen 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 Zoll die Temperaturen 100, 75.8, 57.4, 43.3, 32.2, 23.0, 15.5 Grad, deren Quotienten der Reihe nach 0.76, 0.76, 0.76, 0.77, 0.72, 0.68 sind. A. KURZ schliesst daraus, dass von den beiden Integrationsconstanten der allgemeinen Lösung  $t = Ce^{ax} + C'e^{-ax}$  die Constante  $C$  in nicht zu grossem Abstand von der Wärmequelle nahezu Null gesetzt werden könne, wie es jenes (von Despretz 1822 aufgestellte) Gesetz erfordert.

**Ein Vorlesungsversuch über Wärmeleitung.** Eine Umkehrung der üblichen Versuche über Wärmeleitung bildet der folgende, von FR. KOHLRAUSCH gelegentlich seiner Untersuchung über das Wärmeleitungsvermögen harten und weichen Stahls beschriebene Versuch (*Sitz.-Ber. Würzb. Phys.-Med.-Ges. 1887, Dezbr.*). Man stellt die zu vergleichenden Stäbe mit den unteren Enden in eine Kältemischung, etwa aus Schnee und Weingeist, und beobachtet die Höhe, bis zu welcher ein Wasser- bez. Eisbeschlag aus der umgebenden wärmeren Atmosphäre stattfindet. So betrug die Beschlagshöhe bei hartem Stahl 72 mm, bei weichem Stahl 92 mm, bei Schmiedeeisen 110 mm. Noch auffälliger wird offenbar die Wirkung sein, wenn Metalle von sehr differentem Leitungsvermögen, wie Kupfer, Eisen, Neusilber angewendet werden.

**Polbestimmung der Influenzmaschine.** Das einfachste Verfahren hierfür ist von O. MUND (*Wied. Ann. 31, 138; 1887*) mitgeteilt worden: Man nähert die Elektroden bei Weglassung der Leydener Flaschen bis auf  $1-1\frac{1}{2}$  cm, dann zeigt sich an der positiven Elektrode eine 1—2 mm lange hell leuchtende Strecke, die sich nach dem negativen Ende hin büschelförmig verästelt. K. L. BAUER bemerkt (*Rep. d. Phys. 24, 8; 1888*), dass die beschriebene Erscheinung im wesentlichen schon von Henley für denselben Zweck benutzt worden ist (vgl. Nicholson in *Gillb. Ann. Bd. 23; 1806*). Auch die Ablenkung einer Flamme nach der negativen Elektrode hin war schon Henley bekannt. K. L. BAUER empfiehlt folgende Anordnung als Vorlesungsversuch: Man richte einen Bunsenbrenner so vor, dass er eine kleine, hell leuchtende Flamme giebt, vernichte die Flamme durch Zudrücken des Schlauches für einen Augenblick, oder durch Ausblasen und führe dann den Brenner gegen die erregte Influenzmaschine, so dass das Leuchtgas zwischen den voneinander entfernten kugelförmigen Elektroden emporströmt; sofort entzündet der schwach leuchtende Funkenstrom das aus Gas und Luft entstandene Gemisch und die erzeugte kleine leuchtende Flamme wendet sich sogleich nach der negativen Elektrode. Der Versuch lässt sich auch mit einer eben ausgeblasenen Kerze anstellen.

**Elektricität durch Tröpfchenreibung.** Von J. ELSTER und H. GEITEL sind Versuche beschrieben, welche mit geringen Mitteln die bei der Armstrong'schen Dampfelektrifizierungsmaschine zu Grunde liegende Thatsache zu demonstrieren gestatten. Verbindet man eine isolierte Metallplatte mit dem Goldblattelektroskop und setzt sie dem Sprühregen eines Zerstäubers aus, so beobachtet man im allgemeinen keine elektrische Erregung. Eine solche tritt jedoch ein, sobald man Flächen anwendet, welche vom Wasser nicht benetzt werden, z. B. junge Blätter von *Tropaeolum majus*, *Tulipa Gesneriana*, *Caladium antiquorum* u. a.; diese Blätter zeigen, mit dem Elektroskop verbunden und dem Zerstäuber ausgesetzt  $-E$ , während der Wasserstaub  $+E$  annimmt. Die Ladung wirkt sogar auf Hollundermarkpendel; bläst man den Wasserstrahl durch ein zur Röhre zusammengerolltes und zur Erde abgeleitetes Blatt von *Caladium* hindurch, so kann man der isolierten Metallplatte kleine Funken entziehen. Auch getrocknete Blätter sind brauchbar, sofern ihre Oberfläche geschont wurde. Die stärksten Wirkungen erhält man in allen diesen Fällen, wenn man die Mündung des Zerstäubers in der Mitte einer Stanniolröhre (etwa 2 cm lang, 1 cm breit) anbringt, wodurch man die Influenzwirkung der elektrisch geladenen Auffangeplatte vermindert. — Dasselbe Verhalten zeigen Metallplatten, die mit Wachs oder Schellack, auch wohl mit Schwefel oder Fett überzogen sind; namentlich

eignen sich dafür schwache konische Metallröhren, die innen einen Wachsüberzug haben. — Die Elektrizitätserregung tritt auch ein, sobald durch genügend hohes Erhitzen eines Metalls seine Benetzbarkeit aufgehoben wird. Man befestigt am Knopfe des Elektroskops einen starken Kupferdraht, dessen anderes Ende zu einer engen Spirale aufgerollt ist; diese wird zur Rotglut erhitzt und dem Strahl des Zerstäubers ausgesetzt, worauf sofort ein Ausschlag der Goldblättchen erfolgt, der bei Anwendung von Alkohol oder Äther noch beträchtlich stärker als bei Wasser ist. Eine länger dauernde Elektrizitätsentwicklung erreicht man, indem man ein Messingrohr in einen Eisenblechschirm einpasst und von der einen Seite dieses Schirmes her durch eine Gebläseflamme erhitzt, während man gleichzeitig den Strahl des Zerstäubers hindurchschickt. Eine isolierte Auffangplatte auf der anderen Seite des Schirmes kann dadurch so viel Elektrizität erhalten, dass eine damit geladene kleine Leydener Flasche einen hellen Funken giebt. (*5. Jahresbericht d. Vereins für Naturw. zu Braunschweig S. 28, vgl. Wied. Ann. 32, S. 74; 1887.*)

**Ein elektrischer Drehapparat als Messinstrument.** In seiner gewöhnlichen Form ist der Drehapparat (Tourniquet) nur ein Demonstrationsapparat zum Nachweis des Elektrizitätsverlustes durch Spitzen und der damit verknüpften Reaktionswirkung. Kämpfer hat vor einiger Zeit (*Wied. Ann. XX, 60f*) versucht es zur Messung elektrischer Grössen zu benutzen. Eine sehr sinnreiche Umgestaltung des Instruments für denselben Zweck wird von E. BICHAT in den *Ann. de Phys. et Chim. 6 sér. t. XII. 64 (1887)* beschrieben. Die Konstruktion stützt sich darauf, dass ein elektrisch geladener dünner Metalldraht, welcher einem Conduktor von gleichem Potential gegenübersteht, nur an der dem Conduktor abgewandten Seite einen Verlust an Elektrizität erfährt. Aus vier hohlen Metallröhren von 0,25 cm Durchmesser ist ein rechteckiger Rahmen von 36 cm Höhe und 8 cm Breite hergestellt, welcher an einem isoliert befestigten Argentandraht von 86 cm Länge und 0,02 cm Dicke drehbar aufgehängt wird. Neben den langen Seiten sind in 2 cm Abstand zwei sehr dünne Platindrähte (von 0,00501 cm Dicke) ebenfalls vertikal gespannt und unten und oben mit dem Rahmen leitend verbunden, derart dass die verbindenden Querarme senkrecht zur Ebene des Rahmens stehen, und dass der eine Draht vor, der andere hinter dem Rahmen liegt. Verbindet man den Rahmen mit dem Conduktor einer Elektrisiermaschine, so erfolgt eine Drehung, deren Geschwindigkeit ein Maass für die Reaktionswirkung der ausströmenden Elektrizität abgiebt. Um Störungen durch ungleichmässiges Entweichen der Ladung zu verhindern, sind der obere und der untere Teil des Apparats mit Metallcylindern umgeben, welche nur das mittlere Stück der vertikalen Drähte frei lassen und mit dem Rahmen leitend verbunden sind. In der unteren cylindrischen Hülle endlich befindet sich ein Gefäss mit Schwefelsäure, in welches ein am Rahmen befestigter Draht mit Dämpfungsvorrichtung eintaucht. Der ganze Apparat steht während des Gebrauchs in einem Gehäuse aus Eisenblech von 1,40 m Durchmesser, welches mit dem Erdboden leitend verbunden ist. Durch Vergleich mit einem absoluten Elektrometer wurde festgestellt, dass die Drehung erst bei einer bestimmten Höhe des Potentials beginnt, welche für positive Elektrizität etwas grösser als für negative ist (69,1 C. G. S. gegen 63,2). Drähte aus Gold oder Silber von demselben Durchmesser verhielten sich ebenso, bei Eisen, Nickel, Aluminium dagegen waren die Anfangswerte bei negativer Ladung schwankend und wurden erst mit der Zeit demjenigen beim Platin gleich, was mit der Oxydierung durch das Ozon zusammenhängt. Der Unterschied zwischen positiver und negativer Ladung würde sich nach einer Maxwell'schen Hypothese dadurch erklären lassen, dass zwischen Metallen und Luft eine elektrische Differenz besteht. Mit steigender Temperatur vermindert sich der Wert des Anfangspotentials beträchtlich, was auf einen bedeutend stärkeren Übergang der Elektrizität auf die Luft hinweist. Bei Rotglut verschwindet auch der Unterschied zwischen positiver und negativer Elektrizität. — Die Natur des umgebenden Gases ist auf den Vorgang von Einfluss, und zwar ist der Anfangswert des Potentials am kleinsten für Wasserstoff, grösser für Luft, noch grösser für Kohlensäure.

