

# Zeitschrift

für den

## Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1913.

### Ein Kapillarmanometer für Schülerübungen und Demonstrationsversuche.

Von

Dr. A. Wendler in Erlangen.

Die Firma GUSTAV MÜLLER, Glasinstrumentenfabrik in Ilmenau i. Th., fertigt nach meinen Angaben einen einfachen Apparat, der sich sowohl für sich allein als auch in Verbindung mit leicht zu beschaffenden Zusatzteilen in mannigfacher Weise verwenden läßt. Der Apparat ist in erster Linie für das Praktikum (bei Gruppenübungen) konstruiert worden, dürfte sich aber auch im Demonstrationsunterricht mehrfach verwenden lassen.

Fig. 1 stellt den Hauptapparat vor, bestehend aus einer zirka 12 cm langen Kapsel  $K$  von 3 cm Durchmesser mit einer etwa 85 cm langen Meßröhre  $R$ , deren innerer Durchmesser 1,5–2 mm beträgt. Die zum Teil (von 0 bis 60 mm) graduierte Kapsel hat oben ein Ansatzrohr  $T_1$  mit einem gewöhnlichen Hahn  $H_1$  von weiter Bohrung, links oben ein Knierohr  $T_3$  mit dem ebenfalls weiten Hahn  $H_2$ , und ist mit der Meßröhre  $R$  durch einen Dreiweghahn  $H_3$  verbunden. Die Millimeterteilung auf  $R$  beginnt in gleicher Höhe wie die der Kapsel. Der obere Abschluß der Meßröhre besteht in einem Hahn  $H_4$  und der trichterartigen Erweiterung  $T_2$  von etwa 3,5 cm Länge. Diese enthält einen genügend langen exakten Schliff, so daß das Ende  $a$  des Volumengefäßes  $U$  (Fig. 2) mit guter Führung eingesteckt werden kann. An  $T_3$ , wenn nötig, auch an  $T_1$ , können bei  $c$  und  $d$  die Gefäße  $G_1$  (Fig. 3) und  $G_2$  (Fig. 4) mittels eines Schlauchstückes angeschaltet werden.

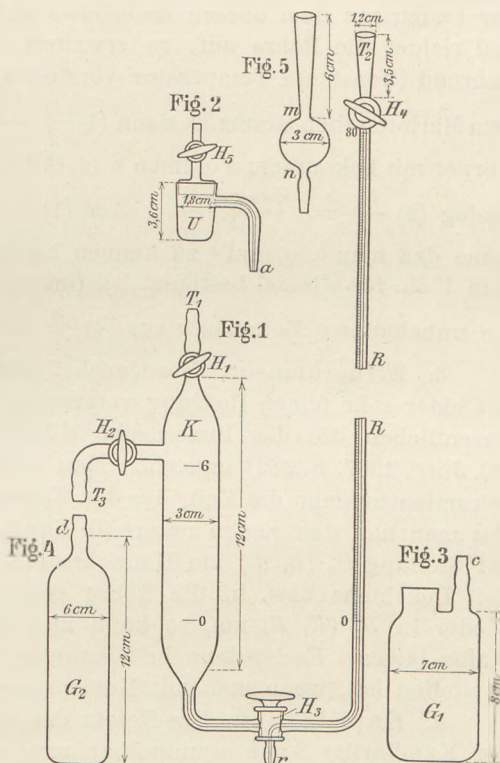


Fig. 1.. 5.

Nachfolgend sollen nun einige der hauptsächlichsten Verwendungsmöglichkeiten aufgeführt werden. Dabei schreibe ich fortan zur Abkürzung  $H(x, y)$ , wenn zum Ausdruck kommen soll, daß ein Hahn  $H$  die beiden Apparateile  $x$  und  $y$  verbindet. Mit dem Dreiweghahn  $H_3$  sind also die Stellungen  $H_3(K, R)$ ,  $H_3(K, L)$ ,  $H_3(R, L)$  möglich, wenn  $L$  immer Außenluft bedeutet.

Die Kalibrierung der Röhre  $R$  erfolgt in bekannter Weise, nachdem man einen Quecksilberfaden von schicklicher Länge eingebracht hat. Man saugt z. B.

während der Hahnstellung  $H_3 (K, L)$  bei  $T_1$  an, so daß durch  $r$  hindurch etwas Quecksilber aufsteigt. Durch die 3 Hahnstellungen von  $H_3$  und entsprechendem Neigen läßt sich nach Herausschaffung des überschüssigen Quecksilbers der Faden nach  $R$  übertreiben. Ist nun der Querschnitt  $q$  von  $R$  bekannt, so kann man auch das Volumen der Kapsel zwischen  $H_1, H_2$  und der Nullmarke von  $R$  finden. Man füllt den Apparat mit Quecksilber, das dabei in  $R$  die Marke  $m$  erreicht, läßt bei  $H_3 (R, L)$  das Quecksilber bis zu 0 herab auslaufen und findet dann das gewünschte Volumen aus dem Gewicht des jetzt noch vorhandenen Quecksilbers, das durch den Hahn  $H_3$  ebenfalls abgelassen werden kann.

### Versuche.

1. Nachweis des Boyleschen Gesetzes. Man bringt den Quecksilberfaden etwa in die Mitte von  $R$  und verfährt nach Abdichtung des Hahnes  $H_4$  in bekannter Weise wie mit den Meldeschen Röhren. Die Probe kann gemacht werden mit  $b, b \pm l^1), b \pm l \cdot \sin \alpha$ , wobei auch noch die Länge  $l$  des Fadens leicht verändert werden kann. (Bei diesem wie allen folgenden Versuchen ist natürlich vorausgesetzt, daß Röhre und Quecksilber vollständig rein und trocken sind.)

2. Volumenometer. Alle in Betracht kommenden Schliche sind leicht eingefettet. Bei  $H_3 (K, R), H_4 (R, L), H_5 (U, L)$  wird in der horizontalgelegten Röhre der Faden mit dem oberen Ende etwa auf Marke 70 gebracht. Schließt man nun  $H_5$  und richtet die Röhre auf, so erweitert sich das Luftvolumen von  $V$  auf  $V + hq$ , während (konstante Temperatur vorausgesetzt) der Druck von  $b$  auf  $b - l$  sinkt. Nach dem Mariotteschen Gesetz ist dann (1)  $\frac{bq}{l} = \frac{V + hq}{h}$ . Bringt man in das Gefäß  $U$  einen Körper mit bekanntem Volumen  $v$  (z. B. 1 oder 2 Kubikzentimeterwürfel), so findet man analog (2)  $\frac{bq}{l} = \frac{V - v + h'q}{h'}$ . Aus (1) und (2) folgt (3)  $\frac{v}{V} = \frac{h - h'}{h}$ . Man kann also (ohne daß man  $b, q$  und  $l$  zu kennen braucht) das Volumen leicht eichen, und nachdem  $V$  ein für allemal bestimmt ist, (immer bis zur gleichen Marke, z. B. 70 gerechnet), ein unbekanntes Volumen  $x$  aus (4)  $\frac{x}{V} = \frac{h - h''}{h}$  finden<sup>2)</sup>.

3. Effusiometer. Der Quecksilberfaden hat etwa 5 cm Länge. Über  $T_2$  ist ein mit einer sehr feinen Bohrung versehenes Platinblech luftdicht aufgeklebt, so daß im wesentlichen die das Bunsensche Effusiometer ersetzende Anordnung von Rußner (20. Jhrg. 1907, S. 382) entsteht. Man kehrt nun die Röhre um und notiert mit der Sekundenstoppuhr die Zeit, die der Faden etwa von Marke 10 bis Marke 70 braucht. Hat man nun den Faden unterhalb der Kapsel links hinter  $H_3$  gebracht, so daß er bei Stellung  $H_3 (R, L)$  am Hahn ansteht, so kann man durch  $H_3$  hindurch längere Zeit Leuchtgas usw. in die Röhre einströmen lassen. Stellt man dann den Hahn wieder in  $H_3 (K, R)$  um, so kann man wie oben den Faden wieder von 10 bis 70 laufen lassen. Es ist dann in bekannter Weise  $d_1 : d_2 = t_2^2 : t_1^2$ . Wie man die Röhre zu stellen hat, wenn man mit Kohlensäure arbeitet, ist klar.

4. Kapillarität. Das Gesetz der kommunizierenden Röhren unter dem Einfluß der Kapillarität kann unmittelbar zur Darstellung gebracht und die Kapillaritäts-

<sup>1)</sup> Bei den Stellungen für  $p = b, p_1 = b + l$  und  $p_2 = b - l$  besteht die Gleichung

$$\frac{1}{v_0} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right)$$

bzw.

$$\frac{1}{h_0} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} \right),$$

wo  $h_0, h_1$  und  $h_2$  die Längen der eingeschlossenen Luftsäulen sind.

<sup>2)</sup> Das früher in dieser Zeitschrift von mir beschriebene, bei Leybold in Cöln gefertigte Umkehrvolumeter wird in Zukunft auch den Voraussetzungen dieses zweiten Versuches angepaßt werden.

konstante  $\alpha$  in bekannter Weise ermittelt werden. Die Depression bzw. Attraktion kann man im Mittel aus mehreren Messungen bestimmen, wenn man mittels der Millimeterteilung auf  $K$  und dem Ablaufhahn  $H_3$  fortlaufend die Einstellungen wechselt. Wie diese durch die Kapillarität hervorgerufene Niveaudifferenz, z. B. bei manometrischen Messungen, zu berücksichtigen ist, braucht nicht weiter besprochen zu werden.

Ebenso ist an sich klar, wie der Apparat als offenes bzw. unter Benutzung von Hahn  $H_4$  als geschlossenes Manometer zu benutzen ist.

Über Kapillaritätserscheinungen lassen sich etwa noch folgende 2 Versuche ausführen: *A*) Nachweis der Spannung in Seifenblasen: Nachdem man bei  $T_3$  ein Glasrohr mit tonpfeifenartiger Erweiterung angesetzt hat, verfährt man in bekannter Weise (s. LOOSER, Versuche aus der Wärmelehre, Versuch Nr. 157). — *B*) Messung der Adhäsion bei Kapillaren. Man setzt bei  $T_3$  mittels Schlauchstückes ein Kapillarrohr an, das man vorübergehend in Wasser taucht. Durch Einblasen bei  $T_1$  oder nach Abschluß von  $H_1$  durch Erwärmen der Kapsel  $K$  mit der Hand kann man das Manometer ausschlagen lassen, bis der Wasserfaden herausgedrängt wird. (LOOSER Nr. 155.)

5. Zunahme des Wasserdruckes mit der Tiefe. Die Sondierung wird mit einem entsprechend langen, an  $T_3$  angesetztem Rohr vorgenommen. Dabei ist nur  $H_4$  geschlossen. Hier wie bei 6, 8, 9, 10, 11 ist der Apparat  $K-R$  mit einer passenden Manometerflüssigkeit gefüllt.

6. Pitotsche Röhre. Biegt man das in 5 angesetzte Rohr rechtwinklig um, so kann man in analoger Weise den Stauungsdruck fließenden Wassers bestimmen.

7. Messung des Wasserleitungsdruckes. Nach Schließung von  $H_2$  wird  $K$  ganz mit Wasser gefüllt, so daß es durch  $H_3$  hindurch nach  $R$  und durch  $H_1$  hindurch nach  $T_1$  übertritt, dieses Ansatzrohr füllend. Den Wasserleitungsschlauch steckt man erst auf, nachdem sich dieser bei vorübergehender Öffnung des Leitungshahnes ganz mit Wasser gefüllt hat. Nun schließt man  $H_4$  ab und öffnet den Leitungshahn. Mit Rücksicht auf die Sicherheit des Apparates wird man sich mit mäßigem Druck begnügen.

8. Gasdiffusion. Die Verschiedenheit der Gasdiffusion läßt sich in bekannter Weise mit einem verschlossenen Tonzylinder zeigen, den man bei  $T_1$  oder  $T_3$  anstecken kann, je nachdem man Gase leichter oder schwerer als Luft benutzt.

9. Messung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten.  $K$  ist etwa bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt, das Gefäß  $G_1$  (Fig. 3) bei  $c$  an  $T_3$  angesteckt, nachdem es mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und durch einen luftdicht schließenden, ein Steigrohr mit Millimeterteilung tragenden Gummistopfen abgeschlossen ist. Man treibt durch Einblasen bei  $T_1$  die Flüssigkeiten wiederholt in die Röhren, damit gute Benetzung eintritt, liest den Anfangsstand  $a_0$  und  $b_0$  und nach Einblasen und Absperrern von  $H_1$  die Marken  $a_1$  und  $b_1$  ab, dann ist offenbar  $\sigma = \frac{a_1 - a_0}{b_1 - b_0}$ .

10. Nachweis der Wärmeschichten. Ein Einmacheglas wird mit Wasser von Zimmertemperatur gefüllt und bis zur halben Höhe ein Stück Eis mittels umgekehrten Trichterrohres eingedrückt. Ist die Schichtung erfolgt, so schließt man an  $T_3$  mittels längeren Schlauches ein Glasrohr an, das sich unten zu einer Glaskugel erweitert. Mit dieser prüft man die Schichtung, indem man damit langsam im Wasser auf- und niedergeht. (LOOSER Nr. 3 usw.)

11. Thermoskop. Ein Galileisches Thermoskop erhält man offenbar, wenn man bei offenem  $H_4$  das Ende bei  $T_2$  in Flüssigkeit taucht, während bei  $H_3$  ( $R, L$ ) die Hähne  $H_1$  und  $H_2$  geschlossen sind.

12. Der Apparat als Barometer. Bei geschlossenem  $H_2$ , offenem  $H_1$  und  $H_3$  ( $K, L$ ) füllt man, bei  $T_1$  ansaugend, die Kapsel fast bis oben an mit Quecksilber, das unten bei  $r$  eintritt. Bei  $H_3$  ( $K, R$ ) neigt man jetzt den Apparat mit  $R$  voraus mehr

und mehr, bis das Quecksilber die Röhre  $R$  ganz ausfüllt und schließlich durch das offene  $H_4$  hindurch nach  $T_2$  übertritt. In diesem Augenblick schließt man  $H_4$  und stellt den Apparat wieder aufrecht. Bei der Stellung  $H_3$  ( $K, L$ ) kann man nun das Niveau in der Kapsel so tief sinken lassen, daß nach Umstellung in  $H_3$  ( $K, R$ ) das Quecksilber in  $R$  sinken kann, hinter sich das Torricellische Vakuum lassend. Die Niveaudifferenz unter Berücksichtigung der Kapillarität gibt den Barometerstand. Will man den Versuch nicht nur roh ausführen, sondern ein wirklich brauchbares Barometer herstellen, so muß man bei vollständig reinen und trocknen Röhren natürlich mit chemisch reinem, trockenem und luftfreiem Quecksilber arbeiten und für gute Abdichtung bei  $H_4$  sorgen. Sollte infolge der Adhäsion das Quecksilber trotz sonst richtiger Behandlung oben hängen bleiben, dann hat man die Röhre durch einige Stöße zu erschüttern. („Einhängen“ des Quecksilbers.) Um das die Kapsel und einen Teil von  $R$  füllende Quecksilber luftfrei zu machen, stellt man  $H_3$  auf  $45^\circ$ , so daß  $K$  und  $R$  von einander und von der äußeren Luft abgeschlossen sind. Durch Anwärmen der Kapsel unter gleichzeitigem Ansaugen bei  $T_1$  mit der Wasserluftpumpe kann man das Quecksilber in  $K$  und durch ein analoges Verfahren das in  $R$  möglichst luftfrei machen.

13. Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes. a) In die horizontal gelegte Röhre  $R$  ist ein ca. 3 cm langer Quecksilberfaden eingebracht;  $H_1$  und  $H_2$  sind geschlossen, im übrigen haben die Hähne die Stellungen  $H_3$  ( $K, L$ ) und  $H_4$  ( $R, L$ ). Die Kapsel  $K$  wird nun horizontal in das Wasserbad von  $0^\circ$  gelegt, so tief, daß die Mündung  $r$  von  $H_3$  etwa noch zugänglich ist. Man saugt nun aus  $K$  bei  $r$  unter Vorschaltung einer Chlorkalziumröhre die Luft heraus und erhält so beim Wiedereinströmen der Luft eine trockene Füllung. Hat diese nach längerer Zeit die Temperatur des Bades angenommen, so stellt man  $H_3$  ( $K, R$ ) her, nimmt die Chlorkalziumröhre weg und senkt die Röhre so tief als möglich ins Wasser. Anfangstemperatur  $0$  und Anfangsstellung des Fadens  $a_0$ . Nach Erwärmung: Endtemperatur  $t$  und Endstellung  $a$  des Fadens.

Aus  $V_2 = V_1 \cdot (1 + \gamma t)$  folgt wegen  $V_1 = V_0 + q a_0$ ,  $V_2 = V_0 + q a$ :  $\gamma t = \frac{a - a_0}{k + a_0}$ .

Dabei ist  $k = \frac{V_0}{q}$  eine Apparatkonstante, die aus den früheren Kalibrierungen abgeleitet werden kann. Will man die Glasausdehnung mit berücksichtigen, so hat man bekanntlich in erster Annäherung  $\gamma$  durch  $\gamma - 3\alpha$  zu ersetzen, wo  $\alpha$  der lineare Ausdehnungskoeffizient des Glases ist.

b) Den Apparat kann man benutzen, um den Ausdehnungskoeffizienten der Gase nach der von Régnault angegebenen Manometermethode zu bestimmen. (MÜLLER-POUILLET) (10. Aufl. Bd. III. S. 95.) Der dort angegebene Dreiweghahn ( $R$ ) wird hier von  $H_3$  vertreten. Weiter entsprechen sich Marke  $n$  und unterer Rand von  $H_1$ ; Ansatzrohr  $a$  und Ansatz  $T_1$ ; für die Temperatur  $\tau$  des Wasserbades kann man die Temperatur des Brunnenwassers nehmen, das man über die Kapsel  $K$  laufen läßt; das gleiche Niveau ist hier unter Berücksichtigung der Kapillardepression zu verstehen. Trotz der Enge der Meßröhre  $R$  ist nach der Ausdehnung der Luft in  $K$  ein Austritt des Quecksilbers aus  $T_2$  nicht zu befürchten, da ja die Methode verlangt, daß durch wiederholte Einstellung von  $H_3$  ( $R, L$ ) das Quecksilber immer dem Stand in  $K$  entsprechend gehalten wird. Die Wasserluftpumpe mit dem vorgeschalteten Chlorkalziumrohr ist bei  $T_1$  angesetzt. Statt  $H_1$  ist jetzt ein Dreiweghahn  $H_1'$  einzusetzen, der wie  $H_3$  ein Auslaufröhrchen  $r$  hat. An dieses ist die im Régnaultschen Apparat benutzte Kapillare mit dem angeblasenen Kugelvolumen anzuschalten.

14. Gesetz von Mariotte-Gay-Lussac. Man verfährt genau wie in 13, wobei jetzt aber bei Beginn der ersten Ablesung der Hahn  $H_4$  geschlossen wird; außerdem ist bei  $T_3$  das Gefäß  $G_2$  (Fig. 4) angesteckt und  $H_2$  in der Stellung  $H_4$  ( $K, G_2$ ). Man hat nun:

|                             | Anfangsvolumen | Anfangsdruck | Endvolumen      | Enddruck |
|-----------------------------|----------------|--------------|-----------------|----------|
| Links vom Sperrfaden . . .  | $V_1$          | $b$          | $V_1 + hq$      | $p$      |
| Rechts vom Sperrfaden . . . | $Hq$           | $b$          | $(H-h) \cdot q$ | $p$      |

Dabei ist  $h$  die nach rechts erzielte Verschiebung. Aus den Gleichungen

$$p \cdot (V_1 + hq) = V_1 \cdot b \cdot (1 + \gamma' t)$$

und

$$Hb = (H-h) \cdot p$$

folgt nach Eliminations von  $p$

$$\gamma' t = \frac{h}{H-h},$$

wenn man bei den obwaltenden Größenverhältnissen  $Hq$  gegen  $V_1$  vernachlässigt.

15. Luftthermometer. Füllt man die Kapsel zu ein Viertel mit Quecksilber und schließt an  $T_3$  das Gefäß  $G_2$  an, so kann man nach Abschluß der Hähne  $H_1$  und  $H_2$  den Apparat in guter Annäherung als Luftthermometer benutzen. Die Konstanz des Volumens, d. h. die bekannte Formel  $P = P_0 \cdot (1 + \alpha t)$ , ist hier insofern nahezu erfüllt, als wie in 14 die Verschiebungsvolumina gegen die Gefäßinhalte in erster Annäherung vernachlässigt werden dürfen.

16. Daltons Gesetz. Man stellt das offene Wassermanometer her, steckt bei  $T_3$  das Gefäß  $G_1$  an, das man verschließt, nachdem eine kleine dünnwandige, mit Äthyläther gefüllte Glaskugel eingebracht ist (Grimsehl, S. 284). Die anfänglichen Hahnstellungen sind  $H_1 (K, L)$ ,  $H_2 (G_1, K)$ ,  $H_4 (R, L)$ . Man schließt nun  $H_1$  und zerbricht durch Schütteln die Glaskugel. Der nach Eintritt des Gleichgewichtszustand  $s$  am Manometer abgelesene Stand entspricht nun in Übereinstimmung mit dem Daltonschen Gesetz dem Dampfdruck des Äthers bei der betreffenden Temperatur.

17. Siedepunkt und Druck. a) Bei  $T_3$  ist das mit Wasser gefüllte und mit einem Siedethermometer versehene Gefäß  $G_1$  angesteckt, während die Wasserfüllung des bei  $H_1$  offenen Manometers in der Kapsel  $K$  bis etwa Marke 5 reicht. Die Hähne  $H_1$  und  $H_2$  sind zuerst ganz herausgenommen, so daß der Dampf zuerst auf das Manometer so gut wie nicht einwirkt. Ablesung des Thermometers. Man setzt nun  $H_1$  in der Stellung  $H_1 (K, L)$  ein und  $H_2$  in Stellung  $H_2 (G_1, K)$  und liest Thermometer und Manometer ab. Schließt man  $H_1$  teilweise ab, so werden Thermometer und Manometer weiter steigen (Ablesung der Niveaudifferenz).

b) Kehrt man den Apparat um, sodaß die Mündung  $r$  des in  $H_3 (R, K)$  gestellten Hahnes nach oben ist und verbindet  $G_1$  mit  $K$  durch Anstecken bei  $T_1$ , während man  $T_2$  in Quecksilber taucht, so kann man (Grimsehl, S. 281) nach Wegnahme der Flamme zeigen, wie das Wasser noch weitersiedet, aber jetzt der niedrigeren Temperatur entsprechend bei kleinerem Druck. Das Quecksilber steigt im Rohr  $R$  in die Höhe.

18. Spannkraft gesättigter Dämpfe. Die Behandlung ist zunächst wie beim Barometer<sup>3)</sup>. Sobald das Quecksilber in  $R$  nach etwa 2 cm von  $H_4$  entfernt ist, arretiert man den erreichten Stand, indem man den Hahn  $H_3$  um  $45^\circ$  dreht, so daß die Marke des Dreiweghahns dem Rohr  $R$  abgewendet ist. Nach Aufrechtstellung dreht man  $H_3$  in die Lage  $H_3 (K, L)$  und läßt das Quecksilber aus der Kapsel  $K$  ablaufen, bis etwa der Stand 2 cm erreicht ist. Nun gießt man Äther in  $T_2$  ein und bringt die Flüssigkeit durch Ansaugen über  $T_2$  mit der Quecksilberkuppe in Berührung, so daß nach Abschluß von  $H_4$  die Flüssigkeit den ganzen vom Quecksilber freien Raum der

<sup>3)</sup> Man kann auch wie beim Barometer das Quecksilber durch  $H_4$  hindurchtreten lassen, dann  $H_4$  absperren und  $H_3 (45^\circ)$  einstellen. Füllt man nun  $T_2$  mit noch etwas Quecksilber und darauf Flüssigkeit, so kann man diese in die Röhre hineinziehen, wenn man kurz nacheinander die Operationen  $H_3 (R, L)$ ,  $H_3 (45^\circ)$ ; ausführt und  $H_4$  wieder schließt. Jetzt erst kann man  $H_3 (R, K)$  herstellen und, wenn nötig, bei Stellung  $H_3 (K, L)$  etwas Quecksilber ablaufen lassen.

Röhre  $R$  ausfüllt. Bei Hahnstellung  $H_3$  ( $K, R$ ) kann nun Äther verdampfen und man liest die Spannkraft  $p$  des gesättigten Ätherdampfes unmittelbar ab. Füllt man nun bei  $T_1$  Quecksilber nach, so hat diese Volumenverminderung keine Druckvergrößerung zur Folge; ebenso bleibt die Spannkraft des gesättigten Dampfes unverändert, wenn man dessen Volumen dadurch vergrößert, daß man bei Hahnstellung  $H_3$  ( $K, L$ ) Quecksilber ablaufen läßt und dann nach  $H_3$  ( $K, R$ ) umstellt. Die Spannkraft des gesättigten Dampfes ist nur eine Funktion der Temperatur, die man durch Abkühlen der Röhre mit einem äthergetränkten Wattebüschchen oder durch Anwärmen zeigt.

19. Skalendilatometer. Man füllt durch Ansaugen bei  $T_1$  (bei geschlossenem  $H_2$ ) die Kapsel durch  $r$  hindurch [Stellung  $H_3$  ( $K, L$ )] mit der Flüssigkeit, bis sie nach  $T_1$  übertritt, stellt  $H_3$  um, so daß die Flüssigkeit nach  $R$  übertritt und nach Abschluß von  $H_1$  die Kapsel vollständig ausfüllt. Die Verschiebung der Flüssigkeit kann an der Röhre  $R$  abgelesen werden. Sind die zu den Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$  gehörigen Volumina  $V_1$  und  $V_2$  und  $3\alpha$  der Ausdehnungskoeffizient des Glases, so ist bekanntlich der mittlere Ausdehnungskoeffizient  $\beta$  der Flüssigkeit:

$$\beta = 3\alpha \cdot \frac{V_2}{V_1} + \frac{1}{V_1} \cdot \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} = 3\alpha \cdot Q + \frac{Q - 1}{t_2 - t_1}$$

Das Verhältnis

$$Q = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_0 + h_2 \cdot g}{V_0 + h_1 \cdot g} = \frac{1 + h_2 \cdot k}{1 + h_1 \cdot k} = 1 + (h_2 - h_1) \cdot k$$

kann (s. 13) leicht gefunden werden.

20. Innere Reibung der Flüssigkeiten. Um die verschiedene Viskosität der Flüssigkeiten zu zeigen, bzw. mit einiger Annäherung zu messen, benutzt man den bei  $T_2$  aufzusteckenden Kugeltrichter (Fig. 5). Man nimmt  $H_3$  ganz heraus, schließt  $H_4$  und füllt den aufgesteckten Kugeltrichter bis oben an. Nach Öffnung von  $H_4$  läuft die Flüssigkeit ab. Die Sekundenstoppuhr wird ein- und ausgeschaltet, wenn die Flüssigkeit die Anfangs- bzw. Endmarke  $m$  und  $n$  der Kugel passiert. Sind diese Zeiten für zwei Flüssigkeiten  $\tau_1$  und  $\tau_2$  die entsprechenden spezifischen Gewichte  $s_1$  und  $s_2$  und Viskositätskoeffizienten  $\eta_1$  und  $\eta_2$ , so ist bekanntlich  $\eta_1 : \eta_2 = s_1 \tau_1 : s_2 \tau_2$ . Für Schwefelsäure wurde z. B. die relative Reibung zu 21 bestimmt, für Wasser = 1 gesetzt (Temperatur  $15^\circ$ ).

21. Wärmeerscheinungen bei chemischen Vorgängen. Der Hals des Gefäßes  $G_1$  ist weit genug, um einen Gummistopfen aufnehmen zu können, in den ein dünnwandiges Reagenzrohr eingepaßt ist. Das übrige ergibt sich von selbst.

22. Modell einer Quecksilberluftpumpe. Die Anordnung ist aus Fig. 6 ersichtlich. Der Apparat ist umgekehrt aufgestellt und bei  $H_1$  durch eine Ansatzröhre von etwa 25 cm verlängert, welche in das mit dem Dreiweghahn  $H_5$  ausgestattete Quecksilbergefäß  $B$  eingepaßt ist. Von  $H_5$  und  $H_1$  aus gehen Schlauchleitungen zu dem  $T$ -rohr  $T$ , das an die Wasserluftpumpe angeschlossen ist. Das Gefäß  $M$  ist eingeschaltet, um etwa mitgerissenes Quecksilber aufzufangen. Von den Hähnen ist  $H_2$  dauernd geschlossen,  $H_1$  und  $H_4$  sind dauernd in Verbindungsstellung. Die Dreiweghähne  $H_5$  und  $H_3$  sind die eigentlichen Operationshähne. An die Mündung  $r$  des in bekannter Weise vor dem Herausfallen gesicherten Hahnes  $H_3$  ist das zu evakuierende

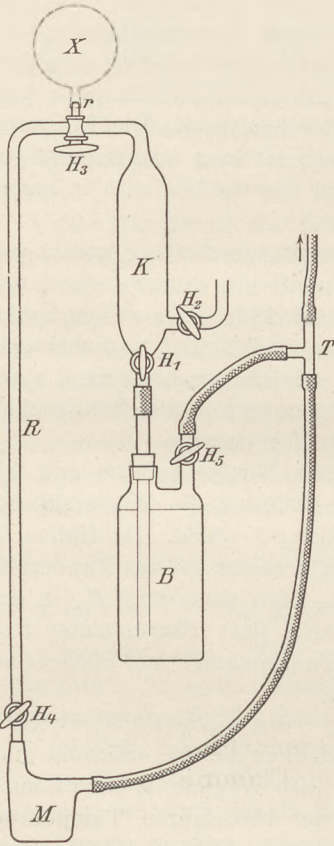


Fig. 6.

entsprechend unterstützte Gefäß  $X$  angesteckt. Die Stativ- und sonstigen Stützen sind in der Zeichnung weggelassen. Die Operationen sind dann kurz folgende:

1.  $H_5$  ( $B, L$ );  $H_3$  ( $R, K$ ) bei dauernd in Betrieb gesetzter Wasserluftpumpe.
2.  $H_3$  ( $45^\circ$ ), so daß  $X$  gegen  $K$  und  $R$  abgesperrt ist, nachdem das Quecksilber bis in den Hahn  $H_3$  hinein aufgestiegen ist.
3.  $H_5$  ( $B, T$ ) und hierauf  $H_3$  ( $X, K$ ), wenn das Quecksilber begonnen hat, zurückzuweichen.
4. Wiederholung von 1, 2, 3.

Diese wenigen Andeutungen mögen genügen, um die mannigfache Verwendbarkeit des Apparates darzutun. Die Erweiterung des Anwendungsgebietes hängt natürlich auch von der Zulassung weiterer Zusatzteile ab, die man sich nach Bedürfnis und von Fall zu Fall wird beschaffen müssen.

## Die Umkehrung der Spektrallinien.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

Für den Versuch, die Spektrallinien, insbesondere die Natriumlinie im objektiven Bilde des Spektrums umzukehren, sind schon viele Vorschriften veröffentlicht worden; ich selbst habe schon in früheren Aufsätzen in dieser Zeitschrift solche Vorschriften gegeben, die recht gute Resultate ergeben. Trotzdem berichte ich hier über eine neue Versuchsanordnung, die alle mir bisher bekannten an Einfachheit, Sicherheit und Schönheit weit hinter sich läßt.

In Fig. 1 ist die ganze Versuchsanordnung abgebildet; nur muß man den Schirm, auf dem das Spektrum aufgefangen wird, weiter fortgerückt denken, so daß das

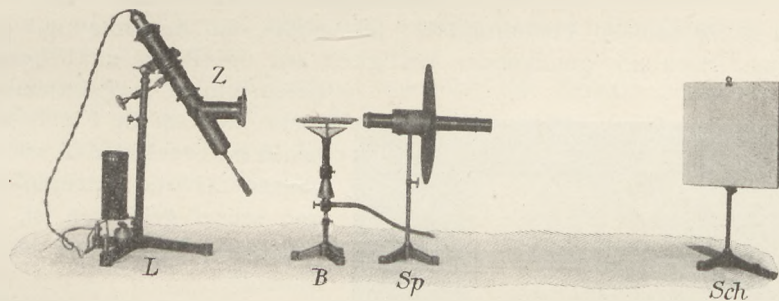


Fig. 1.

Spektrum die ganze Breite des Schirmes einnimmt. Hier ist  $L$  eine Liliputprojektionslampe, vor deren Kondensator eine Zylinderlinse  $Z$  (ein zylindrisches Brillenglas) eingesetzt worden ist, die den Spalt eines Spektralapparates  $Sp$  mit gerader Durchsicht gleichmäßig beleuchtet. Zwischen dieser Zylinderlinse und dem Spektralapparat steht der wichtigste neue Teil für den Versuch, der Brenner  $B$ , der in Fig. 2 noch einmal besonders abgebildet ist. Der Brenner besteht aus einem großen Teclubrenner mit schlitzzförmigem Brenneraufsatz, der zur bequemen Einstellung auf die richtige Höhe auf einem verstellbaren Stativfuße montiert worden ist. Außerdem sitzt an dem Brennerrohr verstellbar ein Gestell aus hart miteinander verlöteten Messingstäben, das oberhalb des Schlitzbrenners ein horizontales Rechteck bildet. Auf dieses werden zwei Asbestpappen so aufgelegt, daß sie gerade oberhalb des Schlitzbrenners einen etwa 8 mm breiten Spalt zwischen sich lassen. Die Breite des Spalts muß so be-

messen werden, daß seine Ränder von der aus dem Brenner aufsteigenden Flamme beiderseitig bespült werden. Die beiden Asbestpappen werden mit konzentrierter Kochsalzlösung getränkt. Man kann auch einfach die Asbestpappen unter der Wasserleitung anfeuchten und dann Kochsalz aufstreuen. Bei richtiger Einstellung der Flamme und der Spaltbreite verbreitet die Flamme ein solch intensives monochromatisches Licht, daß das ganze Zimmer mit dem Natriumlicht beleuchtet wird. Dieses Licht eignet sich auch ganz besonders gut dazu, Versuche über das Verschwinden der Farbenunterschiede bei monochromatischer Beleuchtung anzustellen.

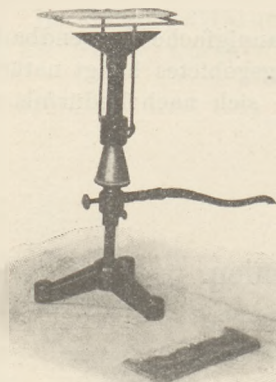


Fig. 2.

Der Brenner wird, wie Fig. 1 zeigt, so zwischen die Liliputlampe und den Spektralapparat gestellt, daß das von der Lampe kommende Licht die Flamme der Länge nach in ihrem untersten Teil, also zwischen den beiden Asbestpappen, durchstreicht. Dann entsteht auf dem auf dem Schirme *Sch* aufgefangenen Spektrum eine dunkle Natriumlinie von solcher Schärfe, wie ich sie sonst noch nicht gesehen habe. Natürlich muß der Spektralapparat vorher richtig eingestellt worden sein, so daß auf dem Schirme ein reines Spektrum entsteht. Man braucht das Zimmer keineswegs vollständig zu verdunkeln; auch braucht man die Natriumflamme nicht abzublenden; man tut nur gut, über den

Spektralapparat einen mit einem Loche versehenen undurchsichtigen Pappschirm zu setzen, der das direkte Licht der Flamme von dem Schirme abhält.

Die dunkle Natriumlinie ist im ganzen Zimmer auf mehr als 10 m Entfernung gut zu sehen. Sie bleibt auch stundenlang in ihrer Schärfe bestehen.

Zum Zeichen ihrer Beständigkeit habe ich das auf dem Schirme entstandene Bild mit gewöhnlichen photographischen Platten photographiert. Fig. 3 zeigt die Wiedergabe einer solchen Photographie. Ich mußte, um das rote und gelbe Ende des Spektrums noch mit genügender Helligkeit auf die Platte zu bekommen, eine halbe Stunde lang exponieren. Man kann an dem in Fig. 3 wiedergegebenen Bilde sehen, daß während dieser ganzen Zeit die Natriumlinie deutlich und scharf geblieben ist, da sie sich vollständig scharf auf dem Bilde abzeichnet.

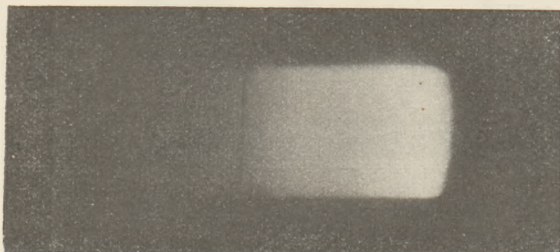


Fig. 3.

Die beschriebene Versuchsanordnung der Umkehrung der Natriumlinie hat vor der Umkehrung der Linie mit verdampfendem metallischen Natrium den großen Vorzug, daß der

Versuch lange ausgeführt werden kann, ohne daß die Luft im Zimmer wesentlich verschlechtert wird, während das verdampfende und verbrennende metallische Natrium schon nach kurzer Zeit das Zimmer mit unerträglichen Dämpfen von Natriumhydroxyd erfüllt.

Mit Hilfe des in Fig. 2 abgebildeten Natriumbrenners ist übrigens auch die direkte Umkehrung der Flamme recht gut zu zeigen. Man braucht zu dem Zwecke nur in die eine Asbestplatte ein etwa 1 cm großes Loch im Abstände von etwa  $1\frac{1}{2}$  cm vor dem Schlitz zu machen. Es brennt dann aus diesem Loch eine kleine Natriumflamme, die vor der breiten Flamme fast tiefschwarz erscheint.



Mit einer etwas veränderten Anordnung ist mir auch die objektive Umkehrung einiger Strontiumlinien im Spektrum gelungen. Als ich versuchte, die Asbestpappe mit Strontiumnitrat oder mit Strontiumchlorid zu tränken und dann eine intensive Strontiumflamme zu erhalten, wie es mir mit der Natriumflamme gelungen war, war der Erfolg des Versuches vollständig negativ. Nur auf kurze Augenblicke und auch nur in wenigen Punkten wurde die breite Flamme rot gefärbt. Nur solange die Strontiumlösung noch flüssig war, traten an den Punkten, an denen das auskristallisierende Strontiumsalz zerknisterte, rote Flecken in der Flamme auf. Dieses veranlaßte mich zu folgender Abänderung des Versuches. Ich ersetzte die beiden Asbestpappen durch flache rechteckige Gefäße aus dünnem Messingblech, deren einander zugekehrte Ränder nur niedrig, schwach aufgebogen waren, während die übrigen Ränder etwa  $1\frac{1}{2}$  cm hoch waren. Setzte ich diese beiden flachen Gefäße auf das Gestell oberhalb des Schlitzbrenners und füllte sie so weit mit konzentrierter Strontiumlösung, daß sie beinahe an den niedrigen Kanten überfloß, so verdampfte hier die Strontiumlösung, die entstehenden Salzkristalle zerknisterten und spritzten auf diese Weise dauernd kleine Salzengen direkt in die Flamme. Hierdurch wurde die Flamme dauernd intensiv rot gefärbt.

