

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLII. Jahrgang.

1929.

Drittes Heft.

Zur Dynamik der Molekularbewegung.

Von Franz Rusch in München.

Wenn die Moleküle kleine, sich mit verhältnismäßig großen Geschwindigkeiten bewegende Masseteilchen sind, so müssen ihre Stöße imstande sein, nicht allzu große Körper (die man im Mikroskop oder zum mindesten im Ultramikroskop noch beobachten kann) in Bewegung zu setzen, zu erschüttern. Diese nach der Molekulartheorie zu erwartende Bewegung kleinster Körperchen ist auch schon im Jahre 1827 von ROBERT BROWN beobachtet worden. Aber erst in unserer Zeit gab EINSTEIN eine Theorie dieser Bewegung, die im schönsten Einklang mit den Beobachtungstatsachen stand.

EINSTEIN leitete zuerst seine Formel unter gleichzeitiger Benutzung der klassischen und der statistischen Wärmelehre ab. Erst später gab er (zusammen mit HOPF) auch eine rein dynamische Begründung seiner berühmten Beziehung.

Es ist klar, daß gerade der Schüler das Bedürfnis haben wird, das Zustandekommen der „BROWNSchen“ Bewegung „direkt zu sehen“; thermodynamische Betrachtungen befriedigen ihn nach meiner Erfahrung zunächst wenig.

Im folgenden ist der Versuch gemacht, die Stoßwirkung von Molekülen rein dynamisch mit möglichst einfachen Mitteln aufzuzeigen.

I. Das Druckgesetz und die Energie idealer Gase.

Die stoßenden Moleküle sollen die eines idealen Gases sein, von unserem Standpunkt aus der einfachste Körper, den wir kennen; denn zwischen seinen Molekülen bestehen keine anziehenden Kräfte, also haben wir es nur mit der kinetischen Energie seiner Moleküle zu tun, — seine potentielle Energie ist Null. Da aber bei dem zu betrachtenden Stoßvorgang nur die kinetische Energie der stoßenden Moleküle in Frage kommt, so muß die mittels unserer Vereinfachung abgeleitete Formel auch für Flüssigkeiten gelten.

Wir leiten nun in der bekannten einfachen Weise zuerst das Druckgesetz und den Energiedruck für ein ideales Gas ab, um die mittlere kinetische Energie bzw. die mittlere Geschwindigkeit eines stoßenden Moleküls kennen zu lernen.

In einem Mol eines Gases sind $N = 6,05 \times 10^{23}$ Moleküle vorhanden; ist das Volumen des Gases dabei v ccm (sein Molvolumen), so sind in einem ccm $\frac{N}{v}$ Moleküle enthalten. Wir numerieren die Moleküle, die sämtlich alle dieselbe Masse m haben mögen, von 1 bis N , dann hat das i^{te} Molekül die kinetische Energie $\frac{m}{2} u_i^2$, wenn u_i seine momentane Geschwindigkeit bedeutet. Dabei gilt mit Bezug auf ein beliebiges rechtwinkeliges Koordinatensystem $u_i^2 = u_{ix}^2 + u_{iy}^2 + u_{iz}^2$.

Es ist daher die kinetische Energie unseres Gases

$$E = \sum_{i=1}^N \frac{m}{2} u_i^2 = \sum_1^N \frac{m}{2} (u_{ix}^2 + u_{iy}^2 + u_{iz}^2) = \sum_1^N \frac{m}{2} u_{ix}^2 + \sum_1^N \frac{m}{2} u_{iy}^2 + \sum_1^N \frac{m}{2} u_{iz}^2.$$

Bei der großen Zahl der Moleküle werden die drei Summanden (für nicht zu kurze Beobachtungszeit) beständig einander gleich sein:

$$\sum \frac{m}{2} u_{ix}^2 = \sum \frac{m}{2} u_{iy}^2 = \sum \frac{m}{2} u_{iz}^2.$$