**Krystallbildung durch Diffusion.** Taucht man, nach CH. GUIGNET, (*C. R. CIII*, 873; *vgl. Rep. d. Ph. XXIII*, 250; 1887) in eine gesättigte Lösung eines Körpers *A* einen andern *B*, der darin ebenfalls löslich ist, z. B. Paraffin in eine Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff, so scheidet sich der Körper *A* in schönen Krystallen aus. Dasselbe erreicht man, wenn man auf die gesättigte Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff erst reinen Schwefelkohlenstoff und auf diesen eine Flüssigkeit bringt, in welcher der feste Körper gleichfalls, aber in geringerem Grade löslich ist (Öl, Alkohol, Essigsäure, Benzin, Petroleum). Mit zunehmender Diffusion der beiden Flüssigkeiten scheidet sich der Schwefel an eingetauchten Holzstäbchen in schönen Octaedern aus. Ähnliche Erscheinungen (beiderlei Art) lassen sich mit chemisch differenten Salzen hervorrufen, deren concentrirte Lösungen sich in zwei in einander gestellten Schalen befinden und durch eine daraufgegossene Schicht reinen Wassers mit einander in Verbindung gesetzt werden. So verhalten sich  $Na_2SO_4$  und  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$  und  $BaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$  und  $PbCl_2$  u. s. f.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Wärmeleitung in hartem und weichem Stahl.** Die von Wiedemann und Franz nachgewiesene Beziehung zwischen dem elektrischen und dem thermischen Wärmeleitungsvermögen gilt nach FR. KOHLRAUSCH (*Sitz.-Ber. Würzb. Phys. Med. Ges. 1887, Dezbr.*) auch für die verschiedenen Härtezustände des Stahles. Der Verfasser fand für eine harte Stahlsorte das thermische Leitungsvermögen  $K = 0,062$  (gr. Cal./cm. sec.), für eine weiche Sorte  $K = 0,111$ , also um etwa 80% grösser. Das elektrische Leitungsvermögen wurde zu 3,3 bez. 5,5 bestimmt. Das Verhältnis des thermischen zum elektrischen Leitungsvermögen ergab sich daraus bei hartem Stahl = 0,019, bei weichem 0,020; ähnliche Werte folgen aus den früher von Kirchhoff und Hanseman ausgeführten Messungen. Es scheint demnach das Verhältnis der beiden Leitungsvermögen dasselbe zu bleiben, während jedes einzelne von ihnen bis gegen das Dreifache bei verschiedenen Sorten differieren kann.

**Der elektrische Leitungswiderstand des Quecksilbers.** Nach einer vorläufigen Mitteilung von FR. KOHLRAUSCH in den *Sitz.-Ber. Bayr. Ak. d. W. math. phys. Kl. 1888, Heft. 1* hat sich der Wert des Ohm in m/qmm Quecksilber bei 0° auf Grund zweijähriger Beobachtung mit verschiedenen Instrumenten zu **1,0632** ergeben.

**Quermagnetisierung von Stahlstäben.** Wird ein Metallcylinder von einem Strom in der Längsrichtung durchflossen, so muss sich der Cylinder quer magnetisieren; ein jeder Ring des Querschnittes muss sich demnach verhalten wie ein geschlossenes Solenoid oder wie ein magnetisierter Eisenring. Der Nachweis hierfür ist bisher nur indirekt geführt worden (Villari, Wiedemann); P. JANET beschreibt in den *C. R. 14. Nov. 1887* eine Methode, welche den direkten Nachweis liefert. Ein Stahlcylinder von etwa 30 cm Länge und 1,5 cm Durchmesser wird durch einen axialen Schnitt in zwei Hälften gespalten, deren ebene Flächen vollkommen glatt poliert und aneinander gelegt werden. Man lässt einige Sekunden lang einen Strom von 30—50 Ampères hindurchgehen, trennt dann die Hälften, legt auf die ebene Fläche der einen ein Blatt Papier und streut Eisenfeile darauf; diese ordnet sich sofort in gradlinige sehr regelmässige Fäden, welche senkrecht zur Axe des Cylinders gerichtet und von zwei „Pollinien“ parallel zu dieser Axe begrenzt sind. Eine Magnetnadel stellt sich überdies über der ebenen Schnittfläche senkrecht zur Axe des Cylinders.

In einer zweiten Mitteilung (*C. R., 16. Jan. 1888*) wendet der Verfasser das untersuchte Phänomen an, um den Magnetisierungscoefficienten des Eisens zu bestimmen, indem er den Induktionstrom in Rechnung zieht, der durch die Quermagnetisierung in der Achse des Cylinders erzeugt wird. Die Methode hat den Vorteil, dass keine Spirale zur Erzeugung eines magnetischen Feldes angewandt zu werden braucht. Der gefundene Wert ist  $k = 14,5 + 0,833 f$ , wenn  $f$  die magnetische Kraft in einem Punkte des Eisenstabes bedeutet.

**Theorie der Volta'schen Wirkung.** Von J. J. BROWN sind, anschliessend an frühere Arbeiten, Versuche veröffentlicht worden, welche zu Gunsten der chemischen Theorie der Volta'schen Contactwirkung sprechen (*Rep. d. Phys. 1887, S. 731*). Die condensierte Flüssigkeitsschicht an der Oberfläche der Metalle wird vom Verf. nicht als Isolator (wie in De la Rive's Theorie) sondern als elektrolytischer Leiter betrachtet. Durch Versuche an einem Quadrant-Elektrometer weist er nach, dass bei einer Anzahl von Metallcombinationen die elektrische Differenz sich gegen die in Luft beobachtete umkehrt, wenn man sie in eine chemisch verschiedene Atmosphäre bringt; in dieser Weise verhalten sich  $Cu/Fe$  in  $H_2S$ ,  $Cu/Fe$  in  $NH_3$ ,  $Ag/Fe$  in  $H_2S$ ,  $Cu/Ni$  in  $NH_3$ ,  $Cu/Ni$  in  $HCl$ . Dies Verhalten geht parallel damit, dass die elektrische Differenz derselben Metallpaare in einem Wasserelement ihren Sinn umkehrt, wenn dem Wasser die analogen Substanzen ( $K_2S$ ,  $NH_3$ ,  $HCl$ ) zugesetzt werden. Fernere Versuche zeigten, dass durch Trocknen der die Metalle umgebenden Atmosphäre die Potentialdifferenz eine Verminderung erfuhr, die bei Zutritt feuchter Luft sehr bald wieder aufgehoben wurde. Es gelang dem Verf. endlich, indem er die Metallplatten eines  $Cu/Zn$  Condensators genügend weit näherte, ein galvanisches Element aus scheinbar trockenen Metallen zu construieren, bei welchem die aneinander grenzenden Feuchtigkeitsschichten an der Oberfläche der Metalle die Rolle des Elektrolyten spielten. Der Nachweis des Stromes wurde durch Galvanometerablenkung und durch Telephonbeobachtung geführt; dieser Strom konnte durch die Wirkung eines Leclanché-Elements polarisiert werden, der Widerstand der Zwischenschicht des Condensators entsprach 50 bis 100 Ohm. Damit in Zusammenhang lässt sich auch ein alter Versuch von Gassiot setzen, den der Verf. einwandfrei gestaltet, indem er die Kupferplatte des Condensators mit einem Kupferquadranten, die Zinkplatte mit einem Zinkquadranten des Elektrometers verbindet. Dann zeigt sich, dass bei Änderung der Capacität (Näherung der Platten) des Condensators Elektrizitäten auftreten, obwohl nirgends Metallcontact stattfindet. Zur Erklärung der Erscheinungen bezieht sich der Verf. auf die von v. Helmholtz bereits auf die Polarisationsvorgänge angewendete Idee der elektrischen Doppelschicht. Demzufolge wäre eine Zinkplatte mit einer elektrischen Doppelschicht behaftet zu denken, deren  $-$  Ladung sich aussen,  $+$  Ladung innen befindet; beim Kupfer ist eine ähnliche Doppelschicht, aber von geringerem Moment anzunehmen. Ist das elektrische Gleichgewicht mit dem umgebenden Medium hergestellt, so werden die Aussenschichten gleiches Potential, die verschiedenen Metalle aber ungleiches Potential besitzen, und zwar  $Zn$  ein niedrigeres als  $Cu$ ; verbindet man beide metallisch, so fliesst  $+$  Elektrizität von  $Cu$  zum  $Zn$ , und die Luft, welche die Oberflächen der Platten unmittelbar bedeckt, erhält dadurch eine Potentialdifferenz, welche derjenigen vor Schluss der Contactes genau entgegengesetzt ist.

**Chemische Einwirkung von Kohle auf absorbierten Sauerstoff.** CHARLES I. BAKER gelangt bei Untersuchung der Absorption von Gasen durch Kohle (*Journ. of the Chem. 1887, 249; Beibl. d. Ph. XI, 755, 1887*) zu den folgenden Resultaten: 1) Feuchter Sauerstoff, der durch Kohle in Vakuum bei  $-15^\circ$  absorbiert worden ist, wird durch andauernde Erwärmung auf  $12^\circ$  weder frei noch als Verbindung ausgetrieben. 2) Unter denselben Umständen absorbierter feuchter Sauerstoff liefert bei andauernder Erwärmung auf  $100^\circ$  fast reine Kohlensäure. 3) Wird Kohle eine Woche lang mit Wasserdampf von  $100^\circ$  behandelt, so bildet sich keine Kohlensäure. 4) Trockener Sauerstoff, der von Kohle absorbiert war, wird bei  $450^\circ$  als Kohlenoxyd ausgeschieden. 5) Wird Kohle in trockenem Sauerstoff andauernd auf  $100^\circ$  erhalten, so bildet sich kein Kohlenoxyd.