Diese Strontiumflamme ist zur Umkehrung der Strontiumlinien ebenso geeignet wie die Natriumflamme. Wenngleich die Umkehrung der Strontiumlinien bei weitem nicht so glänzend ist, wie die der Natriumlinie, so erkennt man dennoch deutlich die beiden dunklen Linien im Spektrum, die den roten und orangefarbenen Linien des Strontiumspektrums entsprechen. Oft gesellt sich diesen Linien noch die dunkle Natriumlinie bei. Auch Andeutungen der Strontiumbanden im übrigen Teil des Spektrums sind vielfach zu erkennen.

Von anderen Linien ist mir bisher nur die Umkehrung der Kupferlinien nach dem Verfahren gelungen, das ich bei den Strontiumlinien erfolgreich angewandt habe; aber die hierbei entstehenden Dämpfe sind so unangenehm und offenbar auch schädlich für die Schleimhäute, daß ich bei Anstellung dieses Versuches dringend zur Vorsicht raten möchte. Ich habe es nicht gewagt, diesen Versuch vor der Klasse auszuführen. Offenbar kann man den Versuch unter dem Abzuge machen; aber dann ist die übrige Anordnung doch zu unbequem.

Die Umkehrung der Strontiumlinie erscheint mir deshalb besonders lehrreich, weil durch diesen Versuch den Schülern der Nebengedanke genommen wird, daß die Umkehrung der Spektrallinien nur für die Natriumlinie möglich ist. Man soll aber im Unterricht niemals aus einer Einzelerscheinung auf eine allgemeine Gesetzmäßigkeit schließen<sup>1)</sup>.

## Über die durch wiederholte Reflexionen innerhalb eines dreiseitigen Prismas erzeugten Bilder und eine neue Methode zur Bestimmung der Winkel eines Prismas mit nahe gleichseitigem Hauptschnitt.

Von

J. M. Byvoet und R. Sissingh in Amsterdam.

1. Bei der Bestimmung des Brechungsverhältnisses eines dreiseitigen Prismas mit nahe gleichseitigem Hauptschnitt im Praktikum für Anfänger im hiesigen physikalischen Laboratorium wurde öfters beobachtet, daß bei nicht zu großen Einfallswinkeln sich nicht ein, sondern drei Bilder des Kollimatorspaltes im Fernrohr zeigten.

<sup>1)</sup> Die Hilfsapparate zur Ausführung der oben beschriebenen Versuche werden nach meinen Angaben von der Firma A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7 und Gebr. Ruhstrat, Göttingen angefertigt und in den Handel gebracht.

Eins dieser Bilder entsteht durch die unmittelbar an der Seitenfläche reflektierten Strahlen und ist ein wenig heller als die beiden anderen. Eine einfache Überlegung zeigt, daß diese letzten Spaltbilder entstehen durch drei innere Reflexionen der Strahlen im Prisma, deren zwei totale sind (Fig. 1 und 2.) Da die unmittelbar reflektierten Strahlen durch die Reflexion in Luft gegen Glas geschwächt werden, die Strahlen der beiden anderen Spaltbilder namentlich durch die Reflexion in  $E$  (Fig. 1 und 2), welche keine totale ist, besteht kein großer Unterschied in der Lichtstärke der drei Spaltbilder.

Bezeichnet man den Brechungswinkel im Einfallspunkt  $P$  mit  $r$ , die Winkel des Hauptschnitts des Prismas mit  $A$ ,  $B$ , und  $C$ , dann ist der Winkel des dreifach reflektierten Strahles mit dem Einfallslot auf Seite  $BC$  im Austrittspunkt  $Q$ :

$$\text{Fig. 1 } r_1 = r + 2(B - A), \quad \text{Fig. 2 } r_2 = r + 2(A - C).$$

Sind die Winkel des Hauptschnitts des Prismas nahe  $60^\circ$ , so ist der Einfallswinkel in  $D$  (Fig. 1)  $B + r$  oder nahe  $60^\circ + r$ , in  $F$  (Fig. 2)  $2A - C + r$  oder nahe

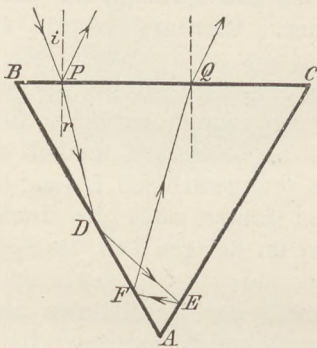


Fig. 1.

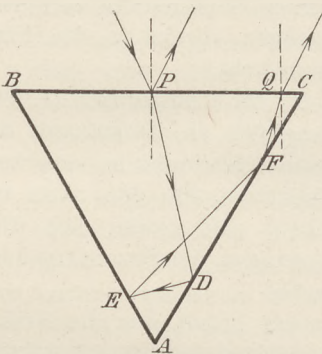


Fig. 2.

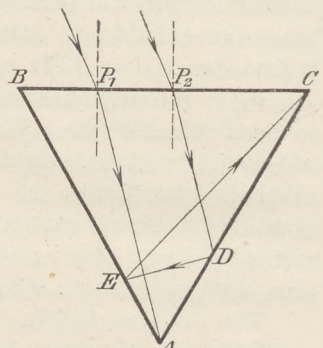


Fig. 2 a.

$60^\circ + r$ , beide Reflexionen also total. Der Einfallswinkel in  $F$  (Fig. 1) ist  $2A - B - r$  oder nahe  $60^\circ - r$ , in  $D$  (Fig. 2)  $C - r$  oder nahe  $60^\circ - r$ . Sei  $g$  der Grenzwinkel, dann sind beide letzteren Reflexionen total, wenn  $60^\circ - r > g$ . Für das benutzte Prisma aus gewöhnlichem Crownsglas war  $n_D = 1,5297$ , also  $g = 40^\circ 49,5'$ . Die Bedingung gibt  $r < 19^\circ 10,5'$ , oder  $i < 30^\circ 10'$ , wobei  $i$  der Einfallswinkel in  $P$  ist. Nur wenn die Strahlen unter spitzerem Winkel als  $30^\circ 10'$  einfallen, können die drei Spaltbilder beobachtet werden. Im Falle die Winkel des Hauptschnitts gleich sind, also  $A = B = C = 60^\circ$ , sind die Richtungen der unmittelbar reflektierten und nach drei inneren Reflexionen austretenden Strahlen dieselben und wird nur ein Spaltbild beobachtet. Das Auftreten der drei Spaltbilder ist ein scharfes Kennzeichen dafür, daß die Winkel des Prismas ungleich sind. Die drei Spaltbilder ermöglichen auch eine sehr genaue Bestimmung dieser Winkel. (§ 9).

2. Es fragt sich nun, ob nicht andere Spaltbilder auftreten können, welche für die Beobachtung eine genügende Lichtstärke haben. Die verschiedenen Arten, auf welchen ein auf der Seitenfläche  $BC$  eintretender Strahl nach drei oder mehreren inneren Reflexionen austreten kann, ergeben sich, indem man den Einfallspunkt  $P$  entlang der Fläche  $BC$  von  $B$  aus fortschreiten läßt. So tritt erst der Fall, in Fig. 1 dargestellt, auf. Trifft bei der Wanderung von  $P$  entlang  $BC$  der gebrochene Strahl  $PD$  die Ecke  $A$  (Fig. 2a), so geht Fall I in Fall II (Fig. 2) über. Betrachtet man das Dreieck  $ABC$  als gleichseitig, ist  $r$  wiederum der Brechungswinkel im Einfallspunkt  $P$ ,  $a$  die Länge der Seiten des Hauptschnitts, so ist  $BP_1 = \frac{a}{2}(1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$ . Schreitet  $P$  weiter fort, dann läuft der Strahl im Dreieck herum wie in Fall II (Fig. 2), bis  $EF$  den Eckpunkt  $C$  trifft und  $P_2$  der betreffende Einfallspunkt ist (Fig. 2a).  $BP_2 = a(1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$ , also  $BP_1 = P_1 P_2$ .

3. Es können aber noch neue Strahlen auftreten aus dem Teile des Strahles  $FQ$ , der im Falle I oder II an der Austrittsfläche reflektiert wird. Diese Reflexion ist nicht eine totale. Der reflektierte Teil kann entweder wie im Falle I oder II den Hauptschnitt durchlaufen. Deutet man Fall I durch (I), Fall II durch (II) an, so können nur die Kombinationen (I) (I), (II) (II) und (I) (II) auftreten. (II) (I) ist ein nicht-möglicher Fall.

(I) oder (II) können nur eintreten, wenn der Einfallspunkt auf der Strecke  $BP_1$  resp.  $P_1 P_2$  liegt und der oben angegebene Wert dieser Strecke positiv ist, d. h.  $\operatorname{tg} r < 1: \sqrt{3}$  oder  $r < 30^\circ$  und für  $n_D = 1,5297$ , wie in § 1,  $i < 49^\circ 53,5'$ . Es ist aber schon in § 1 eine schärfere Grenze für den Einfallswinkel gefunden, n. l.  $i < 30^\circ 10'$ . Die Entfernung des Austrittspunkts  $Q$  vom Eintrittspunkte  $P$  ist sowohl in (I) wie in (II)  $a \sqrt{3} \operatorname{tg} r$ . Damit (I) (I) eintreten kann, soll der Einfallspunkt sich nicht mehr als  $\frac{1}{2} a (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r) - a \sqrt{3} \operatorname{tg} r = \frac{1}{2} a (1 - 3 \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$  von  $B$  entfernen. (I) (I) kann daher nur eintreten für  $\operatorname{tg} r < 1: 3 \sqrt{3}$  oder  $r < 10^\circ 54'$  und, indem man  $n_D$  wiederum gleich 1,5297 setzt,  $i < 16^\circ 49'$ . Die Breite des Lichtbündels, der wie im Falle (I) (I) den Hauptschnitt durchläuft, nimmt zu, wenn  $i$  kleiner wird. Für  $i = 0$ , ist die Breite ein Maximum, n. l.  $\frac{1}{2} a$ , der Einfallswinkel in  $E$  gleich Null. Die Strahlen werden in derselben Richtung reflektiert. Auf nämliche Weise findet man, daß die Länge der Strecke, auf welcher der Einfallspunkt liegen soll, damit (II) (II) auftritt, dieselbe Größe hat, n. l.  $\frac{1}{2} a (1 - 3 \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$ . Die obere Grenze des Winkels, wofür (II) (II) entstehen kann, ist wie für (I) (I)  $r < 10^\circ 54'$ ,  $i < 16^\circ 49,5'$ . Auch in diesem Falle ist die Breite des Lichtbündels größer, das Bild intensiver<sup>1)</sup>, desto kleinerer der Einfallswinkel ist.

4. Fall (I) (II) kann offenbar nicht eintreten, wenn die Verschiebung des Einfallspunktes in (I) oder (II) größer ist als die Strecke, auf welcher der Einfallspunkt liegen soll, damit (I) oder (II) eintritt. Die Bedingung für das Eintreten des Falls (I) (II) ist also  $a \sqrt{3} \operatorname{tg} r < 2 \times \frac{1}{2} a (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$  oder  $\operatorname{tg} r < 1: 2 \sqrt{3}$ ,  $r < 16^\circ 6'$  und für  $n_D = 1,5297$   $i < 25^\circ 6'$ . Da in (I) sowie in (II) die Verschiebung des Einfallspunktes gleich  $a \sqrt{3} \operatorname{tg} r$  ist und die Breite des Lichtbündels  $\frac{1}{2} a (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$ , ist die Breite des Lichtbündels im Falle (I) (II)  $a \sqrt{3} \operatorname{tg} r$ , wenn die Verschiebung des Einfallspunktes kleiner ist als die Länge der Strecke, auf welcher der Einfallspunkt sich in diesen Fällen befinden soll, d. h. wenn  $a \sqrt{3} \operatorname{tg} r < \frac{1}{2} a (1 - 3 \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$  oder  $\operatorname{tg} r < 1: 3 \sqrt{3}$ ,  $r < 10^\circ 54'$ , und für  $n_D = 1,5297$ .  $i < 16^\circ 49'$ . Es können dann auch die Fälle (I) (I) und (II) (II) auftreten.

Ist aber die Verschiebung des Einfallspunktes größer als die Breite des Lichtbündels in den Fällen (I) oder (II), also  $i > 16^\circ 49'$ , so ist die Breite des Lichtbündels im Falle (I) (II)  $2 \times \frac{1}{2} a (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r) - a \sqrt{3} \operatorname{tg} r = a (1 - 2 \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$ . Da, wie oben gezeigt, (I) (II) nur eintritt, wenn  $\operatorname{tg} r < 1: 2 \sqrt{3}$ , ist dieser Ausdruck immer positiv. Die Fälle (I) (I) und (II) (II) können (siehe oben) dann nicht mehr eintreten. Eine einfache Überlegung zeigt, daß im Falle (I) (II) die Breite des Lichtbündels am größten ist, wenn die Verschiebung gleich ist der Teilstrecke, auf welcher sich im Falle (I) oder (II) der Einfallspunkt befinden soll, d. h. wenn  $\frac{1}{2} a (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r) = a \sqrt{3} \operatorname{tg} r$ , oder  $r = 10^\circ 54'$  und für  $n_D = 1,5297$ ,  $i = 16^\circ 49,5'$ . Für diesen Einfallswinkel ist also das Bild im Falle (I) (II) am intensivsten und gehen die beiden oben unterschiedenen Unterfälle von (I) (II) in einander über. Dieser Winkel ist zugleich die obere Grenze von  $i$  für das Eintreten der Fälle (I) (I) sowie (II) (II).

5. Schreitet der Einfallswinkel noch weiter als  $P_2$  (Fig. 2a) entlang der Seite  $BC$  fort, so trifft  $EF$  die Seitenfläche  $BC$  (Fig. 3), wird unter dem Winkel  $60^\circ - r$  total reflektiert und kann erst nach 6 weiteren Reflexionen in  $Q$  austreten. Der Strahl hat im Inneren des Hauptschnittes 9 Reflexionen erlitten, unter welchen 5 totale sind. Die Einfallswinkel sind abwechselnd  $60^\circ - r$  und  $r$ , derjenige bei  $H$   $60^\circ + r$ . Nennen

<sup>1)</sup> Die Änderungen in der Intensität des reflektierten Lichtes, wenn der Einfallswinkel ein anderer wird, werden außer acht gelassen.

wir diesen Fall (III). Nach einem Umlauf  $GHIJK$  im Hauptschnitt hat der Strahl wiederum dieselbe Richtung, d. h.  $LK \parallel HG$ , ist aber entlang der Seitenfläche  $CA$  um  $a\sqrt{3} \operatorname{tg} r$  verschoben. So lange der Strahl  $KL$  die Seitenfläche  $BC$  trifft, findet wiederum ein Umlauf durch den Hauptschnitt statt, weil die Reflexionen in  $H$  und  $J$  totale sind.

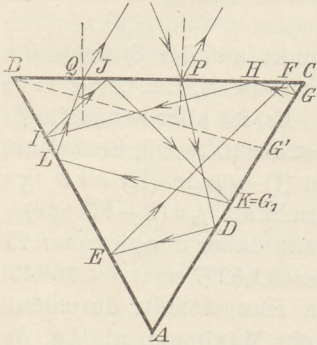


Fig. 3.

Da die Reflexionswinkel in  $G$  ( $K$ ) gleich  $r$  sind, kann (III) nur eintreten, wenn  $r < 30^\circ$  oder  $i < 49^\circ 54'$ . Wie jedoch in § 2 bemerkt, ist in § 1 schon eine engere Grenze für den Einfallswinkel gezogen.

Zieh die Hilfslinie  $BG'$  (Fig. 4) parallel den Strahlen  $GH$  und  $KL$ , so läuft der Strahl  $GH$  so lange im Hauptschnitt herum, als der Punkt  $G$  sich auf der Teilstrecke  $G'C$  befindet. Bei jedem Umlauf

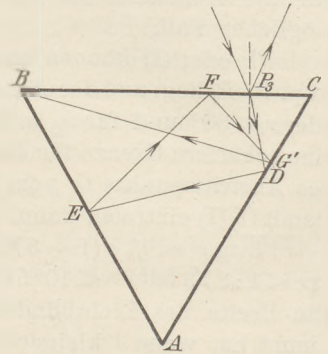


Fig. 4.

wird die Anzahl der Reflexionen um 4 vermehrt, worunter 2 nicht totale, und wird der Brechungswinkel im Austrittspunkt  $Q$  um 2 ( $C-B$ ) größer. Für ein Strahl, der nach  $p$  Umläufen austritt, ist der Brechungswinkel  $r + 2p(C-B)$ .

Für denselben Einfallswinkel wird  $CG$  desto kleiner, je mehr der Einfallspunkt  $P$  nach  $B$  rückt, und am kleinsten, wenn  $G$  in  $C$  liegt, in welchem Punkte sich dann auch  $F, G$  und  $H$  zusammenziehen. Ist die Anzahl der Umläufe  $GHIJK$  (Fig. 3)  $p$ , so hat man, weil  $GK = a\sqrt{3} \operatorname{tg} r$ ,  $CG_p = p a\sqrt{3} \operatorname{tg} r^2$ . Wenn  $G$  in  $C$  liegt, fällt  $EI'$  mit  $EC$  zusammen und liegt also der Einfallspunkt  $P$  in  $P_2$ . Da  $BP_2 = a(1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$  (siehe § 2), ist  $P_2C = a\sqrt{3} \operatorname{tg} r$ . Für diese Lage des Einfallspunktes tritt, wie schon oben angegeben, (III) zuerst auf.  $CG$  ist am größten, beim gleichen Einfallswinkel, wenn  $D$  und  $P$  mit  $C$  zusammenfallen. Es ist dann  $CG = a\sqrt{3} \operatorname{tg} r$ , also  $CG_p = (p + 1) a\sqrt{3} \operatorname{tg} r$ .

Man kann auf folgende Weise die Grenzen des Einfallswinkels bestimmen, wofür eine gegebene Anzahl von Umläufen eintritt. Da  $GK = a\sqrt{3} \operatorname{tg} r$  und  $CG' = \frac{1}{2}a(1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r)$ , ist die möglichst große Anzahl von Umläufen  $\frac{\operatorname{Cot} r}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{2}$ . Damit also der Strahl mit  $p$  Umläufen auftreten kann, muß die Bedingung  $\frac{\operatorname{Cot} r}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{2} > p - 1$  erfüllt sein. Die möglichst kleine Zahl von Umläufen ist  $[\frac{1}{2}a(1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r) - a\sqrt{3} \operatorname{tg} r] : a\sqrt{3} \operatorname{tg} r = \frac{\operatorname{Cot} r}{2\sqrt{3}} - \frac{3}{2}$ . Damit für einen solchen Strahl die Anzahl von Umläufen  $p$  nicht übertrifft, soll  $\frac{\operatorname{Cot} r}{2\sqrt{3}} - \frac{3}{2} < p$ . Die gesuchten Grenzen des Brechungswinkels sind daher  $(2p + 3)\sqrt{3} > \operatorname{Cot} r > (2p - 1)\sqrt{3}$ .

Weil für einen selben Wert von  $r$  die größte und kleinste Zahl von Umläufen sich um 1 unterscheidet, können im Falle (III) nur 2 Bilder zu gleicher Zeit entstehen. Damit die Strahlen mit  $p$  und  $p + 1$  Umläufen zu gleicher Zeit austreten können, soll  $(2p + 3)\sqrt{3} > \operatorname{Cot} r > (2p + 1)\sqrt{3}$ . Wenn  $\frac{\operatorname{Cot} r}{2\sqrt{3}} - \frac{1}{2} = p$ , so tritt nur ein Bild, *nl.* dasjenige mit  $p$  Umläufen auf. Für das Bild mit  $p - 1$  Umläufen existiert dann nur 1 Strahl, der aus dem einfallenden in  $C$  entsteht. Wird  $r$  größer oder kleiner als der hierdurch gegebene Wert, so tritt der Strahl mit  $p \mp 1$  Umläufen nebst demjenigen mit  $p$  Umläufen auf. Für  $p = 1$  erleidet der Strahl 9 innere Reflexionen und tritt das entsprechende

<sup>2)</sup>  $G_p$  ist der Punkt, in welchem der Strahl  $GH$  nach  $p$  Umläufen die Seitenfläche  $CA$  trifft.

Bild auf für  $49^{\circ} 53,5' > i > 9^{\circ} 53'$ , für  $p = 2$  hat man 13 innere Reflexionen und sind die Grenzen des Einfallswinkels  $16^{\circ} 49' > i > 7^{\circ} 14'$ . Es ist wiederum  $n_D = 1,5297$  gesetzt. Fügt man noch die weitere Bedingung hinzu, daß alle Reflexionen unter dem Winkel  $60^{\circ} - r$  totale sind, so darf  $i$  nie größer sein als  $30^{\circ} 10'$  (siehe § 1)<sup>3)</sup>.

6. Bei großen Einfallswinkeln kann der Fall eintreten, daß der Strahl in  $P_3$  (Fig. 4) einfallend, nach drei inneren Reflexionen die Ecke  $B$  trifft. Geht der Einfallspunkt noch weiter nach rechts, so tritt der Strahl nach einer weiteren Reflexion an der Seitenfläche  $BA$  durch  $BC$  aus, in derselben Richtung wie die unmittelbar reflektierten Strahlen. Nennen wir diesen Fall (IV). Man findet leicht

$$P_3 C = \frac{a}{2} (3 \sqrt{3} \operatorname{tg} r - 1), \quad P_2 P_3 = P_2 C - P_3 C = a \sqrt{3} \operatorname{tg} r - \frac{a}{2} (3 \sqrt{3} \operatorname{tg} r - 1) = \frac{a}{2} (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} r),$$

so daß  $B, P_1, P_2$  und  $F_3$  um die gleiche Distanz voneinander entfernt sind. Damit Fall (IV) auftreten kann, soll  $\operatorname{tg} r > 3 \sqrt{3}$ ,  $r > 10^{\circ} 54'$ , und für  $n_D = 1,5297$ ,  $i > 16^{\circ} 49,5'$ . Diese ist die obere Grenze des Einfallswinkels für die Fälle (I) (I) und (II) (II), so daß, wenn diese Bilder nicht mehr auftreten, die Bilder (I), (II), (I) (II) und (III) noch entstehen können und (IV) anfängt aufzutreten. Die Bilder (I) (I), (II) (II) und (III) sind nur bei einem schwach versilberten Prisma beobachtet. In diesem Falle ist die obere Grenze des Brechungswinkels  $30^{\circ}$  ( $\operatorname{tg} r = 1: \sqrt{3}$ ). Wenn (I), (II) und (IV) zu gleicher Zeit auftreten, ist die Breite der Lichtbündel (I), (II) und (III) (siehe oben) die gleiche. Für  $\operatorname{tg} r = 1: 2\sqrt{3}$ ,  $r = 16^{\circ} 6'$  und für  $n_D = 1,5297$ ,  $i = 25^{\circ} 6'$ , sind die Breiten der Lichtbündel (I), (II), (III) und (IV) einander gleich. Sind die Seitenflächen  $BA$  und  $CA$  schwach versilbert, wodurch der Winkel  $r = 19^{\circ} 10'$ , wo die inneren Reflexionen unter dem Winkel  $60^{\circ} - r$  aufhören totale zu sein, überschritten werden darf, so verschwinden beim Anwachsen des Einfallswinkels die Bilder (I), (II), (III) zu gleicher Zeit, bei  $r = 30^{\circ}$ ,  $i = 49^{\circ} 54'$ , nachdem schon (I) (II) bei  $r = 16^{\circ} 6'$ ,  $i = 25^{\circ} 6'$  verschwunden ist. Es ist dann noch Bild IV zu beobachten.

7. Die verschiedenen Bilder, deren Entstehung hier angegeben ist, sind auch beobachtet worden. Falls die drei Winkel des Hauptschnittes einander gleich, also  $60^{\circ}$  sind, treten sämtliche Strahlenbündel in derselben Richtung aus wie die unmittelbar an der Seitenfläche  $BC$  reflektierten Strahlen, da der Winkel, unter welchem die im Inneren reflektierten Strahlen im Austrittspunkte  $Q$  die Austrittsfläche  $BC$  treffen, gleich ist dem Brechungswinkel  $r$  im Eintrittspunkte  $P$ . Es wird dann im Fernrohr nur ein Spaltbild beobachtet. Sind die Winkel des Hauptschnittes einander nicht gleich, dann treten die Strahlenbündel in verschiedener Richtung aus dem Prisma und werden im Fernrohr mehrere Bilder beobachtet. Setzt man den Brechungswinkel im Eintrittspunkte  $P$  wiederum gleich  $r$ , so ist diese in den besprochenen Fällen

| Fall:     | Brechungswinkel im Austrittspunkt:       |
|-----------|--|
| (I)       | $r + 2(B - A)$                           |
| (II)      | $r + 2(A - C)$                           |
| (I) (I)   | $r + 2 \times 2(B - A)$                  |
| (II) (II) | $r + 2 \times 2(A - C)$                  |
| (I) (II)  | $r + 2(B - A) + 2(A - C) = r + 2(B - C)$ |
| (III)     | $r + 2p(C - B)$                          |
| (IV)      | $r$                                      |

Im Falle (III) gibt  $p$  die Anzahl Umläufe (§ 5). Wenn der Hauptschnitt nahe gleichseitig ist, sind  $B - A$ ,  $A - C$ ,  $C - B$  sehr kleine Winkel und kann man die Änderungen in dem Austrittswinkel diesen kleinen Änderungen im Brechungswinkel

<sup>3)</sup> Bei einem an den Seitenflächen  $AB$  und  $AC$  schwach versilberten Prisma, womit zuerst die Bilder (III) beobachtet werden könnten (§ 8), ist die Bedingung  $i < 49^{\circ} 54'$ , da der Winkel  $r = 19^{\circ} 10,5'$ , wo die inneren Reflexionen unter dem Winkel  $60^{\circ} - r$  anfangen nicht mehr totale zu sein, alsdann überschritten werden darf.

proportional setzen. Also steht Bild (I) im Fernrohr in der Mitte zwischen den Bildern (I) (I) und dem unmittelbar reflektierten Bilde, das wir durch  $R$  andeuten werden, ebenso (II) in der Mitte zwischen  $R$  und (II) (II). Die Entfernung der Bilder (I) (II) von  $R$  ist die Summe der den Bildern (I) und (II) entsprechenden Entfernungen. Für  $p = 1$  steht (III) ebenso weit von  $R$ , doch an der entgegengesetzten Seite wie (I) (II).

8. Die Bilder (I) und (II) entstehen neben  $R$  schon bei Beleuchtung mit Tageslicht. Bringt man einen dünnen Querfaden über die Mitte des Kollimatorschlittens, der ohnehin für die Justierung der verschiedenen Teile eines Goniometers oder Spektrometers so vorzügliche Dienste leistet, so erkennt man einen Pyramidenfehler des Prismas sogleich, indem dann in den drei Spaltbildern der Querfaden nicht in der gleichen Höhe steht. Dies ist ein sehr scharfes Kennzeichen für die Erkennung dieses Fehlers. Das Bild (I) (II) wurde beobachtet bei einem Einfallswinkel von etwas über  $17^\circ$ , also nahe unter dem Einfallswinkel, wobei das Bild am intensivsten ist (§ 4), indem man den Kollimatorschlittens mittels eines Nernstbrenners erleuchtete. Die Bilder (I) (I) und (II) (II) wurden unter dem für die Intensität am günstigsten, also unter sehr kleinem Einfallswinkel (§ 3) aufgesucht. Um die Beobachtung zu ermöglichen, müßten die aus dem Prisma tretenden Strahlen mittels eines das Kollimator zum Teil bedeckenden versilberten Spiegels im seitlich vom Goniometer aufgestellten Fernrohr reflektiert werden. Es gelang dennoch erst, die Bilder (I) (I) und (II) (II) zu sehen, nachdem die Seitenflächen  $BA$  und  $CA$  schwach versilbert waren. Nach der Versilberung könnten die Bilder bei einem größeren Einfallswinkel, also ohne Hilfsspiegel und bei Beleuchtung mit einer Kerze, gesehen werden. Das Bild (III) ( $p = 1$ ) trat mit dem versilberten Prisma bei einem ziemlich großen Einfallswinkel auf zu gleicher Zeit mit  $R$ , (I) (II) und (I) (II). Die Einstellung auf die Mitte dieser Bilder mit dem vertikalen Faden des Fernrohrs ergab folgende Ablesungen:

| Bild:             | Einstellung:    | Differenz: |
|-------------------|-----------------|------------|
| (I)               | $311^\circ 12'$ | } $55'$    |
| $R$               | $312^\circ 7'$  |            |
| (III) ( $p = 1$ ) | $312^\circ 6'$  | } $9'$     |
| (II)              | $312^\circ 53'$ |            |
|                   |                 | } $46'$    |

Der in § 7 angegebenen Relation  $(III) - R = -[(I) - R + (II) - R]$  wird also streng genügt. Bei dem Einfallswinkel  $i = 9^\circ 52'$  wurden die folgenden angularen Distanzen der Bilder gemessen:

$$\begin{aligned}
 (I) (I) - R &= -1^\circ 42' \\
 (II) (II) - R &= +1^\circ 23' \\
 (I) (II) - R &= -9' \\
 (I) - R &= -51' \\
 (II) - R &= +41'
 \end{aligned}$$

Diese Winkel genügen den in § 7 angegebenen Beziehungen:

$$\begin{aligned}
 (I) (I) - R &= 2 \times [(I) - R] & (II) (II) - R &= 2 \times [(II) - R]; \\
 (I) (II) - R &= (I) - R + [(II) - R].
 \end{aligned}$$

Auf folgende Weise wurde noch bestätigt, daß die Bilder die angegebenen waren. In  $R$  war das Bild des Querfadens über den Kollimatorschlittens auf dem horizontalen Draht. Nennt man die vertikale Distanz dieses Querfadens zum horizontalen Draht in den Bildern (I) und (II)  $a$ , so war diese bei dem benutzten Prisma für (III) ungefähr  $3a$ , für (I) (I) und (II) (II) ungefähr  $2a$ . Hält man nacheinander die verschiedenen Strahlenbündel zurück, indem man einen Schirm vor das Kollimatorobjektiv schiebt, so war die Reihenfolge, in der die Bilder verschwanden, (I), (II), (III),  $R$  oder (III), (II), (I),  $R$ . Das Bild (III) trat erst bei einer bestimmten unteren Grenze

des Einfallswinkels auf, größer als der in § 5 angegebene, weil sonst die Breite des Lichtbündels, also auch die Intensität, zu klein war<sup>4)</sup>. Durch die, wenn auch schwache, Versilberung der zwei Seitenflächen  $AB$  und  $AC$  war die Intensität des Bildes (III) ungeachtet der neun inneren Reflexionen ziemlich beträchtlich.

Auch konnte bei großen Einfallswinkeln das Bild (IV) beobachtet werden, weil der Querschnitt im unmittelbar reflektierten Bilde (IV) wegen des Pyramidenfehlers des Prismas sich in ungleicher Höhe befindet. Wegen der Krümmung des Bildes des Kollimatorspaltes war auch das Bild am oberen und unteren Ende ein wenig fächerförmig ausgebreitet, was deutlich darauf hinwies, daß zwei Bilder sich überlagerten.

Es gelang auch noch, die obere Grenze des Einfallswinkels zu bestimmen, bei dem die Bilder (I) (I) und (II) (II) entstehen. Es wurde gefunden  $16,5^\circ$ , während die Rechnung ergibt  $16^\circ 49,5'$  (§ 3). Das Bild (I) (II) verschwand beim Einfallswinkel  $24,5^\circ$ . Aus der Rechnung folgt  $25^\circ 6'$  (§ 4). Da das Verschwinden der Bilder allmählich geschieht, ist die Übereinstimmung eine genügende.

9. Die oben angegebenen Bilder ermöglichen eine scharfe Bestimmung der Winkel des Prismas. Bezeichnet man die Winkel der unmittelbar reflektierten und im Falle (I) austretenden Strahlen mit der Normale der Austrittsfläche  $BC$  durch  $i$  und  $i_1$ , das Brechungsverhältnis durch  $n$ , den Brechungswinkel im Einfallspunkt durch  $r$ , so ist  $\sin i = n \sin r$ ;  $\sin i_1 = n \sin \{r + 2(B - A)\}$  (siehe § 1). Es sei  $2(B - A) = \delta_1$ . Da  $dr : di = \cos i : \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$  und  $\delta_1 < 1^\circ$  wie aus den sogleich mitzuteilenden Messungen hervorgeht, ist mit genügender Genauigkeit

$$\delta_1 = (i_1 - i) \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \dots \dots \dots a)$$

Sei ebenso im Falle (II) der Winkel der austretenden Strahlen mit der Normale der Austrittsfläche  $BC$  gleich  $i_2$ ,  $2(A - C) = \delta_2$ , so ist

$$\delta_2 = (i_2 - i) \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \dots \dots \dots b)$$

Es sei  $A = 60^\circ + \alpha$ ,  $B = 60^\circ + \beta$ ,  $C = 60^\circ + \gamma$ , dann sind  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  kleine Größen,  $\delta_1 = 2(\beta - \alpha)$ ,  $\delta_2 = 2(\alpha - \gamma)$ , und weil  $\alpha + \beta + \gamma = 0$ ,

$$\delta_2 - \delta_1 = 6\alpha = (i_2 - i) \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \dots \dots \dots c)$$

Aus der angularen Distanz der Bilder (I) und (II) findet man  $\alpha$  oder  $A$ , durch Wiederholung dieser Beobachtung auf den Seitenflächen  $CA$  und  $AB$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  oder  $B$  und  $C$ . Da  $\cos i : \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$  für  $0^\circ < i < 30^\circ 10'$ , d. h. die Grenzen des Einfallswinkels, für welche die Bilder (I) und (II) entstehen können (§ 1), zwischen 0,60 und 0,65 liegt, geht ein Messungsfehler in diesen angularen Distanzen ungefähr 10mal verkleinert in die Größen  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  über. Wie aus den sogleich mitzuteilenden Messungen hervorgeht, ergaben sich bei einem mit genügender Sorgfalt hergestellten Prisma für  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  Werte kleiner als  $10'$ . Sind  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  so groß, daß die oben eingeführten Annäherungen nicht mehr erlaubt sind, so kann man die richtige Formel

$$\delta_2 - \delta_1 = 6\alpha = \text{Arc Sin } \frac{\sin i_2}{n} - \text{Arc Sin } \frac{\sin i_1}{n}$$

anwenden<sup>5)</sup>. Zur Bestimmung von  $\alpha$  sind jetzt vier statt drei Ablesungen erforderlich, wodurch die Genauigkeit etwas, wenn auch nicht sehr beträchtlich, geringer wird.

<sup>4)</sup> Für  $i < 16^\circ 49,5'$ , wenn (IV) nicht entstehen kann, ist die Gesamtbreite der Lichtbündel (III), mit  $p$  und  $p + 1$  Umläufen,  $a\sqrt{3} \text{tg } r$ .

<sup>5)</sup> Auch wenn der Hauptschnitt des Prismas weit von der Gleichseitigkeit abweicht, können nach dieser Formel die Winkel berechnet werden.

Der Wert von  $n$  braucht nur näherungsweise bekannt zu sein. Für  $0^\circ < i < 30^\circ$  ist für  $n_D = 1,5297$   $n > \sqrt{n^2 - \sin^2 i} > n \times 0,94$ , so daß ein Fehler in  $n$  mit nahe dem gleichen Prozentsatz in  $\alpha$  übergeht<sup>6)</sup>. Berechnet man  $n$  aus der Minimalablenkung unter der Annahme, daß der Hauptschnitt gleichwinklig sei, so bedingt bei dem oben angegebenen Werte von  $\alpha$ ,  $n10'$ , diese Abweichung einen Fehler von  $\frac{1}{5}\%$  in  $n$ . Setzt man die Genauigkeit der Messung von  $6\alpha$  mit einem Goniometer, dessen Nonius nur die Ablesungen auf  $\frac{1}{2}'$  gestattet, auf  $1\%$ , so bedingt dieser Fehler in  $n$  eine Änderung in  $\alpha$ , welche nicht in Betracht kommt zu denjenigen, welche aus Messungsfehlern hervorgehen.

Die Beobachtungen an den drei Seitenflächen ergaben:

Seitenfläche:

|      |                      |                  |                  |
|------|----------------------|------------------|------------------|
| $BC$ | $i = 27^\circ 36,5'$ | $i_1 - i = -45'$ | $i_2 - i = 53'$  |
| $CA$ | $i = 29^\circ 17,5'$ | $i_1 - i = -9'$  | $i_2 - i = -46'$ |
| $AB$ | $i = 28^\circ 27'$   | $i_1 - i = 52'$  | $i_2 - i = -9'$  |

Hieraus berechnet man:

|                   |                 |                  |
|-------------------|-----------------|------------------|
| $\alpha = 9,9'^*$ | $\beta = -3,8'$ | $\gamma = -6,2'$ |
| 10,1'             | -3,7'^*         | -6,4'            |
| 9,8'              | -3,6'           | -6,1'^*          |
| Mittel 9,9'       | -3,7'           | -6,2'            |

Die mit \* bezeichneten Werte sind mittels Gleichung  $c$ ) berechnet, die beiden anderen der gleichen Horizontalreihe aus diesem Werte unter Heranziehung einer der Gleichungen  $a$ ) oder  $b$ ) und der Gleichung  $\alpha + \beta + \gamma = 0$ . Die drei Winkel des Prismas sind also:

$$A = 60^\circ 9,9' \quad B = 59^\circ 56,3' \quad C = 59^\circ 53,8'$$

Mit einer Ablesung des Nonius bis  $0,5'$  bekommt man die Winkel fast zu ein oder zwei Zehnteln einer Minute genau, was mit der oben angegebenen Fehlergrenze übereinstimmt.

Aus den in § 8 angeführten Beobachtungen von (I) (I) und (II) (II) kann ein noch genauerer Wert von  $\alpha$  oder  $A$  berechnet werden. Es seien  $\delta_{22}$  und  $\delta_{11}$  bzw.  $2 \times 2 (B - A)$  und  $2 \times 2 (A - C)$ , d. h. die Differenzen im Brechungswinkel beim Austrittspunkt in den Fällen (I) (I), (II) (II) und demjenigen im Einfallspunkt  $P$ ,  $i_{11}$  und  $i_{22}$  die Winkel zwischen den austretenden Strahlen der Bilder (I) (I) bzw. (II) (II) und der Normale der Austrittsfläche, dann ist

$$\delta_{22} - \delta_{11} = 12\alpha = (i_{22} - i_{11}) \frac{\cos i}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}.$$

Diese Gleichung wird auf nämliche Weise wie  $c$ ) (siehe oben) erhalten. Für  $i$  soll in dieser Näherungsformel ein gewisser Mittelwert zwischen  $i_{22}$  und  $i_{11}$  gesetzt werden. Eine Änderung von  $1^\circ$  in  $i$  bedingt einen Fehler von  $0,2\%$  in  $\cos i: \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$  oder  $0,2'$  in  $12\alpha$  und einen von  $0,02'$  in  $\alpha$ . Indem man also  $i = (i_{11} + i_{22}):2$  setzt, wird der Fehler in  $\alpha$  oder  $A$  unbedeutend. Es folgt dann  $\alpha = 10,0'$ . Dieser Wert von  $\alpha$  oder  $A = 60^\circ 10,0'$  ist also als die genaueste zu betrachten. Diese Methode ist etwas weniger einfach als diejenige aus den Bildern (I) und (II), weil sie die Ver Silberung von zwei Seitenflächen erfordert.