Wir definieren nun eine mittlere, für alle Moleküle gleiche Geschwindigkeit so, daß die Energie des Gases dieselbe bleibt. Also

$$N \frac{m}{2} \bar{u}_x^2 = \sum \frac{m}{2} u_{ix}^2 = \sum \frac{m}{2} u_{iy}^2 = \sum \frac{m}{2} u_{iz}^2 = N \frac{m}{2} \bar{u}_y^2 = N \frac{m}{2} \bar{u}_z^2$$

$$\text{und } \sum \frac{m}{2} u_i^2 = N \frac{m}{2} \bar{u}^2, \text{ oder da } \sum \frac{m}{2} u_i^2 = 3 \sum \frac{m}{2} u_{ix}^2,$$

$$\bar{u}^2 = 3 \bar{u}_x^2 = 3 \bar{u}_y^2 = 3 \bar{u}_z^2.$$

Um nun die Temperaturabhängigkeit der Gasenergie zu finden (ohne Verwendung des zweiten Hauptsatzes), berechnen wir den Druck p , den in der x -Richtung mit denselben Geschwindigkeiten \bar{u}_x fliegende Moleküle auf eine zur x -Richtung senkrechte Fläche ausüben.

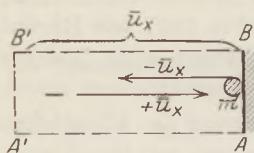


Fig. 1.

AB (siehe Fig. 1) sei 1 cm^2 dieser Fläche; dann prallen alle in dem Zylinder $ABA'B'$ von der Grundfläche $AB = 1 \text{ cm}^2$ und der Höhe \bar{u}_x enthaltenen Moleküle innerhalb einer Sekunde auf AB . Jedes einzelne Molekül überträgt dabei den Impuls $2m\bar{u}_x$ auf AB . Der Gesamtimpuls aller innerhalb einer Sekunde stoßenden Moleküle ist daher

$$\frac{N}{2v} \cdot (\bar{u}_x \times 1 \text{ cm}^2) \cdot 2m\bar{u}_x = \frac{N}{v} m \bar{u}_x^2,$$

und dieser Impuls je Sekunde ist eben gleich der auf dieses $\text{cm}^2 AB$ von seiten des Gases her wirkenden Kraft, also gleich p . Somit

$$p = \frac{N}{v} \cdot m \bar{u}_x^2 \text{ oder } p \cdot v = N m \bar{u}_x^2.$$

Nun wissen wir aber aus der Erfahrung, daß auch gilt

$$p \cdot v = RT, \text{ wobei } R = 8,316 \times 10^7 \frac{\text{erg}}{\text{Grad}}.$$

Also erhalten wir:

$$m \bar{u}_x = \frac{R}{N} T,$$

oder die mittlere Energie eines Gasmoleküls pro Freiheitsgrad

$$E = \frac{m \bar{u}_x^2}{2} = \frac{m \bar{u}_y^2}{2} = \frac{m \bar{u}_z^2}{2} = \frac{kT}{2};$$

dabei ist

$$k = \frac{R}{N} = 1,373 \times 10^{-6} \frac{\text{erg}}{\text{Grad}}$$

die bekannte BOLTZMANN'sche Konstante.

II. Die Dynamik der Brownschen Bewegung.

Wir bringen nun in unser Gas, mit lauter gleichen und sich gleich schnell bewegenden Molekülen der Massen m , einen kleinen Körper der Masse M . Wird sich dieser Körper unter der Wirkung der Molekülstoße in einer Richtung in Bewegung setzen, so erfährt er einen Widerstand, der eigentlich als Wirkung der in entgegengesetzter Richtung stoßenden Moleküle erscheint. Aber gerade in bezug auf diesen Widerstand vereinfachen wir die Aufgabe, indem wir annehmen, daß wir den Haufen diskreter Gasmoleküle in erster Annäherung als continuum fluidum betrachten dürfen,

in dem unser Körper einen Reibungswiderstand erfährt. Nach STOKES ist unter dieser Annahme der Reibungswiderstand gegeben durch $6\pi r\eta \times \frac{ds}{dt}$, wenn r den Radius unseres kugelförmig angenommenen Körpers, $\frac{ds}{dt}$ seine momentane Geschwindigkeit und η die Zähigkeit des Gases bedeuten.