**Künstliche Rubinen.** Von Frémy und Feil sind bereits 1877 kleine Rubinkrystalle künstlich hergestellt worden, die indessen lamellenartig und zerbrechlich und überdies in eine glasige Muttersubstanz fast untrennbar eingebettet waren. Vor kurzem nun (27. Februar 1888) haben FRÉMY und VERNEUIL der Pariser Akademie schön ausgebildete Rubinkrystalle vorgelegt, die nach einem vervollkommenen Verfahren gewonnen sind, indem

Thonerde mit Spuren von Kaliumbichromat bei Rotglut der Einwirkung von Fluoriiren, namentlich von Baryumfluorür ausgesetzt wurde. Die Krystalle scheiden sich in einer porösen und zerbrechlichen Grundmasse aus, von welcher sie leicht durch Zerkleinern und Schlämmen getrennt werden können. Die erhaltenen Krystalle von rhomboëdrischer Form erreichten eine Grösse bis zu 0,6 mm; die Analyse erwies, dass sie aus reiner, nur durch Spuren von Chrom gefärbter Thonerde bestehen. Sie sind völlig durchsichtig und von diamantartigem Glanz, haben die Härte der natürlichen Rubinen und werden wie diese beim Erhitzen schwarz, beim Abkühlen wieder rot. Da die vorgelegten Krystalle nur bei Anwendung kleiner Mengen Substanz und in wenigen Stunden gewonnen wurden, so hoffen dieselben Forscher mit grösseren Massen und bei hinreichend lange wirkender constanter Temperatur Rubinen von grösserem Umfange zu erhalten. (*La Nature* 1888, No. 771.)

**Die neuen chemischen Elemente.** In der vor etwa zwanzig Jahren durch **LOTHAR MEYER** und **MENDELEJEFF** eingeführten Anordnung der Elemente nach steigendem Atomgewicht ergaben sich viele Lücken, aus deren Stellung im Systeme die wichtigsten Eigenschaften für einige der zur Zeit unbekanntenen Elemente erschlossen werden konnten. Von diesen — durch **MENDELEJEFF** 1871 teilweise im voraus angekündigten — noch fehlenden Grundstoffen sind seither folgende zu genauerer Kenntnis gelangt:

	Gallium <i>Ga</i> , weisses, hartes Metall.	Scandium <i>Sc</i> , nur in Verbindungen bekannt.	Ytterbium <i>Yb</i> , nur in Verbindungen bekannt.	Germanium <i>Ge</i> , grauweisses Metall.
Vorausgesagt als	Ekaaluminium	Ekabor	—	Ekasilicium
Entdecker	Lecoq de Bois- baudran 1875	Nilson 1878	Marignac 1878	Cl. Winkler 1886
Vorkommen	in gewissen Zink- blenden	in Gadolinit und Euxenit	im Gadolinit	im Argyrodit
Atomgewicht und Wertigkeit	69,9 — III	44,03 — III	173,01 — III	72,32 — IV
Specifisches Gewicht	5,9	—	—	5,5
Schmelzpunkt	29,5° C.	—	—	etwa 900° C.

Weniger genau sind die Untersuchungen über das Thulium *Tm*, von P. T. Cleve 1880 im Erbin als dreiwertiges Element mit dem Atomgewicht 170,7 aufgefunden, sowie über zwei im Samarskit vorkommende Grundstoffe: Decipium *Dp* (Delafontaine 1878, Äquivalentgewicht 130) und  $Y_{\alpha}$  (Marignac 1880, von Lecoq Gadolinin genannt, Äquivalentgewicht 120,5). — Das Samarium *Sm* und das Holmium *Ho* — ersteres 1879 von Lecoq de Boisbaudran, letzteres 1880 von P. T. Cleve angekündigt — sind wahrscheinlich keine Elemente, sondern Gemische. — Noch streitig ist die Existenz folgender Grundstoffe: Philippium (Delafontaine 1878), Norwegium (Tellef Dahll 1879), ferner Praseodidym und Neodidym, letztere beide von Auer v. Welsbach 1885 durch Zerlegung des Didyms erhalten. — Völlig ungenau sind die Berichte über das Mosandrium (J. L. Smith 1878, Äquivalentgewicht 139,5), Actinium (Phipson 1882), Idunium (Websky 1884), Austrium (Linnemann 1886, wohl mit *Ga* identisch) und Dysposium (Lecoq de Boisbaudran 1887).

*J. Sch.*

## 3. Geschichte.

**J. W. Ritter und das Volta'sche Spannungsgesetz.** In der *Elektrot. Z. IX, 36, 1888* teilt EDM. HOPPE die historischen Thatsachen mit, welche den Jenenser Johann W. Ritter als einen Vorläufer Volta's erscheinen lassen. Ritter lehrte schon 1798, dass bei der Berührung zweier Körper eine nach einer bestimmten Richtung wirkende „Aktion“ stattfindet und dass die Grösse der wirklichen Thätigkeit einer galvanischen Kette gleich der Differenz zwischen der Grössensumme der nach einer Richtung und der nach der entgegengesetzten Richtung bestimmten Aktionen, die Richtung der Thätigkeit aber die der grösseren der beiden Summen sei. Diese Lehre ist zwei Jahre vor der Erfindung der Volta'schen Säule aufgestellt. Ritter war denn auch der erste, der die doppelten Erdplatten an der Säule (1801) beseitigte; er gab bei diesen Anlass eine Auseinandersetzung, die das Volta'sche Spannungsgesetz unverkennbar antizipiert. In einer aus Zink-Wasser-Silber-Elementen gebildeten Säule, die durch Golddrähte in Wasser geschlossen wird, kommen nach seiner Darstellung nur die Aktionen von Silber/Zink zur Wirkung. Er betrachtet nämlich in der Reihe *W.G.Z.W.S.Z.W.S.G.W* als Bestimmungsgründe für den Strom die Metallpaare *GZ*, *SZ* und *SG*. Von diesen seien *GZ* und *SZ* gleichliegende Bestimmungsgründe, da in beiden *Z* den Oxygenpol darstelle. Dagegen liege *SG* diesen beiden entgegengesetzt, da hier *S* der Oxygenpol sei. *GZ* bestehe aber aus *SZ + GS*, *GS* werde durch *SG* gerade aufgehoben, folglich bleiben genau *2SZ* als Wirkungsgrund der Batterie übrig. Ritter hatte somit, wesentlich aus den chemischen Vorgängen in der Kette, ein Verhalten gemutmaast, das durch Volta's elektroskopische Messungen glänzend bestätigt wurde. Damit im Zusammenhange steht, dass Ritter das erste sekundäre Element konstruierte, und dass er zuerst Ketten aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten (z. B. Kalilösung-Metall-Wasser) herstellte.

Auch in Bezug auf die Wasserzersetzung durch die Volta'sche Säule hat Ritter die Priorität. Nachdem A. v. Humboldt die Zersetzung des Wassers, ebenfalls vor Erfindung der Volta'schen Säule, beobachtet und beschrieben hatte (*Üb. d. gereizte Muskel- und Nervenfasern I, 472; 1797*), führte Ritter die von diesem angestellten Versuche weiter, erkannte den Zusammenhang zwischen der elektrischen Erregung und der chemischen Wirkung und stellte zuerst mit der Volta'schen Säule Wasserstoff und Sauerstoff getrennt dar (*Beitr. z. näheren Kenntn. d. Galv. I, 111—284; 1800*); er führte auch zuerst die Synthese des Wassers durch den elektrischen Funken aus, zersetzte Metallösungen und fand gelegentlich der Gold- und Silber-Fällung, dass man auf diesem Wege das Metall am reinsten erhalte.

**Zur Metallurgie des Goldes bei den Alten.** Um kleine Teilchen edler Metalle von losen Gesteinen zu scheiden, dient gegenwärtig als vollkommenstes Hilfsmittel die Amalgamation. Dass diese schon im 3. Jahrhundert n. Chr. bekannt war, geht aus den zu jener Zeit von Zosimus verfassten Schriften hervor, welche Berthelot in seiner so dankeswerten „Collection des alchimistes grecs“ kürzlich zum ersten Male veröffentlicht und übersetzt hat. (Vgl. auch Berthelot, „traitement des sables aurifères par amalgamation chez les anciens“, *C. R. CVI, No. 13*). — Der bis in die Neuzeit hinein die höchste Autorität geniesende Alchemist giebt das Verfahren etwa in folgender Weise an: Die Erde von den Ufern des goldführenden ägyptischen Flusses ist zu kneten und zu erhitzen, alsdann in irdenen Gefässen mit Quecksilber und Wasser zu behandeln; schliesslich soll die durch Pressen gereinigte Masse einer Art Destillation unterworfen werden, wobei der Deckel des Gefässes durch einen Schwamm mit Wasser zu kühlen ist. „Nach dem Erhitzen“, sagt Zosimus, „wirst du das, was du suchst, [nämlich das Gold] finden.“ — Die Werke des Zosimus enthalten neben theoretischen Abhandlungen über die Metallverwandlung noch andere thatsächliche chemische Recepte, sowie Beschreibungen von Instrumenten.