<sup>6)</sup> Setzt man  $\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = y$ , dann ist  $\frac{dy}{y} = \left[ 1: \left( 1 - \frac{\sin^2 i}{n^2} \right) \right] \frac{dn}{n}$ , woraus die im Texte gegebene Behauptung sogleich hervorgeht.



## Eine Methode zur Bestimmung des Brechungsverhältnisses einer Flüssigkeit.

Von

H. J. Oosting, in den Helder.

In der englischen Wochenschrift *Nature* hat PINGRIFF vor einiger Zeit<sup>1)</sup> eine einfache Methode angegeben für die Bestimmung des Brechungsverhältnisses einer Flüssigkeit, von der nur eine kleine Menge vorrätig ist. Die Beschreibung lautet ungefähr wie folgt:

Auf der Grundplatte eines Statives (Fig. 1) liegt ein ebener Spiegel und darauf ist eine bikonvexe Linse so gelegt, daß der Mittelpunkt der Linse unter der Nadelspitze *B* liegt. Indem er das Auge oberhalb *B* hält, stellt der Beobachter den verschiebbaren Arm so, daß die Nadelspitze und deren Bild zusammenfallen, was durch Beachtung der Parallaxe gefunden wird. Die Entfernung von *B* bis zum Mittelpunkt der Linse ist dann die Brennweite  $f_1$  der Linse. Das Experiment wird wiederholt, nachdem auf den Spiegel ein Tropfen der Flüssigkeit gebracht worden ist, der zwischen dem Spiegel und der Linse eine plankonkave Flüssigkeitslinse bildet. Es sei die neue Brennweite  $f_2$ , dann folgt die Brennweite  $f$  der Flüssigkeitslinse aus  $1/f = 1/f_2 - 1/f_1$ . Da aber die Brennweite der Flüssigkeitslinse auch gegeben ist durch die Beziehung  $1/f = -(n-1)/r$ , worin  $r$  der Krümmungsradius der Oberfläche der Glaslinse ist, so ist ersichtlich, daß das Brechungsverhältnis  $n$  der Flüssigkeit gefunden werden kann, wenn man  $r$  kennt. Ist  $r$  nicht bekannt, dann kann er gefunden werden, indem man ein Stück Papier zwischen Linse und Spiegel legt, und dann so einstellt, daß die Spitze *B* zusammenfällt mit dem Bilde von *B*, das durch die Reflexion an der unteren Fläche der Linse erzeugt wird. Die Strahlen sind jetzt bei dem zweimaligen Durchgang durch die obere Fläche der Linse gebrochen. Ist die neue Entfernung  $d$ , dann findet man  $n'/r - 1/d = -(n' - 1)/r$  oder  $r = (2n' - 1)d$ , worin  $n'$  das Brechungsverhältnis des Glases ist, und wo nötig berechnet werden kann. Der Apparat ist in sich selbst vollständig, und drei Ablesungen geben die nötigen Daten.

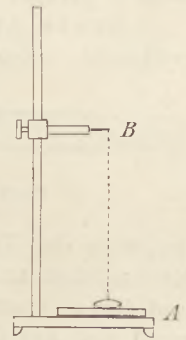


Fig. 1.

Diese Methode von PINGRIFF, wobei in geschickter Weise Gebrauch gemacht worden ist von einer bekannten Methode zur Bestimmung der Brennweite einer Linse, kann m. E. gute Dienste leisten, wenn man für einen gewissen Zweck das Brechungsverhältnis der Flüssigkeit bis ungefähr auf eine Einheit der zweiten Dezimale nötig hat. Aber diese Methode scheint mir auch sehr gut für praktische Übungen geeignet. Darum habe ich sie etwas weiter ausgearbeitet.

Erst ein Paar Bemerkungen: Bei der Beschreibung ist augenscheinlich angenommen, daß die beiden Flächen der Glaslinse gleiche Krümmungsradien haben. Der Wert von  $f_1$  kann gefunden werden aus der Differenz von zwei Ablesungen an einer an dem Stativ angebrachten Teilung. Um die Entfernung vom optischen Mittelpunkt der Linse zu erhalten, kann man auf den Rand der Linse einstellen und die erste Ablesung um den in diesem Fall abgelesenen Betrag vermindern. Da bei der Ableitung der Formeln die Linsendicke vernachlässigt worden ist, kann man bei der Bestimmung von  $f_2$  und  $d$  ebenfalls die Entfernung bis zur Mitte der Linsendicke nehmen. Man findet ferner  $n'$  aus  $1/f_1 = 2(n' - 1)/r$ , so daß die Methode in nachfolgender Weise zusammengefaßt werden kann.

<sup>1)</sup> *Nature* 26, Oktober 1911, S. 551.

Man hat

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1} \dots\dots\dots 1) \\ \frac{1}{f} &= -(n-1) \frac{1}{r} \dots\dots\dots 2) \\ \frac{1}{f_1} &= (n'-1) \frac{2}{r} \dots\dots\dots 3) \\ r &= (2n' - 1) d \dots\dots\dots 4) \end{aligned}$$

Mißt man nun  $f_1, f_2$  und  $d$ , dann kann man aus 3) und 4)  $n'$  und  $r$  finden und weiter  $n$  aus 1) und 2). Kommt es nur darauf an,  $n$  zu finden, so kann man ein für allemal  $f_1$  und  $d$  messen und  $r$  bestimmen aus 3) und 4); nachher hat man nur die Messung auszuführen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit unter der Linse, wodurch man  $f$  (aus 1) findet und  $n$  (aus 2) berechnen kann.

Für die Ausführung habe ich eine mit einer Glasplatte bedeckte Stellplatte mit Stellschrauben genommen, die mit einer Libelle horizontal gestellt wird. Auf das Stellbrett wird ein eiserner Vertikalmaßstab gestellt mit einer 50 cm langen Millimeterteilung, an der entlang ein Schieber mit Schraube und Marke verschoben werden kann<sup>2)</sup>. Weiter habe ich die Experimente in zwei Weisen ausgeführt.

Erste Ausführungsart (Fig. 2). In den Schieber ist eine Messingstange geklemmt, woran statt einer Nadel ein System von zwei parallelen Nähnadeln  $B$  und  $B'$  befestigt ist, die an einen rechteckig umgebogenen Messingstreifen von 4 mm Breite gelötet sind. Man hat dann als Zeichen für die Einstellung nicht nur die Abwesenheit der Parallaxe, sondern auch die Gleichheit der Entfernungen der Bilder der Nadeln und



Fig. 2.

derjenige der Nadeln selbst. Es ist das beste für die grobe Einstellung dieses letzte Kennzeichen zu verwenden, aber für die genaue Einstellung nur eine der Nadeln und ihr eigenes Bild zu benutzen, (wozu das Stativ ein wenig verschoben werden muß) und auf die Abwesenheit der Parallaxe einzustellen, aber auch darauf acht-

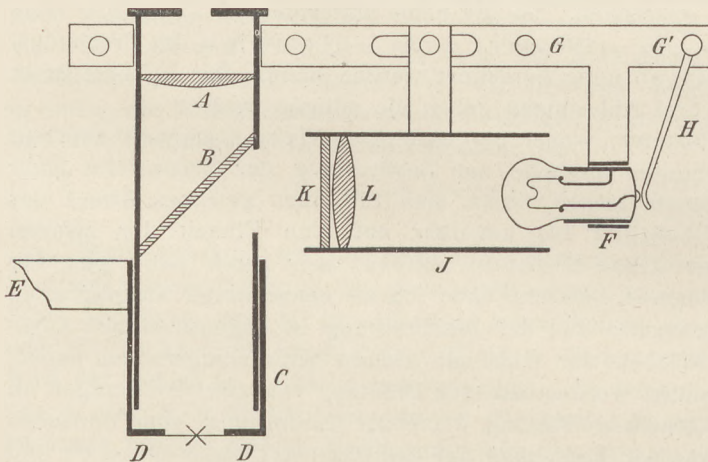


Fig. 3.

zugeben, daß mit einer Lupe die Nadel und ihr Bild zu gleicher Zeit scharf gesehen werden. Wahrnehmung mit einer Lupe statt mit dem unbewaffneten Auge ist jedenfalls zu empfehlen, da im letzten Fall das Spiegelbild des Kopfes des Beobachters hinderlich ist.

Die nötigen Einstellungen, um  $f_1$  und  $f_2$  zu finden, sind in dieser Weise leicht auszuführen. Die Einstellung für die

Messung von  $d$  geht aber viel weniger gut und wohl deshalb, weil die Reflexion an der unteren Fläche der Glaslinse nur schwach ist. Diese Schwierigkeit kann dadurch

<sup>2)</sup> Dieses Stativ ist durch Vermittlung der Firma P. J. Kipp, J. W. Giltay Nachfolger in Delft bezogen von der Firma Eisenfuhr in Berlin. Man kann sich auch behelfen mit dem Vertikalmaßstab von Weinhold.

aufgehoben werden, daß man bei der Messung von  $d$  die Linse auf Quecksilber schwimmen läßt in einem flachen Glasgefäß, das auf das Stellbrett gesetzt ist.

Zweite Ausführungsart. Viel besser aber gelingen die Einstellungen, und die Verwendung von Quecksilber bei der Messung von  $d$  wird unnötig, wenn man Gebrauch macht von einem GAUSSSchen Okular. Ich habe ein solches (Fig. 3) von einem kleinen Spektrometer von FUESS genommen.  $A$  ist die Linse davon,  $B$  die

Glasplatte unter einem Winkel von  $45^\circ$  mit der Achse des Okulars. Dieses Okular wird in ein Messingrohr  $C$  geschoben, an dessen Unterende ein Ring  $DD$  befestigt ist. Statt Kreuzfäden, welche für den

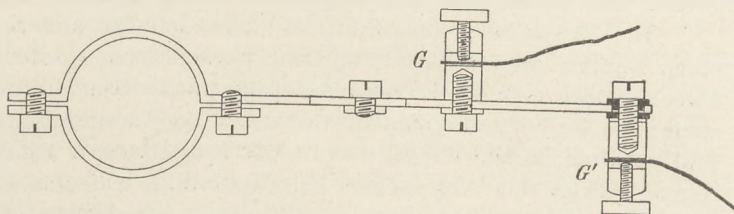


Fig. 4.

Zweck zu zerbrechlich sind, ist an den Ring  $DD$  eine runde Glasplatte geklebt mit zwei zueinander senkrechten feinen Diamantstrichen. An das Röhrchen  $C$  ist eine Messingstange  $E$  gelötet, welche in den Schieber des Statives geklemmt wird (Fig. 5). Eine stehende Lampe für die Beleuchtung ist hierbei nicht zweckmäßig. Ich habe darum eine kleine elektrische Metallfadenglühlampe von 4 Volt genommen, welche mit dem Okular verbunden ist und damit verschoben wird. Die Glühlampe ist in ein kurzes Röhrchen  $F$  geschraubt, das an der Innenseite ein Muttergewinde<sup>3)</sup> hat, und das an einen Träger (Fig. 4) befestigt ist, der um das Okular geklemmt wird. An dem Träger sind zwei Kontaktschrauben  $G$  und  $G'$  für die Zuleitungsdrähte des Stromes, von denen  $G'$  isoliert ist. Von  $G'$  geht eine Messingfeder  $H$  nach unten, welche an dem zentralen Teile der Glühlampe Kontakt macht. Zwischen der Glühlampe und dem Okular ist ein Messingrohr  $J$  angebracht, das an dem Träger verstellbar befestigt ist. Darin befindet sich eine kleine Linse  $L$ , deren Entfernung von dem Glühfaden ihrer Brennweite gleich ist. Um die Beleuchtung homogen zu machen, befindet sich vor der Linse die Mattglasplatte  $K$ <sup>4)</sup>.

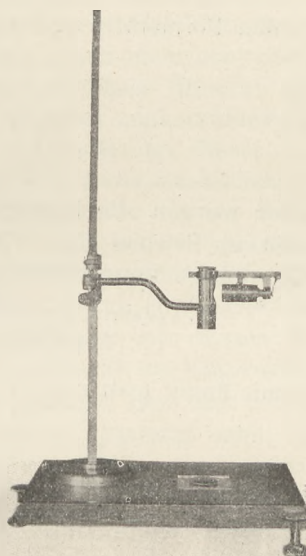


Fig. 5.

Wie oben gesagt, kann man bei den Messungen die Entfernungen von dem optischen Mittelpunkt der Glaslinse nehmen. Bei der ersten Ausführungsart muß dazu das Nadel-system erst auf den Rand der Linse eingestellt werden. Bei der zweiten Ausführungsart muß dasselbe geschehen mit der Unterseite der an den Ring  $DD$  geklebten Glasplatte mit den Diamantstrichen, und von der Ablesung des Schiebers bei Einstellung auf das Bild der Nadel oder der Diamantstriche muß die Ablesung bei Einstellung auf den Rand der Linse abgezogen werden.

Bei den Messungen mit dem GAUSSSchen Okular fand ich, daß bei der Einstellung auf die Diamantstriche die Parallaxe nicht immer bei den beiden zueinander

<sup>3)</sup> In das Röhrchen  $F$  sind dazu einige Windungen eines Kupferdrahtes gelötet.

<sup>4)</sup> Das Okular mit dem Beleuchtungsapparat kann ungeändert bei dem Spektrometer verwendet werden.

senkrecht stehenden Strichen zu gleicher Zeit verschwand, und es hat sich herausgestellt, daß der Fehler bei dem Spiegelglas zu suchen war. Es ist darum nötig, das Stück Spiegelglas auszuwählen, und nur ein Stück zu verwenden, bei dem die Parallaxe für beide Striche zu gleicher Zeit verschwindet.

Als Beispiel gebe ich einige Messungen nach der Ausführungsart mit dem Nadelsystem. Verwendet wurde eine Glaslinse von 37 mm Durchmesser und 3,2 mm Dicke. Die Messungen sind ausgeführt bei Zimmertemperatur, etwa 20°.

Der Schieber meines Statives, das auch für andere Zwecke dienen soll, hat einen Nonius, womit Zehntelmillimeter abgelesen worden sind. Für den jetzigen Zweck würde eine Marke und Ablesung in halben Millimetern genügen. Alle Einstellungen sind 6 mal gemacht worden. Die 6 angegebenen Werte von  $f_1$ ,  $d$  und  $f_2$  sind erhalten, indem der Mittelwert der Einstellungen auf den Rand der Linse abgezogen ist von den Ablesungen bei Einstellung auf das Bild. Die Mittelwerte von  $f_1$ ,  $d$  und  $f_2$  sind abgerundet auf Millimeter, um den Schein zu vermeiden, daß eine Genauigkeit von  $\frac{1}{10}$  mm erreicht worden sei.

Gefunden wurde für die Glaslinse

$$f_1 = 176,6, 176,3, 176,8, 176,7, 177,0, 177,3$$

Mittelwert 176,6, abgerundet 177 mm;

$$d = 89,8, 89,4, 90,0, 90,0, 89,6, 90,2,$$

Mittelwert 89,8, abgerundet 90 mm.

Aus den Formeln 3) und 4) finden wir

$$r = \frac{d f_1}{f_1 - d} = 183 \text{ mm}$$

$$n' = \frac{2f_1 - d}{2(f_1 - d)} = 1 + \frac{d}{2(f_1 - d)} = 1,52.$$

Weiter wurden die Brechungsindizes bestimmt von destilliertem Wasser, von Benzol, und als Beispiel einer Flüssigkeit, welche nur in kleiner Menge vorrätig ist, wurde die wäßrige Feuchtigkeit eines Rinderauges genommen.

$$\text{Wasser: } f_2 = 260,1, 260,0, 260,4, 259,8, 260,0, 260,6$$

Mittelwert 260,15, abgerundet 260 mm.

Hiermit findet man nach Formel 1)

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 - f_2} = \frac{177 \times 260}{177 - 260} = -554 \text{ mm,}$$

und dann folgt aus 2)

$$n = 1 - \frac{r}{f} = 1 + \frac{183}{554} = 1,33.$$

$$\text{Benzol: } f_2 = 340,0, 341,0, 340,3, 339,9, 339,2, 340,6$$

Mittelwert 340,2, abgerundet 340 mm,

womit man erhält

$$f = -369 \text{ mm, } n = 1,50.$$

$$\text{Wäßrige Feuchtigkeit eines Rinderauges: } f_2 = 260,5, 260,4, 260,5, 260,2, 260,4, 260,1$$

Mittelwert 260,35, abgerundet 260 mm,

so daß für das Brechungsverhältnis dieser Flüssigkeit derselbe Wert gefunden ist wie bei Wasser.

## Stereoskopische Projektion im Unterrichte.

Von

Hans Wlk in Mähr.-Schönberg.

Wohl jede Mittelschule und auch sehr viele niedere Schulen besitzen heutzutage ein Skioptikon, das zur Vorführung photographischer Glasbilder nahezu in allen Unterrichtsgegenständen verwendet werden kann und dadurch zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel des modernen Unterrichtsbetriebes geworden ist. Ferner findet sich in der physikalischen Lehrmittelsammlung auch ein Stereoskop oder sogar deren zwei von verschiedener Art, die, wenn es gut geht, mit einem Stereobilde versehen, einmal im Jahre die Runde unter den Schülern der Klasse machen, damit ihnen die Möglichkeit einer plastischen und deshalb allein richtig wirkenden Abbildung von Gegenständen vor Augen geführt werde. Damit und allenfalls noch mit einem Hinweise auf das Kaiserpanorama ist das Stereoskop im Unterrichte abgetan. Und doch würde es gerade wegen seiner Fähigkeit, die Gegenstände auch im Bilde plastisch zu zeigen, ein unschätzbares Hilfsmittel für den Anschauungsunterricht bieten, wenn es im Verein mit dem Skioptikon auch für große Projektionsbilder verwendbar wäre. In der gewöhnlichen Form des Brewsterschen Stereoskopes hat es aber den Nachteil, daß es ausschließlich für die subjektive Betrachtung kleiner Bilder geeignet ist.

Es hat daher nicht an Versuchen gefehlt, eine Konstruktion ausfindig zu machen, die es ermöglichen soll, auch bei der Betrachtung von Projektionsbildern den richtigen plastischen Eindruck zu gewinnen. Unter den verschiedenen mehr oder minder geistreichen, zum Teil recht komplizierten Methoden, die in dieser Hinsicht ausgedacht worden sind, können mit Rücksicht auf die Art des Zustandekommens eines plastischen Eindruckes<sup>1)</sup> nur jene zu einem vollständig befriedigenden Erfolge führen, die darauf ausgehen, jedes Auge für sich nur auf eines der beiden stereoskopischen Teilbilder blicken und die Bilder in der Vorstellung zusammenfallen zu lassen. Nur in ganz besonderen Fällen ist die plastische Wirkung auch durch eine entsprechende Ausnutzung optischer Täuschungen bei der Betrachtung eines mit beiden Augen gleichzeitig gesehenen Einzelbildes von besonderer Eigentümlichkeit bis zu einem gewissen Grade erzielbar (Kinoplastikum<sup>2)</sup>). Eine mehrjährige Beschäftigung mit diesem Probleme, angeregt durch die Unzufriedenheit mit dem Mangel der Plastik bei Kinovorführungen, hat mich nun zur Konstruktion eines Stereoskopes geführt, dem ich wegen seiner allseitigen Verwendbarkeit den Namen „Pantostereoskop“ beigelegt habe. Eine eingehende Beschreibung und theoretische Erklärung dieses Apparates behalte ich mir für einen allgemeiner gehaltenen Aufsatz vor<sup>3)</sup>; hier will ich bloß eine vereinfachte, ausschließlich zur Betrachtung von unvertauschten<sup>4)</sup> Stereobildern großen Formates (Projektionsbilder) bestimmte Ausführung dieses Apparates (Projektionsstereoskop) angeben, weil er in dieser Gestalt mit ganz geringen Mitteln z. B. in den Handfertigkeitsübungen von den Schülern selbst in der nötigen Anzahl hergestellt werden kann<sup>5)</sup>. Seine Einfachheit verdankt der Apparat dem Abgehen von dem bisher aus bloßer Gewohnheit festgehaltenen Grundsatz, daß der Strahlengang für beide Augen symmetrisch

<sup>1)</sup> Siehe C. Pulfrich, Stereoskopisches Sehen und Messen. Jena, Gustav Fischer, 1911.

<sup>2)</sup> Für die aufzunehmenden Szenen ist ein vollständig schwarzer Hintergrund nötig, der im projizierten Bilde vollständig verschwindet.

<sup>3)</sup> Im Jahresberichte 1913 des k. k. Kaiser Franz Joseph-Staatsgymnasiums in Mähr.-Schönberg.

<sup>4)</sup> Für das gewöhnliche (Brewstersche) Stereoskop müssen die Bilder bekanntlich durch Zerschneiden des Negatives und Kopieren der Teilbilder in vertauschter Stellung hergestellt werden.

<sup>5)</sup> Das gleiche Prinzip für denselben Zweck habe ich kürzlich auch in der französischen Patentschrift Nr. 336039 aus dem Jahre 1903 entdeckt. Der Patentinhaber Bellieni scheint aber die Sache nicht weiter ausgebaut zu haben.

oder besser gesagt gleichartig (in bezug auf die Weglänge und den mit der Bildfläche gebildeten Winkel) sein soll. Dies ist, wie ich weiter unten zeigen werde, gar nicht nötig, und das Ganze erinnert so ziemlich an die Geschichte vom Ei des Kolumbus.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus zwei kleinen ebenen Spiegeln, von denen der eine fest, der andere um eine senkrechte Achse drehbar ist. Diese beiden Spiegel werden so vor das eine Auge ( $A_1$ ) gebracht, daß die von dem einen Teilbilde kommenden Strahlen zuerst am beweglichen, dann am festen Spiegel zurückgeworfen werden und hierauf ins Auge gelangen. Das zweite Auge ( $A_2$ ) dagegen sieht direkt

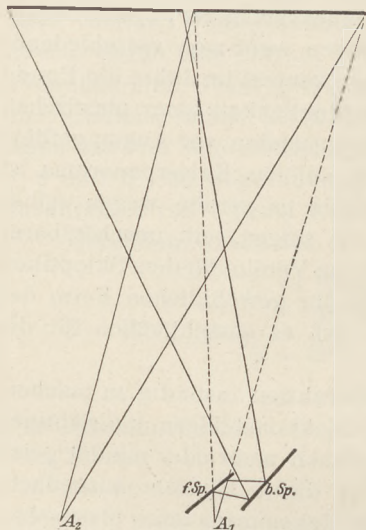


Fig. 1.

ohne jeden optischen Apparat auf das zweite Teilbild. Durch Drehung des beweglichen Spiegels wird das darin sichtbare Bild mit dem direkt beobachteten ohne jede Anstrengung der Augen zur Deckung gebracht, wodurch sofort die vollkommenste Plastik des Bildes erreicht wird. Die Beweglichkeit des Spiegels ermöglicht es, die Bilder übers Kreuz anzusehen, so daß das rechte

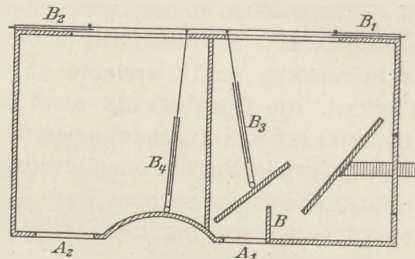


Fig. 2.

Auge auf das linke Teilbild, das linke Auge dagegen auf das rechte Teilbild blickt. Dieser Umstand ist von ganz besonderer Bedeutung, denn dadurch wird bei der Herstellung des Stereodiativatives ein Ver-

tauschen der Teilbilder ganz überflüssig, und diese Herstellung daher ebenso einfach wie die eines gewöhnlichen Diativatives. Durch Blenden, die an geeigneten Stellen angebracht sind, werden beide Gesichtsfelder so eingeengt, daß jedes Auge nur das eine zu betrachtende Teilbild sieht.

Der Apparat wird in folgender Weise hergestellt:

Man baut aus Zigarrenkistenholz ein Kästchen, dessen Grundkanten außen 13 und 7 cm lang sind; die Höhe muß innen 2,6 cm sein. Die Vorderwand enthält die beiden ungleich großen Augenöffnungen von je 1 cm Höhe und 1,5 bzw. 2 cm Breite. Die größere Öffnung ist vom seitlichen Rand 0,8 cm weit entfernt, die kleinere dagegen vom andern Seitenrand 4,2 cm, so daß zwischen beiden Öffnungen ein 4,5 cm breiter Zwischenraum bleibt. Dieser Teil der Vorderwand ist mit Rücksicht auf den dort beim Gebrauche anliegenden Nasenrücken zylindrisch bis auf etwa 1 cm Tiefe eingebogen und wird aus Blech oder Karton hergestellt. Am äußeren Seitenrande der kleinen Augenöffnung wird senkrecht nach innen ein 1 cm breites Brettchen  $B$  als Blende angeleimt. — Die Rückwand erhält zwei Öffnungen über die ganze Höhe, die je 3,9 cm breit und von den Seitenrändern 2 cm entfernt sind, so daß zwischen ihnen ein 1,2 cm breites Stück der Rückwand stehen bleibt. — Der Innenraum wird durch eine Querwand in der Mitte geteilt; der Teil hinter der größeren Augenöffnung bleibt leer, der andere dient zur Aufnahme der beiden Spiegel. Diese sind je 2,5 cm hoch und 3 bzw. 4 cm lang und werden auf Brettchen von gleicher Größe geleimt. Das größere Brettchen erhält in der Mitte knapp hinter der Spiegelfläche eine Drehungsachse parallel zum kurzen Spiegelrande. Am einfachsten ist es, durch Boden und Deckel des Gehäuses an der vorher genau angemerkten Stelle je eine Stecknadel in das Spiegelbrettchen zu stecken, das vorher schon mit entsprechenden feinen Löchern an der richtigen Stelle versehen wird. Außerdem befestigt man an der Rückseite

des Brettchens noch einen etwa 0,4 cm breiten Blechstreifen, der am untern Rande des Brettchens rechtwinklig umgebogen wird und 3,7 cm weit wegsteht. Der wagrecht verlaufende Teil schließt mit der wagrechten Grundkante des Brettchens einen Winkel von etwa  $50^\circ$  ein und reicht aus dem Innern durch einen Schlitz von 2 cm Länge am Grunde der Seitenwand heraus. Der Schlitz beginnt 1,3 cm vom Vorderrande der Seitenwand entfernt und ist so eng, daß sich das Blech mit leichter Reibung verschieben läßt. Die Drehungsachse hat von der Außenseite der Vorderwand den Abstand 2,7 cm, von der Außenseite der Seitenwand 1,8 cm. Der feste Spiegel wird hinter der kleinen Augenöffnung so festgeleimt, daß sein Vorderrand von den Außenseiten der Vorder- bzw. Seitenwand die Abstände 0,8 und 6,0 cm, sein hinterer Rand dagegen 2,7 und 3,7 cm hat. Man paßt zuerst den beweglichen Spiegel ein, hierauf wird der feste Spiegel an seine vorher mit Bleistift angemarkte Stelle geschoben und mit Hilfe irgendeines stereoskopischen Bildes in die richtige Lage gebracht, indem man durch den Apparat auf das in einiger Entfernung aufgestellte Bild blickt und dem Spiegel diejenige Stellung erteilt, bei der die horizontalen Ränder der Teilbilder zusammenfallen und auch bei Drehung des beweglichen Spiegels ihre Richtung nicht ändern. — Schließlich werden noch 4 Blenden angebracht. Die äußeren Blenden  $B_1$  und  $B_2$  sind je 3 cm hoch und ebenso breit und werden aus dünnem Blech ausgeschnitten. Dabei läßt man auf einer Seite in der Mitte einen kleinen Fortsatz stehen, der rechtwinklig umgebogen wird und beim Verschieben als Handhabe dient. Die Führungsrinnen für diese Blenden erhält man, indem man längs der ganzen oberen und unteren Kante auf dem Boden und dem Deckel des Gehäuses je einen Blechstreifen befestigt, dessen 3 mm weit vorstehender Rand um die Kante umgebogen wird, so daß die hineingesteckten Blenden mit leichter Reibung verschoben werden können. Die inneren Blenden  $B_3$  und  $B_4$  werden nahezu 2,6 cm hoch und 4,5 bzw. 5,5 cm lang gemacht. An dem einen Ende läßt man nach oben und unten noch einen schmalen Fortsatz von 2–3 mm Länge daran, mit denen die Blenden in die oben erwähnten Führungsrinnen gesteckt werden. Die andere Seite kommt zwischen die beiden Teile eines 2,5 cm hohen, 7 cm langen und in der Mitte zusammengebogenen Blechstreifens. Die Biegungstelle wird um eine Nadel zusammengedrückt und erhält diese Nadel als Drehungsachse. Die eine Drehungsachse für die kürzere Blende wird hinter dem festen Spiegel angebracht, die zweite hinter der Einbiegung der Vorderwand. — Alle Metall- und Holzflächen im Innern sind zu schwärzen und müssen vollkommen matt sein.

Die Handhabung des Projektionsstereoskopes ist ungemein einfach. Man hält es so an die Augen, daß das frei hindurchblickende Auge das dem andern Auge gegenüberliegende Teilbild sieht, und dreht nun den Spiegel, bis das zweite darin zum Vorschein kommende Teilbild sich mit dem direkt gesehenen deckt. Dann werden die Blenden so weit vorgeschoben, bis nur mehr die zu betrachtenden Teilbilder sichtbar sind. — Zu bemerken wäre noch, daß auch direkt kopierte (unvertauschte) Papier-Stereobilder in allen üblichen Formaten schon in einer Entfernung von etwa 30 cm vom Auge mit diesem Apparate betrachtet werden können.

Die Stereodiapositive erhält man am einfachsten durch direktes Abphotographieren der Stereonegative mittels eines einfachen Photographenapparates unter Verwendung von Diapositivplatten. Die Bildgröße wähle man etwa  $3 \times 6$  bis  $4 \times 8$  cm. Da infolge der plastischen Wirkung auch schon bei einem kleinen Formate alle Einzelheiten des Bildes ins Auge fallen, die bei einem flachen Bilde großen Formates noch zum großen Teile übersehen werden, so reicht man bei der Vorführung stereoskopischer Projektionsbilder schon mit verhältnismäßig kleinen Formaten aus. Für Vorführungen in der Schule wird im allgemeinen eine Bildhöhe von 60–80 cm vollständig ausreichen. Bei dieser Beschränkung der Bildgröße erreicht man den Vorteil, daß die Sitze der Schüler bis in ziemliche Nähe der Projektionsleinwand heranreichen

können, ohne daß der Gesichtswinkel eine für die Beobachtung ungünstige Größe erreicht. In einer Entfernung von der Bildwand, die der dreifachen Breite eines Teilbildes gleich ist, ist bereits eine vollständige Klarheit des plastischen Bildes vorhanden, ja man kann nahezu bis in die doppelte Teilbildbreite heranrücken, ehe die Größe des Gesichtswinkels störend zu wirken beginnt.

Für Anstalten, die über einen kinematographischen Apparat verfügen, ist in derselben Weise auch die Vorführung stereoskopischer Kinaufnahmen möglich. Die Aufnahmen werden in der gewöhnlichen Weise mit dem Unterschiede ausgeführt, daß statt des einen Objektivs zwei identische Stereoobjektive in der üblichen oder nach Bedarf auch in größerer oder kleinerer Entfernung voneinander verwendet werden; hinter diese beiden Objektive kommen zwei Paare paralleler Spiegel oder noch besser totalreflektierender Prismen, wodurch die beiden kleinen Teilbilder unmittelbar nebeneinander auf den vorbeigleitenden Film gelangen. Man erhält so bei dem gewöhnlichen Filmformate die Stereobilder in Hochformat; will man das quadratische Format erhalten, so ist entweder die Bildhöhe zu verkleinern oder die Filmbreite zu vergrößern; beides bietet vom technischen Standpunkte aus keinerlei Schwierigkeiten.

Schließlich noch ein Wort bezüglich des unsymmetrischen Strahlenganges. Geht man von einem Paare identischer Punkte der beiden Teilbilder einer stereoskopischen Aufnahme aus, so liegt ein zweites Paar identischer Punkte nicht mehr vollkommen gleichartig zu dem ersten Paare, sondern es zeigt sich eine kleine Verschiedenheit der seitlichen Entfernung. Dadurch wird also der Abstand der Punkte des zweiten Paares voneinander größer oder kleiner als der des ersten. Im plastischen Bilde liegt im ersten Falle der zweite Punkt weiter rückwärts als der erste, im zweiten Falle dagegen vor dem ersten Punkt. In bezug auf das erste identische Punktepaar erscheinen also die Lagen der übrigen identischen Punktepaare nicht gleichartig, sondern untereinander verschieden; aber diese Verschiedenheiten sind ganz gesetzmäßig und haben ihre Begründung in der gegenseitigen Tiefenlage der abgebildeten Raumpunkte. Lassen wir nun das eine Teilbild in seiner Lage und drehen das zweite ein wenig, so daß seine Ebene mit der des ersten einen kleinen Winkel bildet (bis gegen  $30^\circ$ ), so tritt für alle identischen Punktepaare eine Verkürzung ihres gegenseitigen Abstandes ein; infolgedessen wird die gesetzmäßige Änderung der Lage aller identischen Punktepaare in bezug auf das erste Paar nicht geändert, und im plastischen Bilde erscheint daher die Tiefenanordnung der einzelnen Raumpunkte ebenso wie vor der Drehung. Eine kleine Änderung erfährt das plastische Bild allerdings, wenn sie auch dem Beobachter mangels eines Vergleiches sowie wegen ihrer Geringfügigkeit gar nicht zum Bewußtsein kommt: die Verkürzung der Abstände der identischen Punktepaare bei der Drehung des einen Teilbildes ist diesen Abständen nicht proportional, sondern für alle in einer senkrechten Geraden des Teilbildes liegenden Punkte gleich groß; für die der Drehungsachse zunächstliegenden Punkte des gedrehten Teilbildes ist sie am kleinsten, für die am entgegengesetzten Ende befindlichen am größten. Daher wird im plastischen Bilde die Gesamttiefe des Raumes für die am stärksten gedrehten Teile des Bildes geringer als für die Punkte der anderen Seite des Bildes. Dieser Unterschied kommt aber, wie die Beobachtung zeigt, gar nicht zur Geltung. Ein Ausgleich dieses — ich möchte sagen rein theoretischen — Unterschiedes der Bildtiefe kommt übrigens dann zustande, wenn beide Bilder gleich stark um eine zwischen ihnen liegende Achse zurückgedreht werden. Die Betrachtung eines stereoskopischen Bildes mit dem oben beschriebenen Projektionsstereoskope deckt sich nun vollständig mit der eben besprochenen Betrachtung eines Stereobildes mit einem oder beiden gedrehten Teilbildern, und die Richtigkeit dieser Überlegungen wird durch die ausgezeichnete Plastik der damit erhaltenen Bilder vollkommen bestätigt.



Da es vorläufig noch sehr wenige Stereophotographen gibt, so wäre es im Interesse der Sache von Vorteil, wenn die einzelnen großen Unternehmungen, welche Stereobilder herstellen, zum Zwecke der Projektion auch Stereodiapositive — natürlich unvertauschte — für Schulen in ähnlicher Weise herstellen würden, wie dies für einfache Diapositive schon von vielen Seiten geschieht. Speziell die Herren Kollegen in Berlin könnten in dieser Hinsicht mit dem Stereoverlag Fuhrmann in Berlin, Passage, in Fühlung treten, der ja alle Kaiserpanoramen mit Stereobildern versorgt.

## Über Schreibstimmgabel, Schreibpendel und Schreibaite.

Von

W. Büchel in Hamburg.

Die graphischen Methoden zur Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel kommen noch nicht überall so ausgiebig zur Verwendung, wie sie es verdienen, wohl deswegen nicht, weil die bekannteren graphischen Bestimmungsmethoden reichlich umständlich sind. Man vergleiche z. B. Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik, 9. Aufl., Bd. I, S. 724 ff., oder auch Noack, Aufgaben für physikalische Schülerübungen, S. 36.

1. Eine recht rohe, aber dafür sehr durchsichtige und einfache Methode ist die, daß man versucht, nach dem Schlag eines Metronoms eine Stimmgabel mit Schreibspitze eine Sekunde lang über eine passende Schreibfläche zu führen. Bei einiger Übung erhält man bessere Resultate, als zunächst zu erwarten ist.

Eine tadellose Schreibfläche erhält man bekanntlich durch Berußen, und in manchen Fällen ist die so hergestellte Fläche auch die beste, z. B. bei der Untersuchung des freien Falls mit der Schreibstimmgabel. Sehr lästig ist aber der entstehende Qualm. Dieser Übelstand hat GRIMSEHL dazu geführt, die Glasplatte mit Petroleum ganz dünn zu bestreichen und dann die schräg gehaltene Platte mit Mehl zu bestreuen. Dadurch bekommt sie einen sehr hübschen, gleichmäßigen Überzug, in dem jede Schreibspitze

gut schreibt. Ob man nun Ruß oder Mehl anwendet, jedenfalls empfiehlt es sich, wenn die Kurve fertiggestellt ist, mit einem Zerstäuber etwas Fixativ darüber zu blasen, um die Platte dauerhaft zu machen. Kräftige Schreibspitzen schreiben auch wunderhübsche, exakte Kurven auf eine Glasplatte, die mit Zinkweiß unter Zuhilfenahme von wenig Wasser bestrichen ist.

2. Eine zweite Versuchsanordnung ist die folgende (siehe Fig. 1), und sie liefert sehr sichere Resultate. Auf die Achse der senkrecht am Tisch festgeklammerten Schwungmaschine wird eine Holzscheibe von ca. 10 cm Radius und 3—4 cm Dicke aufgesetzt. Man kann sich auch mit einer schwarz lackierten Bohnerwachsdose behelfen. Der Mantel der Scheibe wird mit einem Mehlüberzug versehen. Eine Schreibstimmgabel  $c_1$  wird dicht davor an einem ebenfalls am Tisch festgeklammerten Stativ in einer Bunsenklemme befestigt, so daß die Spitze die Schreibfläche eben noch nicht berührt. Nun setzt man mit Hilfe eines Elektromotors die Scheibe in gleichmäßige Umdrehungen

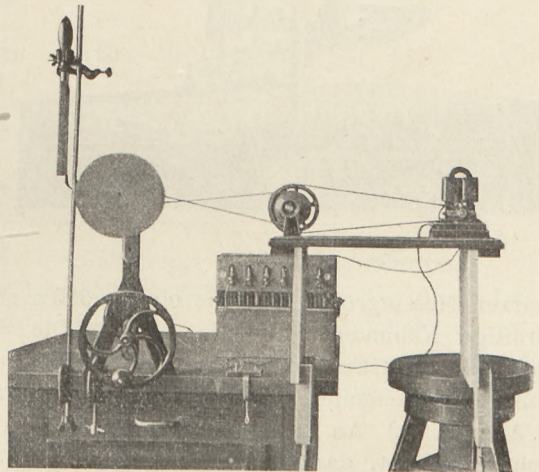


Fig. 1.

und drückt die Stimmgabel eine ganz kurze Zeit, kürzer als die Umdrehungsdauer der Scheibe, gegen die Schreibfläche. Die Stativstange gibt soviel nach. Wenn man eine Marke am Rande der Scheibe angebracht hat, läßt sich die Umdrehungsdauer der Scheibe leicht mit der Sekundenuhr bestimmen. Bei einem Versuch wurden 50 Umdrehungen in 17 Sek. gemacht, also in 1 Sek.  $\frac{50}{17}$  Umdrehungen. 29 Wellen hatten dabei eine Länge von 20 cm, also kam auf 1 cm  $\frac{20}{29}$  Welle. Der Umfang der Scheibe betrug 62,5 cm; daher macht die Stimmgabel in 1 Sek.  $62,5 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{50}{17} = 127$  Schwingungen.