Wir wollen kurz setzen: $6\pi r\eta \cdot \frac{ds}{dt} = 2\varrho \cdot \frac{ds}{dt}$ also $\varrho = 3\pi r\eta$.

Wir betrachten zunächst allgemein die Bewegungsgleichung einer Masse M , die mit der Kraft $f \cdot s$ elastisch gebunden sei und den Reibungswiderstand $2\varrho \frac{ds}{dt}$ erfahre¹.

Es gilt: $M \frac{d^2s}{dt^2} = -f \cdot s - 2\varrho \frac{ds}{dt}$ oder

$$\frac{d^2s}{dt^2} + 2\delta \frac{ds}{dt} + v_0^2 \cdot s = 0, \text{ wobei } \delta = \frac{\varrho}{M} \text{ und } v_0^2 = \frac{f}{M}.$$

Die Lösung ergibt sich durch den Ansatz $s = A e^{\alpha t}$, somit $\dot{s} = A \cdot \alpha e^{\alpha t}$ und $\ddot{s} = A \alpha^2 e^{\alpha t}$. Durch Einsetzen erhält man:

$$\alpha^2 + 2\delta\alpha + v_0^2 = 0,$$

$$\alpha = -\delta \pm i\nu, \text{ wenn kurz } \nu = \sqrt{v_0^2 - \delta^2}.$$

Also wird $s = A_1 e^{(-\delta + i\nu)t} + A_2 e^{(-\delta - i\nu)t}$ und

$$\dot{s} = A_1(-\delta + i\nu)e^{(-\delta + i\nu)t} - A_2(\delta + i\nu)e^{(-\delta - i\nu)t}.$$

Zur Zeit $t = 0$ sei $s = s_0$ und $\dot{s} = U$;

dann wird $s = e^{-\delta t} \left[\frac{s_0}{2} + \frac{U + \delta s_0}{2i\nu} e^{i\nu t} + \left(\frac{s_0}{2} - \frac{U + \delta s_0}{2i\nu} \right) e^{-i\nu t} \right]$.

In unserem Falle ist aber keine elastische Bindung vorhanden, also wird $f = 0$, somit $v_0 = 0$ und $\nu = i\delta$; daher:

$$s = e^{-\delta t} \left\{ \frac{s_0}{2} - \frac{U + \delta s_0}{2\delta} e^{-\delta t} + \left[\frac{s_0}{2} + \frac{U + \delta s_0}{2\delta} \right] e^{\delta t} \right\}$$

$$s = s_0 + \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t}).$$

Beginnen wir die Wegmessung von der Lage aus, in der das Teilchen sich für $t = 0$ befindet, dann wird $s = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t})$.

Empfängt also das Teilchen zur Zeit $t = 0$ einen Stoß, der ihm momentan die Geschwindigkeit U erteilt, so hat das Teilchen nach t sec die Verschiebung $s = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t})$ erfahren, und seine Geschwindigkeit ist nach dieser Zeit

$$\frac{ds}{dt} = U \cdot e^{-2\delta t}.$$

Es sei nun t die lange Zeit, während welcher die Bewegung der Teilchen beobachtet wird. Innerhalb der Zeit t erfolgen sehr viele (n) Stöße durch die Gasmoleküle. Wir teilen t in n Intervalle $\Delta = \frac{t}{n}$.

¹ K. CH. KAR und M. GOSH, Physik. Zeitschr. 29, 143; 1928.

Der Stoß zur Zeit $t=0$ erzeugt in der Beobachtungszeit t die Verschiebung

$$s_n = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t}),$$

$$\text{zur Zeit } t = \Delta \quad s_{n-1} = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta(n-1)\Delta}),$$

$$\text{„ „ } t = 2\Delta \quad s_{n-2} = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta(n-2)\Delta}),$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$\text{„ „ } t = (n-1)\Delta \quad s_1 = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta\Delta}).$$