J. Sch.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Über physikalische Lehrbücher.** Anknüpfend an ein weitverbreitetes Lehrbuch unterzieht A. HÖFLER in einem Aufsätze ‚zur Methodik des Unterrichtes in der Physik‘ (*Ztschr. f. d. österr. Gymn.* 1887, H. 12, 893—913) eine Reihe von Übelständen in der bisherigen Unterrichts- und Lehrbuch-Verfassung einer besonnenen Kritik. Vom Gesichtspunkte der Logik aus erscheint vieles Einzelne der Besserung bedürftig; wichtiger noch ist, dass gewisse Unzukömmlichkeiten allgemeinen Charakters als solche bezeichnet werden. Die sogenannte Einleitung „über die allgemeinen Eigenschaften der Körper“ wird als dem eigentlichen Zwecke einer wissenschaftlich und didaktisch angemessenen Einführung des Anfängers in die Physik geradezu zuwiderlaufend erklärt. Statt dessen würden kurzgefasste Aufklärungen über Gegenstand, Aufgabe und Methode der Physik am Platze sein, wobei es vor allem darauf ankäme, es dem Schüler recht deutlich und überzeugend fühlbar zu machen, dass und warum die unwissenschaftliche Naturbetrachtung einer Vervollkommnung durch eine besondere Wissenschaft bedürfe, und in welchen Beziehungen (namentlich allen quantitativen) diese vervollständigend und präzisierend eingreifen müsse. Hieran würde sich ein Rundblick über die Fülle und Verschiedenartigkeit der physikalischen Erscheinungen anschliessen, worauf sogleich die systematische Behandlung der Mechanik zu folgen hätte. — Ein anderer Fehler besteht darin, dass die mechanischen Theorien an die Spitze gestellt werden, ehe noch die Thatsachen und Gesetze dargelegt sind, zu deren Erklärung jene Theorien ausgearbeitet worden sind. Dies führt dann zu Verkehrtheiten wie die, dass der Satz von der Äquivalenz zwischen Wärme und Arbeit als wichtigstes ‚Ergebnis‘ der mechanischen Wärmetheorie bezeichnet wird, oder dass die Kepler'schen Gesetze entgegen dem logischen und historischen Wege nur als Ableitungen aus den Gesetzen der Centralbewegung erscheinen (statt dass umgekehrt das Newton'sche Gesetz aus ihnen hergeleitet und die vorher bezeichnete Deduktion als Übung an zweiter Stelle herbeigezogen wird); man denke ferner an ein Dogma wie ‚Alle Erscheinungen in der Physik sind Bewegungserscheinungen‘ auf S. 2 eines Lehrbuches, oder an den Unfug, der mit dem Energie-Princip getrieben wird. — Überzeugt von der ‚Unersetzlichkeit naturwissenschaftlicher Bildungselemente gerade für das höchste humanistische Bildungsideal‘, weist HÖFLER am Schluss zusammenfassend auf die Reformbedürftigkeit des Unterrichts wie der Lehrbücher hin: ‚Noch immer tritt nur zu häufig die Tendenz des Lehrbuches, eine möglichst ausgiebige Fülle von Einzelheiten in den Schüler hineinzustopfen, den unvergleichlich höher zu stellenden Bemühungen der Schule, zu logischer Beherrschung des Stoffes und zum Verständnis der Methoden einer empirischen Wissenschaft überhaupt anzuleiten, hemmend in den Weg‘. P.

**Zur elementaren Herleitung der Pendelgleichung.** Eine Darlegung von A. SCHMITZ (Neuburg a. D.) in den *Bl. f. d. Bayer. Gymn.-Schulw.* XXIII, 502 (1887) knüpft an einen ebenda (1877) von Heel gegebenen Gedankengang an, dessen Hauptpunkte folgende sind. 1.) Bei kleinem Ausschlagswinkel  $\alpha$  ist  $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha$ , daher die Beschleunigung eines und desselben Pendels bei doppeltem  $\alpha$  verdoppelt, daher die Schwingungszeit die gleiche. 2.) Für zwei Pendel von den Längen  $l_1, l_2$  mit gleichem Ausschlagswinkel  $\alpha$  lässt sich durch Zerlegung in correspondierende Bogenstücke und unter Anwendung der Gesetze der schiefen Ebene zeigen, dass  $\sqrt{l_1} : \sqrt{l_2} = t_1 : t_2$ . 3.) Für zwei gleichlange Pendel, die verschiedenen Schwerkraften  $g_1, g_2$  unterworfen sind, findet man ähnlich  $t_1 : t_2 = \sqrt{1/g_1} : \sqrt{1/g_2}$ . 4.) Aus den beiden letzten Gleichungen folgt endlich für zwei Pendel von verschiedener Länge und bei verschiedenen Schwerkraften  $t_1 : t_2 = \sqrt{l_1/g_1} : \sqrt{l_2/g_2}$  und daraus

$$t_1 = c \sqrt{\frac{l_1}{g_1}},$$

worin  $c$  sich bestimmen lässt als  $c = t$ , wenn  $l_1 = 1$  und  $g_1 = 1$  gesetzt wird. Zur Berechnung von  $c$  zerlegt der Verf.  $\alpha$  in  $n$  gleiche Teilwinkel  $\delta$ , bestimmt für jedes der

zugehörigen Bogenstücke die mittlere Geschwindigkeit und daraus die Zeit des Durchlaufens, und summiert, um  $t=c$  zu finden, die gefundenen Werte für die Einzelzeiten. Nach einigen Umformungen ergibt sich ein Ausdruck von folgender Gestalt:

$$\frac{1}{2} c = n - 2 \sum_{q=1}^{q=n-1} \frac{\sqrt{n^2 - q^2}}{4q^2 - 1}.$$

Diese Reihe liefert z. B. für  $n=8$  den Wert  $c=1,5864$ , während  $\pi/2=1,5708$  ist. Das Verfahren, das als mathematische Übung interessant sein mag, dürfte indessen kaum als Ersatz für eine prinzipiellere Herleitung der Pendelgleichung in Betracht kommen, da diese Gleichung zu fundamental ist, als dass man sich mit einer so näherungsweise Bestimmung der Constanten  $\pi/2$  begnügen könnte. Die klassischen Überlegungen von Galilei und Huygens (über die Gleichheit der Endgeschwindigkeiten bei beliebig geneigter Bahn und über den Zusammenhang der gleichförmigen Kreisbewegung mit der harmonischen Bewegung auf dem Durchmesser) sind zudem so einfach, dass kein Grund vorliegt, sie durch andere, weniger einfache und weniger exakte zu ersetzen. P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Neue Form des Bunsen-Elements.** Das Bunsen-Element hat in seiner gebräuchlichen Form den Übelstand, dass die an der Kohle befindliche Messingklemme bald von der Säure angegriffen wird. Zunächst zu praktischen Zwecken (Elektrolyse) ist daher die folgende Anordnung getroffen worden, durch welche die Instandhaltung des Elements erheblich erleichtert wird. Der prismatische Kohlenstab ist von kreuzförmigem Querschnitt, 50 cm hoch und 9 cm in den beiden grössten Durchmessern breit, dies Kohlenprisma hat an seinem oberen Ende senkrecht zur Stirnfläche eine Bohrung von 3 cm Tiefe und 1,5 cm Weite, in welcher ein Ebonitrohr von 15 cm Länge und etwas enger als die Bohrung steckt. Dieses Ebonitrohr enthält einen, mit Paraffin eingegossenen 5 mm dicken Kupferstab, dessen unteres Ende einen 6—8 mm breiten 4 cm langen Platinblechstreifen angelötet trägt; der Kupferdraht reicht nur bis etwa 1 cm vom unteren Ende der Röhre, der überstehende Platinstreifen wird an der Aussenwand der Röhre in die Höhe gebogen, so dass er zwischen die Röhre und die innere Wand der Bohrung zu liegen kommt. Die Befestigung in der Bohrung geschieht dadurch, dass ein Ebonitkeil zwischen Röhrenwand und Platinstreifen getrieben wird. — Der zugehörige Zinkcylinder hat 45 cm Höhe und 16 cm inneren Durchmesser, er ist an der Aussenseite getheert und trägt einen (auch 5 mm dicken) Kupferdraht, welcher wie der von der Kohle ausgehende zweckmässig zweimal rechtwinklig gebogen ist, so dass die nach unten gerichteten und verquickten Enden in zwei fest angebrachte Quecksilbernäpfchen eingesenkt werden können. Es ist vorteilhaft, die zu verquickenden Enden erst gut zu versilbern, weil das Silberamalgam an der Luft weniger leicht oxydiert. Auf das Thondiaphragma kann zum Schutz vor Säuredämpfen eine durchbohrte Glasplatte gelegt werden. Als Füllung wird für Kohle 36procentige Salpetersäure mit  $\frac{1}{3}$  Vol. conc. englische Schwefelsäure, für Zink Wasser mit 1—3% Schwefelsäure und etwas Quecksilbersulfat empfohlen. Ein solches Element giebt anfänglich 6 Ampère Stromstärke bei 1,8 Volt; nach vierwöchentlichem Gebrauch bei täglich zehn Stunden ununterbrochener Arbeitsdauer arbeitet es noch mit 2 Ampère, wenn man es jeden Abend in der Weise auseinandernimmt, dass man den Zinkcylinder auf einen Holzrost, die Kohle mit dem Diaphragma und der Säure in ein geeignetes Steingutgefäss stellt. Beim technischen Gebrauch lieferte dieses Element unter normalen Badverhältnissen eine stündliche Niederschlagsmenge von durchschnittlich 12—16 g Silber, nach vierwöchentlichem Gebrauch noch 5 g in der Stunde. (Aus den *Bayr. Ind.- u. Gew.-Bl.*, nach *Centralz. f. Mech. u. Optik.* IX., 33.)

### Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Einführung in das Physikalische Praktikum** von R. T. Glazebrook und W. N. Shaw.  
In deutscher Übersetzung herausgegeben von W. Schloesser. Mit 86 Figuren.  
Leipzig, Quandt u. Haendel, 1888, XV u. 462 S. M. 7,50.

Das Buch soll dem Anfänger eine Anleitung geben, sich mit den Methoden des physikalischen Experimentierens vertraut zu machen. Die Verfasser haben die gestellte Aufgabe mit grossem Geschick gelöst, indem sie aus allen Gebieten der experimentellen Physik die grundlegenden Versuche ausgewählt und gleichzeitig durch eingeschobene theoretische Betrachtungen dafür Sorge getragen haben, den Anfänger für die Anstellung schwierigerer Untersuchungen vorzubereiten und ihm in die feineren Methoden der messenden Versuche einzuführen. Besonders hervorzuheben ist noch der Umstand, dass die Versuche sich mit einfachen Hilfsmitteln ausstellen lassen und auch in kleineren Laboratorien mit Erfolg vorgenommen werden können.