3. Noch empfehlenswerter ist es, einen Gedanken zu verwenden, der von HAHN in seinem Handbuch für Schülerübungen benutzt ist. HAHN läßt gleichzeitig mit der Schreibstimmgabel ein Schreibpendel schwingen über derselben Schreibfläche. Ich

beschreibe den Apparat in der Form, wie ich ihn abgeändert habe.

(Siehe Fig. 2.) Eine Glasplatte von ca.  $40 \times 21$  cm ist auf einem ca.  $1\frac{1}{2}$  cm starken Brett mit einigen Schrauben befestigt. Das Brett läßt sich auf einem zweiten Brett zwischen 2 Führungsleisten leicht verschieben. Über der Glasplatte ist an einem einfachen Röhrenstativ, das unmittelbar auf der einen Führungsleiste angebracht ist, ein Schreibpendel aufgehängt. Das Pendel besteht aus einer

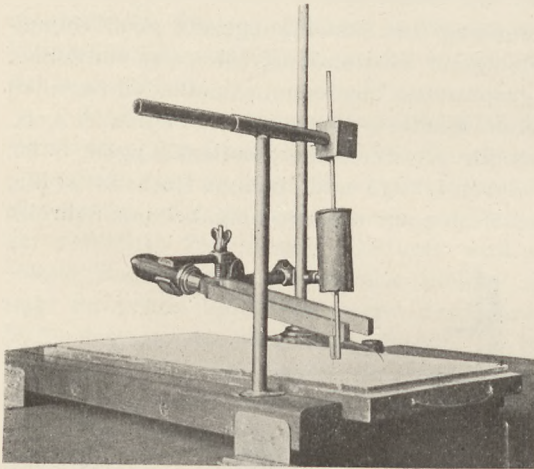


Fig. 2.

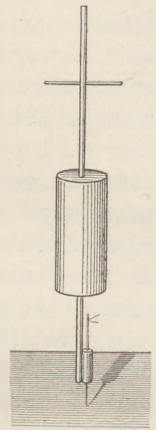


Fig. 3.

kurzen Messingröhre, um die ein ca. 300 g schwerer Bleizylinder gegossen ist. Eine kräftige Nähnaedel dient als Achse. Die Schreibvorrichtung ist derjenigen nachgebildet, die GRIMSEHL bei seinem Apparat zur Zusammensetzung zweier aufeinander senkrecht stehender Pendelschwingungen benutzt. (GRIMSEHL, Lehrbuch der Physik, 2. Aufl., S. 78.) An die Messingröhre ist unten seitlich noch ein kleines Stück Messingrohr angelötet, das oben und unten durch ein in der Mitte durchbohrtes Messingscheibchen verschlossen ist. Durch die beiden Öffnungen ist eine feine Nadel gesteckt, die sich auf diese Weise leicht auf und ab bewegen kann und auch bei schwingendem Pendel stets die Schreibfläche berührt. Damit die Nadel nicht herausfallen kann, ist in die Öse ein kleines Stückchen Draht geklemmt. (Siehe Fig. 3.)

Die Schreibstimmgabel ist in einem gewöhnlichen Bunsenstativ so eingeklemmt, daß ihre Spitze in der Entfernung von einigen Zentimetern seitlich neben der Nadel des Pendels auf der Schreibfläche steht. Um die Stimmgabel zu erregen, wird das Bunsenstativ etwas hochgekippt und die Gabel mit einem weichen Hammer angeschlagen. Sofort nach dem Niederstellen setzt man das Pendel in Schwingungen und zieht die Glasplatte heraus. Die beiden Kurven, die man erhält, zeigt Fig. 4. Auf  $\frac{1}{2}$  Schwingung des Pendels kommen 37 Schwingungen der Stimmgabel. Da das Pendel eine Schwingungsdauer von 0,58 Sek. hat, erhält man 127,6 Schwingungen für die Stimmgabel.

Mit dem Apparat in Fig. 2 kann man auch die Schwingungen einer Schreibsaite untersuchen. Ich habe über die ganze Länge des Experimentiertisches eine

Messingsaite ausgespannt, auf der in ein Viertel der ganzen Länge vom einen Ende eine einfache Schreibspitze aus Messingblech aufgelötet war. Nach verschiedener Erregung der Saite erhält man durch Ausziehen der unter die Spitze gestellten Glasplatte verschiedene zusammengesetzte Schwingungen, entsprechend den verschiedenen Obertönen. Läßt man das Pendel mitschwingen, so kann die Schwingungszahl der Saite festgestellt werden. Läßt man nur die halbe Saite schwingen, so zeigt die Kurve die doppelte Anzahl von Wellen.

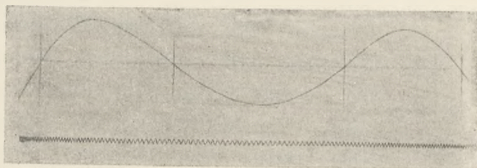


Fig. 4.

Schreibpendelkörper der beschriebenen Art kann man auch zu dem von W. VOLKMANN im 3. Heft des vorigen Jahrgangs (S. 157) beschriebenen Versuch mit den gekoppelten Pendeln statt der Bleikugeln benutzen. Dann erhält man die Lissajouschen Kurven, in dem von VOLKMANN angegebenen Fall, sehr hübsch aufgezeichnet. Daß man bei unsymmetrischen Anordnungen Störungen bekommt, liegt nicht an einem Mitschwingen des Stativs, wie VOLKMANN vermutet. Man muß die Zugwirkungen, die die Pendel aufeinander ausüben, nach den Achsen eines räumlichen Koordinatensystems zerlegen. Dann ist zu sehen, daß seitliche Komponenten bei symmetrischen Anordnungen sich vernichten, bei unsymmetrischen aber ihren störenden Einfluß geltend machen. Vielseitiger ist deshalb die Anordnung von GRIMSEHL zur Zusammensetzung von zwei aufeinander senkrecht stehenden Pendelschwingungen, die bereits erwähnt wurde<sup>1)</sup>.

## Kleine Mitteilungen.

### Ein Schülerübungsversuch über den freien Fall.

Von Dr. F. Niemöller in Emden.

Der folgende Versuch eignet sich besonders gut zu einer Schülerübung. Man bedient sich dazu eines leichten ungleicharmigen zweiseitigen Hebels  $A O B$  (Fig. 1 zeigt ihn von oben, Fig. 2 von der Seite gesehen), der wie ein Wagebalken nur Bewegungen in senkrechter Ebene zuläßt. Am Ende  $A$  des längeren Arms wird zwischen 2 Stiften das Gewicht  $G$  angehängt, dessen Fallbewegung untersucht werden soll.

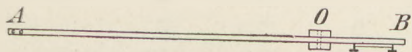


Fig. 1.

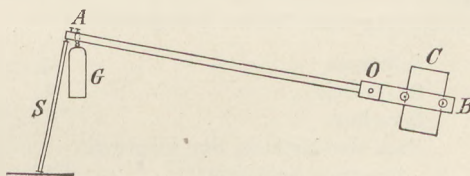


Fig. 2.

Es ist klar, daß jeder Punkt  $P$  des kürzeren Arms beim Fallen von  $G$  einen Kreisbogen beschreibt, der so viel mal kleiner ist als der von  $G$  beschriebene, als  $OP$  in  $OA$  enthalten ist; nach demselben Verhältnis sind auch die von  $G$  in gleichen Zeiten zurückgelegten Fallräume verkleinert. Beschränkt man sich auf kleine Fallhöhen und wählt  $G$  so groß, daß das Gewicht des Hebels dagegen vernachlässigt werden kann, so darf man annehmen, daß die Bewegung von  $G$  nach den Gesetzen des freien Falls erfolgt. Ein Bild von der Bewegung des Punktes  $P$  erhält man in Gestalt

<sup>1)</sup> Die beschriebenen Apparate können von A. Krüss, Hamburg bezogen werden.

einer Wellenlinie, wenn man am kurzen Arm in senkrechter Lage eine berußte Glasplatte befestigt und während der Fallbewegung die Spitze einer Schreibstimmgabel dagegen hält.

Der zuletzt benutzte Hebel war aus Fichtenholz und wog etwa 100 g, die Dimensionen des Arms  $OA$  waren  $1,5 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \times 83 \text{ cm}$ , die des Arms  $OB$   $2,5 \text{ cm} \times 0,9 \text{ cm} \times 22 \text{ cm}$ . Die Glasplatte  $C$  wurde unter zwei Korkscheibchen geschoben, die mit Holzschrauben befestigt waren. Um bei  $O$  eine längere Bohrung und damit eine sichere Bewegung der Leiste zu erhalten, waren auf beiden Seiten Klötzchen aus Eichenholz angeleimt. Das Gewicht  $G$  wog 5 kg. Die Bedeutung der Stütze  $S$  braucht wohl nicht erklärt zu werden. Man kann, wie leicht ersichtlich, mehrere Versuche ausführen, ohne die Platte zu wechseln.

Es erübrigt noch, an einem Beispiel zu zeigen, wie man die Beobachtungen zur Berechnung von  $g$  benutzt. In Fig. 3 sind die Strecken  $12 = a$ ,  $23 = b$  usw. die Wege, die von der Spitze der Stimmgabel in je  $\frac{1}{32}$  Sekunde beschrieben wurden. (Die Stimmgabel machte 128 Schwingungen in der Sekunde, die einzelnen Strecken sind = 4 Wellenlängen.) Auf der Strecke  $O1$  konnten die Wellen nicht mehr unterschieden werden. Die Messung ergab in Millimetern  $a = 4$ ,  $b = 6$ ,  $c = 9$ ,  $d = 11,5$ ,  $e = 13$ ,  $f = 15$ . Die Zahlen bilden nahezu eine arithmetische Reihe, man hat es also mit einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung zu tun. Die Beschleunigung sei  $= \gamma$ . Ist die Zeit, die zu dem Wege  $O1$  gebraucht wird,  $= x$  Sek., so wird zu dem Wege  $O4$  die Zeit  $x + \frac{3}{32}$ , und zu  $O7$  die Zeit  $(x + \frac{6}{32})$  Sek. gebraucht. Da der Weg  $14 = 19 \text{ mm}$  und der Weg  $47 = 39,5 \text{ mm}$  ist, so erhält man die Gleichungen

$$\frac{\gamma}{2} \left(x + \frac{3}{32}\right)^2 - \frac{\gamma}{2} x^2 = 19$$

und

$$\frac{\gamma}{2} \left(x + \frac{6}{32}\right)^2 - \frac{\gamma}{2} \left(x + \frac{3}{32}\right)^2 = 39,5.$$

Hieraus

$$\gamma = \frac{41 \cdot 32^2}{18} \text{ mm} \quad \text{und} \quad x = \frac{105}{41 \cdot 64} \text{ Sek.}$$

Mit Hilfe dieser Werte sind die einzelnen Fallräume berechnet. Man erhält folgende Zusammenstellung, die eine recht befriedigende Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung zeigt:

| Fallräume . . . . .  | $a$ | $b$ | $c$ | $d$  | $e$  | $f$  |
|--|-----|-----|-----|------|------|------|
| Beobachtet . . . . .   | 4   | 6   | 9   | 11,5 | 13   | 15   |
| Berechnet . . . . .  | 4,1 | 6,3 | 8,6 | 10,9 | 13,2 | 15,4 |
| Nach der Methode der kleinsten<br>Quadrate berechnet <sup>1)</sup> . . . . . | 4,1 | 6,4 | 8,6 | 10,9 | 13,1 | 15,4 |

Die Beschleunigung der Schwere  $g$  ist  $\frac{81,6}{19,4}$  mal so groß als  $\gamma$ , da die Schreibspitze 19,4 cm und das Gewicht  $G$  81,6 cm von  $O$  entfernt war. Man findet  $g = 9,8 \text{ m}$ . (Aus dem nach der Methode der kleinsten Quadrate gefundenen Wert für  $\delta$  findet man  $g = \delta \cdot 32^2 \text{ mm} = 9,7 \text{ m}$ .) Die für  $g$  aus mehreren Versuchen ermittelten Werte lagen zwischen 9,3 m und 10,6 m.

<sup>1)</sup> Nach dieser Methode muß sein

$$(y - 4)^2 + (y + d - 6)^2 + (y + 2d - 9)^2 + \dots = \text{Min.}$$

### Gleichgewicht bei der Zentrifugalwaage.

Von Dr. **Meinecke** in Stettin.

In dieser Zeitschrift XXIV, 288 beschreibt Herr E. KOLIG eine einfache Zentrifugalwaage. In einem Rahmen, der auf die Zentrifugalmaschine gesetzt wird, hängen die Massen  $m_1$  und  $m_2$  in den Abständen  $r_1$  und  $r_2$  an  $l$  cm langen Fäden. Die Massen sind mit einem Zeiger in der Mitte verbunden (Fig. 1). Bei geeigneter Wahl, z. B.  $m_1 = 2$ ;  $m_2 = 1$ ;  $r_1 = 1$ ;  $r_2 = 2$ , müßte dieser Zeiger in der Mitte stehen bleiben, weil ja dann die Zentrifugalkräfte

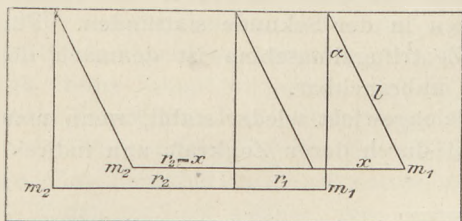


Fig. 1.

$m_1 r_1 \omega^2$  und  $m_2 r_2 \omega^2$  einander gleich werden. Der Versuch lehrt indes, daß der Zeiger nicht um die offenbar vorhandene Gleichgewichtslage pendelt, sondern nach einer Seite ausschlägt.

Analytisch läßt sich dies folgendermaßen zeigen.

Wächst  $r_1$  um  $x$ , so ist die Zentrifugalkraft  $m_1 (r_1 + x) \omega^2$ ; an dem Hebelarm  $l$  greift also die Komponente  $m_1 (r_1 + l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha$  an (Fig. 2). Ihr entgegen wirkt die Komponente der Masse  $m_1$  mit der Kraft  $m_1 g \sin \alpha$ . Der Zeiger wird also rechts gedreht mit der Kraft

$$K_r = m_1 (r_1 + l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha - m_1 g \sin \alpha.$$

Auf der anderen Seite aber nimmt  $r_2$  um  $x$  ab. Die Komponente der Zentrifugalkraft  $m_2 (r_2 - l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha$  und die des Gewichtes  $m_2 g \sin \alpha$  wirken jetzt im gleichen Sinne (Fig. 3):

$$K_l = m_2 (r_2 - l \sin \alpha) \omega^2 \cos \alpha + m_2 g \sin \alpha.$$

Der Zeiger wird also mit

$$D = K_r - K_l$$

aus der Gleichgewichtslage gezogen, und es wird:

$$D = m_1 r_1 \omega^2 \cos \alpha + m_1 l \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha - m_1 g \sin \alpha \\ - m_2 r_2 \omega^2 \cos \alpha + m_2 l \omega^2 \sin \alpha \cos \alpha - m_2 g \sin \alpha$$

$$D = (m_1 r_1 - m_2 r_2) \omega^2 \cos \alpha + (m_1 + m_2) \sin \alpha (l \omega^2 \cos \alpha - g).$$

Da die Massen und Abstände so gewählt sind, daß ihre Zentrifugalkräfte gleich sind, so wird

$$m_1 r_1 - m_2 r_2 = 0$$

und

$$D = (m_1 + m_2) \sin \alpha (l \omega^2 \cos \alpha - g)$$

Bei einer gewöhnlichen Waage ist  $\omega = 0$ , daher

$$D = -(m_1 + m_2) g \sin \alpha$$

negativ, d. h. der Zeiger wird in die Gleichgewichtslage zurückgetrieben, es pendelt die Waage um den Nullpunkt, sie befindet sich also im stabilen Gleichgewicht.

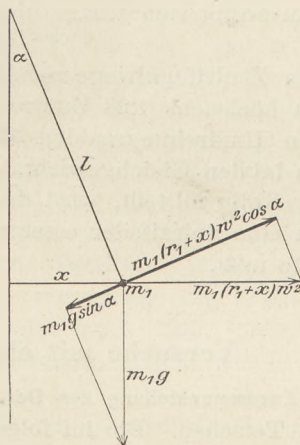


Fig. 2.

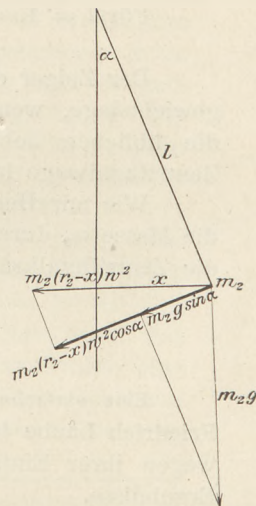


Fig. 3.

Bei der Zentrifugalwaage wird  $D$  nur negativ, wenn

$$l\omega^2 \cos \alpha < g.$$

Für kleine  $\alpha$  ist  $\cos \alpha = 1$  zu setzen. Bedeutet ferner  $n$  die Zahl der Umdrehungen per Sekunde, so ist  $\omega = 2\pi n$ , und es wird

$$n < \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Für  $l = 15$  cm ergibt sich z. B.

$$n < 1,28.$$

Der Zeiger der Zentrifugalwaage pendelt also nur dann um eine stabile Gleichgewichtslage, wenn höchstens 1,28 Umdrehungen in der Sekunde stattfinden. Für die üblichen hohen Umdrehungszahlen der Zentrifugalmaschine ist demnach die Zentrifugalwaage im labilen Gleichgewicht, d. h. unbrauchbar.

Wie mir Herr Kolig mitteilt, wird das Gleichgewicht wieder stabil, wenn man die Masse  $m_2$  durch eine Spiralfeder ersetzt und durch deren Zugkraft nun indirekt die Zentrifugalkräfte mißt.

### Versuche mit einfachen Mitteln.

Eine einfache Zusammenstellung zur Demonstration der drahtlosen Telegraphie. Von Friedrich Laube in Tetschen. Die im folgenden beschriebenen Apparate lassen sich wegen ihrer Einfachheit von den Schülern leicht herstellen und liefern sehr gute Ergebnisse.

1. Der Fritter (Fig. 1,  $F$ ). Wir schrauben auf ein Brettchen in einer Entfernung von 10 cm zwei Korke und bohren durch diese wagerecht in derselben Höhe zwei

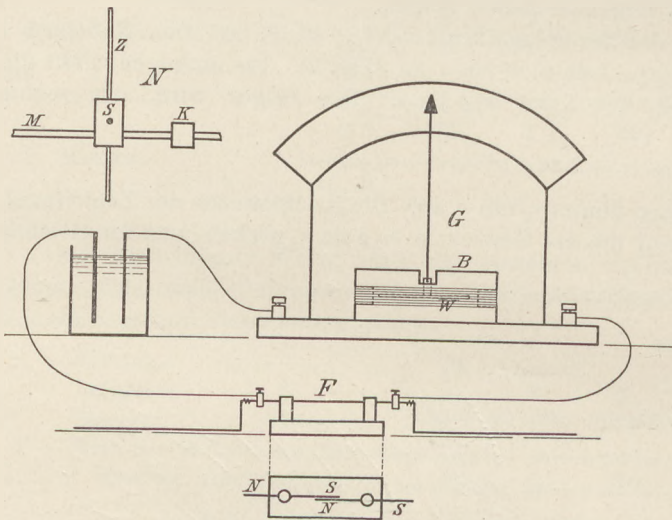


Fig. 1.

Stricknadeln, die, parallel laufend, auf einer Länge von 3 bis 5 cm einen Abstand von 2 bis 3 mm haben. Die Nadeln sind so magnetisiert, daß ihre genäherten Enden ungleiche Pole aufweisen. Sie tragen daher einen Bart von Nickelfeile. Zwei aufgeschobene Doppelklemmen vermitteln die Zu- und Ableitung des Stromes. Durch Drehen der Korke kann man leicht die Entfernung der Nadeln und somit die Empfindlichkeit des Fritters regeln; durch Verschieben der Nadeln

in den Korken kann man mehr oder weniger Fritterelementchen parallel schalten. Zwei auf dem Tische liegende Antennen aus Kupferdraht sind rechtwinklig nach oben umgebogen und können durch eine angedrehte Spirale leicht auf die Stricknadeln geschoben werden. Der Fritter spricht zuverlässig an und entfrittet sich leicht durch leises Klopfen auf einen Kork oder durch Aufstampfen auf den Fußboden.

2. Das Galvanoskop ( $G$ ). Zwei genau gleiche Bügel  $B$  aus nicht zu schwachem Messingdraht sind in vier Löcher des Grundbrettes gesteckt. Ihre seitlichen Einbiegungen nehmen eine Wicklung  $W$  von 50–100 Windungen eines  $\frac{1}{2}$  mm starken

Kupferdrahtes auf. Während des Aufwickelns hält man die Drahtbügel durch Korke auseinander. In der oberen Einbiegung ruht der bewegliche Teil *N*. Durch ein prismatisches Korkstückchen ist von links nach rechts ein 4 cm langes Stück einer magnetisierten Stricknadel *M*, von vorn nach hinten eine als Achse dienende Stecknadel, von oben nach unten ein als Zeiger dienender Strohalm *Z* geführt. Trotzdem sich demnach die Magnetnadel um einen außerhalb ihrer Mitte liegenden Punkt dreht, ist der Apparat sehr empfindlich. Durch Verschieben der Magnetnadel und eines Korkstückchens *K* richten wir den Zeiger lotrecht, durch Verschieben des Strohhalmes nähern wir das sichere Gleichgewicht dem indifferenten. Das Galvanoskop kann natürlich auch mit zwei verschiedenen Wickelungen versehen werden, und ist auch für alle anderen Zwecke, z. B. zum Nachweis der Induktionsströme, geeignet. Bei sorgfältiger Einstellung zeigt es noch jenen Strom an, den ein galvanisches Element durch unsere Zunge zu pressen vermag. Vorteile des Apparates sind: Durchsichtige Bauart, Verschiebbarkeit aller Teile, Wegfall der Spule, Ausschläge bis zu 90°.

3. Der Sender (Fig. 2). Zwei Kupferdrähte von 50 cm Länge sind, durch zwei eingebaute Paraffinklötzchen *P* isoliert, auf zwei schmalen Brettchen wagrecht befestigt. Ihre Enden sind zu kleinen Ösen gebogen. Wir stellen die Brettchen so auf den Tisch, daß die Drähte in einer Geraden liegen und nähern zwei Ösen unter der Lupe auf einen kleinen Bruchteil eines Millimeters. Wenn wir einem Drahte eine geriebene Glasstange nähern, so springt zwischen den Drähten infolge Influenz ein kaum hörbares Fünkchen über, das die Veranlassung zur Aussendung wirksamer elektrischer Wellen ist. Indem wir die geriebene Glasstange einmal dem einen, dann dem anderen Drahte nähern, können wir viele Funken erzeugen. Kräftigere Wirkungen erzielen wir, wenn wir, einem Drahte

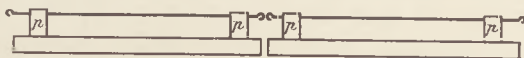


Fig. 2.

einmal die innere, dann die äußere Belegung einer geladenen isoliert, gehaltenen Leidener Flasche nähern. — Wollen wir von dieser einfachen Form abweichen so biegen wir zwei Ösen nach unten in eine Schale mit Petroleum und stecken in je ein Paraffinklötzchen einen, dem Sendedraht stark genäherten Drahtbügel, den wir mit dem Induktor oder der Influenzmaschine verbinden.

### Für die Praxis.

**Der von selbst laufende Heber.** Von P. Weinmeister in Leipzig. Bei der Vorführung des selbsttätigen Flüssigkeitshebers von Emil Neugebauer<sup>1)</sup> im physikalischen Unterrichte bemerkte einer meiner Primaner, daß man nach dem diesem zugrunde liegenden Gesetze schließlich jeden gewöhnlichen Heber unter gewissen Bedingungen von selbst zum Laufen bringen könne, und ein sofort angestellter Versuch bestätigte die Richtigkeit dieser Behauptung.

Es sind nur zwei Vorbedingungen dabei zu erfüllen: Erstens darf der in das Gefäß einzuführende Schenkel (*a*) des Hebers nicht (wesentlich) länger sein, als die Höhe des Gefäßes beträgt; zweitens muß das Gefäß möglichst bis zum Rande mit der Flüssigkeit (etwa Wasser) gefüllt sein.

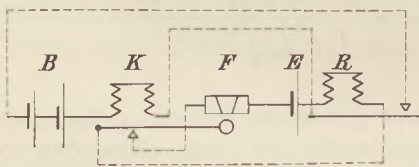
Der Versuch ist folgendermaßen anzustellen. Man verschließe das Ende des äußeren Schenkels (*b*) mit einem Finger, so daß die im Heber befindliche Luft hier nicht entweichen kann, und führe den anderen Schenkel (*a*) so tief als möglich in das Gefäß ein. Dann kann nur wenig Wasser in den Heber eindringen, und die eingeschlossene Luft wird zusammengedrückt. Nun entferne man den Finger. Sofort

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 22, 207; man vgl. zu obigem Versuch auch Hahn, Freihandversuche I, 2, S. 180, und Weinhold, Physikal. Dem. (4), S. 190.

schießt die Luft heraus, und das Wasser dringt schnell nach, steigt aber dabei nicht nur bis zur Wasserhöhe im Gefäß, sondern läuft infolge des Beharrungsvermögens etwas darüber hinaus in den Schenkel *b*. Wenn es dadurch in ihm nur eine Kleinigkeit unter die Wasserhöhe im Gefäß gelangt, so beginnt der Heber zu laufen.

Das Ergebnis wird übrigens dadurch etwas unterstützt, daß auch ohne den Einfluß des Beharrungsvermögens das Wasser im Heber infolge von Kapillaritätswirkung ein wenig höher als im Gefäß stehen würde, wenn der Heber nicht gar zu weit ist.

**Zur Erregung des Fritters.** Von H. Voß in Bernburg. Zu diesem Gegenstande bringt Herr KREMLA<sup>1)</sup> einige Angaben, die mir Veranlassung zur Mitteilung mehrerer ergänzender Beobachtungen geben. Es ist bekannt, daß eine an den Klemmen des Fritters auftretende Potentialdifferenz diesen leitend macht. Diese Potentialdifferenz braucht aber nicht durch Induktionsstöße oder Hertz'sche Wellen erzeugt zu sein, sondern kann auch von irgendeiner Gleichstrom-Batterie herrühren. Um dies zu zeigen, schaltet man am einfachsten den Fritter und 2 Akkumulatoren in Reihe mit einem Galvanometer, das einen hohen Widerstand besitzen muß, um den Fritter nicht zu überlasten. Der Fritter vermag jetzt infolge der im Stromkreise wirksamen elektromotorischen Kraft von 4 Volt den Strom nicht mehr zu sperren. Nur bei sehr häufiger Wiederholung des Versuchs erreicht man bisweilen doch eine Sperrung; dann wirkt aber eine geringe Erschütterung bei geschlossenem Stromkreise entgegengesetzt wie sonst, d. h. der Fritter wird leitend. Daher enthält der Fritterkreis einer Empfangsstation in der Regel auch nur ein Trockenelement. — Der Forderung, daß die



*B* Klopferbatterie, *K* Klopfer, *F* Fritter,  
*E* Relaiselement, *R* Relais.

Erschütterung am besten bei stromlosem Fritter erfolgen solle, wird in ebenso sinnreicher wie einfacher Weise folgende Telefunken-Schaltung gerecht (s. Figur). Man sieht, daß der Klopfer zwar wie ein Wecker gebaut, in seiner Schaltung aber abgeändert ist. Beim Anheben unterbricht der Klöppel zunächst den Fritterkreis und schlägt dann erst gegen den Fritter.

Bezüglich der Wirkung einer Selbstinduktion auf den Fritter ist es merkwürdig, daß beide gar nicht irgendwie verbunden zu sein brauchen. Unterbricht man in geringer Entfernung vom Fritter den durch eine Spule mit Eisenkern fließenden Strom, so wird der Fritter leitend. Man kann auf diese Weise den Fritter einer Empfangsstation leicht auf seine Empfindlichkeit prüfen. Ein Keilspaltfritter mit Stahlelektroden und Stahlspänen<sup>2)</sup> konnte durch einen gewöhnlichen Wecker als Sender, ohne irgendwelche Antennenansätze, aus einer Entfernung von 1,5 m zum Ansprechen gebracht werden. Bei diesem Versuche zeigte sich öfter, ein wie unsicherer Detektor der Fritter ist; denn ohne irgend eine erkennbare Ursache versagte er plötzlich, und erst bei 30–40 cm Entfernung ließ er sich wieder erregen. Dieser Versuch zeigt auch deutlich, weshalb die Selbstinduktion der Klopferwicklung selbst bei Anwendung eines Relais störend wirken muß, und tatsächlich wenden ja auch empfindliche Stationen stets Polarisationszellen oder hochohmige Nebenschlüsse zur Unschädlichmachung der Selbstinduktion an.

Übrigens ist es wohl an der Zeit, darauf hinzuweisen, daß der Fritter im Unterricht aus didaktischen Gründen beibehalten werden mag, daß er dagegen aus der Praxis der Wellentelegraphie so gut wie verschwunden ist<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> S. Jahrg. 25, Heft 5, S. 308.

<sup>2)</sup> Auf einen solchen Fritter mit frisch polierten Endflächen und frischen Spänen beziehen sich alle Beobachtungen. Elektroden und Späne bestanden aus ungehärtetem Silberstahl.

<sup>3)</sup> S. z. B. diese Zeitschr. Jahrg. 25, S. 134.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Die Molekularluftpumpe.** Von W. GAEDE in Freiburg i. B. Diese neue Pumpe beruht auf einer technischen Ausnutzung des molekularen Mechanismus der Gase. Ihr Prinzip ist in Fig. 1 erläutert.

Es sei  $A$  ein um die Welle  $a$  drehbarer Zylinder, der von dem Gehäuse  $B$  umschlossen ist. In das Gehäuse  $B$  ist eine von  $n$  bis  $m$  reichende Nut eingefräst. Dreht sich  $A$  im Sinne des Uhrzeigers, so wird die Luft in

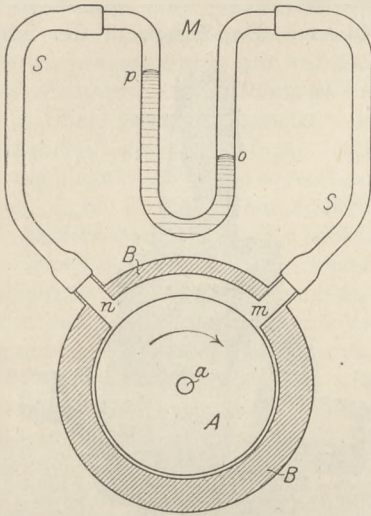


Fig. 1.

der Nut infolge der Gasreibung von  $n$  nach  $m$  mitgerissen. Verbindet man die Öffnungen  $n$  und  $m$  mittels der Schlauchstücke  $S$  mit einem Manometer  $M$ , so beobachtet man zwischen  $m$  und  $n$  eine Druckdifferenz. Das Quecksilber ist in dem rechten Schenkel des Manometers bis  $o$  herabgedrückt und steht in dem linken Manometerschenkel bei  $p$ . Diese Druckdifferenz ist um so größer, je schneller man den Zylinder  $A$  dreht und je größer die innere Reibung der Gase ist. Die innere Reibung der Gase ist nach der kinetischen Gastheorie erklärt durch die Zusammenstöße der Gasmoleküle untereinander. Maxwell hat aus den Zusammenstößen berechnet, daß die innere Reibung eines Gases unverändert bleiben muß, gleichgültig, ob sich das Gas in einem verdichteten oder verdünnten Zustand befindet. Dieses Gesetz findet man bei der Vorrichtung Fig. 1 in anschaulicher Weise bestätigt. Verbindet man das Gehäuse  $B$  mit einer Luftpumpe, so beobachtet man, daß trotz

der Verdünnung der Luft der Quecksilberstand bei  $o$  und  $p$ , die Druckdifferenz, unverändert bleibt. Ist z. B. die Druckdifferenz gleich einer Quecksilbersäule  $op$  von 10 mm, so ist bei Atmosphärendruck der Druck bei  $m$  760 mm, bei  $n$  750 mm. Verdünnt man die Luft im Gehäuse, so erhält man z. B. bei  $m$  200 mm und bei  $n$  190 mm, oder bei  $m$  50 mm und bei  $n$  40 mm. Setzt man bei  $m$  den Druck auf 10 mm herab, so sollte, wenn diese Regel noch weitere Gültigkeit hätte, der Druck bei  $n$  0 mm sein, d. h. diese Vorrichtung sollte, als ideale Luftpumpe arbeitend, ein absolutes Vakuum zu geben imstande sein. Bei den niedersten Drucken gestaltet sich die Regel tatsächlich komplizierter. Bei den allerhöchsten Verdünnungen ist nicht mehr die Druckdifferenz, sondern das Druckverhältnis unabhängig vom Verdünnungsgrad.

Die Gasmoleküle bewegen sich mit sehr großer Geschwindigkeit in absoluter Unordnung auf geraden Bahnen durcheinander, bis sie mit einem anderen Molekül zusammenstoßen, so daß unregelmäßige Zickzackbewegungen entstehen. Bei den niedersten Drucken sind die Zusammenstöße der Moleküle untereinander infolge der großen Verdünnung sehr selten, so daß die Moleküle fast ausschließlich nur mit den Wänden des evakuierten Raumes zusammenstoßen. Von den Wänden werden die Moleküle in absoluter Unordnung reflektiert, so daß der Reflexionswinkel vom Einfallswinkel vollständig unabhängig ist. Die Reflexion der Moleküle kann man sich so vorstellen, wie wenn die Wand mit einer großen Zahl kleiner Geschütze besät wäre, aus welchen die Moleküle nach allen möglichen Richtungen mit einer großen Geschwindigkeit, der Molekulargeschwindigkeit, abgeschossen werden. Würde sich die Zylinderoberfläche mit einer Geschwindigkeit bewegen, die größer ist als die Molekulargeschwindigkeit, so würden in der Nut die Molekülgeschütze schneller nach rechts als wie die Moleküle nach links abgeschossen werden, so daß die in der Richtung nach  $n$  abgeschossenen Moleküle sich ebenfalls im Sinne des Pfeiles nach rechts mitbewegten. Von dem Zylinder würden somit keine Moleküle nach  $n$  reflektiert, bei  $n$  entsteht ein Verarmungsbereich von Molekülen, ein Vakuum. Man erkennt hieraus, daß diese Vorrichtung, welche bei

Atmosphärendruck als Luftpumpe wertlos ist, bei niederen Drucken in Verbindung mit einer Hilfspumpe sehr gute Resultate geben muß. Aus verschiedenen praktischen Gründen wählt man die Umdrehungsgeschwindigkeit

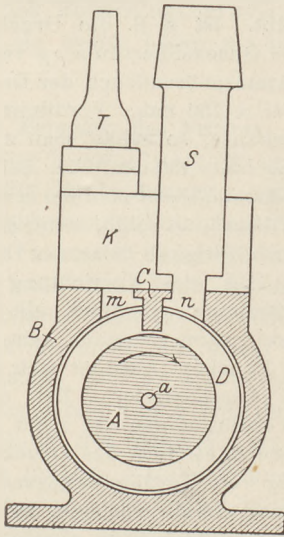


Fig. 2.

kleiner und gibt den Saugnuten die Form wie in Fig. 2 und 3. In dem Gehäuse B rotiert der Zylinder A um die Welle a, welche in den luftdicht aufgeschraubten Scheiben E

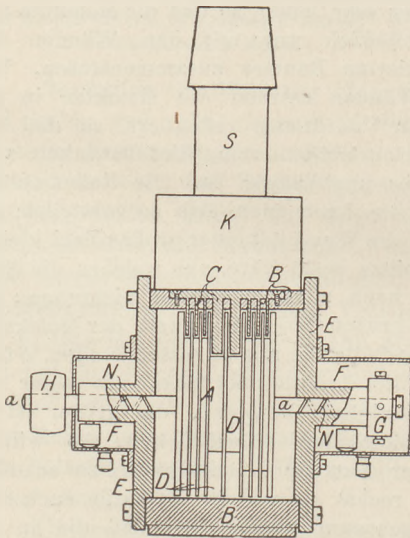


Fig. 3.

gelagert ist. In den Zylinder sind die Nuten D eingeschnitten. In die Nuten ragen die am Gehäuse befestigten Lamellen C hinein. F sind die Ölbehälter, und G ist eine Stellvorrichtung, welche verhindert, daß die

Lamellen C an die Nutenwandungen des rotierenden Zylinders anstreifen. H ist die Riemenscheibe. Dreht sich A im Sinne des Uhrzeigers, so wird das Gas bei m verdichtet, bei n verdünnt. Auf dem Gehäuse B ist der Aufsatz K luftdicht aufgeschraubt. S ist das Saugrohr für das Hochvakuum und ist, wie Fig. 2 zeigt, mit n verbunden, wobei D eine Nut in der Mitte sein soll. Die Drucköffnung m ist durch Kanäle in dem Aufsatz K mit der Saugöffnung n einer benachbarten Nut verbunden, die Drucköffnung n dieser Nut ist dann wieder mit der Saugöffnung n der nächsten Nut verbunden usw., so daß die Wirkungen der einzelnen Nuten sich addieren. Der Druck in der mittleren

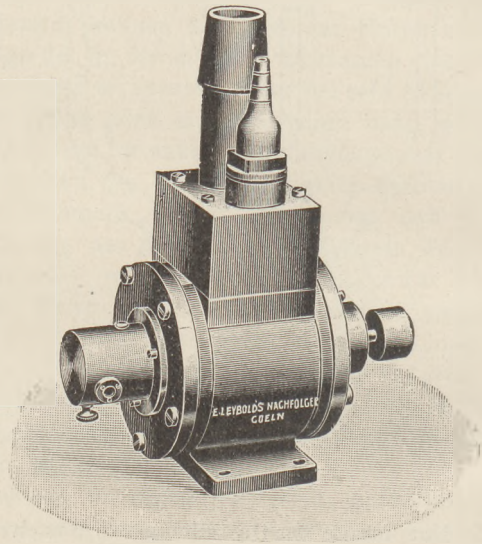


Fig. 4.