Die Summe der Quadrate aller dieser Verschiebungen ist daher:

$$\begin{aligned} \sum_0^n s_i^2 &= \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \left(n - 2 \sum_1^n e^{-2\delta i \Delta} + \sum_1^n e^{-4\delta i \Delta} \right) \\ &= \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \left(n - 2 \sum_0^n (e^{-2\delta\Delta})^i + \sum_0^n (e^{-4\delta\Delta})^i + 1 \right) \\ &= \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \left(n + 1 - 2 \frac{1 - e^{-2\delta(n+1)\Delta}}{1 - e^{-2\delta\Delta}} + \frac{1 - e^{-4\delta(n+1)\Delta}}{1 - e^{-4\delta\Delta}} \right). \end{aligned}$$

$e^{-2\delta(n+1)\Delta}$ und $e^{-4\delta(n+1)\Delta}$ verschwinden gegen 1, da $(n+1)\Delta = t + \Delta$ groß; ferner wird $1 - e^{-2\delta\Delta} \cong 2\delta\Delta$ und $1 - e^{-4\delta\Delta} \cong 4\delta\Delta$, da $\delta \cdot \Delta$ sehr klein; somit:

$$\begin{aligned} \sum_0^n s_i^2 &= \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \left(n + 1 - \frac{1}{\delta\Delta} + \frac{1}{4\delta\Delta} \right) \\ &= n \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \left(1 + \frac{1}{n} - \frac{1}{\delta t} + \frac{1}{4\delta t} \right) \\ &\cong n \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2. \end{aligned}$$

$$\text{Also wird der Mittelwert } s^2 = \frac{\sum_0^n s_i^2}{n} = \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2.$$

Nun hat das Teilchen während der Zeit t die Energie $\sum_0^n \frac{M}{2} \left(\frac{ds}{dt}\right)_i^2$ absorbiert.

$$\frac{M}{2} \sum_0^n \left(\frac{ds}{dt}\right)_i^2 = \frac{M}{2} U^2 \sum_0^n e^{-4\delta i \Delta} = \frac{M}{2} U^2 \frac{1 - e^{-4\delta(n+1)\Delta}}{1 - e^{-4\delta\Delta}} \cong \frac{M}{2} U^2 \frac{1}{4\delta\Delta}.$$

Diese Energie wurde aber von n Molekülen geliefert, deren jedes die mittlere Energie $\frac{kT}{2}$ besitzt, also gilt: $n \cdot \frac{kT}{2} = \frac{MU^2}{2} \cdot \frac{1}{4\delta\Delta}$; somit

$$\frac{U^2}{4\delta^2} = (n \cdot \Delta) \frac{kT}{M \cdot \delta} = \frac{kT}{M \cdot \delta} \cdot t,$$

$$\text{oder da } \delta = \frac{3\pi r \eta}{M}: \quad \frac{U^2}{4\delta^2} = \frac{kT}{3\pi r \cdot \eta} \cdot t.$$

$$\text{Also wird } s^2 = \frac{kT}{3\pi r \cdot \eta} \cdot t.$$

Das ist die EINSTEINSche Gleichung.

Es möge nun berechnet werden, wie weit ein Gummigutt-Kolloid-Teilchen vom Radius $0,5 \times 10^{-4}$ cm und 6×10^{-10} mg Masse in Wasser ($\eta = 0,0103$, $T = 292$) in $\frac{1}{10}$ Sekunde wandert unter den Stößen der Moleküle. Es ist

$$\begin{aligned}s^2 &= \frac{1,373 \times 10^{-6} \text{ gr cm}^2 \text{ sec}^{-2} \cdot 292 \cdot 0,1 \text{ sec}}{9,42 \cdot 0,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \cdot 0,0103 \text{ gr cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}} \\ &= 8,3 \text{ cm}^2; \text{ also } s = 2,88 \text{ cm.}\end{aligned}$$

Bemerkung: Die Mittelung über den Zeitraum t lässt sich übrigens mit Hilfe der Integralrechnung noch rascher und einfacher ausführen.