Nach einer Einleitung über die physikalischen Messmethoden wird mit besonderer Sorgfalt das absolute Maass-System behandelt. Gerade dieses Kapitel, welches in den meisten Büchern nur anhangsweise abgethan wird, ist hier mit einer vorzüglichen Klarheit und Einfachheit dargestellt, so dass der Anfänger mit Leichtigkeit mit den naturgemässen Quellen der verschiedenen Einheiten der physikalischen Grössen vertraut gemacht wird und sich die betreffende Umsetzung der experimentellen Thatsachen in Zahlenverhältnisse aneignet. Das nächste Kapitel bespricht die elementaren Methoden des physikalischen Rechnens, die bei den Versuchen erreichbare Genauigkeit, Correktionen, Beobachtungsfehler etc. Hieran schliessen sich Übungen in der Messung einfacher Grössen, wie Längenmessungen mittels des Tastzirkels, Sphärometers, Kathetometers, Messungen von Maassen und Bestimmungen specifischer Gewichte, wobei alle wichtigen Vorübungen an der Wage eingehend behandelt werden. Der folgende Abschnitt führt eine Reihe praktischer Übungen aus dem Gebiete der Mechanik fester, flüssiger und gasförmiger Körper vor. In dem Kapitel Akustik findet man die wichtigsten Versuche über die Schwingungszahl, Geschwindigkeit des Schalles, Wellenlängen etc., insoweit sich dieselben mit elementaren Hilfsmitteln ausführen lassen. Darauf folgen Übungen aus der Wärmelehre, wie der Thermometrie, Kalorimetrie, Dampfspannung und Hygrometrie. Die Optik enthält die wichtigsten photometrischen Übungen, Messung der Brennweiten der Spiegel und Linsen, Bestimmung der Vergrösserung optischer Instrumente, Spektroskop, Spektrometer, einige Versuche aus der Polarisation des Lichtes und der Farbenempfindung. Die letzten Kapitel beschäftigen sich mit Übungen aus dem Gebiete des Magnetismus und der Elektrizität, wobei namentlich die Fundamentalmethoden der praktischen Messung von Stromstärke, Widerstand, elektromotorischer Kraft etc. berücksichtigt sind. — Dem Lehrer der Physik kann das Buch als guter Ratgeber willkommen sein, indem es eine Reihe von Aufgaben und Versuchsanordnungen enthält, die sich im physikalischen Unterrichte wohl verwenden lassen.

*P. Szymanski.*

**Leitfaden für den wissenschaftlichen Unterricht in den Anfangsgründen der Chemie.**

Von W. Casselmann, für Gymnasien, Realschulen und zum Selbstunterrichte.

5. Auflage, bearbeitet von Georg Krebs. Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1887.

Teil I, XV u. 139 S. M. 2,40. Teil II, XV u. 137 S. M. 2.

Die auch in der neuen Auflage beibehaltene Eigentümlichkeit dieses Lehrbuches besteht in der Verteilung des Unterrichtsstoffes auf zwei (auch äusserlich getrennte) Kurse derart, dass bereits der erste für die Obersekunda bestimmte Teil nahezu sämtliche Elemente behandelt, welche im Unterrichte überhaupt betrachtet werden, und der zweite eine Wiederholung und möglichst umfassende Ergänzung des ersten bildet. Erst im zweiten Kursus wird die Ableitung der Atomgewichte aus den Dampfdichten vergasbarer Verbindungen und aus der Atomwärme gegeben, während im ersten nur die stöchiometrischen Gesetze angeführt und die Atomgewichte ohne weitere Erörterung zusammengestellt werden.

Ferner sind im zweiten Kursus auch einzelne Teile der physikalischen Chemie, wie die Dissociation, die Grundsätze der Thermochemie und die Berechnung der Flammentemperatur aus der Verbrennungswärme berücksichtigt. Ein Anhang enthält eine Anleitung zur qualitativen Analyse, die sich allerdings nur auf den Nachweis je eines Metalles und einer Säure in einer Verbindung beschränkt und die eigentliche Trennung der Elemente unberücksichtigt lässt. Die erwähnte Teilung des Stoffes hat ohne Zweifel bedeutende Vorzüge. Sie zwingt zu der im naturwissenschaftlichen Unterrichte leider nur zu oft vernachlässigten Wiederholung der vorhergegangenen Pensen und befestigt die früher erworbenen Eindrücke in trefflichster Weise dadurch, dass die dort gebotenen Anschauungen dem gereiften Schüler grösstenteils noch einmal vorgeführt werden. Was die Verteilung im einzelnen betrifft, so ist vielleicht der erste Kursus im Vergleich zu dem zweiten zu umfangreich, und manches (z. B. die kurze Betrachtung des Cyans im Anschluss an die Halogene und vor Behandlung von C und N) bliebe besser der späteren Stufe vorbehalten. — Die Sprache ist durchweg klar, der Ausdruck knapp und präcis. Von Ungenauigkeiten, die dem Referenten aufgefallen sind, mögen nur die folgenden erwähnt werden. Mit Flamme verbrennen Körper, welche gasförmig sind oder gasförmige Zersetzungsprodukte liefern. Auf den Aggregatzustand der Verbrennungsprodukte kommt es hierbei nicht an (I, 38 und I, 83). — Schwefelkies zersetzt sich nur bei Luftabschluss in der I, 53 angegebenen Weise. Es fehlt die wichtige Angabe, dass die Röhre, in welcher die Erhitzung stattfindet, einseitig verschlossen sein muss. — Das Schwefelgas ist nicht gelb, sondern dunkelbraun (I, 53). — Ob die unterschweflige Säure wirklich VI-wertigen Schwefel enthält, also ein Abkömmling der Schwefelsäure ist (I, 57 und Strukturformel II, 45), ist doch noch sehr zweifelhaft. —  $NH_3$  vereinigt sich mit  $CaCl_2$ , wird aber nicht unter Zersetzung absorbiert (I, 63). —  $AsH_3$  entsteht nicht allgemein durch Einwirkung von naszierendem Wasserstoff auf eine Arsenverbindung (I, 71). Aus  $As_2S_3$  erhält man z. B. unter diesen Umständen nicht  $AsH_3$ . — Zur Darstellung von  $KOH$  verwendet man gelöschten, nicht gebrannten Kalk (I, 90); dasselbe gilt für  $NaOH$  (I, 93). — Blei- und Zinkweiss sind nicht die neutralen Carbonate (I, 98), ebensowenig das durch Fällung entstehende Magnesiumcarbonat, *M. alba* (I, 100). — Der Druckfehler (II, 31) zweifach saures salpetersaures Blei anstatt zweifach basisches s. B. ist sehr störend. — Schwefel brennt im  $N_2O$  weiter, wenn er genügend stark erhitzt war (II, 51). — Von einer Legierung des Siliciums mit Magnesium kann man wohl nicht gut sprechen (II, 71). Auf derselben Seite steht Natriumwassergas statt -wasserglas. — Ein Natriumaluminiumfluorid von der II, 91 angegebenen Formel existiert nicht. S. 93 steht die richtige Formel. *H. Böttger.*

**Methodischer Leitfaden der unorganischen Chemie.** Induktive Einführung in das Verständnis chemischer Vorgänge unter Berücksichtigung der Thermochemie. Für höhere Lehranstalten. Von L. Knöpfel. Oppenheim, Wilh. Traumnüller, 1888. VII und 99 S. M. 1,20.

Das Hauptgewicht dieses Leitfadens liegt in der chemischen, besonders in der thermochemischen Theorie. Die Einführung in dieselbe wird auf induktivem Wege versucht, indem nach Angabe von Experimenten — die freilich wie die kalorimetrischen und Dissociationsversuche wohl kaum im Schulunterrichte ausführbar sind und daher leicht zu dogmatischem Vortrage verführen können — allgemeine Ergebnisse und Gesetze ausgesprochen werden. Der Gang ist rasch fortschreitend; schon auf S. 8 findet sich in folgender Form der thermochemische Grundsatz: „Die Bildungswärmen der Verbindungen sind ein allerdings noch nicht genau ermitteltes Maass für die chemische Anziehung der Elemente.“ Ob dieser nur unter vielfacher Einschränkung geltende Satz zu einem Fundamente im Unterrichte geeignet sei, bleibe dahingestellt. — Die Atomlehre wird erst bedeutend später begonnen, die Darstellung derselben ist knapp und genau; jedoch ist zu wenig betont, dass, wie die Verbindungen, auch die Elemente aus Molekeln bestehen. — Was die chemischen Thatsachen betrifft, so sind nur die wichtigsten Stoffe behandelt. Der übliche Gang, die

Elemente zusammen mit ihren Verbindungen zu betrachten, ist nicht befolgt; vielmehr werden zuerst die binären Verbindungen, dann Basen, Säuren und Salze, dazwischen die Grundstoffe selbst, sowie in besonderen Abschnitten die allgemeinen Reaktionen besprochen. Die Individualität der chemischen Körper leidet bei diesem Verfahren; so sind die physikalischen Eigenschaften des Schwefels auf Seite 3, seine Verbrennung auf Seite 17, seine Verbindung mit Wasserstoff auf Seite 26 angegeben u. s. f. — Desgleichen ist es zwar theoretisch statthaft, aber für die Schule nicht empfehlenswert, den Schwefelwasserstoff und das Wasser unter den Säuren und demgemäss die Metall-Sulfide und Hydroxyde unter den Salzen aufzuführen (S. 60). Hieraus ergeben sich Schwierigkeiten für den ersten Zweck des chemischen Unterrichts, die „Bekantschaft mit den wichtigeren Elementen und ihren Verbindungen.“ — Schliesslich sei noch die grosse Zahl guter historischer Notizen hervorgehoben; sie machen im Verein mit dem theoretischen Material das Buch für den Lehrer der Chemie, vielleicht auch für fortgeschrittene Schüler, zu einer anregenden Lektüre.