Nut ist am kleinsten und steigt gleichmäßig nach den beiden Enden des Zylinders bis zu dem Gasdruck, den die Hilfspumpe in dem Gehäuse erzeugt. Die Hilfspumpe ist durch einen Schlauch mit der Düse T verbunden und steht mit dem Innern des Gehäuses B in Verbindung. Die Abdichtung an der Durchführungsstelle der Welle ist durch Ölabschluß erreicht. Das Eindringen des Öles in das Pumpengehäuse ist durch eine in die Welle eingeschnittene Spiralnute N verhindert, welche während der Rotation das Öl dynamisch entgegen dem äußeren atmosphärischen Überdruck zurückdrängt. Diese einfache Vorrichtung hat sich bei Dauerbetrieb ausgezeichnet bewährt. Die Spiralnute hat nur dann eine Wirkung, wenn die Welle rasch rotiert. Daraus ergibt sich als wesentlichste Vorschrift für die Bedienung der Pumpe,

daß die Pumpe zuerst in Rotation versetzt und dann mit der Vorpumpe verbunden wird. Beim Abstellen muß zuerst Luft in die Pumpe eingelassen und dann der Motor, der die Pumpe antreibt, abgestellt werden.

Die Firma Leybolds Nachfolger liefert die Pumpe, die mit einem  $\frac{1}{3}$  PS-Elektromotor auf einem Brett montiert ist. Durch eine besondere zwangsläufige Stellvorrichtung am Anlasser des Elektromotors ist verhindert, daß ein Irrtum in der Reihenfolge der Handgriffe beim Anlassen und Abstellen vorkommen kann. Fig. 4 zeigt die Ausführungsform der Pumpe allein ohne Motor.

Um die Wirksamkeit der neuen Luftpumpe zu prüfen, wurde auf den Schliß der weiten Saugdüse eine Röntgenröhre von etwa 1 Liter Inhalt aufgesetzt. In etwa 10 Sekunden war, bei einem Druck von 5 mm beginnend, die Röhre so weit evakuiert, daß an einer 15 cm weiten Funkenstrecke des Induktors Parallelfunken einsetzten. Bedenkt man, daß der gleiche Versuch mit der ebenfalls von GAEBDE konstruierten Quecksilberluftpumpe, vorausgesetzt, daß die Röntgenröhre gut getrocknet ist, etwa 100 Sekunden dauert, so erkennt man die große Leistungsfähigkeit der neuen Luftpumpe. Da die Wirkung der Pumpe auf einer unmittelbaren Beeinflussung der Molekülbewegung beruht, so ist zu erwarten, daß im Gegensatz zu den bisher bekannten Luftpumpen die Molekularluftpumpe nicht nur die Gase, sondern auch die Dämpfe absaugt. Dies bestätigt sich auch, indem bei dem genannten Versuche kein Phosphorperoxyd oder sonstiges Trockenmittel verwendet zu werden brauchte. Sogar wenn die Röntgenröhre vorher absichtlich mit Wasserdampf gefüllt wurde, erzeugte die Molekularluftpumpe trotzdem in den wenigen Sekunden das hohe Röntgenvakuum.

Tabelle 1.

| $n$    | $p_1$ | $p_2$       |
|--------|-------|-------------|
| 12 000 | 0,05  | 0,000 000 2 |
| 12 000 | 1     | 0,000 005   |
| 12 000 | 10    | 0,000 03    |
| 12 000 | 20    | 0,000 3     |
| 6 000  | 0,05  | 0,000 02    |
| 2 500  | 0,05  | 0,000 3     |

Die Tabelle gibt den Zusammenhang zwischen der Tourenzahl  $n$  pro Minute, dem an der Saugdüse gemessenen Druck  $p_2$

und dem Druck  $p_1$  im Gehäuse, der mit Hilfe der GAEBDESchen Kapselluftpumpe eingestellt wurde. Die Drucke unter 1 mm wurden mit Mac Leodschen Manometern gemessen. Der Druck  $p_2$  war nicht mehr ablesbar für  $n = 12000$  und  $p_1 = 0,05$ .

Der bisher noch nie erreichte Druck  $p_2 = 0,000\ 000\ 2$  mm Quecksilbersäule wurde ermittelt, indem das Manometer mit der drittletzten Nut verbunden wurde und durch eine besondere Messung das konstante Druckverhältnis zwischen der dritten und letzten Nut bestimmt wurde. Das erreichte Vakuum ist demnach um so höher, je niedriger der Druck im Gehäuse und je größer die Tourenzahl ist. Dies stimmt mit obiger Überlegung überein, indem bei der Reflexion vom rotierenden Zylinder um so mehr Moleküle zur Saugdüse  $n$  (Fig. 1 und 2) zurückgelangen werden, je kleiner die Umfangsgeschwindigkeit des Zylinders ist im Verhältnis zur Molekulargeschwindigkeit. Bei gleicher Tourenzahl muß somit das erreichte Vakuum um so schlechter sein, je größer die Molekulargeschwindigkeit ist. Dies läßt sich leicht zeigen, wenn man auf die Molekularluftpumpe eine elektrische Entladungsröhre aufsetzt und das Gehäuse einmal mit Luft mit der Molekulargeschwindigkeit  $\frac{1}{2}$  km pro Sekunde, dann mit Wasserstoff mit der Molekulargeschwindigkeit 1,8 km pro Sekunde bei jeweils gleichen Drucken im Gehäuse durchspült. Geht im ersten Falle keine Entladung mehr durch die Röhre hindurch, so werden die verschiedenen Entladungsstadien rückwärts durchlaufen, sobald man das Vorkvakuum mit Wasserstoff durchspült. Durchspült man darauf mit Luft, so stellt sich das ursprüngliche hohe Vakuum wieder ein.

Bei allen bisher bekannten Systemen von Hochvakuum pumpen, den Kolben-, Rotations-, Öl-, Quecksilberluftpumpen, wird, dem Gedankengang Otto von Guericke's folgend, durch einen Kolben, der aus einem festen Material oder einer Flüssigkeit besteht, eine gewisse Gasmenge abgegrenzt, von dem zu evakuierenden Gefäß abgeschlossen und durch die Kolbenbewegung dem Vorkvakuum oder der Atmosphäre zugeführt. Ein möglichst vollkommener Abschluß des Gefäßes ist prinzipiell notwendig, weil anderenfalls sich die Drucke nach jedem Kolbenhub wieder ausgleichen würden und ein hohes Vakuum nicht zustandekommen könnte. Im Gegensatz hierzu ist bei der Molekularluftpumpe kein Kolben vorhanden, das zu evakuierende Gefäß ist mit dem Vorkvakuum durch die

Nuten des Gehäuses oder Ankers dauernd verbunden und in keinem Moment auch nur teilweise abgesperrt. Das neue Prinzip bewährt sich für Hochvakuum pumpen in hohem Maße, indem die Molekularluftpumpe vor den bisher bekannten Luftpumpen den Vor-

zug hat, nicht nur viel schneller zu pumpen und höhere Luftverdünnungen zu geben, sondern vor allem ein von Dämpfen freies Vakuum herzustellen.

(Die Naturwissenschaften, 1913, Nr. 1; vgl. Ber. der D. Physikal. Gesellsch. 1912, Heft 15.)

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Beobachtungen während der Sonnenfinsternis am 17. April 1912.** Von verschiedenen Beobachtern wurden Helligkeitsmessungen während des Verlaufes der Finsternis angestellt. W. WALTER und F. GOOS in Hamburg benutzten dazu das Polarisationsphotometer eines Martensschen Schwärzungsmessers<sup>1)</sup>. Aus der erhaltenen Helligkeitskurve erkennt man, daß die Helligkeit in der Mitte der Finsternis bis auf etwa  $\frac{1}{100}$  der anfänglichen Größe gesunken war und daß sie — der ohnehin abnehmenden Helligkeit am Nachmittag entsprechend — nicht wieder die ursprüngliche Höhe erreichte. Mit Hilfe von am folgenden Tage (18. April) gemachten Beobachtungen wurden die gemessenen Helligkeiten auf gleiche Sonnenhöhe reduziert und das Verhältnis der reduzierten Helligkeit zur leuchtenden Sonnenfläche bestimmt. Dieses Verhältnis war während des größten Teils der Finsternis nahezu konstant. Nur in der Nähe des Maximums der Finsternis stieg es auf nahezu das Doppelte seines sonstigen Wertes, was darauf zurückzuführen ist, daß der Sonnenrand erheblich lichtschwächer ist als die Sonnenmitte.

ELSTER und GEITEL machten in Wolfenbüttel Helligkeitsmessungen mit dem von ihnen konstruierten lichtelektrischen Photometer<sup>2)</sup>. Sie reduzierten ihre Messungen auf gleiche Sonnenhöhe mit Hilfe einer von Lambert aufgestellten Formel, fanden aber auch dann ein geringes Zurückbleiben des aufsteigenden Astes der Helligkeitskurve nach der größten Phase der Verfinsternung, was von ihnen auf eine kleine Verminderung der atmosphärischen Transparenz zurückgeführt wird. Eine bei der totalen Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 in Spanien gemachte Beobachtung, daß die Lichtzunahme schneller erfolgte als die vorherige Abnahme, erklären die Verf. durch eine im zweiten Falle mit einer geringen Trübung verbundene größere Helligkeit des diffusen Himmelslichtes. W. KOLHÖRSTER in Halle beobachtete bei seinen

lichtelektrischen Messungen das gleiche Zurückbleiben des aufsteigenden Astes der Helligkeitskurve<sup>3)</sup>. Er führt es auf Einstauben des Heliostaten zurück; die gleiche Beobachtung in Wolfenbüttel scheint aber doch auf atmosphärische Ursachen hinzuweisen.

Mit einem Spektralphotometer bestimmte KRON in Potsdam den Abfall der Sonnenintensität bis zur größten Phase der Verfinsternung für die Wellenlängen 443, 514 und 651  $\mu\mu$ . A. WERNER hat die entsprechenden Werte, unter Voraussetzung eines bestimmten Gesetzes, für den Intensitätsabfall berechnet und mit den Messungen verglichen<sup>4)</sup>. Die Übereinstimmung beider Werte ist sehr gut bei 651  $\mu\mu$ , während bei 514  $\mu\mu$  und besonders bei 443  $\mu\mu$  systematische Abweichungen vorhanden sind, die der Verf. auf Veränderungen in der Atmosphäre zurückführt, die die kürzeren Wellenlängen mehr beeinflussen als die längeren. Während der zweiten Phase der Finsternis wurden die Messungen durch das Auftreten von Cirren verhindert.

Photographische Aufnahmen des Schattens eines Luftballons und der dazu gehörigen Phasen der Sonnensichel wurden von A. WIGAND bei einer Freifahrt des Ballons „Hella“ während der Finsternis gemacht. Der Verf. gibt zusammen mit E. EVERLING zugleich eine theoretische Behandlung der Schattenform und der Helligkeitsverteilung im Schatten für die besondere Gestalt der Lichtquelle bei einer partiellen Sonnenfinsternis<sup>5)</sup>. Als Hintergrund für die Schatten diente ein frisch bestellter Acker mit heller Oberfläche. Die Aufnahmen gaben die theoretisch bestimmte Lichtverteilung im wesentlichen wieder. Die Schattenfläche der Ballonkugel besaß einen dunkleren Kern in der Mitte; als die Sonne nur eine schmale Sichel war, hatte auch der Ballonschatten Sichelform und erschien als umgekehrtes

<sup>1)</sup> Phys. Zeitschr. **13**, 564 (1912).

<sup>2)</sup> Phys. Zeitschr. **13**, 852 (1912).

<sup>3)</sup> Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 812 (1912).

<sup>4)</sup> Phys. Zeitschr. **13**, 719 (1912).

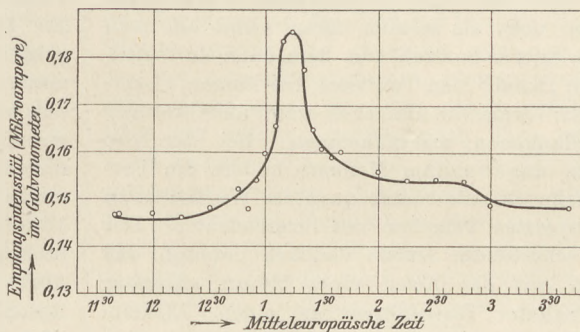
<sup>5)</sup> Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 748 (1912).

Bild der Sonnenphase. Der Korbschatten zeigte entsprechende Formen. — Durch einen mit Seidenpapier bedeckten, sichelförmigen Ausschnitt in einem undurchsichtigen, von hinten beleuchteten Schirm lassen sich die Sonnenfinsternisschatten reproduzieren. Auch beim Auf- und Untergang der Sonne können solche Schatten einige Sekunden lang auf einem Blatt Papier beobachtet werden.

Außer den Helligkeitsmessungen veranstaltete W. KOLHÖRSTER in Halle während der Finsternis auch erdmagnetische und luftelektrische Beobachtungen und verglich die dabei erhaltenen Zahlen mit den am vorhergehenden und am folgenden Tage (16. und 18. April) gemessenen Größen. Die Deklination war während der Finsternis kleiner; die Horizontalintensität war größer als an den Vergleichstagen. Das positive und das negativ geladene Elektrometer zeigte eigentümliche Schwankungen, die bei beiden zu verschiedenen Zeiten eintraten. Das Potential nahm während der Verfinsternung ständig ab, um gegen Ende steil emporzuschwellen. Damit stimmen die Beobachtungen von K. BERGWITZ überein, der eine Registrierung des Potentialgefälles während der Finsternis vernahm und ein starkes Ansteigen des Erdpotentials nach Eintritt der maximalen Verfinsternung feststellte<sup>6)</sup>. Auch Beobachtungen von A. BROMMER in Wien zeigten den Einfluß der Finsternis auf die Luftpolarität<sup>7)</sup>. Er bestimmte die Dichte und Geschwindigkeit der Ionen und verglich sie mit den am 18. April gemessenen Werten. Die Ionendichte war während der Finsternis merklich geringer, die Geschwindigkeit zeigte ebenfalls eine geringe Abnahme, die sich bei den negativen Ionen deutlicher ausprägte als bei den positiven.

Die durch das Sonnenlicht verursachte Ionisation der Luft und die dadurch bewirkte stärkere Absorption der elektromagnetischen Wellen macht sich für gewöhnlich in der Weise bemerkbar, daß die Reichweite der radiotelegraphischen Sendestationen bei Nacht im allgemeinen mindestens doppelt so groß ist als am Tage. Da die ionisierende Wirkung der Sonnenstrahlen um Mittag am größten ist, so gab die zu dieser Zeit eintretende Sonnenfinsternis eine besonders gute

Gelegenheit, den Einfluß der Sonne auf die Ausbreitung Hertzscher Wellen zu verfolgen. Derartige Beobachtungen haben E. TAKE in Marburg und M. VOS in Graz mit den vom Eiffelturm kommenden Wellen ausgeführt<sup>8)</sup>. Fig. 1 gibt die Messungen in Marburg wieder. Das Maximum der



Empfangsintensität liegt in der Mitte zwischen dem Zeitpunkt maximaler Verfinsternung in Paris (1<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>) und Marburg (1<sup>h</sup> 21<sup>m</sup>). Gegenüber der vor Beginn der Verfinsternung gemessenen Empfangsintensität betrug die Zunahme beim Maximum etwa 25%. In Graz betrug diese Zunahme sogar rund 96%, da hier die von Paris ausgesandten elektrischen Wellen beim Passieren der hohen Gebirgszüge, auf denen die Sonnenionisation besonders groß ist, bei intensivem Tageslicht fast gänzlich absorbiert werden. Die Folge davon ist, daß die Pariser Zeitsignale in Graz bei Tage fast kaum wahrzunehmen sind, während sie nachts fast ebenso laut wie in Marburg ankommen. Aus dem Vergleich der beiden in Marburg und in Graz aufgenommenen Beobachtungsreihen ist also deutlich die Abhängigkeit der Absorption Hertzscher Wellen von der Höhe der durchlaufenen Luftschichten zu erkennen. Schk.

**Aus der Akustik.** 1. Eine Methode zur Untersuchung der Wahrnehmung kürzester Töne. Von G. LEIMBACH<sup>1)</sup>. Der Verf. beabsichtigte zu untersuchen, wieviel Schwingungen eines Tones wohl nötig sind, um den Ton als solchen und seine Höhe noch mit Sicherheit bestimmen zu können. Das Problem ist bereits von O. Abraham und L. J. Brühl eingehend behandelt worden. Danach genügen zur Bildung des absoluten Tonurteils von der Kontraoktave bis zur Mitte der vier gestrichenen Oktave zwei

<sup>6)</sup> Phys. Zeitschr. **13**, 767 (1912).

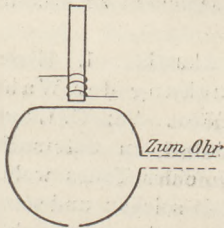
<sup>7)</sup> Phys. Zeitschr. **13**, 684 (1912).

<sup>8)</sup> Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 837 (1912).

<sup>1)</sup> Ann. d. Physik **39**, 251 (1912).

Schwingungen; von da an steigt die Zahl der erforderlichen Schwingungen stetig an. Als absolutes Zeitminimum eines Tones ergab sich  $0,63/1000$  Sek. für den Ton  $g_4$ . Höhere und tiefere Töne erfordern mehr Zeit. Abraham hatte aber das „absolute Tonbewußtsein“ in besonders hohem Maße: er konnte den durch 20 Sirenenstöße erzeugten Ton noch als solchen hören, selbst bei noch geringerer Stoßzahl aus dem dann auftretenden „Knall“ den Ton noch bestimmen. LEIMBACH vermochte ähnliches, wenn auch weniger vollkommen wahrzunehmen. Bei der von ihm angewandten Methode bildete die Tonquelle ein mit hochfrequentem Wechselstrom gespeistes Telephon mit Schalltrichter. Der Wechselstrom wurde dadurch erzeugt, daß ein auf der Achse eines Motors sitzender gezahnter Eisenkörper an einem Elektromagneten vorbeirotierte; die dadurch entstehenden magnetischen Schwankungen erzeugten in einer sekundären Wicklung Wechselströme von variabler Schwingungszahl, die in dem Telephon Töne von variabler Höhe erzeugten. Um den Strom meßbar kurze Zeiten hindurch zu schließen, eignete sich sehr gut das Helmholtzsche fallende Pendel, durch das ein Stromschluß von sehr kleiner Dauer (unter  $1/1000$  Sek.) hergestellt werden konnte. Der Verf. konnte mit dieser Methode die untere Grenze, bei der die Tonempfindung aufhört, einem Auditorium vorführen.

2. Die Anwendung von Luftresonatoren bei Telephontönen. Von M. WIEN<sup>2)</sup>. Wenn das Telephon als Tonquelle benutzt wird, so bildet man den Raum zwischen Platte und Gehäuse zu einem Helmholtzschen Resonator mit passender Öffnung aus (Fig. 1), oder das Telephon wird durch einen



Schlauch mit einem Helmholtzschen Resonator verbunden. Die Einstimmung des Resonators auf einen bestimmten Ton erfolgt durch Änderung der Öffnung mittels einer Irisblende. Bei sehr schwachen Tönen muß

der Resonator durch einen Schlauch mit dem Ohr direkt in Verbindung gesetzt werden; zur Abhaltung äußerer Geräusche kann man ihn in eine mit Watte ausgepolsterte Schachtel stecken. — Geschlossene Kugelresonatoren haben eine große Anzahl sehr hoher, scharf hervortretender Eigentöne, deren Theorie von Rayleigh und Thiesen gegeben ist. Der Verf. prüfte die Theorie an einem großen Kugelresonator von 60 cm Durchmesser, dem die Schallwellen vom Telephon durch eine Röhre zugeführt wurden, die entweder am Anfang oder in der Mitte der Kugel endete. Es ergab sich völlige Übereinstimmung mit der Theorie: bei Anregung in der Mitte traten die der Ordnung  $\nu$  der Kugelfunktionen entsprechenden Töne hervor, die übrigen bei seitlicher Anregung. Mit diesen Resonatoren ließen sich leicht die ganz hohen Obertöne der Telephonklänge verfolgen. Durch Ineinanderschrauben der beiden Kugelhälften ließen sich diese Resonatoren auf einen bestimmten Ton einstimmen. Mit Hilfe der Telephonresonatoren kann man reine Töne von beliebiger und bekannter Tonhöhe erzeugen, die in beliebiger Stärke gemischt werden können. Ferner eignen sie sich zur Verstärkung und Reinigung des Telephonklanges in der Wheatstoneschen Brücke. Wegen der scharfen Resonanz muß die Frequenz des Wechselstromes sehr konstant gehalten werden. Dazu eignen sich die gedämpften Schwingungen von Kondensatorentladungen, die man mit Hilfe von Glimmerkondensatoren und passenden Spulen leicht auf die gewünschte Tonhöhe einstimmen kann. Sehr naheliegend ist auch die Anwendung der Resonatoren auf die drahtlose Telegraphie mit tönenden Funken.

3. Zungenpfeifen mit konischen Ansatzrohren. Von EDM. HOPPE<sup>3)</sup>. Die Zungenpfeifen mit zylindrischen Ansatzrohren hat W. Weber behandelt. Da die Eigentöne konischer Röhre den Eigentönen zylindrischer Röhre gleich sind, so hat man die Webersche Theorie auch auf die konischen Röhre übertragen zu können geglaubt. Da der Verf. bemerkt hatte, daß die von Weber bei zylindrischen Röhren beobachteten Tonerniedrigungen nicht auf konische Röhre übertragbar seien, auch daß mit Hilfe der Helmholtzschen „reduzierten Länge“ die Tonerniedrigungen hier nicht erreicht werden

<sup>2)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 14, 898; Phys. Zeitschr. 13, 1034 (1912).

<sup>3)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 14, 914; Phys. Zeitschr. 13, 1051; Ann. d. Physik 39, 677 (1912).

konnten, so wurden mit 4 Zungenpfeifen und 10 verschiedenen Ansatzrohren neue Versuche angestellt. Auch bei diesen wurde die Webersche Theorie als nicht zutreffend gefunden. Das Auffallendste war, daß bei einigen Ansatzrohren nach der Erniedrigung ein vollständiges Verschwinden des Tones eintrat. Für Pfeife I wurde eine Reihe konischer Resonatoren hergestellt. Diese resonierten sehr stark, wenn sie in einiger Höhe über der Pfeifenöffnung gehalten wurden; sobald sie aber in den Kegel der Kanüle eingesetzt wurden, verschwand bei allen sowohl der Grundton als auch der Oberton und man hörte nur das Sausen der austretenden Luft. Der Grund dieser Erscheinung wurde durch eine auf die Öffnung gebrachte Irisblende festgestellt. Wurde diese nämlich während des Tönens der Pfeife allmählich verengert, so trat bei einer bestimmten Größe der Öffnung Tonerniedrigung und bei noch weiterer Verengerung das vollständige Verschwinden des Tones ein. Der Ton versagt also, sobald die untere Öffnung des Ansatzrohres kleiner wird als die mit der Irisblende festgestellte Öffnung. Das Eintreten der Erscheinung ist aber im hohen Maße auch von der Größe des Winddrucks abhängig. Von diesem hängt aber die Schwingungsamplitude  $a$  der Zunge ab. Der Verf. berechnete die beschleunigende Kraft  $K$  der Zunge mit Berücksichtigung des durch die vorgelegte Blendenfläche erzeugten Widerstandes und stellte die Bedingung für  $K = 0$  auf. Die Beobachtungen ließen sich im allgemeinen durch die Theorie darstellen. Für die Orgelpfeifen ergab sich noch die Konsequenz, daß das Stimmen der Pfeife nicht nur durch die Verkürzung der Zunge, sondern auch durch die Verengung der Kanülenöffnung möglich ist.

4. Zur Theorie der Schneidentöne. Von W. KÖNIG<sup>4)</sup>. Schneiden- oder Lamellentöne sind Töne, die ein Luftstrom hervorbringt, wenn er gegen eine Schneide oder gegen einen Keil stößt, also z. B. die Töne einer Lippenpfeife ohne Pfeifenraum. Es lassen sich in dieser Weise mit großer Präzision Töne von bestimmter Höhe einstellen. Der Verf. denkt sich bei Eintritt der Störung eine Verdichtungswelle von der Keilkante aus nach allen Seiten hin ausgehend; dies verursacht an der Austrittsöffnung des Luftstroms eine Störung der Ausströmungs-

geschwindigkeit, die von dem Luftstrom fortgetragen wird und an der Schneide eine neue Störung veranlaßt. Berechnet man die Zeit zwischen der Störung und ihrer Wiederholung, so erhält man daraus für die Schwingungszahl  $n = v/2a$ , wo  $v$  die Störungsgeschwindigkeit der Lamelle,  $a$  den Abstand der Öffnung von der Schneide bedeuten. Auf Veranlassung des Verf. hat GÖLLER diese Formel geprüft und gefunden, daß  $a \cdot n$  in der Tat sehr nahe konstant, ebenso, daß  $v$  mit  $n$  proportional ist. Für die in größter Nähe der Öffnung entstehenden Töne war  $a \cdot n/v$  zwischen 0,4 und 0,5, was der Theorie entsprechen würde. Vergrößert man aber von der untersten Grenze  $a_0$  an (etwa = 3 mm, wo man die höchsten Töne hört) den Abstand  $a$ , so sinkt die Tonhöhe nach dem angegebenen Gesetz bis zu Abständen von etwa  $2a_0$ , geht dann plötzlich wieder in die Höhe, um dann wieder zu sinken und bei etwa  $3a_0$  noch einmal in die Höhe zu gehen. Die Größe  $a \cdot n/v$  war im ersten Intervall im Mittel 4,2, im zweiten 1, im dritten fast 1,5. Um diese Erscheinungen zu erklären, sollen weitere Untersuchungen angestellt werden. *Schk.*

**Zur neueren Entwicklung der Thermodynamik.** Von W. NERNST.<sup>1)</sup> Während die andern Naturgesetze nur für ideale Grenzfälle gelten, die streng genommen in der Natur niemals vorkommen, wird die Gültigkeit der beiden Hauptsätze der Thermodynamik als unbeschränkt angenommen. NERNST stellte sich die Frage, ob diese Sätze das Verhältnis der Wärme zu den andern Energieformen vollständig erschöpfen, oder ob nicht noch neue Beziehungen vorhanden sind. Bevor er auf diese Frage näher einging, betrachtete er noch die Erscheinungen der Radioaktivität und die neueren Untersuchungen über die spezifische Wärme. Beim Zerfall radioaktiver Elemente treten so gewaltige Energiequellen wie sonst nirgends zutage. Andererseits unterscheiden sich aber radioaktive Prozesse dadurch von chemischen, daß sie nicht umkehrbar sind; das Uran oder irgendein radioaktives Element läßt sich niemals aus seinen Zerfallsprodukten wieder zurückbilden. Der aus dem zweiten Hauptsatz folgenden Degradation der Energie würde sich hiernach beim Zerfall der radioaktiven Körper eine Degradation der Materie an die Seite stellen,

<sup>4)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 14, 918; Phys. Zeitschr. 13, 1053 (1912).

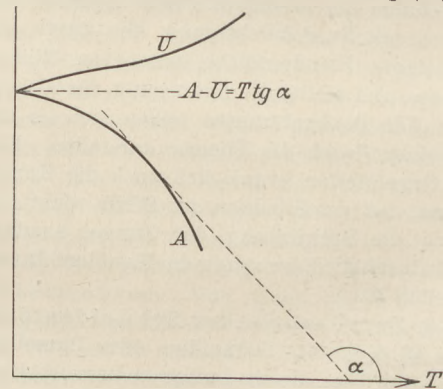
<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Münster am 20. Sept. 1912. Naturw. Rundsch. 27, 569 (1912).

die schließlich zu einer Auflösung aller Atome in eine Ursubstanz, vielleicht den Lichtäther, führen müßte. In diesem müßte man dann wieder alle möglichen Konstellationen als vorkommend annehmen, so daß von Zeit zu Zeit sich auch ein Atom irgendeines Elements rückbildet. Dieser Vorgang braucht nur selten vorzukommen, da die Materie im Weltall ja auch nur sehr spärlich verteilt ist (im Mittel etwa alle 100 km ein Masekörnchen von der Größe eines Stecknadelknopfes). Die im Weltall vorhandene Materie könnte hiernach jetzt in einem gewissen Beharrungszustande sich befinden.

Die neueren Forschungen über spezifische Wärme fester Stoffe haben ergeben, daß dieselbe mit abnehmender Temperatur stark abnimmt und bereits vor Erreichung des absoluten Nullpunktes auf verschwindend kleine Werte herabsinkt. Dieses ist im Einklang mit der Planck-Einsteinschen Strahlungstheorie. Aus dieser folgt andererseits auch, daß bei hohen Temperaturen jede neue Schwingungsmöglichkeit im Atom einen Beitrag zur spezifischen Wärme (pro Gramm-atom rund 2 Kalorien) liefert; es muß also z. B. Eisendampf bei sehr hohen Temperaturen mit seinen zahllosen Linien eine ganz außerordentlich hohe spezifische Wärme haben. Da Eisendampf wohl den Hauptbestandteil der Sonne bildet, so ist anzunehmen, daß in deren Innern — um die an der Oberfläche ausgestrahlte Energie nachzuliefern — sehr hohe Temperaturen und dementsprechende hohe Beträge der spezifischen Wärme vorkommen. Ein Nachweis dieser hohen spezifischen Wärme bei Elementen mit linienreichen Spektren ist allerdings bisher noch nicht gelungen, da jene erst bei 5000° zu erwarten ist, eine Temperatur, die noch nicht erreicht ist.

Der Verf. stellte sich nun die Frage, wie die Affinität einer chemischen Reaktion mit der Wärmeentwicklung verbunden ist. Berthelot hatte bereits 1869 den Satz gefunden, daß jede sich ohne fremde Energie vollziehende chemische Umwandlung nach der Erzeugung des Stoffes strebt, der die meiste Wärme entwickelt. Doch lehrt die Erfahrung, daß die chemische Affinität keineswegs mit der Wärmeentwicklung zu identifizieren ist. Durch Änderungen des Mengenverhältnisses der reagierenden Komponenten kann die Reaktion sich in dem einen oder andern Sinne abspielen, verläuft also einmal unter Wärmeentwicklung, das andere Mal unter Wärmeabsorption. Wäre die Affinität gleich der

Wärmeentwicklung, so müßte nach Helmholtz die elektromotorische Kraft galvanischer Elemente einfach durch die Wärmeentwicklung des stromliefernden Prozesses gegeben sein. Aus dem zweiten Wärmesatz folgt aber, wenn  $A$  die chemische Affinität,  $U$  die Wärmeentwicklung,  $T$  die absolute Temperatur bedeutet,  $A - U = T \cdot dA/dT$ . Daraus geht hervor, daß (außer bei dem absoluten Nullpunkt)  $A$  nur dann  $= U$  wird, wenn es von der Temperatur unabhängig ist. Aus dieser Gleichung läßt sich die Affinität nicht berechnen, auch wenn man die Wärmeentwicklung für alle Temperaturen kennt; jeder beliebige Wert der Affinität  $A$  ist vielmehr mit irgendeinem experimentell gegebenen Verlauf der Wärmeentwicklung verträglich. Trotz aller Einwände trifft aber die Berthelotsche Regel und der Helmholtzsche Ansatz zur Berechnung der elektromotorischen Kraft doch gar zu häufig zu, als daß man jene Beziehungen einfach ignorieren dürfte. Und es hat sich in der Tat gezeigt, daß die von Berthelot gefundenen Gesetzmäßigkeiten nur Spezialfälle eines viel allgemeineren Satzes sind. Dieses von NERNST selbst aufgestellte neue Wärmethorem läßt sich als Zusatz zu der obigen Gleichung in der Form  $\lim dA/dT = 0$  (für  $T = 0$ ) ausdrücken. In graphischer Darstellung (Fig. 1)



heißt das, daß sich die Kurve für  $A$  und  $U$  bei sehr tiefen Temperaturen tangieren. Aus der Tatsache, daß die  $U$ -Kurve bei sehr tiefen Temperaturen der Abszisse ( $T$ ) parallel läuft, folgt, daß hier die Molekularwärme der Verbindungen sich streng additiv aus den Atomwärmern zusammensetzt. Die Erfahrung hat diesen Satz nicht nur bestätigt, sondern auch in Übereinstimmung mit den Theorien von Planck und Einstein das Resultat erbracht, daß bei tiefen Temperaturen alle Atomwärmern gleich Null werden. Da aus der Gleichung des zweiten Wärmesatzes



$\operatorname{tg} \alpha = dA/dT = (A-U)/T$  folgt, so kennen wir in jedem Punkte der  $A$ -Kurve den Winkel, in welchem wir diese Kurve zu verlängern haben, d. h., es ist der Verlauf der  $A$ -Kurven eindeutig festgelegt, wenn der Verlauf der  $U$ -Kurven experimentell bekannt ist. Das bedeutet die Lösung des Problems, die chemische Affinität aus thermischen Daten zu berechnen. Pollitzer hat solche Berechnungen in 80 Fällen ausgeführt und durchweg mit der Erfahrung in Übereinstimmung gefunden. Der NERNSTsche Wärmesatz gibt auch Anhaltspunkte für die Aufstellung von Zustandsgleichungen; er lehrt z. B., daß die Wärmeausdehnung bei tiefen Temperaturen sehr klein werden muß, was Lindemann bestätigen konnte, und führt zu dem von Grüneisen gefundenen Parallelismus zwischen Wärmeausdehnung und spezifischer Wärme. Der neue Wärmesatz läßt sich aus der Quantentheorie ableiten, da nach dieser auch bei sehr kleinen Entfernungen vom absoluten Nullpunkte alle festen Stoffe nur sehr wenig von ihrem Zustande beim absoluten Nullpunkte verschieden sind, also die Kurven der gesamten Energie und der freien Energie, die nach dem zweiten Wärmesatz sich im absoluten Nullpunkt schneiden, auch oberhalb desselben ein Stück zusammenfallen, d. h., sich tangieren müssen. Die Anwendung des neuen Wärmesatzes auf Gase ist noch nicht ausgeführt, doch hält NERNST sie wohl für möglich. Zum Schlusse bringt der Verf. die drei nun bekannten Wärmesätze in die Form folgender Thesen: 1. „Es ist unmöglich, eine Maschine zu bauen, die fortwährend Wärme oder äußere Arbeit aus nichts schafft“ 2. „Es ist unmöglich, eine Maschine zu konstruieren, die fortdauernd die Wärme der Umgebung in äußere Arbeit verwandelt.“ 3. „Es ist unmöglich, eine Vorrichtung zu ersinnen, durch die ein Körper völlig der Wärme beraubt, d. h., bis zum absoluten Nullpunkt abgekühlt werden kann.“

*Schk.*

**Kathodenstrahlen.** Eine Zählung von Kathodenstrahlteilchen unternahm E. REGENER in folgender Weise<sup>1)</sup>. Mittels eines Zerstäubers wurde ein dichter Nebel von freien Öltröpfchen hergestellt, der sich in der Luft ziemlich lange schwebend erhielt. Dieser Nebel gelangte zunächst in ein starkes elektrisches Feld, durch welches die etwa geladenen Tröpfchen herausgeschafft wurden. Der

in dieser Weise ladungsfrei gewordene Nebel strömte durch ein Drahtnetz in einen zweiten Raum, in dem kein elektrisches Feld herrschte und in welchem die zu zählenden korpuskularen Strahlen eintraten. Die von diesen gebildeten Ionen lagern sich an die Öltröpfchen. Der Nebel gelangte dann in den Beobachtungsraum, wo durch ein elektrisches Feld die geladenen von den nicht geladenen Öltröpfchen räumlich getrennt wurden. Das geschah dadurch, daß die mit Spannung versehene Elektrode als Röhre ausgebildet war, durch die ein schwacher nebel freier Luftstrom dem Nebelstrom entgegengeführt wurde. Dadurch wurde um das Ende der Elektrode herum ein nebel freier Raum erzeugt. Die geladenen Tröpfchen wurden dann durch die elektrischen Kräfte in den nebel freien Raum hineingezogen und hier ultramikroskopisch beobachtet. Die zur Ladung der Öltröpfchen dienenden Strahlen waren lichtelektrische Kathodenstrahlen, die mit einer Spannung von etwa 100 000 Volt beschleunigt waren; sie wurden an einer Kupferplatte durch Bestrahlen mit dem Licht einer Quarzquecksilberlampe erzeugt und gelangten durch ein Lenardsches Fenster von sehr dünnem Glase in den Beobachtungsraum. Ein Kathodenstrahlteilchen lieferte 1–2 Dutzend geladene Öltröpfchen. Die Methode konnte auch für  $\alpha$ -Strahlen benutzt werden; ein  $\alpha$ -Teilchen lieferte aber schätzungsweise viele Hundert geladene Öltröpfchen. Die beobachteten Kathodenstrahlteilchen traten in ungleichmäßigen Intervallen auf und zeigten mithin Schwankungserscheinungen, wie sie bei den radioaktiven Umwandlungen bekannt sind. Die beschriebene Methode dürfte auch als Ionenindikator Dienste leisten.

Wie E. GEHRCKE und R. SEELIGER fanden, zeigt ein Kathodenstrahl bei Veränderung seiner Geschwindigkeit charakteristische Farben- und Intensitätsänderungen<sup>2)</sup>. Die von einer Wehnelt-Oxydkathode  $K$  (Fig. 1) kommenden Strahlen gelangten innerhalb der Vakuumröhre in ein verzögerndes elektrisches Feld, das zwischen zwei Metalldrahtnetze  $A$  und  $K_1$  gestellt wurde. Trat der Strahl unter einem Winkel  $\alpha$  in das Feld, so durchlief er eine scharf begrenzte, hell leuchtende parabelförmige Kurve. In Luft war der Strahl von  $A_1$  bis  $B_1$  blau, von  $B_1$  bis  $B_2$  rot, von  $B_2$  bis  $A_2$  wieder blau. In der Nähe des Scheitels zwischen  $C_1$  und  $C_2$  wurde der

<sup>1)</sup> Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 400 (1912).

<sup>2)</sup> Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **14**, 335, 1023 (1912).