*J. Schiff.*

**Einfachere gewichtsanalytische Übungsaufgaben** in besonderer Anordnung nebst Einleitung als Vorwort: Einiges über Unterricht in chemischen Laboratorien. Von Dr. F. Muck. Mit 17 Textabbildungen. Breslau, Eduard Trewendt, 1887. 69 S. M. 2,40.

Die vorliegende Schrift geht von dem neuerdings vielfach verteidigten Grundsatz aus, dass der praktisch-chemische Unterricht nicht mit der qualitativen, sondern mit der quantitativen Analyse beginnen müsse, da auf diesem Wege am sichersten exaktes Arbeiten zu erreichen sei. Dementsprechend enthält es 13 einfache Beispiele zur Gewichtsanalyse, deren Ausführung genau und verständlich beschrieben ist. Als Ausgang dienen Metalle (*Cu, Pb, Co, Ni*) oder wichtige Verbindungen (*NaCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>* u. s. w.). — Statt des Mangans und Kobalts hätten vielleicht Elemente, die dem Anfänger noch näher liegen, wie Zinn und Zink, gewählt werden können. Das Atomgewicht des Urans ist nach der Stellung desselben im periodischen Systeme besser zu verdoppeln (also *Ur = 240* zu setzen); selbstverständlich müsste das Uranarseniat alsdann statt *Ur<sub>4</sub>As<sub>2</sub>O<sub>11</sub>*, wie Verfasser schreibt, *Ur<sub>2</sub>As<sub>2</sub>O<sub>11</sub>* formuliert werden. — Das Werkchen, welches von reicher Erfahrung in der Laboratoriumspraxis zeugt, ist für den Unterricht an Fachschulen zu empfehlen. *J. Schiff.*

**Elektrische Apparate, Maschinen und Einrichtungen.** Von W. E. Fein. Stuttgart, J. Hoffmann, 1888. XII und 392 S.

Das Werk enthält eine Sammlung von Beschreibungen, die zum Gebrauch für Techniker, sowie zu Lehrzwecken und zum Selbstunterricht bestimmt ist. Die Apparate sind sämtlich aus den Werkstätten des Verfassers hervorgegangen; unter ihnen sind, als für den Schulgebrauch geeignet, besonders die Dynamo-Maschinen und ein zu ihnen konstruierter Elektromotor, elektrische Lampen, Akkumulatoren und Wasservoltmeter zu nennen. *P.*

**Anweisung für den elektrischen Lichtbetrieb.** Für Inhaber elektrischer Beleuchtungsanlagen zusammengestellt von Dr. Oscar May. Leipzig, F. W. Biedermann, 1888. 16<sup>o</sup>. 57 S.

**Programme. Ostern 1888.**

Zur Theorie des Segelns. Von E. Gerlach. Pr. Nr. 99, Luisenstädtische Oberrealschule, Berlin. (Mit 1 Tafel).

Über elektrische Induktion. Von A. Hempel. Pr. Nr. 98, Friedrichs-Werdersche Oberrealschule, Berlin. (Mit 7 Holzschnitten).

Stuart Mills Zahlbegriff. Von C. Th. Michaëlis. Charlotten-Schule, Berlin.

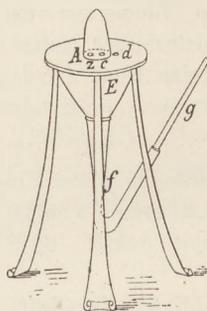
Elementare Darstellung der Mondbahn. Von H. Thurein. Pr. Nr. 94, Dorotheenstädtisches Real-Gymnasium, Berlin.

Tonstärke-Messung. Von E. Grimsehl. Realgymnasium des Johanneums, Hamburg. (Mit 4 Tafeln).

## Versammlungen und Vereine.

**Über die historische Entwicklung der Quecksilber-Luftpumpen.** Vortrag von Sil. P. Thompson in der Society of Arts, London, November 1887. (*Journ. Soc. of Arts*, 25. Dez. 1887.)

Die Erfindung der Quecksilber-Luftpumpen geht auf den Torricelli'schen Versuch (1643) zurück, dessen Zweck die Herstellung eines Vakuums mit Hilfe einer Quecksilbersäule war. Der Vortragende unterschied sechs Klassen solcher Pumpen. Die erste Klasse gründet sich darauf, dass die Luft durch die obere Öffnung eines Barometerrohres hinausgetrieben wird. Hierzu gehört die älteste eigentlich so zu nennende Quecksilber-Luftpumpe, die von Swedenborg erfunden und 1722 in den *Miscellanea observata circa res naturales* veröffentlicht worden ist. Sie bestand aus einem



Tisch mit drei Füßen, in dessen Fläche eine Metallplatte (A) als Basis für den Recipienten eingelassen war. Die Platte hatte zwei Durchbohrungen, von denen die eine (z), mit einem Hahn versehen, zum Wiedereinlassen von Luft nach Beendigung des Versuches bestimmt war<sup>1)</sup>, während die andere (c) durch ein nach unten sich öffnendes Klappenventil mit einem konischen Eisengefäß (E) in Verbindung stand; ein nach oben sich öffnendes Ventil (d) dagegen führte aus diesem Gefäß in die äussere Luft. Das Gefäß endigte unten in ein biegsames Lederrohr (f), an dieses wieder war ein eisernes Rohr (g) mit offenem Mundstück angesetzt, welches gehoben und gesenkt werden konnte. Das Mundstück wurde voll Quecksilber gegossen und soweit gehoben, dass das konische Gefäß sich ganz mit Quecksilber füllte, während die Luft durch das nach aussen sich öffnende Ventil d entwich. Wurde nunmehr das

Mundstück gesenkt, so sank auch das Quecksilber im Gefäß und die Luft strömte aus dem Recipienten nach. Man erkennt, dass der Apparat bereits alle wesentlichen Bestandteile der Geissler'schen Pumpe enthält. Sechzig Jahre später (1784) wurden von J. Baader Hähne statt der Ventile angewendet. Hindenburg fügte (1787) eine kleine Handluftpumpe hinzu, durch welche das Heben und Senken des Quecksilbers bewirkt wurde; ähnlich war die Pumpe von Edelcrantz (1804) eingerichtet, und Kemp (Edinburg) benutzte dasselbe Prinzip (1830) bei einer doppelt wirkenden Pumpe. Von den zahlreichen neueren Formen dieser Klasse ist die wichtigste die von H. Geissler in Bonn (1855), welche den meisten jetzigen Pumpen zur Herstellung von Glühlampen zu Grunde liegt. Ihr ähnlich sind die Pumpen von Joule, Mitscherlich, Alb. Geissler, Lane-Fox. Robinson bemerkte 1864, dass die Pumpe sich verkürzen lasse, wenn man die Luft über dem Quecksilber im Gefäß teilweise mechanisch auspumpe; dieses Hilfsmittel wird fast allgemein bei den heut gebrauchten Pumpen benutzt. Endlich beschrieb Schuller (1881) ein sehr sinnreiches Klappenventil; die Röhre, die nach dem Pumpenkopf führt, ist mit einem konisch bis auf 3 mm verengten Einsatzstück versehen, so dass das Quecksilber bei der Aufwärtsbewegung leicht durch die Öffnung hindurchtritt, bei der Rückwärtsbewegung aber einige Tropfen hängen lässt, die einen vollkommenen Verschluss der Öffnung nach oben hin herstellen.

Die zweite Klasse umfasst solche Pumpen, bei denen die Luft durch die untere Öffnung des Barometerrohres hinausgetrieben wird; die Grundform dieser Klasse ist Sprengel's Pumpe, die 1865 erfunden wurde und seitdem erhebliche Verbesserungen durch Crookes, Gimingham u. a. erfahren hat; in der ältesten Gestalt bestand sie aus einem langen und engen Fallrohr, an welches oben ein Trichter mittels eines kurzen Kautschuckschlauchs angesetzt war, während das untere Ende in ein Gefäß mit Quecksilber tauchte. Wenn ein Quetschhahn unterhalb des Trichters ein wenig geöffnet wurde, sank das Quecksilber und riss, sich in Tropfen auflösend, wegen des erheblich verminderten Druckes die Luft aus einem von der Seite einmündenden Rohr mit sich nach unten. Offenbar muss bei dieser Einrichtung die Höhe der Quecksilbersäule im Fallrohr nahe an 76 cm sein, wenn ein vollständiges Vakuum erzeugt werden soll; Stearn, mit der Fabrikation der Swan-Lampen beschäftigt, ermöglichte (1877) eine Verkürzung des Fallrohres durch Herstellung eines partiellen Vakuums im unteren Teil des Rohres, was als eine praktisch sehr wertvolle Erfindung bezeichnet wird; als die vielleicht vollkommenste Maschine dieser Art wird diejenige genannt, welche von W. F. Nicol 1885 in Manchester ausgestellt war. Eine Methode zum Betrieb dieser Pumpen bei höherer Temperatur ist von Prof. Rood in Amerika angegeben worden, der auch eine Biegung am Fallrohr anbrachte und Verdünnungen bis zu  $\frac{1}{300}$  Millionstel einer

<sup>1)</sup> In der obigen nach Thompson reproduzierten Figur mündet die Durchbohrung z irrigerweise in das Gefäß E, während im Original die untere Mündung von z ausserhalb dieses Gefässes liegt.

Atmosphäre erzielt haben will. Der Verdünnungsgrad wird hierbei mit Hilfe des Macleod'schen Manometers (erfunden 1874) bestimmt, welches auf dem Prinzip beruht, dass ein bekanntes Volum der verdünnten Luft auf einen kleineren Raum comprimiert und dann gemessen wird.

Die dritte Kategorie umfasst solche Pumpen, bei denen die Luft zum oberen Ende eines Barometerrohres und gleichzeitig zum unteren Ende eines andern hinausgetrieben wird. Dies ist das Prinzip von Toepler's Pumpe (1862), von welcher eine Vorläuferin („ohne Cylinder, ohne Ventile und ohne Hähne“) schon 1828 von Mile in Warschau beschrieben worden ist. In Toepler's Pumpe wird durch Senken eines communicierenden Reservoirs das Quecksilber in einem Barometerrohr zum Sinken gebracht, und die Luft aus dem Rezipienten dringt nach; beim darauf folgenden Heben des Rezipienten steigt das Quecksilber wieder in die Höhe, verschliesst zunächst die Öffnung des zum Rezipienten führenden Rohres und treibt darauf die vorhandene Luft durch ein zweites, nach unten in einen Quecksilberbehälter eintauchendes Rohr nach aussen. Von den Verbesserungen dieser Form wurden die von Siemens und Halske, von Swinburne, von Neesen, Clerk und Weston genannt, bei denen ein oder auch mehrere Hähne zur Anwendung kommen.

Die vierte Klasse bilden die aus einer Geissler'schen und einer Sprengel'schen combinirten Luftpumpen, bei denen das von der einen erzeugte Vakuum zur Erleichterung der Evakuierung der andern verwendet wird.

Als fünfte Klasse werden die Injektionspumpen von Cavarra und Plateau (1843) bezeichnet. Der Grad der Verdünnung ist hier abhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher das Quecksilber durch eine enge Öffnung fliesst.

Als sechste Klasse sind Maschinen mit rein mechanischer Wirkungsart aufgeführt, die aber wenig praktische Verwendung gefunden haben; Pumpen von Wimshurst, Diakonoff, Neveux, Pflüger, Southby. —

W. Crookes machte hierzu noch die Angabe, dass das beste von ihm erhaltene Vakuum einen Druck von  $\frac{1}{100}$  Millionstel einer Atmosphäre gehabt habe. Von anderer Seite wurde die Zuverlässigkeit von Macleod's Manometer bezweifelt, im Hinblick darauf, dass der Dampfdruck des Quecksilbers bei gew. Temperatur 51 Millionstel einer Atmosphäre betrage; doch kann der Einfluss dieser Dämpfe nach S. P. Thompson beseitigt werden, wenn nach einander Jod zur Absorption der Quecksilberdämpfe, Schwefel zur Absorption des Jods und Silberpulver zur Absorption der Schwefeldämpfe verwendet wird. Der Geissler'schen Pumpe wurde vor der Sprengel'schen der Vorzug gegeben, und der Grund der Rood'schen Verbesserung namentlich darin gefunden, dass bei höherer Temperatur das Quecksilber das Glas inniger berühre, während zugleich die Luft weniger am Quecksilber hafte.

Zur Ergänzung der in dem Vortrage gebotenen Übersicht sei bei diesem Anlass auf die verdienstvolle und in mehrfacher Hinsicht vollständigere Zusammenstellung hingewiesen, welche H. Hellmann in dem Schriftchen *Die Quecksilber-Luftpumpe in ihren wichtigsten Formen (Riga 1885)* von den verschiedenen Constructionen und von den Methoden zur Bestimmung des erreichten Verdünnungsgrades gegeben hat.

P.

### Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

*Sitzung am 2. März 1888.* Herr E. Gumlich sprach über die Newton'schen Ringe im durchgehenden Lichte und teilte Messungen mit, welche eine Bestätigung der nach Wangerin entwickelter Theorie liefern; die Versuche sind mit Natriumlicht angestellt worden. — Herr A. Sprung berichtete über einen von Herrn MÜLLER-ERZBACH übersandten Aufsatz: „die Bestimmung der Durchschnittstemperatur durch das Gewicht von verdampftem Wasser“. Ein kugelförmiges, halb mit Wasser gefülltes Gefäss mit röhrenförmigem Halse ist mit einer grösseren Flasche verbunden, in welcher der entwickelte Wasserdampf durch Schwefelsäure absorbiert wird. Da die Verdampfungsgeschwindigkeit eine Funktion der Temperatur ist, so giebt die Gewichtsabnahme des Gefässes in 24 Stunden ein Maass für die Durchschnittstemperatur. Die Verwendbarkeit der Vorrichtung wird, wie der Vortragende bemerkte, dadurch beeinträchtigt, dass die Verdampfungs- menge keine lineare Funktion der Temperatur ist, und dass daher aus der Menge des verdampften Wassers nicht der wahre Durchschnittswert der Temperatur erhalten wird. — Herr E. Lampe unterzog eine Erwiderung von HÄUSSLER (*Rep. d. Ph.* **24**, 60/62) der Kritik und setzte die Irrtümer des Verfassers auseinander.

*Sitzung am 16. März 1888.* Herr A. Köpsel zeigte und besprach zwei Energiemesser von SIEMENS UND HALSKE, welche die Energie auch bei nicht constanter „Spannung“ zu registrieren gestatten. — Herr E. Lampe sprach über die Anwendung einer von GAUSS gegebenen Reihenent-

wickelung bei der elementaren Behandlung von mechanischen Aufgaben. — Herr H. v. Helmholtz teilte eine Veranschaulichungsart des Ganges der elliptischen Funktionen erster Gattung durch das Pendel mit. — Derselbe besprach die „magnetische Untersuchung einiger Gase“ durch TOEPLER und HENNIG.

*Sitzung am 20. April 1888.* Herr H. W. Vogel sprach über das Kohlenstoff-Spectrum unter Vorzeigung stark vergrößerter Photographieen von Spectren des Cyans, der Bunsenschen Flamme, des Kohlenoxyds und des Bogenlichtes. Am vollkommensten entwickelt sind das Cyan- und das mit diesem identische Bogenlicht-Spectrum; die Banden reichen mit sehr vielen Linien vom Roth bis weit ins Ultraviolett. Das Spectrum des Kohlenwasserstoffs ist nur in dem weniger brechbaren Teile mit dem Cyanspectrum identisch, in Blau und Violett ist statt der Banden eine grosse Reihe symmetrischer Doppellinien sichtbar. Das Spectrum des Kohlenoxyds gleicht dem des Cyans nur in dem brechbaren Teile, während in dem weniger brechbaren Teile nur einzelne Linien mit entsprechenden der drei andern Spectren übereinstimmen. Herr Vogel schliesst aus seinen Beobachtungen, dass man zwei Modificationen des Kohlenstoffs annehmen müsse, von denen die eine das Spectrum des Kohlenwasserstoffs, die andere das des Kohlenoxyds giebt, während im Cyanspectrum beide Modificationen vertreten sind. Den dunklen Streifen des Sonnenspectrums, auf welchem die Linie *G* erscheint, schreibt der Vortragende dem Kohlenstoff zu; die schmale Bande findet sich in allen vier Spectren. — Derselbe demonstrierte die auffallenden Erscheinungen, welche bei der Beleuchtung von Farbentafeln mit monochromatischem Lichte wahrgenommen werden (ausführlich sind dieselben in der *Naturwissenschaftlichen Rundschau III No. 15, 1888* beschrieben).

*Sitzung am 4. Mai 1888.* Herr A. König sprach über die Momentphotographieen von O Anschütz in Lissa, legte eine grosse Anzahl von solchen vor, und zeigte den von Anschütz construierten „Schnellscher“.

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

*Sitzung am 14. März 1888.* Herr P. Szymanski führte eine Reihe von Unterrichtsversuchen aus der Optik vor: die objektive Darstellung des Reflexionsgesetzes und der Eigenschaften des Winkelspiegels; eine Vorrichtung, um die Wirkung des gekrümmten Spiegels aus der des ebenen experimentell abzuleiten; objektive Darstellungen der Katakustik; objektive Darstellung der Grundversuche über die Polarisation des Lichtes. Als Lichtquelle diente teils eine Gebläselampe mit Kalklicht, teils ein von einem Thoncylinder umgebener Argandbrenner.

*Sitzung am 16. April 1888.* Herr M. Koppe legte einen allgemein verbreiteten Irrtum in der Auffassung der Wirkungsweise des Wagner'schen Hammers dar.

*Sitzung am 30. April 1888.* Herr M. Koppe setzte die Prinzipien auseinander, auf welchen die Erhaltung einer schwingenden Bewegung beruht; zeigte, dass für die Erklärung des Wagner'schen Hammers die Berücksichtigung der Induktionsströme und der Trägheit des induzierten Magnetismus wesentlich sei, und sprach über die Möglichkeit der Behandlung ähnlicher Probleme in der Akustik. Derselbe legte Modelle von Lissajous'schen Figuren vor. — Herr G. Arendt führte zwei Versuche über den Luftdruck vor.

### Mitteilungen aus Werkstätten.

#### Normaltangentenbussole nach J. Kessler

von Czeija und Nissl in Wien.

Statt einer Nadel ist ein Glockenmagnet verwendet, der in einem Kupfercylinder von 15,2 mm inneren Durchm. und 1 cm Dicke mit fast momentaner Dämpfung schwingt. Die Aufstellung der Nadel ist gegen den Mittelpunkt des Stromkreises verschiebbar und kann nach der Grösse der Horizontalcomponente des E. M. reguliert werden. Als Stromkreis dienen 5 Windungen eines starken oder 500 Windungen eines dünnen Kupferdrahtes. Die Ablesung geschieht direkt in Zehnteln der trigonometrischen Tangenten, so dass die Resultate (mit einer Genauigkeit von mindestens 1%) direkt in Ampères bezw. Volts erhalten werden (vgl. *Centralbl. f. Elektrotechnik, 1886, S. 266 und 626*). Genaueres über die Verwendung des Apparates im Unterricht enthält die Pr. Abh. des Mariahilfer Comm. Real- und Obergymnasiums in Wien (1887): Zur absoluten Messung des elektrischen Stromes. Ein Beitrag zur schulmässigen Behandlung des Elektromagnetismus und möglichst einfacher Einführung der modernen praktischen Einheiten: Ampère, Volt und Ohm. Von JOSEF KESSLER. (24 S.)

## Universal-Spectralapparat nach H. W. Vogel

von Franz Schmidt und Haensch in Berlin.