Strahl unsichtbar. Bei größerem Einfallswinkel  $\alpha$  verschwand diese „Kappung“ der Bahnkurve: der Strahl bildete eine überall sichtbare blaue Parabel mit rotem Scheitel. Bei noch weiterer Vergrößerung von  $\alpha$  verschwand der rote Teil, und die Strahlen leuchteten auf dem ganzen Wege blau. Benutzte man eine konkave Oxydkathode, so erhielt man einen Fächer von Strahlen,

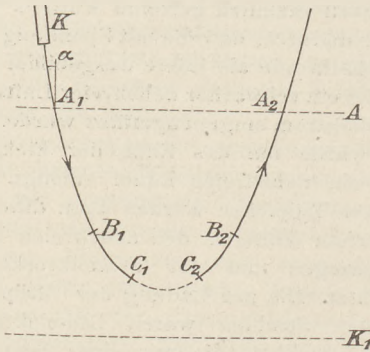


Fig. 1.

welche die beschriebenen Eigenschaften nebeneinander zeigten. In anderen Gasen (Stickstoff, Argon, Helium, Wasserstoff, Jod, Quecksilber, Kohlenoxyd, Leuchtgas) war die Erscheinung ähnlich, nur die Färbung je nach dem Gase verschieden. Am schönsten war sie in Argon und Wasserstoff zu beobachten. Bei Quecksilber zeigte sich ein doppelter Farbenwechsel: zuerst blauviolett, dann gelblichweiß, vor dem gekappten Teil noch grün. Die Verf. geben folgende Erklärung der Erscheinung. Sobald die Geschwindigkeit des Kathodenstrahls unter eine bestimmte Grenze  $V_\alpha$  herabgesunken ist, tritt in dem Charakter des Leuchtens eine Änderung ein, und zwar derart, daß sich die Gesamtfarbe nach der Seite der größeren Wellenlänge hin ändert. Sinkt die Geschwindigkeit noch weiter (bis  $V_\beta$ ), so verlieren die Elektronen die Fähigkeit, das umgebende Gas zum Leuchten anzuregen. Die Theorie zeigt, daß bei senkrechtem Einfall der verfarbte Teil des Strahls zwischen zwei Punkten liegt, dessen Abstand proportional  $l/V_1$  ( $l =$  Abstand der beiden Netze,  $V_1 =$  Verzögerungspotential) sein muß. Der Versuch bestätigte dieses. Die Geschwindigkeiten  $V_\alpha$  und  $V_\beta$  konnten durch Messung der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt werden, bei denen der Farbenumschlag bzw. die Kappung verschwand; nach der Theorie ist dann  $V_\alpha = V_0 \sin^2 \alpha$ ,  $V_\beta = V_0 \sin^2 \beta$ .

Das bei der beschriebenen Versuchsanordnung etwas enge Gebiet des Farbenumschlags ließ sich durch Anwendung eines

hinter  $K_1$  gelegenen dritten Drahtnetzes  $K_2$  erweitern, das über eine besondere Batterie mit der Kathode  $K$  leitend verbunden war. Die charakteristisch gefärbten Bezirke der Strahlen wurden dadurch auf mehrere Millimeter vergrößert, und man erhielt jetzt bei allen Gasen einen dreifachen Farbenwechsel.

Die beschriebenen Erscheinungen geben eine Stütze der von Stark ausgesprochenen Ansicht, daß die optischen Verschiedenheiten der positiven Säule und des negativen Glimmlichts lediglich durch die verschiedene Geschwindigkeit der das Leuchten erregenden Elektronen bedingt sind. Vergleichende Versuche der Verfasser an den geschichteten Teilen der positiven Glimmentladung ergaben, daß die Farbenfolge der einzelnen Teile einer Schicht zwar nicht immer mit der eines verzögerten oder beschleunigten Kathodenstrahls übereinstimmt, daß aber in vielen Fällen sich die einzelnen Farben des Kathodenstrahles in den einzelnen Teilen der Schicht wiederfinden. Spektraluntersuchungen der verschieden gefärbten Strahlenteile führten zur Feststellung der Linien, die von langsamen bzw. von schnellen Elektronen angeregt werden; der Farbenumschlag beruht hiernach in individuellen Eigentümlichkeiten der leuchtenden Teilchen.

Von einer den Querschnitt einer zylindrischen Entladungsröhre ausfüllenden Kathode gehen nach Goldstein bei tiefen Drucken außer dem sichtbaren zentralen Bündel am Rande noch andere Strahlenbündel aus, die die Glaswände zur Fluoreszenz bringen. A. WEHNELT fand, daß diese Strahlen einen nach der Glaswand gekrümmten Verlauf nehmen, und ist der Ansicht, daß sie wahrscheinlich durch das im Glimmlicht vor-

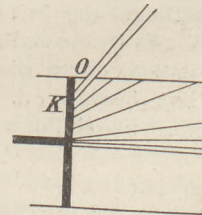


Fig. 2.

handene ultraviolette Licht veranlaßt werden<sup>3)</sup>. Da diese Randstrahlen nicht den ganzen Kathodenfall durchlaufen, so müssen sie eine kleinere Geschwindigkeit besitzen als die zentralen Strahlen. WEHNELT brachte in der Entladungsröhre neben der verstellbaren Kathode eine feine seitliche Öffnung

<sup>3)</sup> Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 14, 832 (1912).

an, durch welche die Randstrahlen in ein die Entladungsröhre umgebendes Kugelrohr eintreten, wo ihr Verlauf auf einem Leuchtschirm, den sie streifend trafen, sichtbar gemacht wurde. Durch Verschieben der Kathode ließ sich feststellen, daß die Strahlen von der Kathode bis nahe am Rande divergent nach allen Richtungen ausgehen (Fig. 2). Um das Geschwindigkeitspotential  $V$  der Strahlen zu bestimmen, wurde der Krümmungsradius  $\rho$  eines Strahlenbündels in einem bekannten Magnetfeld  $H$  gemessen; es ist dann  $V =$

$\frac{1}{2} e/m \rho^2 \cdot H^2$ , wobei  $e/m = 1,76 \cdot 10^7$  genommen wurde.  $\rho$  wurde aus der photographierten Bahnkurve mit der Lupe bestimmt. Außerdem wurden die Potentiale auch noch direkt mit einer durch die Öffnung  $O$  eingeführte Sonde mit einem Braunschen Elektrometer gemessen. Die beiden so erhaltenen Werte waren in befriedigender Übereinstimmung. Aus ihnen ergab sich, daß die Strahlen mit immer geringeren Geschwindigkeiten von der Kathode ausgehen, je näher ihre Ausgangsstelle dem Rande derselben zuliegt. *Schk.*

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Die absolute Temperatur<sup>1)</sup>.** Es gab in der Physik eine Zeit, wo es als crimen laesae majestatis angesehen wurde, wenn jemand die Absolutheit der sogenannten absoluten Maße anzuzweifeln wagte. Jetzt ist man ja so ziemlich allgemein überzeugt, daß die sogenannten absoluten elektrischen Maße recht voller Willkürlichkeiten stecken. Um so verdienstvoller ist die Arbeit des Herrn Burkhardt, welche die Aufmerksamkeit auf die Willkürlichkeiten der sogenannten absoluten Temperatur wieder hinlenkt.

Der Begriff der Temperatur ist gegeben durch diejenigen Sinneswahrnehmungen, welche wir durch die Wörter heiß, warm, lau, kühl, kalt und ähnliche bezeichnen. Diese Sinneswahrnehmungen sind aber Täuschungen unterworfen, und deshalb suchen wir nach einem Maß, welches zwar mit ihnen übereinstimmt, aber hiervon frei ist. Die Geschichte der Thermometrie hat die Änderungen des Volumens als Maß gewählt, und vor ungefähr 100 Jahren haben gleichzeitig Gay-Lussac und Dalton in den Gasen Stoffe gefunden, deren Volumenänderung bei konstantem Druck oder besser noch deren Druckänderungen bei konstantem Volumen ein recht gutes Maß für die Temperatur ergeben.

Die Art, wie Dalton den gemessenen Drucken des Gases die Temperaturzahlen zuordnet, führt, wenn man streng vorgehen will, auf den Differentialquotienten des natürlichen Logarithmus, und da dieser vor 100 Jahren den Experimentalphysikern nicht geläufig war (die Anwendung der Differentialrechnung in den Gebieten der Physik außerhalb der Mechanik ist ja noch recht jung), so wurde allgemein Gay-Lussacs Zählung

angenommen und Daltons geriet in Vergessenheit.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts zeigten die Versuche von Magnus u. a., daß die Übereinstimmung, welche Gay-Lussac und Dalton für sämtliche Gase behauptet hatten, nur in der Ungenauigkeit ihrer Messungen beruhe, und daß jedes Gas eine besondere Temperaturskala ergebe. Deshalb versuchte William Thomson, der spätere Lord Kelvin, in einer seiner ersten Arbeiten eine von allen Eigenschaften eines Stoffes losgelöste, absolute, ausschließlich auf Gesetzen der Wärmelehre aufgebaute Temperaturskala zu geben.

„Die charakteristische Eigentümlichkeit der Skala, welche ich jetzt vorschlage, ist die, daß alle Grade denselben Wert haben, d. h., daß eine Wärmeeinheit, die von einem Körper  $A$  mit der Temperatur  $T^0$  dieser Skala auf einen Körper  $B$  mit der Temperatur  $(T-1)^0$  übergeht, denselben Effekt hervorbringt, welches auch immer die Zahl  $T$  sei. Dies kann mit Recht eine absolute Skala genannt werden, da ihr charakteristische Zug gänzlich unabhängig ist von den physikalischen Eigenschaften einer spezifischen Substanz.“

Bei seinen Bemühungen, die Temperaturzahlen dieser Skala zu berechnen, kam er zu Zahlen, welche mit denen der üblichen gar keine Ähnlichkeit hatten. Wäre die Skala Daltons nicht so ganz in Vergessenheit geraten gewesen, so würde er die Verwandtschaft seiner Skala mit dieser leicht erkannt haben. So aber gab er diese Definition vollständig auf und ersetzte sie eine Reihe von Jahren später durch die folgende:

„Wenn irgendeine einem vollkommen umkehrbaren Kreisprozeß unterworfenen Substanz an einem auf konstanter Temperatur erhaltenen Orte Wärme aufnimmt und an

<sup>1)</sup> Ein Beitrag zur Geschichte der Wärmelehre. Von F. Burkhardt. Realgymnasium zu Glauchau. Ostern 1912. Pr.-Nr. 788.

„einem anderen ebenfalls auf konstanter Temperatur erhaltenen Ort Wärme abgibt, so sind die Temperaturen dieser Orte proportional den im Kreisprozeß aufgenommenen bzw. abgegebenen Wärmemengen.“

Man erkennt ohne weiteres, daß diese Definition der inzwischen von Clausius mit Hilfe der Gay-Lussacschen Skala abgeleiteten Gleichung  $Q_1/Q_2 = T_1/T_2$  angepaßt ist.

Diese Definition gibt nur Temperaturverhältnisse. Um zu bestimmten Zahlen zu gelangen, muß Lord Kelvin noch eine weitere Festsetzung treffen. Er hält die beiden folgenden für vorteilhaft: Die Temperatur des schmelzenden Eises wird zu  $273^\circ$  angenommen, oder der Temperaturunterschied des siedenden Wassers und schmelzenden Eises wird zu  $100^\circ$  angesetzt. Er entscheidet sich für das letztere, und ihm erwächst nun die Aufgabe, die Temperatur  $T$  des schmelzenden Eises so zu bestimmen, daß die des siedenden Wassers  $T + 100$  wird.

BURKHARDT bespricht in der vorliegenden Programmabhandlung eine ganze Reihe von Arbeiten, welche diese Aufgabe zu lösen versuchen und führt dabei Zahlen an, welche zwischen  $273,0$  und  $276,9$  schwanken. Bedenkt man, daß diese Zahl in die Gaskonstante eingeht, und daß hiervon wiederum die Differenz der beiden spezifischen Wärmen der Gase usw. abhängt, so begreift man die Wichtigkeit dieser Arbeiten, andererseits aber auch das Nachteilige einer Skala, welche solche Schwierigkeiten mit sich bringt. Als wahrscheinlichsten Wert gibt BURKHARDT  $273,10$ .

Um die Durchführung der ersten Definition Lord Kelvins zu ermöglichen, vergleicht Burkhardt jetzt die Gay-Lussacsche Skala mit der Daltonschen. Die erstere ist für konstantes Gasvolumen festgelegt durch die Gleichung

$$dt = \alpha_g \frac{dp}{p_e}$$

wo  $\alpha_g$  ein Zahlenfaktor und  $p_e$  der Druck der eingeschlossenen Gasmenge beim Schmelzpunkt des Eises ist. Sie ergibt die bekannte Gasgleichung

$$pv = p_e v_e (1 + \alpha_g t) = R_e T.$$

$R_e$  ist, wie schon oben gesagt, durch den Schmelzpunkt des Eises bestimmt.

Die Daltonsche Skala ist gegeben durch die Gleichung

$$dt = \alpha_d \frac{dp}{p}$$

wo  $p$  der gerade vorhandene Druck ist.

Sie ergibt

$$pv = p_a v_a e^{\alpha_d (t - t_a)} = B_a e^{\alpha_d (t - t_a)}$$

wo  $B_a$  der der willkürlich gewählten Anfangstemperatur  $t_a$  zugehörige Wert des Produktes  $p_a v_a$  ist.

Diese Skala läuft von  $-\infty$  bis  $+\infty$ , während die gewohnte von  $-273$  bzw.  $0$  bis  $+\infty$  läuft. Die Grade einer von beiden Skalen müssen also in verschiedenen Gebieten verschiedene Länge haben. Nimmt man als Maßstab für die Beurteilung der Gleichheit der Grade das Volumen eines idealen Gases beim Schmelzpunkt des Eises, so sind die Grade der Gay-Lussacschen Skala überall gleichlang, während die der Daltonschen nach der Kälte hin immer kürzer werden. Nimmt man dagegen für diesen Maßstab die Verwandlung von Wärme in Arbeit, also eine rein thermodynamische Bedingung, „ganz unabhängig von den physikalischen Eigenschaften einer spezifischen Substanz“, so sind die Grade der Daltonschen Skala durchgängig gleichlang, während die Gay-Lussacs nach der Kälte immer länger werden. Gay-Lussac läuft, je kälter es wird, mit immer größeren Schritten.

Man hat sich jetzt dem sogenannten absoluten Nullpunkt, d. h. der Temperatur  $-273^\circ$  nach Gay-Lussac, bis auf wenige Grade genähert, und es sind nicht wenige Physiker, welche gemeint haben, man würde ihn in kurzer Zeit vollständig erreichen. Jetzt hat nun Nernst nachgewiesen, daß er durch keinen endlichen Prozeß, d. h. überhaupt niemals, zu erreichen ist. Würde man die Daltonsche Skala gewöhnt sein, so würde man diesen Satz für selbstverständlich halten, weil dort dieselbe Temperatur die Bezeichnung  $-\infty$  trägt.

Als Lord Kelvin seine erste Definition einer absoluten Temperaturskala gab, erkannte er den Energiesatz noch nicht an; in einer Fußnote lehnt er ihn, als noch nicht hinreichend bewiesen, ab. Indem Schreiber mit ihm die erste Definition Kelvins vervollständigt, erhält er: „die Differenz der Temperaturen zweier Körper  $A$  und  $B$ , von denen  $A$  die wärmere Temperatur habe, soll  $1^\circ$  betragen, unabhängig, in welchem Teile der Skala die Differenz liegt, wenn mit dem Übergang der Wärmeeinheit auf den Körper  $B$  vermittelst eines umkehrbaren Kreisprozesses zwischen  $A$  und  $B$  die Verwandlung der Wärmeeinheit in Arbeit verknüpft ist.“

Diese Skala hat zur Daltonschen dieselbe Beziehung wie die von Lord Kelvin

selbst durchgeführte thermodynamische zur zur Gay-Lussacschen.

Von den Vorzügen, welche diese Skala bietet, führt BURKHARDT in erster Linie an, die bequeme auf rein mathematischem Wege sich ergebende Verallgemeinerung der Gasgleichung für wirkliche Gase, welche sofort eine sehr gut stimmende Formel für den Joule-Thomson-Effekt gibt, ohne daß irgendwelche Hypothesen nötig sind. Um die Wärmeeinheit von  $t^{\circ}$  bis  $(t+1)^{\circ}$  dieser Skala zu erwärmen, ist definitionsgemäß eine der Wärmeeinheit äquivalente Arbeit nötig, um sie von der Temperatur  $-\infty$  bis in endliche Temperaturen zu erwärmen, also eine unendliche Arbeit, d. h. der sogenannte absolute Nullpunkt der Gay Lussacschen Skala ist nicht zu erreichen.

Nachdem BURKHARDT die 4 behandelten Temperaturskalen auf den Grad ihrer Absolutheit hin verglichen hat, führt er aus den Kritiken, welche die Schrebersche Skala gefunden hat, folgenden Satz an: „Die geometrische Skala der Schreberschen oder Daltonschen Form hat etwas Vorführender gegenüber der arithmetischen oder galileischen; sie besagt, daß sich für eine bestimmte Temperaturveränderung eine gewisse Eigenschaft (Volumen, Spannung usw.) um den und den Bruchteil ihres augenblicklichen Wertes ändere, und es wird kaum jemand zu allen Zeiten von dem Gefühl frei geworden sein, daß eine solche Vorstellung mehr befriedigt. Aber begründet ist es durch nichts, und es muß geradezu

„als ein Vorzug der arithmetischen Skala bezeichnet werden, daß sie solchen Vorstellungen keinen Einfluß gestattet.“

Herrn BURKHARDT hat mit vollem Recht dieser Schlußsatz eigentümlich berührt. Wenn die geometrische Skala sonst keine Nachteile der arithmetischen gegenüber besitzt, so sehe ich nicht ein, weshalb bei der Wahl zwischen zwei sonst gleichwertigen Objekten dem der Vorzug gegeben werden soll, das dem menschlichen Gefühl am wenigsten entgegen kommt.“

Wie wichtig es ist, dem menschlichen Gefühl möglichst entgegenzukommen, dafür ein Beispiel aus dem so vorzüglichen Lehrbuch von Chwolson. Dort lesen wir Seite 503 unten: „Es ist leicht einzusehen, daß die Temperaturen  $T_1, T_2 \dots T_{99}$ , die wir zwischen  $T_0$  und  $T_{100}$  eingesetzt haben, nicht etwa gleichweit voneinander abstehende Temperaturen sind, denn wir haben offenbar

$$\frac{T_{100}}{T_{99}} = \frac{T_{99}}{T_{98}} = \dots = \frac{T_1}{T_0}.$$

„Die Differenzen  $T_{100} - T_{99}, T_{99} - T_{98} \dots$  sind also nicht untereinander gleich.“

Wenige Zeilen später lesen wir trotzdem: „Angenommen, es seien  $T_1, T_2, T_3 \dots$  gleichweit voneinander entfernte Temperaturen, z. B. ganze Grade dieser Skala usw.“

In anderen weniger vorzüglichen Büchern kann man leicht derartige, durch den Widerspruch mit dem menschlichen Gefühl veranlaßte Versehen, ja auch schlimme Fehler finden.

Dr. K. Schreiber.

#### 4. Unterricht und Methode.

Das physikalische Anfängerpraktikum an der Universität. Über die Organisation dieses Praktikums im Göttinger physikalischen Institut macht A. BESTELMEYER in der *Physikal. Zeitschr.* 1913, S. 83—84 Mitteilungen, aus denen hervorgeht, daß man mit Rücksicht auf die wachsende Zahl der Teilnehmer auch an der Hochschule ähnliche Wege einschlägt wie die an einer Reihe höherer Schulen bereits zur Regel gewordenen. Man läßt die Praktikanten erstlich paarweise arbeiten. Zugleich aber sind die 24 Teilnehmer der betreffenden Abteilung in Gruppen zu je 8 geteilt; sie arbeiten gleichzeitig in zweimal 2 Stunden wöchentlich. Nur in der ersten Doppelstunde führen alle Praktikanten dieselben Linear- und Flächenmessungen an einer Diapositivplatte aus (wobei Zehntel- und Genauigkeitsschätzung, Parallaxe infolge der Deckglas-

dicke usw. in Betracht kommen). Sodann aber tritt eine Teilung in drei Gruppen von je acht Teilnehmern ein. Jede Gruppe erhält eine für je 4 Doppelstunden berechnete Aufgabegruppe (A, B, C) zugeteilt. Nach Ablauf dieser Zeit und abermals nach weiteren vierzehn Tagen treten zyklische Vertauschungen der drei Aufgabegruppen ein. Dann folgen in analoger Weise drei weitere Aufgabegruppen (D, E, F). Es arbeiten also immer 8 Teilnehmer „in gleicher Front“.

Die erwähnten Aufgabegruppen sind folgende:

- A 1 Thermometer-Fixpunkt-Prüfung (8),
- A 2 Spezifische Wärme, Mischungsmethode (8),
- A 3 Schmelzwärme des Eises (8); Lösungswärme des Salmiaks (8),

- A 4 Hydratationswärme des Chlorcalciums (8),  
 B 1 Spezifische Gewichtsbestimmungen mit der Nicolson'schen Senkwage (4),  
 B 2 und 3 Wage (8),  
 B 4 Mohr'sche Wage (2); spezifisches Gewicht nach der Schwebemethode (8),  
 C 1 Pendel (8),  
 C 2 Prüfung des Boyleschen Gesetzes (4),  
 C 3 Volumenometer (4),  
 C 4 Gasdichte aus Ausströmungszeit (Bun-  
 sen) (4),  
 D 1 Gasdichte durch Wägung (4),  
 D 2 Dampfdichte nach Dumas (4),  
 D 3 Dampfdichte nach V. Meyer (4),  
 D 4 Molekulargewichtsbestimmung durch Gefrierpunktserniedrigung (4),  
 E 1 Innere Reibung von Flüssigkeiten (8),  
 E 2 Kapillarkonstante (8),  
 E 3 Bestimmung von  $\frac{C_p}{C_v}$  nach C l e m e n t  
 und D e s o r m e s (4),  
 E 4 Kundtsche Staubfiguren (4),  
 F 1 und 2 Elastizitätsmodul durch Dehnung  
 (2) und Biegung (2),  
 F 3 Torsionsmodul (4),  
 F 4 Mechanisches Wärmeäquivalent (4).

Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Zahl der vorhandenen Apparate. Ein großer Teil der Aufgaben wird also von den Praktikanten einzeln ausgeführt; bei den andern Aufgaben wird paarweise gearbeitet.

Zu Beginn des Semesters erhalten die Praktikanten ein autographiertes Heft, welches nicht als Ersatz eines Lehrbuchs oder Leitfadens dienen soll, sondern einerseits die Stellung der speziellen Aufgaben, die Hinweise auf die betreffenden Kapitel in Kohlrausch und Wiedemann-Ebert und die Anweisungen zur Benutzung der speziellen Apparate, soweit sie nicht aus den Lehrbüchern zu ersehen ist, enthält, andererseits

den Studierenden durch meist in Frageform gehaltene Bemerkungen auf beachtenswerte Beobachtungen und Gesetze aufmerksam macht. Der Umstand, daß die Aufgaben-  
 gruppen möglichst systematisch aufgebaut sind, und daß innerhalb der Gruppe die Aufgaben stets in derselben Reihenfolge aufeinanderfolgen, ermöglicht auch eine didaktisch zweckmäßigere, unnötige Wiederholungen vermeidende Abfassung der einzelnen Anweisungen, als dies sonst bei der meist mehr oder weniger willkürlichen und wechselnden Aufeinanderfolge der Aufgaben der Fall ist.

Den Hauptvorteil der beschriebenen Organisation erblickt der Verfasser mit Recht darin, daß viele Erläuterungen an die acht parallel arbeitenden Praktikanten gleichzeitig gerichtet werden können, und daß der Leiter des Praktikums die gewonnene Zeit vollständig der individualisierenden Beaufsichtigung und Belehrung der Studierenden widmen kann. Der Nachteil andererseits, der in der Starrheit des einmal angenommenen Schemas liegt, kann jederzeit durch Abgehen von diesem Schema in geeigneten Fällen beseitigt werden, soweit es die vorhandene Apparatur und die Zeit des Praktikumleiters ermöglichen.

Zu der angegebenen Auswahl der Übungen wird noch bemerkt, daß sie stark durch die Knappheit der verfügbaren Mittel beeinflusst war. Für Beschaffung von 4 Wagen nebst Gewichtssätzen wurden 600 M ausgegeben, im übrigen wurden die Apparate mit möglichst geringen Kosten unter beschränkter Heranziehung des Institutsmechanikers hergestellt. Dabei ergab sich von selbst noch der große didaktische Vorteil, daß man Aufbau und Zusammensetzung der Apparate den Praktikanten überlassen konnte, wie dies auch bei den praktischen Übungen an höheren Schulen die Regel zu sein pflegt. P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Flammenlose Gasfeuerung.** Ein hierauf beruhendes neues Heizverfahren haben unabhängig voneinander Prof. WILLIAM A. BONE und RUDOLF SCHNABEL erfunden. Zur Verwertung dieser Erfindungen haben sich zwei Gesellschaften, die Radiant Heating Co. in Leed und die Thermotechnische Gesellschaft in Berlin, gebildet.

Während bei den gewöhnlichen Gasfeuerungen die Mischung von brennbarem Gas und Luft erst allmählich längs des langen

Flammenweges erfolgt, wird bei dem neuen Verfahren zuerst die Mischung beider hergestellt, und diese dann an der heißen Oberfläche eines glühenden Körpers verbrannt. Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen in der vollständigen Verbrennung bei verschwindend geringem Luftüberschuß ( $2\frac{1}{2}\%$  genügen), in der erreichten hohen Verbrennungstemperatur, dem raschen Lauf der Verbrennung, minimalem Strahlungsverlust und überaus rascher Übertragung der Wärme auf die zu erhitzen-

den Räume und Stoffe. Einzelne dieser Vorteile lassen sich nur durch das Auftreten von Explosionswellen und durch die Tatsache erklären, daß glühende feste Körper ein größeres Wärmeausstrahlungsvermögen haben als glühende Gase und auch als helleuchtende Flammen. Die nachstehend beschriebenen Einrichtungen sind hauptsächlich den von Bone herrührenden ausführlichen Mitteilungen entnommen.

Die einfachste Einrichtung dieser Art ist die Diaphragmenfeuerung (Fig. 1). Sie besteht aus einem Gassammelkasten, dessen eine Wand aus porösem, feuerfestem Material hergestellt ist. Diese Wand ist vollkommen dicht in den Gassammelkasten eingesetzt, so daß das Gasgemisch durch die Poren dieser Platte passieren muß und nicht daneben herausbrennen kann.

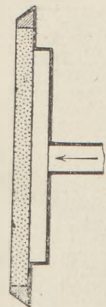


Fig. 1.

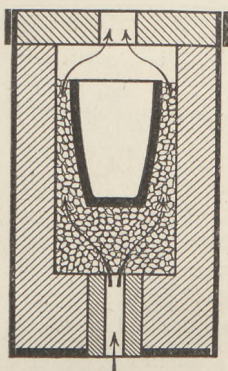


Fig. 2.

Um den Diaphragmen-Heizkörper in Betrieb zu setzen, läßt man zunächst nur Gas (beispielsweise Leuchtgas) in den Gaskasten eintreten, worauf sich das durch die Poren der Heizplatte entströmende Gas entzündet und mit langer Flamme brennt. Läßt man nun allmählich Luft Zutreten, so verkürzt sich die Flamme mit wachsender Beimengung von Verbrennungsluft immer mehr, bis sie endlich ganz verschwindet. In diesem Augenblick hat die ganze Diaphragmenoberfläche ein bläuliches Ansehen. Bald werden jedoch einzelne Partien rotglühend, so daß die Fläche gefleckt erscheint, und schließlich kommt die ganze Fläche ins Glühen. Die Verbrennung findet nunmehr — ohne jede Flammenentwicklung — in der obersten Schicht des porösen Diaphragmas statt, während der Gaskasten so kalt bleibt, daß man ihn ohne jede Gefahr mit der bloßen Hand berühren kann. Die Schicht des Diaphragmas, innerhalb welcher die Verbrennung stattfindet, hat nur eine Stärke von etwa 3 bis 6 1/2 mm, und den-

noch wird vollkommene Verbrennung erzielt. Ein weiterer Vorteil dieses Heizapparates ist, daß sich die Temperatur der Platte durch gemeinsame Änderung der Gas- und Luftzuströmung nach Belieben und in exakter Weise regulieren läßt, und daß die Diaphragmenfläche in jeder beliebigen Stellung Verwendung finden kann. Auch kann die Heizung ebensogut mit Leucht- oder Koksofengas, mit oder ohne Beimengung von Wassergas, wie mit Naturgas, Petroleum-Luftgas, karburiertem Wassergas usw. erfolgen. Doch muß das Diaphragma so porös sein, daß das Gas schon bei einem Überdruck von 3 mm Wassersäule leicht durch dasselbe streichen kann.

Die Diaphragmenfeuerung gestattet die verschiedensten Verwendungsarten. Sie kann zum Backen, Braten und Rösten, wohl auch zur Zimmerheizung in Art der Gaskamine sowie zur Verdampfung von Flüssigkeiten, besonders von gesättigteren Lösungen, mit Vorteil benutzt werden. In letzterem Falle wird die Heizplatte mit der glühenden Fläche nach abwärts über der zu verdampfenden Flüssigkeit angebracht. Die Verdampfung erfolgt dann unter dem Einflusse der Wärmestrahlung von der Flüssigkeitsoberfläche aus leicht und mit besserer Wärmeausnutzung als nach dem alten Verfahren.

Das Gasgemenge kann aber auch statt im Innern einer porösen Heizplatte in einer körnigen Lage feuerfesten Materials zur Verbrennung gelangen, wie beim Tiegelofen (Fig. 2). Der Boden des Ofens ist mit einer Schicht von gekörntem, feuerfestem Material (zerkleinerte feuerfeste Ziegel, Magnesia usw.) bedeckt, auf welche der Tiegel gestellt wird. Den Raum zwischen Tiegel und Ofenwand füllt man mit demselben Material, deckt den Ofen mit einer durchlocherten Deckplatte ab, und heizt den Ofen ebenso wie bei der Diaphragmenheizung an, indem man zunächst durch die Öffnung im Boden des Ofens Gas eintreten läßt, das bei seinem Austritte aus der Öffnung am Ofendeckel entzündet wird. Nun wird dem zuströmenden Gase Luft in wachsenden Mengen zugeführt, bis die Flamme verschwunden ist und die Verbrennung im Innern der körnigen Fütterungsmasse vor sich geht. Es gelang, auf diese Weise bei Verwendung von Leuchtgas im Tiegel eine Temperatur von 1880° C zu erreichen, so daß es möglich ist, Platin (Schmelzpunkt 1775°) in derartigen Tiegelöfen zu schmelzen.

Die Hauptschwierigkeit liegt hierbei in der Beschaffung eines passenden feuerfesten

Materials für die Füllmasse sowohl als für die Tiegel, wobei natürlich darauf Rücksicht genommen werden muß, daß die Füllmasse die Tiegel und Ofenwände nicht angreifen darf. Zur Erreichung sehr hoher Temperaturen empfiehlt BONE, die Füllung aus Magnesia-Blocken herzustellen, während für niedrigere Temperaturen (bis 1200° C) zerkleinerte gewöhnliche feuerfeste Ziegel genügen.

In derselben Weise wie Tiegelöfen können auch Muffelöfen geheizt werden (Fig. 3).

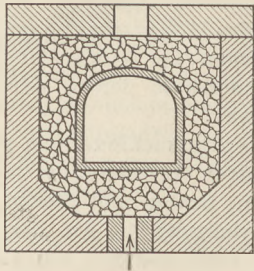


Fig. 3.

Hier ist die Muffel allseits in zerkleinertes, feuerfestes Material eingebettet. Bei Versuchen mit kleinen Muffeln (Innendimensionen 24,1×13,3×8,2 cm) ließen sich unter Benutzung von Leuchtgas Temperaturen bis zu 1425° C erreichen. Die Versuche ergaben bei konstanter Temperatur in der Muffel:

| Stündlicher<br>Gas-<br>verbrauch<br>m <sup>3</sup> | Temperatur in °C    |                    | Tempe-<br>ratur-<br>Differenz |
|--|---------------------|--------------------|-------------------------------|
|  | Muffelmitte         | abziehende<br>Gase |                               |
| 0,595  | 815°                | 540°               | 275°                          |
| 1,000  | 1004°               | 645°               | 359°                          |
| 1,218 <sup>1)</sup>                                | 1055° <sup>1)</sup> | —                  | —                             |
| 1,642  | 1205°               | 870°               | 335°                          |
| 2,237  | 1424°               | 1085°              | 339°                          |

<sup>1)</sup> Interpoliert.

Der Brennwert des Gases betrug 4845 Kal. pro Kubikmeter. Zum Vergleiche wurde eine Muffel derselben Dimensionen in einen modernen Gasmuffelofen eingebaut, wobei eine Temperatur von 1055° C bei einem stündlichen Gasverbrauch von 2,983 m<sup>3</sup> erreicht wurde. Beim neuen Verfahren wird somit eine Gasersparnis von 59,2% erzielt. Man hat sich jedoch nicht mit Versuchen im kleinen Maßstabe begnügt, sondern auch größere Muffelöfen bis zu 2,44×0,90×0,90 m (innen gemessen) konstruiert.

Die obigen Zahlen ergaben, daß die Abgase den Ofen mit einer Temperatur verließen, die etwa 300° über der des Muffel-

innern liegt. Dies führte zu dem erfolgreichen Versuche, die abziehenden Gase zum Vorwärmen der Verbrennungsluft zu benutzen. Auf diese Weise lassen sich auch mit minderwertigen Heizgasen (Mondgas usw.) höhere Muffeltemperaturen erreichen.

Bei den Tiegel- und Muffelöfen erfolgt die Erhitzung von außen. Es lag nun nahe,

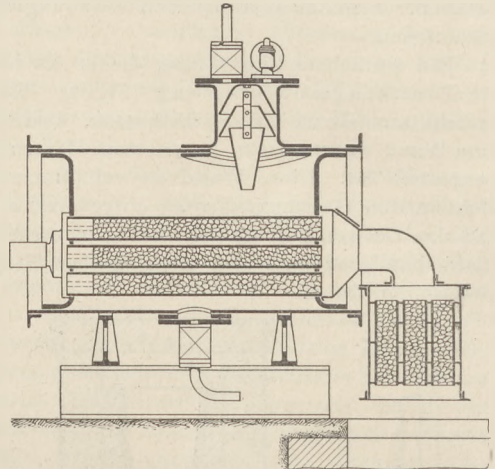


Fig. 4.

bei Kesselfeuerungen (Fig. 4) eine Innenheizung zu versuchen, um Wärmeverluste durch Strahlung tunlichst zu vermeiden. Die Konstruktion ähnelt der bei Feuerrohrkesseln. Der liegende, nur etwa 1 m lange, zylindrische Kessel ist in axialer Richtung von Heizröhren durchzogen, die 76 mm lichte Weite besitzen und mit Stücken feuerfesten Materials gefüllt sind, innerhalb dessen das Gasgemenge zur Verbrennung gelangt. An der Stelle, wo Gas und Luft eintreten, sind die Rohre mit durchlochtem Tonpfropfen versehen, die eine Erwärmung der vorderen Kesselwand verhindern. Gas und Luft treten in eine vor dem Kessel angebrachte Mischkammer und entzünden sich beim Eintritt in die im Innern glühenden Heizröhre. Die Verbrennung ist nach Passieren der ersten 15 cm Rohrlänge schon vollständig. Die abziehenden Gase passieren noch einen mit ganz ähnlich konstruierten Heizröhren (aber in vertikaler Stellung) ausgestatteten Speisewasservorwärmer und gelangen von da in eine kurze Esse. Der in Fig. 4 dargestellte Versuchskessel enthielt zehn Heizröhren von 0,90 m Länge, während die neun Heizröhren des Vorwärmers nur 0,20 m lang waren.

Zur Heizung diente Leuchtgas von 4845 W.E. Brennwert pro Kubikmeter. Das Gasgemisch trat mit einem Drucke von 439,4 mm



Wassersäule in die Verbrennungsröhren und verließ diese mit einem solchen von 50,8 mm. Da eine Dampfspannung von 7,56 kg pro  $\text{cm}^2$  erreicht wurde, betrug die Temperatur des Kesselspeisewassers  $168^\circ \text{C}$ . Bei einem stündlichen Gasverbrauch von  $28,2 \text{ m}^3$  wurden  $204,43 \text{ kg}$  Wasser verdampft (also bei Atmosphärendruck  $105 \text{ kg}$  pro Stunde und  $1 \text{ m}^2$  Heizfläche). Die Verbrennungsgase verließen den Kessel mit  $230^\circ \text{C}$ , den Vorwärmer mit  $95^\circ \text{C}$ ; die Temperatur des Speisewassers wurde hierbei von  $5,5^\circ$  auf  $58^\circ \text{C}$  erhöht. Von der durch die Verbrennung gelieferten Wärme wurden somit  $95\%$  nutzbar gemacht (davon  $87,4\%$  im Kessel und  $7,6\%$  im Vor-

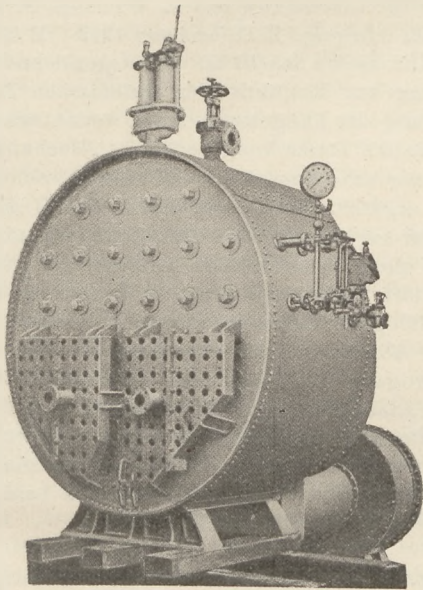


Fig. 5.

wärmer). Wir haben also in dem Versuchskessel eine nahezu doppelt so große Wärmeausnutzung als in den gewöhnlichen Dampfkesseln, und dabei ist die Verdampfung pro  $1 \text{ m}^2$  Heizfläche mehr als die doppelte von jener bei Lokomotivkesseln.

Bei den Skinningrove Iron Works in Cleveland ist im November 1911 ein Dampfkessel des neuen Systems in Betrieb gesetzt worden und hat sich in der Praxis völlig bewährt. Der Kessel (Fig. 5) hat eine Länge von nur  $1,22 \text{ m}$  bei einem Durchmesser von  $3,05 \text{ m}$ , ist mit  $110$  Heizröhren von  $76 \text{ mm}$  lichter Weite ausgestattet und verdampft stündlich rund  $2500 \text{ kg}$  Wasser. An der Rückseite des Kessels ist gleichfalls ein Vorwärmer angebracht, aus welchem die Abgase mit einer Temperatur von nur  $78^\circ$  bis  $80^\circ \text{C}$  entweichen. Zur Heizung wird das von Koks-

öfen gelieferte Gas verwendet, und der Hauptunterschied zwischen diesem und dem vorher beschriebenen Versuchskessel besteht darin, daß bei letzterem das Gasmisch unter Überdruck durch den Kessel gepreßt wird, während es hier mittels eines hinter dem Vorwärmer angebrachten Ventilators angesaugt wird.

Von den konstruktiven Vorteilen des neuen Kesselsystems sei nur die durch rasche Verbrennung und Wärmeübertragung bedingte Kürze des Kessels und die Entbehrlichkeit einer Einmauerung sowohl als einer hohen Esse angeführt. Dies gestattet zugleich eine einfachere Konstruktion und garantiert eine größere Haltbarkeit des Kessels.