Die Benutzung dieses Taschenspektroskops ist wegen seiner leichteren Einstellbarkeit und seiner Lichtstärke viel bequemer als die des Bunsen'schen Apparates. Das Einstellen geschieht, indem man den Spalt eng stellt, das Instrument auf den Himmel richtet und das Hinterende mit den Prismen so weit auszieht, bis man durch *O* sehend die Fraunhofer'schen Linien deutlich erkennt (Fig. 1).

Statt der Skala, welche diesem Instrumente fehlt, ist am Spaltende eine Spiegelvorrichtung angebracht, die in Fig. 2 in natürlicher Grösse abgebildet ist. *B* ist eine abnehmbare Metallkappe mit einer rechteckigen Öffnung, durch welche direkt Licht auf den Spalt *T* fällt. Ausserdem enthält die Kappe noch eine seitliche Öffnung *O*, durch welche das von dem kleinen drehbaren Spiegel *m* reflektierte Licht auf das Spiegelprisma *P* fällt, um von diesem in den oberen Teil des Spalts geworfen zu werden. Man erhält so zwei Spektren übereinander, das eine direkte zur Beobachtung, das andere zur Vergleichung.

Der Spiegel *m* mit seinem Bügel *g* sitzt an einem um die Achse des Instruments drehbaren Metallring *x*, so dass er ganz bei Seite gedreht werden kann (siehe Fig. 3). Der drehbare Ring *D* dient zur Veränderung der Spaltweite. Das Prisma *P* sitzt an einem kleinen Hebel *h*, so dass es auf Erfordernis seitwärts gebracht und der ganze Spalt frei gemacht werden kann.

Fig. 3 zeigt die Anwendung des Instruments zur Beobachtung von Flammen. Das Taschenspektroskop *S* wird in eine Klemme *L* gespannt, die um eine horizontale Achse drehbar ist und an dem Ringe *P* sitzt, der sich an dem Stativ *C* hoch und niedrig stellen lässt. Ein zweiter stellbarer Ring *h* trägt einen verschiebbaren, langen, rechtwinklig gebogenen Draht *dl*, auf den man das Glasröhrchen mit eingeschmolzenem Platindraht *r* steckt, welcher die Probe trägt, die man in der Beobachtungsflamme *A* erhitzen will. Zur Bestimmung der in der Flamme *A* erscheinenden Linien benutzt man eine Vergleichungsflamme *B*. Man stellt diese Vergleichungsflamme nach Seitwärtsdrehung des Spiegels *m* so auf, dass sie gegenüber der kleinen Öffnung *O* (Fig. 2) steht, hinter welcher sich das Spiegelprisma *P* befindet. Statt einer Vergleichungsflamme kann man auch das Sonnenspectrum zur Vergleichung benutzen. Das Instrument stellt man dann so auf, dass durch die Öffnung *O* Tageslicht fällt, dessen Linien eine Lagenbestimmung der Flammenlinien und daraus mit Hilfe der Bunsen'schen Tafeln eine Erkennung des sie erzeugenden Stoffes gestatten. Für Absorptionsanalysen sind dem Stativ noch drei stellbare federnde Klemmen *G*, *H*, *H'*, und ein stellbarer Spiegel *Q* beigegeben. Auch Funkenspektren von Metalllösungen lassen sich mit diesem Instrument beobachten, wozu man sich eines Induktors und eines von H. W. Vogel angegebenen Entladlers bedient.

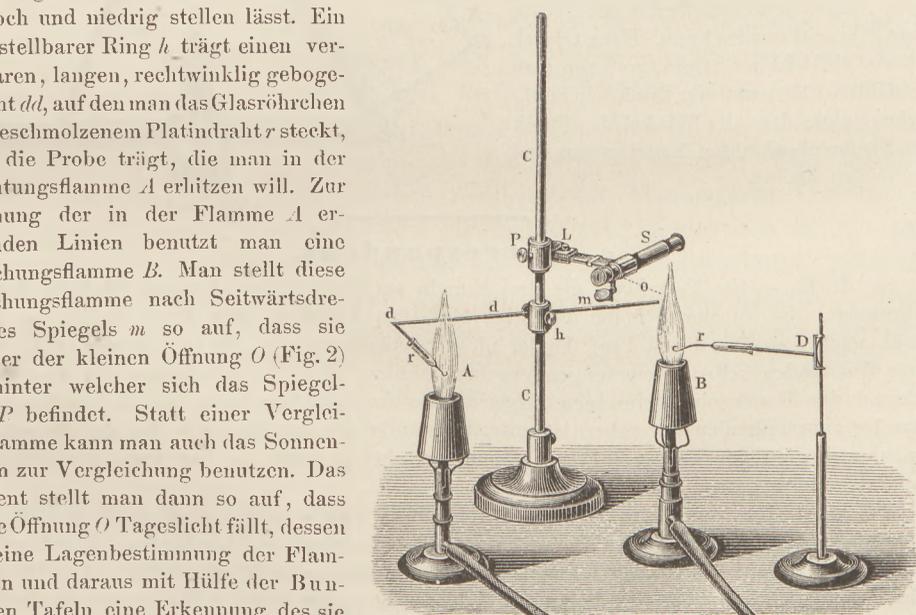


Fig. 3.

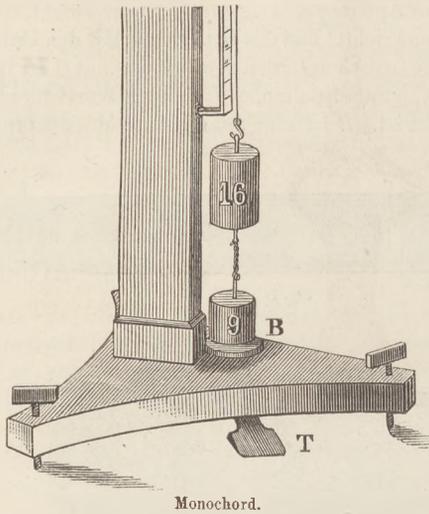
Preis des Apparates mit Stativ 80 M., ohne Stativ 36 M., ohne Reflektionsprisma 24 M.

## Apparate nach E. Mach

von F. Hajek, Mechaniker am physikalischen Institut der deutschen Universität Prag.

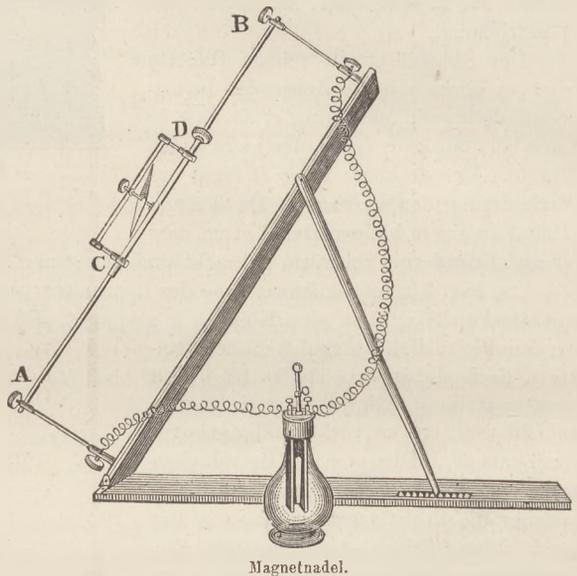
### 1. Vertikales Monochord.

Vor einer vertikalen Säule ist eine Saite ausgespannt und durch zwei Gewichte belastet; das obere von diesen ist = 16, das untere = 9, ihre Summe also = 25. Beide Gewichte sind durch eine längere Schnur miteinander verbunden und so angebracht, dass das untere dicht über einer beweglichen Platte *B* schwebt, die sich am Fussgestell befindet. Tritt man auf den Hebel *T*, so wird diese Platte gehoben und trägt das Gewicht 9, so dass die Saite nunmehr nur noch durch das Gewicht 16 gespannt ist. Streicht man die Saite unter abwechselndem Treten und Loslassen, so erhält man schnell nach einander Töne, deren Schwingungszahlen sich wie 4 : 5 verhalten.



### 2. Stellbare Magnetnadel.

Ein Draht *AB* ist an einem leichten Holzgestell so befestigt, dass er durch zwei Drehungen in die Richtung der erdmagnetischen Kraftlinien gestellt werden kann. Um den Draht ist eine Hülse *CD* mit einer Magnetnadel so drehbar, dass deren Axe in jede zum Draht senkrechte Lage gebracht werden kann. Fließt durch *AB* ein elektrischer Strom, so kann man die Hülse *CD* samt der Nadel beliebig drehen, ohne dass der Winkel der durch den Strom abgelenkten Nadel gegen den Draht sich ändert.



## Correspondenz.

R. K. — Ihr Vorschlag, die drei Kugeln am Töppler'schen Apparat (Heft IV S. 137) mit Führungen, die in der Scheibe befestigt sind, zu versehen oder durch Rollen zu ersetzen, würde nach dem Urteil von Prof. Töppler nicht zweckmässig sein, da sich daraus zuviel Reibung, unter Umständen selbst Klemmungen ergeben würden. Die Lagenänderung der Kugeln kommt während der Dauer eines einzelnen Experimentes kaum in Betracht, nur bei mehreren hinter einander anzustellenden Versuchen ist unter Umständen ein Zurechtrücken der Kugeln erforderlich, was aber bei einiger Übung in einer Minute geschehen kann. — Der Preis des vollständigen Apparates beträgt etwa 200 M.

M. — Die von Herrn A. Hempel benutzte astatiche Nadel (Heft IV S. 165) war aus zwei 6 cm langen Stäben in der Weise hergestellt, dass nach der Biegung zur Hufeisenform der Abstand der Schenkel 1 cm, die Länge der Schenkel also noch  $2\frac{1}{2}$  cm betrug. Die Dimensionen richten sich natürlich nach dem benutzten Galvanometer; die Zahl der Windungen des Instruments war nicht grösser als etwa 100.

### Berichtigung.

In der Mitteilung von O. Reichel: Ein Pendelversuch (Heft IV, S. 165) ist in Zeile 16 zu lesen  $62\frac{1}{2}$  g statt  $112\frac{1}{2}$  g.