Eine weitere Anwendung des Systemes der flammenlosen Verbrennung kommt dem Bedürfnis der großen Londoner Tages-

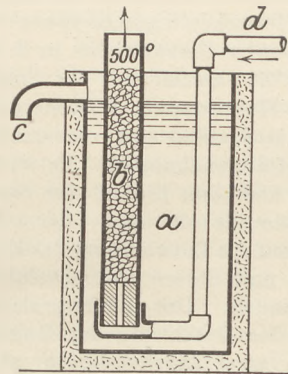


Fig. 6.

zeitungen, bedeutende Mengen Letternmetalles lange Zeit hindurch flüssig zu erhalten, entgegen. Fig. 6 gibt eine schematische Skizze des Heizapparates. Die Schmelzung des Metalles erfolgt in eisernen Tanks (a), die durch eine Umhüllung mit Isoliermaterial möglichst gegen Wärmeverluste durch Ausstrahlung geschützt sind. Das geschmolzene Metall fließt durch ein Ablaufrohr an seiner Oberfläche ab. Die Erwärmung vermitteln eine Reihe vertikal gestellter Heizröhren (b), die ebenso dimensioniert und eingerichtet sind wie die der früher besprochenen Dampfkessel. Das Gasmisch wird durch ein Röhrensystem von d aus zugeführt. Bei einem Versuche mit einem solchen Tank wurden stündlich  $533,4 \text{ kg}$  Blei geschmolzen und hierbei von  $15^\circ$  auf  $372^\circ \text{C}$  erwärmt. Der Verbrauch an Leuchtgas betrug  $2,83 \text{ m}^3$ , die abziehenden Verbrennungsgase hatten eine Temperatur von  $500^\circ$ . Der Apparat arbeitete daher mit  $68,6\%$  Nutzeffekt. Das erklärt sich

einerseits durch die relativ große Wärmeausstrahlung seitens des Apparates, teils daraus, daß die Rauchgase den Apparat mit

weit höherer Temperatur verlassen als bei den Kesselfeuerungen.

(Die Naturwissenschaften, 1913 Nr. 1.)

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

Zur Geschichte der Wissenschaften und der Gelehrten seit zwei Jahrhunderten, nebst anderen Studien über wissenschaftliche Gegenstände, insbesondere über Vererbung und Selektion beim Menschen. Von ALPHONSE DE CANDOLLE. Deutsch herausgegeben von Wilhelm Ostwald. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1911. 466 S.

Das Buch bildet den zweiten Band einer Reihe von Schriften, die unter dem Titel „Große Männer, Studien zur Biologie des Genies“ von W. Ostwald herausgegeben wurde. Das französisch geschriebene Originalwerk des Genfer Gelehrten ist in 2. Auflage im Jahre 1884 erschienen; es bildet die Grundlage einer neuen Wissenschaft, der Geniologie, und stützt sich vornehmlich auf statistische Untersuchungen. Es wird darin ausführlich über den Einfluß der Vererbung, der Veränderlichkeit und der Auswahl (Selektion) auf die Entwicklung des Menschengeschlechts und dessen wahrscheinliche Zukunft gehandelt. Der umfangreichste Abschnitt ist der Geschichte der Gelehrten in den letzten zwei Jahrhunderten gewidmet; als Quellen für das Urteil dienen namentlich die Ernennungen auswärtiger Forscher von seiten der Akademien zu Paris, London, Berlin, Petersburg u. a. Dabei zeigt sich, daß im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts Deutschland ein entschiedenes Übergewicht über die anderen Staaten gewonnen hat. Mit großer Umsicht werden die Ursachen auseinandergesetzt, welche die Anzahl, die Richtung und den Erfolg der Männer bestimmen, die am Fortschritt der Wissenschaft beteiligt gewesen sind; es wird u. a. auch die Frage der Herkunft großer Forscher erörtert, wobei sich ergibt, daß außerhalb Frankreichs 41% aus der obersten Schicht, 52% aus der Mittelklasse, 7% aus der unteren Schicht stammen; für Frankreich selbst sind die Zahlen 35, 42, 23. Die weitere Diskussion dieser interessanten Resultate möge man in dem Werk selbst nachlesen. Bemerkenswert ist, daß der Verfasser sich auch über die Notwendigkeit einer herrschenden Sprache für die Wissenschaften ausspricht; er sieht das Englische als die Sprache an, die im 20. Jahrhundert

herrschen werde, und die bisherige Entwicklung scheint diese Vorhersage zu bestätigen. P.

Die Fallgesetze, ihre Geschichte und ihre Bedeutung. Von Dr. H. E. TIMERDING. Mit 20 Figuren im Text. (Mathematische Bibliothek von W. Lietzmann und A. Witting, Nr. 5). 48 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1912. M 0,80.

Die kleine Schrift ist ein ausgezeichnete Beitrag zur Kenntnis der Galileischen Entdeckung der Fallgesetze, um so bedeutsamer, als sie die Darstellung in Machs „Mechanik“ in einer sehr wesentlichen Hinsicht berichtigt und ergänzt. Auch aus dieser Schrift geht wieder hervor, daß Galileis Leistung gar nicht hoch genug eingeschätzt werden kann, und daß ihre Bedeutung auch im Unterricht die sorgfältigste Herausarbeitung verdient. Zu dem Abschnitt über den Ausbau und die Bestätigung der Fallgesetze sei bemerkt, daß die Fallmaschine von Atwood schon von dem Deutschen Schober erfunden und bereits 1746 zu Versuchen in einem 200 Fuß tiefen Schacht des Bergwerks Wieliczka bei Krakau benutzt worden ist (d. Zeitschr. XIII, 202). P.

Hermann von Helmholtz. Von Leo Koenigsberger. Gekürzte Volksausgabe. Mit zwei Bildnissen. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1911. 356 S. M 4,50.

Wir sind nicht reich an solchen Lebensbeschreibungen großer Männer der exakten Wissenschaften, die für weitere Kreise bestimmt sind. Umsomehr ist jede Neuerscheinung dieser Art mit Freude zu begrüßen. Von Helmholtz gibt es allerdings schon in mehreren Sammelbänden gute Biographien\*) die mehr oder weniger Leo Koenigsbergers klassisches Werk als Quelle benutzten. Nichtsdestoweniger war es eine verdienstvolle Tat des Viewegschen Verlags, eine Volksausgabe dieses Werkes durch den Verfasser selbst zu veranlassen; denn nur so konnten die in

\*) Vgl. diese Zeitschrift, Bd. 24., S. 315: „Große Physiker“ von Keferstein, und Bd. 25., S. 122 „Die großen Physiker und ihre Leistungen“ von F. A. Schulze.

Fachkreisen allbekanntem Vorzüge der Koenigsbergerschen Darstellung erhalten bleiben. Diese Vorzüge möchte ich nicht zum wenigsten in der feinen, unaufdringlich subjektiven Färbung suchen, die der Verfasser zwar, wie er im Vorworte sagt, nicht beabsichtigt hat, die sich aber doch von selbst einstellte und seiner Darstellung einen eigenartigen Reiz verleiht, wie er eben nur enger persönlicher Fühlungnahme entspringt. So kommt es, daß das Buch den Leser von der ersten Seite an fesselt, und daß ihm die Persönlichkeit des großen Physikers lebendig vor die Seele tritt. Er weiß nicht, wen er mehr bewundern soll, den genialen Gelehrten oder den großen Menschen, den bei glänzender Begabung und vorbildlichem Fleiße von Entdeckung zu Entdeckung fortschreitenden Jüngling und reifenden Mann, oder den auf der Höhe seines Ruhmes stehenden, von der gesamten wissenschaftlichen Welt hochgefeierten Universitätslehrer und Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Daß Helmholtz selbst oft zu Worte kommt, gehört auch zu den Vorzügen des Buches, zumal sich hierbei wieder das feine Verständnis des Biographen für das allgemein Interessierende und den Menschen wie Gelehrten Kennzeichnende kundgibt.

Leo Koenigsbergers Volksausgabe der Helmholtz-Biographie erscheint mir als ein würdiges Gegenstück zu Hildebrands Marmorherme des großen Mannes im Ehrensaale des „Deutschen Museums“ zu München. Beide sind unserem Helmholtz eine schöne und verdiente Ehrung, geschaffen nicht für den engen Kreis der Fachgenossen, sondern für die Gesamtheit aller gebildeter Deutscher. Und wie wir wünschen, daß in Zukunft noch viel mehr Gebildete zu jenem herrlichen Ruhmesmale deutscher Naturwissenschaft und Technik wallfahren mögen, so wünschen wir nicht minder, daß noch viel mehr Gebildete daheim in ihren Bücherschrank Werke stellen und auch fleißig lesen mögen wie die Helmholtz-Biographie von Leo Koenigsberger.

*Martin Gebhardt, Dresden.*

**Der Äther, Geschichte einer Hypothese.** Von M. La Rosa. Aus dem italienischen Manuskript übersetzt von K. Muth. 116 Seiten. Leipzig, J. A. Barth, 1912. M 2,50.

In klarer, äußerst einfacher und anziehender Darstellung schildert Verf. die Geschichte unserer Vorstellung vom Lichtäther. Ohne irgendwie tief in physikalische Einzelheiten einzudringen, weiß er die Bedenken

Newtons gegen die Undulationshypothese, die allmähliche Überwindung der Emissionshypothese, W. Thomsons Kampf für den Äther und die mechanische Lichttheorie sowie die Bedeutung der elektromagnetischen Auffassung auch Nichtphysikern nach Inhalt und Geschichte verständlich zu machen. Daß bei der Relativtheorie die Anschaulichkeit schließlich verloren geht, kann man nicht dem Verfasser anrechnen; es liegt in der Natur des Problems, das nur in 4 Dimensionen vollständig zu erörtern ist. Hierin liegt auch die nach Ansicht des Verfassers nicht geringe Gefahr, daß dieses auf physikalischem Boden erwachsene Problem allmählich zu sehr in die Hände der Mathematiker gerate. Die Übersetzung scheint sich stellenweise zu eng an den italienischen Wortlaut zu klammern; darauf deuten vereinzelte undeutsch wirkende Sätze und einige Fremdwörter, die in einem uns nicht geläufigen Sinn verwandt werden.

Die erste Hälfte des Buches ist zur Verwendung im Unterricht, etwa als historischer Rückblick auf die Optik, vortrefflich geeignet. Der Anteil der verschiedenen großen Physiker an der Entwicklung der Optik, zugleich aber auch das wechselvolle Werden wissenschaftlicher Erkenntnis überhaupt kann kaum anziehender und verständnisvoller geschildert werden.

*W. Vn.*

**Die Resonanztheorie des Hörens als Beitrag zur Lehre von den Tonempfindungen.** Von Dr. Erich Waetzmann, Privatdozent für Physik an der Universität Breslau. Mit 33 eingedruckten Abbildungen, 162 S. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1912. M 6,—.

Das Buch gibt nach einer die physikalischen Grundlagen betreffenden Einleitung eine Entwicklung der Helmholtzschen Resonanztheorie, die durch die neuesten Forschungen wohl im allgemeinen bestätigt ist, im einzelnen aber mancher Änderungen und Ergänzungen bedurfte. So war Helmholtz noch nicht genau über den Grund der Dämpfung der Resonatoren im Ohre orientiert, auch fehlte es ihm an experimentellem Material, um seine Theorie der Kombinationstöne gegen jeden Angriff sicherzustellen. An der Lösung dieser Fragen hat der Verf. sich durch eigene Forschungen in hohem Maße beteiligt, von denen auch in dieser Zeitschrift mehrfach berichtet wurde. Er war daher wohl berufen, diese Ergänzung des klassischen Helmholtzschen Werkes vorzunehmen. Die Darstellung ist klar und liest sich um so angenehmer, als die nötigen mathematischen Entwickelun-

gen in einem besonderen Anhang zusammengestellt sind. Da das Buch eine vollständige Literaturangabe, namentlich über die neuesten Forschungen, enthält, so wird der Fachmann darin eine reiche Quelle der Belehrung finden.

*Schk.*

**Physik in graphischen Darstellungen.** Von Felix Auerbach. 1373 Figuren auf 213 Tafeln mit erläuterndem Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1912. X und 213 und 28 S. Geh. M 9,—, in Leinw. geb. M 10,—.

Das Werk ist ein Kompendium der „Physik in Kurvenform“. Ein solches Unternehmen ist zweifellos von großem Wert, weil Kurven und Bilder für viele eine deutlichere Sprache reden und sich dem Gedächtnis leichter einprägen als Formeln und Worte. Es finden sich in dem Werke eine Menge wohlgelungener Darstellungen, teils vom Verfasser selbst, teils aus anderen Werken übernommen.

Die große Arbeit, die in dem Werke aufgespeichert ist, wird aber leider für den Leser dadurch herabgewertet, daß in den Anmerkungen oft wichtige Angaben fehlen über die Bedingungen und rechnerischen Annahmen, unter denen die Kurven und bildlichen Darstellungen gültig sind. Einige Zeichnungen lassen sogar die Frage offen, ob sie theoretischer Natur sind oder praktische Resultate wiedergeben. Ein einfacher Hinweis auf die Literatur dürfte dem Zweck des ganzen Werkes als Nachschlagewerk wohl widersprechen, da die Abbildung sich meist auch in der angeführten Literatur vorfindet oder sich wenigstens aus dort angegebenen Tabellen leicht herstellen läßt.

Die Abhängigkeit der nördlichen Breite vom Begriffe Stadt in Kurvenform dargestellt sowie ca. 50 ähnliche Kurven erscheinen überflüssig. Ebenso müßten die Dimensionsspielereien in einem wissenschaftlichen Werk fortfallen.

Immerhin ist das Werk als erster Versuch zur Verwirklichung eines guten Gedankens zu begrüßen. *Dr. C. Fischer-Berlin.*

**Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben.** Von A. Marcuse. (Aus Natur und Geisteswelt Nr. 378.) Leipzig, B. G. Teubner, 1912. M 1,25.

**Himmelskunde.** Von A. Marcuse. (Wissenschaft und Bildung Nr. 106.) Leipzig, Quelle & Meyer, 1912, M 1,25.

„Die erzieherische Bedeutung der Astronomie“, durch die „wichtige Gebiete der

Kultur fortdauernd Förderung und Anregung erfahren“, und der daher „im Leben des Volkes die gebührende Stellung“ zukommt, wird in der ersten Schrift von A. Marcuse in einer Reihe von Vorträgen auseinandergesetzt und durch mannigfache Beispiele erläutert.

Der allgemeine Bildungswert der Astronomie liegt nach Ansicht des Verfassers zunächst in ihren Forschungsmethoden, die „von vorbildlicher Bedeutung für die andern Zweige der exakten Wissenschaften“ sind wegen ihrer „mustergültigen Einfachheit und schlichten Durchsichtigkeit“. Die Darstellung der einzelnen Anwendungen ist nicht als Lehrbuch gedacht, sondern es wird für Spezielleres auf die wissenschaftliche Literatur verwiesen. Jedoch ist das Meiste, wie der Inhalt des Kapitels über den Zeitdienst und den Kalender, ohne weiteres verständlich. Der Verfasser verfolgt die Anwendungen seiner Wissenschaft bei der Ortsbestimmung auf dem Lande, zur See und im Luftschiff und weist auf die Schwierigkeit exakter Resultate wegen der Polschwankungen hin, deren Verlauf eine kleine Skizze wiedergibt. Er deckt ferner die Fäden auf, die die Astronomie mit den Nachbarwissenschaften der Physik und Meteorologie verbindet, und schließt mit einem für den Physiologen besonders interessanten Abschnitt über den Einfluß der Sinneswahrnehmungen und die zahlreichen Fehler, die sich durch die Unvollkommenheit der Sinneswerkzeuge in die astronomischen Messungen einschleichen können.

Die zweite Schrift gibt nach einem Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Astronomie hauptsächlich ein Bild des Planetensystems, ein Kapitel behandelt auch das gesamte Universum mit den Problemen über die Ausdehnung und Bewegung der Fixsternwelt. Trotzdem der Verfasser nur wenig physikalische und mathematische Vorkenntnisse beim Leser voraussetzt, weiß er selbst schwierige Dinge geschickt klarzumachen, dazu gehört die recht gute Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem Fall eines Steines und dem des Mondes zur Erde und die Beschreibung der Ungleichheiten in der Mondbewegung. Jedes Kapitel enthält die in der Astronomie so besonders interessanten historischen Angaben; auch Zahlenmaterial fehlt nicht; jedoch leidet unter dem letzteren niemals die flotte Darstellung. Eine große Menge von Tatsachen wird in jedem Abschnitt zusammengetragen, und der Leser

wird auch über die noch schwebenden Fragen der Planetenforschung unterrichtet. Schließlich sei noch auf die zahlreichen Wiedergaben astronomischer Himmelsaufnahmen hingewiesen.

*P. Meth, Berlin.*

**Mathematische Himmelskunde und niedere Geodäsie an den höheren Schulen.** Von Prof. Dr. Bernhard Hoffmann. Mit 9 Figuren im Text. 68 S. (Abhandl. über den mathematischen Unterricht in Deutschland, veranlaßt durch die I. M. U. K., Band III, Heft 4). Leipzig, B. G. Teubner 1912. M 2.—.

Der Verfasser gibt nach einigen einleitenden Bemerkungen über die Einführung der Logarithmen und der trigonometrischen Funktionen ein vollständiges Programm der mathematischen Himmelskunde für die Prima in der Weise, wie er selber diesen Gegenstand nach jahrelanger Erfahrung unterrichtet. Er zeigt, wie die Schüler mit einfachen Apparaten, unter denen auch die photographische Kamera eine Rolle spielt, die meisten wichtigeren Himmelserscheinungen zu beobachten lernen können, damit die Zahlenbeispiele zur sphärischen Trigonometrie auf eigener Anschauung des Schülers beruhen und nicht womöglich noch Widersprüche enthalten wie manche ausgedachten Aufgaben. Ferner sollen Modelle und Himmelskarten durch Anschauen der Natur möglichst vermieden werden. Die Kenntnisse erwerbe der Schüler nicht als Dogma durch den Lehrer, sondern durch Messen und Berechnen. Bei diesem Verfahren wird sich von selber eine Kritik über die Genauigkeit der errechneten Resultate einstellen, die — leider — oft genug auf der Schule unterbleibt. Der Verfasser hat den gesamten Lehrgang der Himmelskunde und Geodäsie mit seinen vom Einfachen zum Schweren fortschreitenden Beobachtungsreihen äußerst sorgfältig durchdacht, und man staunt über die Fülle von interessanten und erfolgreichen Messungen, die er mit Schülern angestellt hat. Ich will nur hervorheben die Bestimmung der Neigung der Sonnen- und Mondbahn gegen den Äquator durch Benutzung eines feststehenden photographischen Apparates, die Ermittlung der Dauer des Sterntages und der geographischen Koordinaten der Schule, die Ausführung einer Triangulation im Gelände.

Wer auf der Universität niemals praktische Astronomie getrieben hat, sollte nicht versäumen, das Büchlein Hoffmanns zur Hand zu nehmen, er wird reiche Belehrung für den Unterricht daraus schöpfen können,

da der Verfasser nicht nur ausführliche Ratschläge für die Wahl der Instrumente, sondern auch die Methoden ihres Gebrauches mit der nötigen Ausführlichkeit gibt. Eine erfolgreiche Behandlung der mathematischen Himmelskunde im Sinne der vorliegenden Schrift setzt freilich eine gute Grundlage in der mathematischen Geographie bei den Schülern voraus, damit nicht in der Prima mit der Behandlung der Grundbegriffe zuviel Zeit verloren geht. Andererseits wird beim Lehrer noch eine gewisse Vertrautheit mit den wissenschaftlichen Grundzügen der Astronomie wünschenswert sein. Der Verfasser gibt selber zu, daß die Ausführung seines Programmes in der großen Stadt aus verschiedenartigen Gründen nicht im vollen Umfange möglich sein wird, aber jeder sollte „die Scheu vor den Meßinstrumenten“ so weit überwinden, um wenigstens einen Teil der anregenden praktischen Aufgaben in Angriff zu nehmen.

*P. Meth-Berlin.*

**Der Mond.** Von Franz. Natur und Geisteswelt, Nr. 90. 2. Aufl. Teubner, 1912.

Die ziemlich rasch erfolgte Neuauflage dieses Bändchens hat bewiesen, daß es dem Verfasser in der Tat gelungen ist, eine für den Liebhaber und Fachmann gleich wertvolle kurze Übersicht über die Ergebnisse der Mondforschung zusammenzustellen, für die der vor wenigen Tagen verstorbene Prof. Franz selber eine der ersten Autoritäten war. In dieser 2. Auflage ist ein Abschnitt über die verschiedenen Farben auf der Mondoberfläche neu hinzugekommen; im ganzen ist das Bändchen aber etwas gekürzt worden, z. T. durch Weglassung einiger Formeln und Zahlenangaben in den Tabellen. Die ersten Kapitel enthalten eine populäre Darstellung der Dynamik und Kinematik des Mondlaufs. Sehr anschaulich werden hierbei durch einfache geometrische Überlegungen verschiedene Ergebnisse der schwierigen Untersuchungen der Himmelsmechanik wenigstens qualitativ gefunden, wie die Bewegung der Apsiden und der Knoten, die sogenannten Ungleichheiten der Mondbewegung, die Libration und ihre Auflösung in freie und unfreie Schwingungen. Weiter werden die interessanten Resultate von George Darwin über die Rotation des Mondes erwähnt. Dann kommt die Bedeutung des Mondes im Leben der Menschen und in der Wissenschaft zur Sprache, und die meteorologischen Verhältnisse auf unserm Trabanten führen zu einer Erörterung der Existenz-

bedingungen lunarer Lebewesen. Es folgt dann eine Beschreibung der Mondoberfläche mit erläuternden Abbildungen, und schließlich wird der Leser selber auf den Mond gestellt, und von dort aus wird ihm die Erde und das Planetensystem gezeigt. Zuletzt wird die Geschichte der Mondforschung und die wichtigste Literatur über diesen Himmelskörper zusammengestellt, darunter auch einige phantastische Beschreibungen des Mondes und seiner angeblichen Bewohner. Leider ist Keplers nachgelassenes Werk, der Traum vom Monde, an dieser Stelle nicht erwähnt.

*P. Meth-Charlottenburg.*

**Astronomische Ortsbestimmungen mit besonderer Berücksichtigung der Luftschiffahrt.** Von Leick. Leipzig, Quelle & Meyer. 1912. 130 S., geb. M 3,50.

Das Buch ist vorwiegend für solche Leser geschrieben, die sich schnell und leicht in die Methoden der Ortsbestimmung einarbeiten wollen, um dieselben praktisch verwenden zu können; die mathematischen Entwicklungen hat daher der Verfasser soweit wie möglich beschränkt. Für diejenigen, welche ohne mathematische und astronomische Vorkenntnisse an den Gegenstand herantreten, wird in der Einleitung die Orientierung am Himmel und die Zeitmessung behandelt. Der Verfasser kommt sodann zum Thema der Ortsbestimmungen, wobei er namentlich in der Aeronautik neuere Methoden zusammenträgt, die in Fachzeitschriften zerstreut waren. Dazu macht er noch sehr ausführliche Literaturangaben; auch an Zahlenbeispielen mangelt es nicht, durch die der Verfasser fast jede Methode zur besseren Einsicht erläutert. Da es besonders in der Luftschiffahrt darauf ankommt, Ortsbestimmungen innerhalb sehr kurzer Zeit ausführen zu können, so muß die Berechnung trigonometrischer Formeln durch geeignete Tafeln bewältigt werden, die sich im Anhang des Buches finden. Einige Abschnitte widmet der Verfasser den graphischen Methoden der Ortsbestimmung, die zuerst als sogenanntes Standlinienverfahren in die Nautik Eingang gefunden hatten und jetzt dem Luftschiffer unentbehrlich geworden sind. Von den mannigfachen Arten der Ortsbestimmung wird auch der jeweilige Anwendungsbereich und ihre Genauigkeit auseinandergesetzt; in einem besonderen Kapitel folgt dann eine Betrachtung über den Einfluß der Messungsfehler auf die Resultate. Die Messungen selber sind zum Teil mit ganz primitiven Instrumenten ausführbar, nur aus

Fäden, Stäben und Lot bestehend; es werden aber auch etwas kompliziertere Instrumente der Feinmechanik beschrieben, darunter einige neuere Typen für den Gebrauch im Ballon. Bei diesen wäre allerdings eine Skizze angenehm gewesen. Das Tabellenmaterial ist so umfangreich, daß es für Messungen von geringerer Genauigkeit ausreichen dürfte. Man findet darunter die Abstände der Meridiane auf verschiedenen Parallelkreisen, Angaben über die Kimmtiefe, die magnetische Deklination, die Refraktion und über die gleichzeitigen Höhen einiger Fixsterne.

*P. Meth-Charlottenburg.*

**Radiotelegraphisches Praktikum.** Von Dr.-Ing. H. Rein. Zweite vermehrte Aufl. Mit 170 Textfiguren und 5 Kurventafeln. Berlin, Julius Springer, 1912. Geb. M 8,—.

Der beste Beweis für die Güte des vorliegenden Buches ist, daß in der kurzen Zeit von etwa 1½ Jahren bereits eine Neuauflage erforderlich geworden ist, wobei noch berücksichtigt werden muß, daß es sich hier um ein Spezialgebiet handelt, für welches die Zahl der Interessenten naturgemäß geringer ist als bei Büchern, welche sich mit allgemeineren Gebieten der Physik beschäftigen. Was aber die neue Bearbeitung des Reinschen Buches besonders wertvoll macht, ist, daß in ihm zum erstenmal den modernen Prinzipien für die Konstruktion der Hochfrequenzapparate und den Aufbau der Stationen nach jeder Richtung hin Rechnung getragen ist. Wenn auch den besonderen Zielen des Buches entsprechend auf die gesamte Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, wie es etwa Aufgabe eines Lehrbuches ist, nicht eingegangen werden konnte, so stellen doch gerade die kurzen Übersichten, welche den einzelnen Kapiteln vorausgeschickt sind, und welche die Gesichtspunkte für die Konstruktion der verschiedenen Apparate, Kondensatoren, Selbstinduktionen etc. und Stationen enthalten, etwas außerordentlich Wertvolles für den Leser, insbesondere den Fachmann dar. Er findet hier in selten prägnanter Weise alles Wesentliche hervorgehoben, ohne daß, wie es in Lehrbüchern häufig der Fall ist, der eigentliche Kern der Sache durch das allerdings notwendige Beiwerk verschleiert wird. Der Hauptwert des Buches liegt aber in der sehr gründlichen Ausarbeitung und Zusammenstellung der für die heutige Hochfrequenztechnik unentbehrlichen Messmethoden, welche sich mehr und mehr von den rein physikalischen Gesichtspunkten frei gemacht und

den Bedürfnissen der Praxis in erhöhtem Maße Rechnung getragen haben. Gerade dieser Umstand dürfte aber auch geeignet sein, Physiker, welche der drahtlosen Telegraphie bisher ferngerstanden haben, mehr und mehr für dieses neue Gebiet der Hochfrequenzmesstechnik zu interessieren, da es ihnen nach vielen Richtungen hin neue Anregungen geben wird, um so mehr, als die Reinsche Darstellung in manchem Kapitel, z. B. bei Behandlung der Dämpfungsmessungen vielfach neue Wege zur Klarstellung der betr. Vorgänge eingeschlagen hat. Daß es dem Verfasser durch seine Stellung in der Praxis möglich war, auch die neuesten und wichtigsten Erfindungen wie die modernen Vieltonstationen und die Goldschmidtsche Hochfrequenzmaschine auf Grund eigener praktischer Erfahrungen, wenn auch nur kurz und mehr vom meßtechnischen Standpunkt aus zu behandeln, erhöht den Wert des Buches ganz beträchtlich. Es füllt somit nach vielen Richtungen hin eine lang empfundene Lücke in der Literatur über drahtlose Telegraphie aus. Die Ausstattung des Buches insbesondere die Bilder der Apparate und die überaus zahlreichen Schaltungsschemata sind ebenfalls ganz vorzüglich. Für den in der Praxis stehenden Ingenieur sind auch die dem Buche beigegebenen Umrechnungstabellen sehr wertvoll. Es kann dem Buche nur die weiteste Verbreitung gewünscht werden.

*Br. Glatzel-Berlin.*

**Handbuch der praktischen Kinematographie.** Von F. Paul Liesegang. Dritte, bedeutend vermehrte Auflage. XII und 477 Seiten, 231 Abbildungen. Düsseldorf, Ed. Liesegang, 1912. M 10,—, geb. M 11,—.

Das Buch behandelt in klarer Darstellung und ohne Vorkenntnisse vorauszusetzen, alles, was für das Verständnis und die Benutzung der Kinematographie zu wissen nötig ist: die physikalischen Grundlagen der Sache, die Einrichtung der verschiedenen Apparaten unter Hervorhebung ihrer Vorzüge und Mängel, die optische Ausrüstung, die Lichtquellen, das Arbeiten mit dem Apparat in bezug auf Handhabung desselben, Abstellen von Fehlern, Feuergefahr und Zusammenstellung des Programmes, die Herstellung der Films und mancherlei Kunstgriffe bei der Aufnahme, endlich Sondergebiete der Kinematographie, wie die Wiedergabe schnellster Bewegungen, farbiger und mikroskopischer Objekte, stereoskopische und Röntgen-Kinematographie. Angehängt ist ein ausführliches

Literaturverzeichnis, Polizeivorschriften und Sach- und Namen-Register. Das Buch, das in rascher Folge (1907, 1911 und 1912) drei Auflagen erlebt hat, kann warm empfohlen werden.

*W. Vn.*

**Lehrbuch der Physik** für die oberen Klassen der Realgymnasien und Oberrealschulen sowie zur Einführung in das Studium der neueren Physik. Von Dr. H. BOERNER. 6. Auflage, neu bearbeitet unter Mitwirkung von Dr. G. Mohrmann, Direktor des R.-G. zu Gera-R. Mit 402 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, Weidmann, 1911. 509 S. M 6,—.

**Leitfaden der Experimentalphysik** für Realschulen sowie für den Anfangsunterricht in Oberrealschulen. Von Dr. H. BOERNER. 9. Auflage. Mit 194 Abbildungen. Berlin, Weidmann, 1911. 211 S. M 2,40

Die erste Auflage des Lehrbuchs ist im VI. Jahrgang der Zeitschrift (1893) besprochen worden. Den damals erhobenen Einwendungen ist der Verfasser in einer ausführlichen Erwiderung (VII, 196) entgegengetreten. Inzwischen hat das Lehrbuch durch eine Reihe von Auflagen bewiesen, daß es in den Fachkreisen Beifall gefunden hat. Aber auch heute noch darf und muß gesagt werden, daß in ihm die deduktive Seite zu stark betont ist. Der Verfasser glaubt den neueren Bestrebungen dadurch entgegenzukommen, daß er an geeigneten Stellen die betreffenden Paragraphen aus den Büchern von Hahn und Noack anführt, aber das ist eine Äußerlichkeit. Andererseits ist es jedoch willkommen zu heißen, daß er in einem Anhang eine Reihe wichtiger Ableitungen und Beweise mit Hilfe der Infinitesimalrechnung zusammengestellt hat; dadurch wird auch dem mathematischen Unterricht physikalischer Stoff an die Hand gegeben. Der Stoffumfang ist gegen früher nicht unerheblich vermindert worden. Mit Recht hat der Verfasser seinen Lehrgang darauf zugeschnitten, daß die Elektrizitätslehre nebst Magnetismus erst in *O I* behandelt wird. Diese vom Verfasser bereits 1893 befürwortete Anordnung hat sich seither immer mehr als empfehlenswert, ja als geboten erwiesen und wird auch durch die preußischen Lehrpläne von 1901 zugelassen. Dem entspricht, daß die Mechanik wenn möglich bereits in *O II* einzusetzen hat. Der Verfasser hat demgemäß die Mechanik in zwei Stufen zerlegt, von denen die erste nur die einfachsten Gesetze der Mechanik (§ 1—64), die zweite schwierigere Kapitel aus der Mechanik nebst der Wellenlehre (§ 65—138) enthält. Auch die Lehre vom Licht ist in

zwei Abschnitte geteilt, von denen der erste, die experimentelle Optik, bereits in *OII* erledigt werden kann, während der zweite, die theoretische Optik, der *Prima* zufällt. Zweckmäßig ist es auch, daß an bestimmten Stellen zur Ergänzung auf den „Leitfaden“ oder die „Vorschule“ des Verfassers hingewiesen ist. Solche Paragraphen, die im Interesse der Stoffbeschränkung auch wegbleiben können, sind durch Sternchen bezeichnet. Alles in allem genommen, haben wir es mit einem sorgfältig gearbeiteten Unterrichtswerk zu tun, das trotz der ange deuteten Einseitigkeit in der Hand eines methodisch geschulten Lehrers mit Nutzen gebraucht werden kann.

In dem Leitfaden ist besonderes Gewicht auf die streng logische Gliederung des Stoffes nach dem Schema: Versuche, Gesetz, Folgerungen und Bestätigungen gelegt. Daneben sind auch hier und da deduktive Ableitungen eingeflochten. Besonders anfechtbar dürfte, wie schon in der 1. Auflage des Lehrbuchs, die stark deduktiv gefärbte Behandlung der Fallgesetze sein. In der Elektrizitätslehre hat der Verfasser seit der 7. Auflage die Kraftlinientheorie auch für den Anfangsunterricht als Grundlage gewählt. Das, was in § 141 als Erklärung der Ablenkung einer Magnetnadel durch den Strom angegeben ist, kann aber nicht von der Brauchbarkeit des Verfahrens überzeugen, auch wenn es die Zustimmung vieler Fachgenossen gefunden hat. Bei der Induktion ist eher eine Verwendung des Kraftlinienbegriffs angängig, weil sie hier rein experimentell gestaltet werden kann und im wesentlichen nur ein Orientierungsmittel über die Art der Wirkungen im Raum darstellt.

Die neue Auflage bedient sich in stärkerem Maße als die früheren der Hervorhebung durch Fettdruck und der Einrahmung besonders wichtiger Sätze. Auf Schülerübungen ist durch vorgesetzte Sternchen bei den dafür geeigneten Versuchen Bezug genommen. *P.*

*Neue Lehrbücher für den Unterricht an höheren Mädchenschulen.*

Schreiber, *Lehrbuch der Physik für Studienanstalten, Lyzeen und Oberlyzeen.* (In drei Teilen, I für die beiden Kl. II und III d. L. bzw. U III und O III, II B für Kl. I des L., II A für die übrigen Kl. des O.-L. und der St.-A.) Halle, Schroedel 1912. M 2,50; 1,50; 4,75.

K. Sumpf, *Lehrbuch der Physik und Chemie für Lyzeen und Oberlyzeen.* (In zwei Teilen.) Be-

arbeitet von Hartenstein, Pabst, Hölscher-Hildesheim, Lax 1912. M 2,40; 4,20.

L. Busemann, *Chemie und Physik für höhere und gehobene Mädchenschulen.* (In drei Heften.) Union, Stuttgart-Berlin 1912. M 1,50; 1,40; 1,40.

Von diesen drei Büchern ist nach dem Dafürhalten des Ref. das erste ein wirklich sehr brauchbares, methodisch wie inhaltlich im ganzen einwandfreies Buch. Einige Kleinigkeiten werden ja stets unvermeidlichen Anlaß zu Bedenken geben. So sind mehrere Figuren (z. B. Regenbogen, Drachenaufstieg, Beugungsspektrum) perspektivisch ganz unmöglich. Den einen oder andern Punkt hätte der Verfasser mit Rücksicht auf die Studienanstalten doch wohl noch aufnehmen sollen, z. B. die Lenzsche Regel, ein paar absolute Molekular Daten u. a.; doch ändert das nichts an dem Gesamteindruck, daß das Buch eine reife Frucht langer Unterrichtserfahrung, gründlichen Wissens und sorgfältiger Überlegung und Auswahl sowohl des Stoffes als des Ausdrucks ist. Besonders ist hervorzuheben, daß der Verfasser vielfach auch andeutend auf weiterführende Gedankengänge und Fragestellungen hinweist, so daß dem Lehrer gegebenenfalls die Möglichkeit zu Ergänzungen freigehalten ist, und die Schülerinnen merken, wie viel doch noch hinter dem wenigen steckt, das ihnen die Schulphysik bieten kann. Besonderer Erwähnung bedarf nur, auch mit Rücksicht auf das zweite der genannten Bücher, die Frage der elektrischen Maßeinheiten. Ist es richtig, die Einheiten Ohm und Ampère anscheinend rein willkürlich ( $1 \Omega = 1,06$  Siemens,  $1 A \sim 10,44$  ccm Knallgas) zu definieren und dann nach Einführung des Volt ( $= 1 \Omega \cdot 1 A$ ) das Joulesche Gesetz nur wieder als rein empirische Tatsache anzuführen? Gewiß ist eine exakte theoretische Begründung in der in der Wissenschaft üblichen Weise für die Zwecke der Schule, insonderheit der Mädchenschule, entbehrlich. Allein, warum nicht umgekehrt für das  $\Omega$  vom Jouleschen Gesetz ausgehen? „ $1 \Omega$  ist der Widerstand eines Leiterstücks, in dem der Strom von  $1 A$  in  $1$  Sek.  $0,24 \text{ cal} = 1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ Erg}$  erzeugt.“ Dann bedarf es nur vorher noch der Definition des  $A$ , und die ist bekanntlich mit der Tangentenbussole durchführbar, nachdem man vorher die magnetische Polstärke exakt definiert hat. Vielleicht könnte ja auch zuerst eine rein empirische Definition gegeben werden unter Hinweis auf spätere Begründung, und diese



dann in einem besonderen Paragraphen folgen.

Das zweite der oben genannten Lehrbücher ist eine Bearbeitung des bekannten Knabenschul-Lehrbuchs von Sumpf. Die Chemie hat der eine Herausgeber (Hölscher) hinzugefügt. Leider hat das in der alten Gestalt gar nicht üble Buch gerade dadurch an Wert außerordentlich eingebüßt. Ich will von den kleineren Bedenken ganz absehen, deren Dutzende zu erheben wären, so z. B. daß die Nichtmetalle doch nicht alle entweder fest oder gasförmig sind, daß „Verbrennung“ und „Oxydation“ doch keine gegensätzlichen Begriffe sind usw. Allein, dazu kommen noch eine ganze Reihe viel schwerer wiegender sachlicher wie methodischer Unzulänglichkeiten. So vor allem, daß der Verfasser grundsätzlich Säuren und Basen mit ihren Anhydriden durcheinanderwirft („Säuren = Nichtmetalloxyde, Basen = Metalloxyde“), obwohl er dann schließlich auch mal erwähnt, daß Ätznatron und Kohlensäure eigentlich  $NaOH$  und  $H_2CO_3$  sind. Dementsprechend „verbinden“ sich natürlich auch Säuren mit Basen zu Salzen, auch „Säuren mit Metallen“ u. ä. Auch ist es wohl immer ein grundsätzlich nicht gutzuheißendes Verfahren, wenn neue Begriffe, wie „Verbindung“, „Zerlegung“, „Wertigkeit“ u. a. m. statt aus Versuchen oder Einzeldaten abstrahiert, einfach dogmatisch an die Spitze gestellt werden. Auch im physikalischen Teil findet sich das mehrfach, so z. B. bei der „Dielektrizität“, wo die fragliche Definition noch dazu auf ganz falschen Voraussetzungen ruht. Endlich tritt neben die zahlreichen sachlichen Ungenauigkeiten des chemischen Teils (ich habe bei einer flüchtigen Zusammenstellung zwei volle Dutzend notiert) mehrfach eine so lässige Ausdrucksweise, daß die Schüler dadurch geradezu irreführt werden. So z. B.: „Quarzsand ist chemisch reine Kieselsäure . . . Enthält er Eisen, so . . .“ (alles in 2 Zeilen!) Oder: „Das entweichende Gas ist Kohlensäure, die aber sogleich in  $H_2O$  und  $CO_2$  zerfällt. Das entweichende Kohlendioxyd . . .“ Der physikalische Teil ist erheblich besser als der chemische. Einige auch da vorhandene Unrichtigkeiten oder methodisch bedenkliche Punkte können hier übergangen werden. Protestieren will ich nur noch ausdrücklich gegen die Behauptung: „Natürlich ist es unmöglich, das absolute Gewicht eines Moleküls anzugeben.“ — Die äußere Ausstattung ist sehr gut, einige Figuren (Regenbogen) sind allerdings auch hier perspektivisch falsch.

Das Buch bedarf noch einer gründlichen Revision, um mit gutem Gewissen empfohlen werden zu können.

Gänzlich unbrauchbar indessen, geradezu gefährlich für einen gesunden Unterrichtsbetrieb muß das Buch von Busemann genannt werden. Statt aller weiteren Kritik nur eine kleine Blütenlese<sup>1)</sup>: Völlig durcheinander gehen überall „Wärme“ und Temperatur: „Zum Verbrennen ist Wärme nötig.“ „In unserem Körper verbindet sich . . . O mit C . . . Dabei wird auch Wärme erzeugt; man nennt sie (!) die Eigenwärme unseres Körpers. Sie beträgt . . . 37°. Im Fieber atmen wir schneller . . . , deshalb (!) ist der Körper dann wärmer. Auch bei schweren körperlichen Arbeiten . . . wir werden dann so warm, daß wir schwitzen(!).“ Die Kalorie kommt überhaupt nicht vor. — Ohne jede Vorbereitung heißt es: (Bei der Bildung des Kohlendioxyds) „gehen jedesmal 2 Teilchen Sauerstoff zu einem Teilchen Kohlenstoff. Später heißen die „Teilchen“ dann plötzlich Moleküle. Wie man hierzu kommt, soll die Schülerin vermutlich in der Physik gelernt haben, wo es folgendermaßen heißt: „Zuletzt muß man aber bei der Zerkleinerung an eine Grenze kommen, indem die Teilchen so klein sind, daß jedes nur noch aus einem einzigen Teilchen besteht (!).“ — Ein Gläschen mit Kalkwasser wird an der Luft „nach mehreren Tagen“ trübe (ähnliche Ungenauigkeiten massenhaft). — Unsere Körper, Häuser usw. befinden sich im „unsicheren“ (= labilen) Gleichgewicht. Die „Pferdekraft“ ist ein größerer Maßstab für die Arbeit (= 75 m/kg). Die Erhaltung des Gleichgewichts beim Radfahren beruht darauf, daß „der Körper“, wenn das Rad einmal im Gang ist, „die Drehungsebene beizubehalten sucht“. „Durch Druck wird Wärme erzeugt. Ungeheuer groß ist der Druck der Erdrinde auf das Innere. Daher ist das Erdinnere sehr heiß (!).“ — Der Donner entsteht, weil die vom Blitze getroffenen Luftteilchen alle gleichnamig elektrisch werden, sich abstoßen und so einen leeren Raum erzeugen, in den dann die Luft stürzt.

Das von Busemann verbesserte Kirchhoffsche Gesetz lautet: „Jeder Stoff strahlt in glühendem Zustande dasjenige Licht aus, das er in kaltem Zustande verschluckt.“ Beweis: Schwefel strahlt in glühendem Zustande blaues Licht aus (!), in kaltem Zustande ist er gelb. *Cu* gibt grüne Flammenfärbung

<sup>1)</sup> Von der Redaktion gekürzt!

und ist kalt rot. (Offenbar sieht also kaltes Baryum auch rot, kaltes Strontium grün aus?). — „Die negativen Elektronen werden von dem einen Magnetpol angezogen, vom anderen abgestoßen.“ Das Angeführte ist nur ein kleiner Bruchteil. In Teil I und III habe ich kaum eine Seite ohne solche bedenklichen Sachen gefunden. Vor dem Buche muß aufs dringlichste gewarnt werden.

*Ravink.*

**Die neue Welt der flüssigen Kristalle** und deren Bedeutung für Physik, Chemie, Technik und Biologie. Von Dr. O. Lehmann, Prof. d. Physik a. d. Techn. Hochschule zu Karlsruhe. Mit 246 Abbildungen im Text. 388 S. Leipzig, Akadem. Verlag, 1911.

Des Verfassers Entdeckung der flüssigen Kristalle brachte eine eigenartige Verwirrung in die Wissenschaft, die erst bei ausgedehntem Bekanntwerden der neuen Welt dieser Erscheinungen schwinden wird. Die älteren Beobachtungen und Ansichten des Verfassers waren 1904 in dem Buche „Flüssige Kristalle“ (d. Zeitschr. *XVIII*, 56) schon in ähnlicher Weise wie im vorliegenden Werke zusammenfassend dargestellt worden. Im letzteren sind nun die Entdeckungen der letzten Jahre mitbehandelt, an denen außer dem Verfasser in zunehmender Anzahl andere Forscher beteiligt sind. Die Beifügung der zahlreichen Figuren wurde durch einen Zuschuß der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Stiftung Heinrich Lanz) ermöglicht.

Während in manche Gebiete die Molekulartheorien nur gleichsam mit Widerstreben hineingezogen werden, ist im vorliegenden Werke ein Verständnis der Erscheinungen allein auf genauere Vorstellungen über die Art und das Wirken der molekularen Kräfte aufgebaut. Das Werk gewährt daher zugleich den großen Nutzen, daß es zeigt, wie weit man gegenwärtig überhaupt imstande ist, sich ein Bild von stofflichen Vorgängen mit Hilfe der Molekularvorstellungen zu machen, und andererseits, wie Vieles dabei noch unentwirrbar bleibt.

Schon in seinen Ansichten über Festigkeit und Elastizität tritt der Verfasser den gebräuchlichen Meinungen über anziehende und abstoßende Molekularkräfte entgegen. Zum Verständnis werden bereits hier die molekularen Richtkräfte herangezogen (S. 26). Im Abschnitt über Gestaltungskraft und zusammenfließende Kristalle ist der Verlauf der Entdeckung der letzteren geschildert, die an der so alltäglichen Schmierseife gemacht

wurde. Die zahlreichen Abarten dieses Stoffes, besonders Ammoniumoleat, ferner die von Vorländer entdeckten Ester besitzen die Kennzeichen anisotroper Substanzen, die das Polarisationsmikroskop enthüllt, oft auch deutlichen Dichroismus. Während in Kristallen die Moleküle gleichartig sind, werden amorphe Stoffe als Gemenge verschiedenartiger Moleküle aufgefaßt.

Die besonderen Eigenschaften mancher neuen kristallinisch-flüssigen Stoffe, die Einflüsse angrenzender Oberflächen des Glases oder auch fester Kristallschichten (Glimmer), die sogenannten Myelinformen, die Analogien von Wachstum und Bewegung flüssig-kristallinischer Stoffe und lebendiger Zellen werden in getrennten Abschnitten übersichtlich behandelt. Sie bieten eine Fülle der überraschendsten Tatsachen, zu deren Erklärung der Verfasser neben seinen Auffassungen auch die anderen Forscher mitteilt.

Von allgemeinem Interesse ist ferner die in der Einleitung und auch später gegebene Schilderung der Ablehnung, die Lehmanns Entdeckung lange fand. Erst in neuester Zeit tritt ein Wandel ein, und um die Ansichten über die Entdeckung flüssiger Kristalle vollzählig zu machen, treten sogar Stimmen hervor, welche die Sache für längst bekannt und eigentlich selbstverständlich erklären.

Im Schlußkapitel führt der Verfasser den Widerspruch mancher Autoren gegen seine bedeutsame Entdeckung zurück auf eine „Überschätzung der theoretischen, richtige deduktiven Richtung der Physik, welche all Erscheinungen in exakter Weise mathematisch aus wenigen Grunderscheinungen ableiten will. Was zurzeit nicht abgeleitet werden kann, gehört eben nicht zur Physik und darf mit Recht verschwiegen werden. Ich bestreite dieses Recht!“

Auch wertvolle Anleitungen zu Versuchen über Molekularkräfte, künstliche Zellen, Bewegungserscheinungen infolge Adhäsion u. a. können dem Werke entnommen werden.

*Rebenstorff.*

**Photochemische Versuchstechnik.** Von Dr. J. Plotnikow, Privatdozent der Chemie in Moskau. Mit 189 Figuren, 50 Tabellen und 3 Tafeln. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft. 371 S. M 11,—, geb. M 12,—.

Das Buch soll einem Mangel abhelfen, der sich beim Arbeiten in diesem neu aufstrebenden Zweige der Wissenschaft immer fühlbarer herausgestellt hat: Es fehlte bisher an einem Buch, welches alle für photo-

chemische Untersuchungen konstruierten Apparate und ausgearbeiteten Methoden vorführt, in ihrer theoretischen Begründung und praktischen Anwendung erläutert und kritisch würdigt. Ein solches Hilfsbuch will das vorliegende Werk sein, und es erfüllt diesen Zweck nach Ansicht des Ref. so gründlich und vortrefflich, daß es zum unentbehrlichen Ratgeber für alle werden dürfte, die sich in dieses noch jungfräuliche Gebiet einarbeiten wollen, in dem sich bereits ein ansehnliches Material qualitativer Feststellungen angehäuft hat, in dem aber quantitative Messungen erst in relativ geringem Umfange angestellt sind. Das Buch soll kein Leitfadensbuch zum Experimentieren sein, keine Anweisung für ein photochemisches Praktikum. Es ist allerdings in einem starken Abschnitt von ca. 80 Seiten eine große Anzahl von photochemischen Vorlesungsversuchen beschrieben. Diese dürften aber wohl ausschließlich oder in erster Linie für eine Spezialvorlesung über Photochemie auf der Universität geeignet sein und nur zum kleinsten Teil für den physikalischen oder chemischen Unterricht in der Schule in Betracht kommen. Besonderen Wert legt der Verf. auf die Beschreibung der Apparate, die für photochemische Untersuchungen nützlich sein können. Einzelne von diesen finden sich hier zum ersten Male beschrieben.

Von dem Inhalt und der Reichhaltigkeit des Buches wird am besten eine kurze Übersicht über die Kapitel eine Vorstellung geben. Allen Kapiteln sind ausführliche Zusammenstellungen der Literatur beigelegt. Im 1. Teil behandelt der Verf. ausführlich die für photochemische Untersuchungen zur Verfügung stehenden Lichtquellen, die entweder wegen ihrer Lichtstärke (Quecksilberbogenlicht, Metallbogenlicht, Funkenlicht, Kohlenbogenlicht, Nernstlampen) oder wegen besonderer Eigenschaften (gefärbte Gasflammen, Röntgenlampen) Verwendung finden können. Im 2. Teil werden Lichtthermostate besprochen für äußere und innere Belichtung und verschiedene andere Apparate für die Untersuchung der photochemischen Reaktionen, wie z. B. ein Reaktionsapparat aus Quarz für innere, ein ebensolcher für äußere Belichtung, Reaktionsapparate für Sonnenbeleuchtung usw. Im 3. Teil folgen optische Meßinstrumente, erstens für Photometrie, wobei der Reihe nach die Lichteinheiten, die Strahlungsgesetze, die Empfindlichkeit des Auges und verschiedene Photometer besprochen werden, zweitens für Lichtabsorp-

tionsmessungen, bei denen Spektralphotometer, Kolorimeter, Spektrographen und Spektrometer, die Refraktion und die Drehung der Polarisationssebene eine ausführliche Darstellung finden. Nun folgt im 4. Teil die bereits erwähnte Zusammenstellung photochemischer Vorlesungsversuche, die sich auf Lichtreaktionen, Luminiszenzerscheinungen, lichtelektrische Demonstrationsversuche und Demonstrationsversuche von Strahlungserscheinungen erstrecken. Der 5. Teil bringt dann noch auf den Seiten 273—357 photochemische Tabellen, vor allem die Werte von  $\lambda$ ,  $1/\lambda$  und  $n$  von 2000—8000 Ångströmeinheiten.  
*B. Leisering-Berlin.*

#### A. Sprockhoffs Naturwissenschaften für höhere Mädchenschulen, Lyzeen und Studienanstalten.

Auf Grund der Ausführungsbestimmungen über die Neuordnung des höheren Mädchenschulwesens (1908) in Gemeinschaft mit dem Verfasser neu bearbeitet von P. Schäfer, Dr. K. Knochenhöppel und Dr. Ph. Depdolla. 1. Band: Chemie. VIII und 183 Seiten. Mit 133 Abbildungen. Geb. M 1,75. 2. Band: Physik. VIII und 310 Seiten. Mit 330 Abbildungen und einer Spektraltafel. Geb. M 2,75. Hannover-List, Berlin, C. Meyer (G. Prior).

In dieser Zeitschrift ist vor Jahren die geringe Wissenschaftlichkeit der Sprockhoffschen Lehrbücher getadelt worden. Dieser Mangel ist in den vorliegenden Büchern durch die Umarbeitung im allgemeinen beseitigt worden, wenn auch z. B. jetzt noch die Behandlung der elektrischen Elemente als zu wenig wissenschaftlich bezeichnet werden muß. Ein Vorzug der Bücher ist ihre Lesbarkeit. Ich kann mir vorstellen, daß die Schülerinnen die Bücher gern zur Hand nehmen, auch dann, wenn es von ihnen nicht verlangt wird, und z. B. mit Interesse im chemischen Teil den Abschnitt über den Stoffwechsel im Pflanzen- und Tierkörper lesen. Recht geschickt sind die geschichtlichen Notizen in den Text verwoben: Ich denke an die historischen Versuche über den Sauerstoff von Scheele, Priestley und Lavoisier.

Der Verlag wird gut tun, weniger durchscheinendes Papier zum Druck zu verwenden.

*Grabow-Neumünster.*

Alfred Nobel, der Erfinder des Dynamits und Gründer der Nobelstiftung. Eine biographische Skizze von Dr. R. Hennig. Mit 12 Abb. Stuttgart, Franckh (ohne Jahreszahl). 51 S. M 1,—.

Die Erfindung des Dynamits hat so große Wellen geschlagen, daß es wohl gerecht-

fertigt ist, den Lebensgang des Erfinders in einer besonderen Biographie festzuhalten, um so mehr, als sein Charakterbild ein so bestimmtes, seine Schicksale teilweise so typisch sind. In außerordentlich fesselnder Darstellung werden uns geschildert die Erfindung des Sprengöls, die unheilvolle Explosion (1864), die die ganze Fabrikanlage vernichtete, die Erfindung des viel gesicherteren Dynamits (1866) und später des Sprenggummis (1875), sowie die Patentierung des Ballistits, daneben aber auch die persönlichen Schicksale Nobels, seine Übersiedelung nach Paris und San Remo und besonders seine folgenreiche Bekanntheit mit Berta von Suttner. Daß gerade

der Erfinder so mörderischer Sprengstoffe ganz in die Gleise der Weltfriedensfreunde geriet, wird für den Psychologen immer ein interessantes Moment sein. Die beigegebenen kunstvollen Abbildungen — Porträts, landschaftlich interessante Darstellungen der verschiedenen Betriebe u. a. — bilden eine besondere Zierde. Am Schluß findet sich noch eine genaue, sehr lehrreiche Übersicht über die verschiedenen Erteilungen der Nobelpreise, die, wie bekannt, bisher für Deutschland überraschend günstig ausfielen. Die Schrift sei allgemeinerer Beachtung und auch für Schülerbibliotheken empfohlen.

O.

### Programm-Abhandlungen.

Über das erste Problem der Dioptrik. II. Materialien zu einer kritischen Geschichte des Problems. Von Hans R. G. Opitz. Wissenschaftl. Beilage zum Jahresbericht des Königsstädtischen Realgymnasiums zu Berlin. Ostern 1912. 23 S. Progr. Nr. 115.

Die Arbeit ist eine Fortsetzung der unter demselben Titel im Jahre 1903 erschienenen Programmarbeit des Verfassers (vgl. die Besprechung in dieser Zeitschr. XVII, 54), behandelt also das Problem, den scheinbaren Ort eines unter Wasser befindlichen Punktes zu bestimmen, und bringt hauptsächlich interessante und wertvolle Materialien zur Geschichte dieses Problems. Sie zeigen an dem Beispiele unseres Problems, daß die geometrische Optik stets ein Tummelplatz für die Mathematiker war, die in ihr schöne Probleme und Resultate fanden, die mathematisch wertvoll und interessant, aber bei ungenügender Berücksichtigung der physikalischen Bedingungen fehlerhaft waren, und ferner, daß solche unrichtigen Resultate sich immer wieder in den physikalischen Lehrbüchern und in zahlreichen Aufsätzen bis in die neueste Zeit finden, auch wenn ihre Unrichtigkeit, wie es für dies Problem schon in dem vom Verfasser sehr ausführlich zitierten Aufsatz von Beermann im Jahre 1863 geschehen ist, nachgewiesen und die richtige Lösung gegeben ist. Solche Arbeiten über ganz spezielle Probleme bleiben ja meist unbekannt oder werden bald wieder vergessen.

In den beiden anderen Abschnitten seiner Arbeit sucht der Verfasser die Einwendungen zu entkräften, die gegen sein Programm von 1903 von der Kritik erhoben worden sind, ohne daß er wesentlich Neues brächte. Er hält an der Anschauung fest, die schon vor

ihm Beermann ausgesprochen hat, daß ein Bild des leuchtenden Punktes unter Wasser nur an der Stelle der ersten Brennlinie, also in der Senkrechten zur brechenden Fläche, entstehen könne, weil dort die Strahlendichte unendlich groß von höherer Ordnung ist als an der Stelle der zweiten Brennlinie. Ist das nun auch nicht ein rein mathematischer Grund, der die physikalischen und physiologischen Bedingungen für die Entstehung des Bildes nicht genügend berücksichtigt? Wir haben doch niemals unendlich kleine, mathematische Punkte als Objekte, und selbst dann wäre es unverständlich, wie das Auge bei dem Bau der Netzhaut Linien sollte unterscheiden können, die unendlich dünn von verschieden hoher Ordnung sind. Es lassen sich wohl physikalische Gründe dafür angeben, daß die ersten Brennlinien für das Zustandekommen des Bildes eines ausgedehnten Objektes unter Wasser meist günstiger sind als die zweiten, bei denen auch die Farbenzerstreuung ungünstig wirkt (vgl. meinen Aufsatz in dieser Zeitschrift IX, 235), daß also ein Objekt im Wasser wohl immer senkrecht gehoben erscheint. Die Bilder in vielen physikalischen Lehrbüchern, die unter Benutzung eines ebenen Schnittes durch die Diakaustik den Anschein erwecken, als ob das Bild in der zweiten Brennlinie seitlich verschoben erscheine, sind also jedenfalls irreführend. Ob aber nicht doch auch die zweite Brennlinie unter gewissen Umständen ein Bild ergeben kann, das müßte experimentell entschieden werden. Die vom Verfasser angegebenen Versuche sind jedenfalls nicht beweisend. Auch das, was er im letzten Abschnitte seiner Abhandlung über den Einfluß der Farbenzerstreuung angibt, ist unzureichend. Man

kann aus seinen Angaben nicht recht erkennen, was er beobachtet hat und wie seine Beobachtungen für das Bildproblem zu werten sind.

*E. Götting.*

Die elektrische Anlage des K.-Wilhelm-Realgymnasiums. Von Professor Dr. HEINRICH RUDOLPH. Städt. K.-Wilhelm-R.-G. zu Coblenz, 1912. 23 S. und 6 Figurentafeln. Pr. Nr. 680.

Die Anlage ist von den Siemens-Schuckert-Werken hergestellt und an den einphasigen Wechselstrom der städtischen Zentrale angeschlossen. Der Wechselstrom von ca. 2800 Volt Spannung und 50 oder 100 Polwechseln pro Sekunde wird durch einen Transformator in Wechselstrom von 120 oder 240 Volt verwandelt und dieser sodann durch Vermittlung eines dreipferdigen Einphasenmotors zum Betrieb einer vierpoligen Gleichstromdynamos für 64 bis 87 Volt bei 25 bis 18,4 Ampere Stromstärke verwandt, die ihrerseits zum Laden einer Akkumulatorenbatterie (Lichtbatterie) dient. Von dieser können wiederum bei geeigneter

Schaltung die Unterrichtsbatterien geladen werden, die nur je vier Zellen umfassen und sich auf 2, 4 oder 8 Volt schalten lassen. Für den Unterricht steht hiernach sowohl Starkstrom als Schwachstrom zur Verfügung. Die Regulierung des Starkstroms geschieht durch eine Schalttafel, die Stromstärken von 1 bis 30 Ampere abzunehmen gestattet. Auch kann der transformierte Wechselstrom direkt zu Unterrichtszwecken verwandt werden. Für Schülerübungen eignen sich besonders die von den Akkumulatoren gelieferten Ströme von hoher Amperezahl bei geringer Spannung.

Die Abhandlung enthält weiter noch bemerkenswerte Angaben über den Antrieb des Projektionsapparats mit der erwähnten Lichtbatterie, sowie über die Benutzung eines Spiegelgalvanometers zur Messung von Wechsel- und Gleichstrom, anschließend an die vom Verfasser in dieser Zeitschrift (XXIV, 341) gegebene Darstellung; der Verfasser teilt auch einige Korrekturen an dieser früheren Veröffentlichung mit.

*P.*

## Versammlungen und Vereine.

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

*Sitzung am 13. Januar 1912.* Festsitzung zur Feier des 30jährigen Bestehens des Vereins im großen Hörsaal des physikalischen Instituts der Universität. Herr Prof. Dr. WEHNELT sprach über die Elektronenemission glühenden Kalziumoxyds und damit zusammenhängende Erscheinungen (*diese Zeitschrift XXV, 177*).

*Sitzung am 15. Februar 1912.* Es wurde beschlossen, daß der Verein zugleich die Obliegenheiten einer Berliner physikalischen Ortsgruppe des „Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“ übernimmt. — Herr MASCHE führte Apparate und Einrichtungen für Schülerübungen vor: Glühlampen für Widerstandsmessungen, Federwagen für Monochordversuche, Aufzeichnung von Stimmgabelschwingungen, Temperaturausdehnung von Stäben, ein Thermolement, Messung der Stromstärke durch Kompensation mit Normalmagneten, des Leitvermögens von Kupfersulfatlösung. Vorgeführt wurden außerdem 2 Vorrichtungen zur Demonstration stehender Wellen, magnetische Kurven mit Eisenstaub,

Schmelzen und Erstarren von Fixiernatron, Brennweitenbestimmung aus der Vergrößerung.

*Sitzung am 15. März 1912.* Es wurde ein Ausschuß von Vereinsmitgliedern zur Beratung über die in der Unterrichtsphysik erwünschten Formelzeichen gewählt. — Herr BAHRDT führte neue Versuche für Schülerübungen aus der Mechanik und Wärmelehre vor (*diese Zeitschrift XXVI, 1*).

*Sitzung am 3. Mai 1912.* Herr VOLKMANN zeigte einfache Schulversuche über sphärische und chromatische Abweichung der Linsen, Astigmatismus, Koma, Bildfeldwölbung, Verzeichnung und Spiegelflecke, sowie die Art, wie diese Mängel behoben werden (*diese Zeitschrift XXV, 201*). — Derselbe führte Versuche vor über die Klangfarbe der Sirenen und sprach über die Erklärung des Sprachrohrs. — Herr HEITCHEN demonstrierte die Wirkung der Obertöne bei einer Zither.

*Sitzung am 21. Juni 1912.* Herr HEYNE legte ein Schreiben des Vorstandes des „Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften“ vor, in dem der „Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts“ als Berliner physikalische Ortsgruppe jenes Vereins anerkannt

wird. Herr HEYNE berichtete über die Jahresversammlung des obengenannten Vereins in Halle, namentlich über die dort verhandelte Frage der einheitlichen Bezeichnung physikalischer Formelgrößen. — Herr BÖHM zeigte ein Amperemeter mit Spiegel und beschrieb einen Versuch über das Dichtemaximum des Wassers.

*Sitzung am 23. August 1912.* Herr HEYNE sprach über einige Beobachtungen, die er bei der Bewegung von Schleppkähnen auf dem Rhein gemacht hatte. Ferner wurde ein Papiermodell für einen Wirbel gezeigt und eine Anfrage über die Gerykpumpe beantwortet.

*Sitzung am 15. November 1912.* Herr BAHRDT führte physikalische Schülerübungen aus der Optik vor, die sich in gleicher Front mit einfachen Mitteln anstellen lassen. Er zeigte, wie sich die in Hahns Handbuch beschriebenen Einrichtungen zur Verringerung der Kosten noch abändern lassen. Er verzichtet dabei auf ein optisches Führungsbrett und benutzt an Stelle der Linsenhalter aus Holzleisten zusammengesetzte Stative, die schubleereartig verstellbar sind.

*Sitzung am 23. November 1912.* Herr F. P. LIESEGANG (als Gast) gab eine Vorführung

optischer Versuchsanordnungen. Die Versuche betrafen: geradlinige Fortpflanzung des Lichts, Lochkamera, Lichtstärke, Brechung, Totalreflexion, Linsenversuche, Linsenfehler, Farbenzerstreuung und -mischung, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, ultrarote Strahlen, Absorption, Körperfarben, Mischfarben, Helligkeitskontrast, Interferenz, Beugung, Polarisierung.

*Sitzung am 29. November 1912.* Herr Prof. F. F. MARTENS sprach im physikalischen Hörsaal der Handelshochschule über die Wirkungsweise der Dynamomaschine. Er entwickelte die Theorie für eine einfache Drahtschleife in einem wechselnden Magnetfeld und zeigte die dabei auftretenden Wirkungen mit Hilfe des Saitengalvanometers. Es wurden demonstriert die Wirkungen eines bewegten oder gedrehten Magnetstabes auf die feste Drahtschleife, die Wirkung des Erdfeldes auf die gedrehte Drahtschleife, die eisenfreie Drahtwicklung als Stator in ihrer Wirkung auf die Schleife als Rotor, Bestandteile einer eisenfreien Maschine, eisenhaltiger Generator mit Gleichstrommotor, eisenfreier Stator mit Schleife als Synchronmotor, Stator mit 2 Segmenten, Trommelanker mit 4 Segmenten. *Schk.*

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Stecker mit Anschlußklemmen nach Reiff, D. R. G. M.

Von ARTHUR PFEIFFER in Wetzlar.

Zur Entnahme des Stroms pflegt man Steckdosen oder besonders montierte Klemmen zu benutzen; letztere bieten für den Gebrauch größere Bequemlichkeit als Steckdosen, erfordern aber ziemlich hohe Kosten. Man kann sich aber dadurch helfen, daß man die in die Dosen passenden Stecker mit Klemmen versieht, welche beliebige Drähte aufzunehmen vermögen.

Die Figur zeigt einen solchen Stecker in einer Ausführungsform, die alle Anschlüsse schon aus größerer Entfernung erkennen läßt. Diese Form eignet sich daher für Demonstrationen, wenn die Schaltung der einzelnen Apparate ohne Mühe sichtbar sein soll, und ebenso auch für Schülerübungen, wenn der Lehrer schon von weitem die Schaltungen kontrollieren will. Außerdem sind bei dem abgebildeten Stecker sämtliche Kontaktstellen im Innern des Isolierkörpers angebracht, so

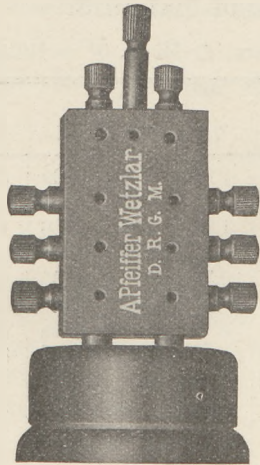
daß selbst ein zufälliges Berühren derselben ausgeschlossen ist.

Aus dem quaderförmigen isolierenden Mittelstück des Steckers ragen einerseits die in die Öffnungen der Dose passenden Kontaktstifte heraus, deren jeder in seiner Verlängerung innerhalb des Isolierkörpers drei — oder auch noch mehr — Löcher mit Kontaktschrauben zum Einsetzen von Anschlußdrähten trägt. Auf der anderen Seite des Isolierklotzes sind ebenfalls drei — oder wiederum mehr — Anschlußstellen für Drähte vorgesehen, die von den Kontaktstiften isoliert sind. Es sind also die direkt an die Pole geschlossenen Kontaktsäulen *I* und *II* und außerdem noch drei isolierte Klemmstellen — 3 — zu sofort zu beschreibender Verwendung vorhanden.

Beim Gebrauch des Steckers kann man an je eine Anschlußstelle von *I* und *II* die Klemmen eines Voltmeters schließen, an die anderen Anschlüsse kommen die zu benutzenden Apparate; es fließt dann in den letzteren Strom von gemessener Spannung.

Das Voltmeter bleibt auch beim Apparatewechsel stets am Gebrauchsstromkreis angeschlossen.

Arbeitet man mit Starkstrom, so empfiehlt sich, besonders auch bei Schülerübungen, die Verwendung eines Ampèremeters, um nicht einen unzulässig starken Strom aus der



Leitung zu entnehmen, wenn aus Versehen oder Unkenntnis zu geringe Widerstände verwendet werden, oder wenn von den Benutzten zu viel ausgeschaltet wird. Für diesen Fall läßt sich der abgebildete Stecker bequem verwenden: Voltmeter zwischen den Klemmsäulen I und II, Apparat ev. mehrere solche zwischen den Klemmsäulen I und 3, und das Ampèremeter zwischen den Anschlüssen II und 3. Arbeitet man mit

mehreren Apparaten und Versuchsanordnungen nacheinander, so bleiben Ampèremeter und Voltmeter dauernd angeschlossen, und die neuen Verbindungen werden immer nur zwischen die Säulen I und 3 gelegt.

Die dritte Anschlußsäule 3 gestattet auch noch die Schaltung verschiedener Apparate, z. B. von Glühlampen, elektrolytischen Apparaten usw. in Serien und in Gruppen, um entweder verschiedene Arbeitsplätze mit geringem Strombedarf von der einen Entnahmestelle mit Strom versorgen zu können, oder auch um Parallelversuche mit gleichartigen Apparaten anzustellen. In diesem Falle wird zwischen die Säulen I und 3 eine Apparatengruppe geschaltet — der abgebildete Stecker läßt an jeder Säule 3 Apparate parallel schalten —, die zweite Gruppe kommt zwischen die Säulen II und 3. Die Gesamtspannung oder auch Teilspannungen können an den betreffenden Säulen mit einem Voltmeter gemessen werden.

Im speziellen Fall läßt sich zwischen I und 3 ein Widerstand schalten, zwischen II und 3 ein Apparat; auch hier können die Teilspannungen — bei Änderung des Widerstandes — und auch die Gesamtspannung durch entsprechend angeschlossene Voltmeter messend verfolgt werden.

Aus diesen wenigen Anwendungsbeispielen geht die vielseitige Verwendbarkeit des Steckers hervor. Der Apparat ist in seinen verschiedenen Ausführungsformen durch Gebrauchsmuster geschützt. Der Preis beträgt M 7,50 bis M 9,50.

## Korrespondenz.

Über die Verbreitung der Zeitschrift im Auslande gibt folgende Zusammenstellung Auskunft. Es wurden versandt nach Österreich 317 Exemplare, Ungarn 113, Rußland 87, Holland 48, Nordamerika 36, Schweiz 29, Schweden 26, Japan 19, Dänemark 10, England 9, Italien 5, Belgien 5, Norwegen 4, Frankreich 3, Argentinien, Bosnien, Bulgarien, Rumänien, Spanien je 2, Griechenland, Palästina, Indien je 1 Exemplar. Wieviel Exemplare etwa außerdem noch durch Vermittlung deutscher Buchhandlungen ins Ausland gehen, entzieht sich der Feststellung.

Zu seinem Aufsatz „Vorlesungsversuch zur Autoxydation des Eisens und zur katalytischen Wirkung des Wasserdampfes“ (diese

Zeitschr. XXV, 361) erhält der Unterzeichnete von Herrn R. WINDERLICH in Oldenburg eine interessante Mitteilung, wonach in gewissem Sinne bereits Scheele als ein Vorgänger der dort beschriebenen Beobachtung anzusehen ist. Es heißt in dessen „Chem. Abh. v. d. Luft u. d. Feuer“ § 15b (in Ostwalds Klassikern, Nr. 58, S. 13): „Wird Eisenfeil mit etwas Wasser angefeuchtet und in einer Bouteille wohl vermachet einige Wochen aufbehalten, so gehet ebenfalls ein Teil Luft verlohren.“ — Es ist wohl nicht nötig, auf die Unterschiede in beiden Versuchsanordnungen und z. T. in den Vorgängen selbst — bei Scheele handelt es sich offenbar nur um reine Rostbildung — ausführlicher einzugehen. O. Ohmann.

Zu der Entwicklung von Phosphorwasserstoff aus Phosphor und Kalilauge nach E. LÖWENHARDT in dieser Zeitschr. XXI, S. 368 schreibt uns Herr Studienrat Dr. BISSINGER

in Erlangen, daß er die dort gemachten Angaben bestätigen könne, da er ebenso schon seit dem Jahre 1881 verfähre und ihm dabei noch nichts Unangenehmes passiert sei.

### Himmelserscheinungen im April und Mai 1913.

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

|                            |         | April  |                    |                    |                     |                     |                     | Mai                 |                     |                     |                     |                     |                     |
|----------------------------|---------|--|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                            |         | 2  | 7                  | 12                 | 17                  | 22                  | 27                  | 2                   | 7                   | 12                  | 17                  | 22                  | 27                  |
| ♀                          | AR      | 0 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>                  | 0. 0               | 0. 0               | 0. 8                | 0.22                | 0.40                | 1. 2                | 1.28                | 1.57                | 2.29                | 3. 6                | 3.47                |
|                            | D       | + 3 <sup>o</sup>                               | + 1 <sup>o</sup>   | - 1 <sup>o</sup>   | - 1 <sup>o</sup>    | 0 <sup>o</sup>      | + 1 <sup>o</sup>    | + 3 <sup>o</sup>    | + 6 <sup>o</sup>    | + 9 <sup>o</sup>    | + 13 <sup>o</sup>   | + 16 <sup>o</sup>   | + 20 <sup>o</sup>   |
| ♀                          | AR      | 2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>                 | 2.30               | 2.25               | 2.16                | 2. 6                | 1.55                | 1.45                | 1.38                | 1.35                | 1.36                | 1.42                | 1.47                |
|                            | D       | + 22 <sup>o</sup>                              | + 22               | + 22               | + 21                | + 19                | + 17                | + 15                | + 13                | + 12                | + 11                | + 10                | + 10                |
| ☉                          | AR      | 0 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>                 | 1. 3               | 1.21               | 1.40                | 1.58                | 2.17                | 2.36                | 2.55                | 3.15                | 3.35                | 3.55                | 4.15                |
|                            | D       | + 4,3 <sup>o</sup>                             | + 6,7 <sup>o</sup> | + 8,6 <sup>o</sup> | + 10,4 <sup>o</sup> | + 12,1 <sup>o</sup> | + 13,7 <sup>o</sup> | + 15,3 <sup>o</sup> | + 16,7 <sup>o</sup> | + 18,1 <sup>o</sup> | + 19,3 <sup>o</sup> | + 20,3 <sup>o</sup> | + 21,2 <sup>o</sup> |
| ♂                          | AR      | 22 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>                | 22.35              | 22.49              | 23. 4               | 23.18               | 23.32               | 23.46               | 0. 0                | 0.14                | 0.28                | 0.42                | 0.56                |
|                            | D       | - 12 <sup>o</sup>                              | - 10               | - 9                | - 7                 | - 6                 | - 4                 | - 3                 | - 1                 | 0                   | + 2                 | + 3                 | + 5                 |
| ♃                          | AR      |  | 19.12              |                    | 19.15               |                     | 19.17               |                     | 19.17               |                     | 19.16               |                     | 19.14               |
|                            | D       |  | - 22               |                    | - 22                |                     | - 22                |                     | - 22                |                     | - 22                |                     | - 22                |
| ♄                          | AR      | 3 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>                 |                    |                    |                     |                     |                     | 4.10                |                     |                     |                     |                     |                     |
|                            | D       | + 19 <sup>o</sup>                              |                    |                    |                     |                     |                     | + 19                |                     |                     |                     |                     |                     |
| ☉                          | Aufg.   | 5 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>                 | 5.24               | 5.13               | 5. 1                | 4.51                | 4.40                | 4.30                | 4.21                | 4.12                | 4. 4                | 3.57                | 3.51                |
|                            | Unterg. | 18 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>                | 18.42              | 18.50              | 18.59               | 19. 8               | 19.16               | 19.25               | 19.33               | 19.41               | 19.49               | 19.57               | 20. 4               |
| ☾                          | Aufg.   | 4 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>                 | 5.23               | 7.29               | 14.28               | 22. 4               | 2. 9                | 3.20                | 4.19                | 9. 9                | 16.33               | 23.22               | 1. 8                |
|                            | Unterg. | 13 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>                | 19.53              | 1. 7               | 3.53                | 4.58                | 9. 0                | 15.10               | 21.39               | 1.22                | 2.35                | 4.32                | 10.30               |
| Sternzeit im mittl. Mittg. |         | 0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> | 1. 0.28            | 1.20.10            | 1.39.53             | 1.59.36             | 2.19.19             | 2.39. 2             | 2.58.44             | 3.18.27             | 3.38.10             | 3.57.53             | 4.17.35             |
| Zeitgl.                    |         | + 3 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>               | + 2.19             | + 0.56             | - 0.19              | - 1.26              | - 2.21              | - 3. 3              | - 3.32              | - 3.46              | - 3.47              | - 3.34              | - 3. 7              |

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Die Aufgangs- und Untergangszeiten für Sonne und Mond sind mittlere Ortszeiten und gelten für den Parallel von Berlin.

| Mondphasen in M. E. Z. | Neumond                                  | Erstes Viertel                           | Vollmond                                  | Letztes Viertel                         |
|------------------------|--|--|---|---|
|                        | April 6, 18 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> | April 14, 6 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> | April 20, 22 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> | April 28, 7 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> |
|                        | Mai 6, 9 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>    | Mai 13, 12 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>  | Mai 20, 8 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>    | Mai 28, 1 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>   |

| Planetensichtbarkeit | Merkur     | Venus  | Mars       | Jupiter   | Saturn   |
|----------------------|------------|--|------------|---|--|
| im April             | unsichtbar | anfangs noch als Abendstern 3 Stunden lang sichtbar, gegen Ende des Monats unsichtbar  | unsichtbar | morgens 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> bis 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden lang sichtbar | abends 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Stunden lang sichtbar |
| im Mai               | unsichtbar | 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Stunden lang als Morgenstern sichtbar, am 30. im größten Glanz | unsichtbar | die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden                   | wird in den ersten Tagen des Monats unsichtbar. Konjunktion am 29.                           |

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Sonnenfinsternis** ereignet sich am Nachmittag des 6. April. Die Finsternis ist nur im nordwestlichen Teile Nordamerikas und den angrenzenden Meeresteilen sichtbar.

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.