Es ist der Wegbeitrag irgend eines Stoßes

$$s_i = \frac{U}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t}), \text{ wobei } t \text{ variabel;}$$

$$s_i^2 = \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 [1 - 2e^{-2\delta t} + e^{-4\delta t}]$$

Sonach wird das mittlere Quadrat des Wegbeitrages

$$\begin{aligned}s^2 &= \frac{1}{t} \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \int_0^t (1 - 2e^{-2\delta t} + e^{-4\delta t}) dt \\ &= \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2 \left[1 + \frac{1}{\delta t e^{2\delta t}} - \frac{1}{4\delta t e^{4\delta t}} - \frac{1}{\delta t} + \frac{1}{4\delta t} \right] \\ &= \left(\frac{U}{2\delta}\right)^2, \text{ da die Brüche alle verschwinden gegen 1.}\end{aligned}$$

Ebenso wird der mittlere Energiebeitrag pro Stoß

$$\begin{aligned}\frac{1}{t} \frac{MU^2}{2} \cdot \int_0^t e^{-4\delta t} dt &= \frac{MU^2}{2} \cdot \frac{1}{t} \left(-\frac{1}{4\delta e^{4\delta t}} + \frac{1}{4\delta} \right) \\ &= \frac{MU^2}{2} \cdot \frac{1}{4\delta t} \left(1 - \frac{1}{e^{4\delta t}} \right).\end{aligned}$$

$$\text{Also wird } \frac{kT}{2} = \frac{MU^2}{2} \cdot \frac{1}{4\delta t} \text{ und } \frac{U^2}{4\delta^2} = \frac{kT}{M\delta} \cdot t.$$

Bezüglich der Energieaufnahme kann auch wie folgt geschlossen werden:
Aus der Differentialgleichung der Bewegung erhält man durch Multiplikation mit $\frac{ds}{dt} \cdot dt$ folgende Beziehung:

$$d \left[\frac{M}{2} \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 \right] + 2\varrho \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 dt + d \left(\frac{f}{2} s^2 \right) = 0,$$

$$\text{oder } \frac{M}{2} \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 + \frac{f}{2} s^2 + 2\varrho \int_0^t \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 dt = C.$$

Aber für $t = 0$ ist $s = 0$ und $\int_0^t \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 dt = 0$, ferner $\frac{ds}{dt} = U$;

$$\text{also wird } C = \frac{MU^2}{2}.$$

In unserem Fall ist außerdem $f = 0$, und für $t = \infty$ (groß) wird $\frac{ds}{dt} = 0$, also

$$\text{ergibt sich: } 2\varrho \int_0^t \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 dt = \frac{MU^2}{2}$$

und

$$\frac{1}{t} \int \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 dt = \frac{1}{t} \cdot \frac{U^2}{\frac{4}{M} \varrho} = \frac{U^2}{4\delta} \cdot \frac{1}{t}.$$

Somit:

$$\frac{M}{2} \cdot \frac{1}{t} \int \left(\frac{ds}{dt} \right)^2 dt = \frac{kT}{2} = \frac{M}{2} \frac{U^2}{4\delta t}.$$

Wie man übrigens imstande ist, aus der diskreten Aufeinanderfolge der Molekülstöße auf ein kleines Masseteilchen dessen lineare Vorwärtsbewegung abzuleiten, so kann man aus dem diskreten Nebeneinander der Molekülstöße auf notwendige Drehbewegungen des Teilchens schließen.

III. Die Drehung eines kolloidalen Teilchens unter der Wirkung der Molekülstöße.

Wie gesagt, muß ein kolloidales Teilchen unter dem Einfluß der diskreten Molekülstöße auch eine Drehung ausführen.

Wir betrachten diese Drehung um eine beliebig vorgeschriebene Achse. Θ sei das Trägheitsmoment des Teilchens in bezug auf die gegebene Achse. Da das Teilchen kugelförmig vom Radius r angenommen wird, so ist $\Theta = \frac{2R^2}{5} M$, wobei M die Masse bedeutet. Ist φ der momentane Drehwinkel, so gilt für die Bewegung die Gleichung: $\Theta \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \lambda \cdot \frac{d\varphi}{dt} = 0$. Der zweite Term ist das bremsende Drehmoment des widerstehenden Mittels, in dem das Teilchen schwebt. Um λ zu finden, müßte man die Differentialgleichungen einer reibenden Flüssigkeit integrieren und unserem Problem (Drehung einer Kugel im widerstehenden Mittel bei kleinen Geschwindigkeiten) anpassen. Statt dessen versuchen wir, mit Hilfe einer Dimensionalbetrachtung zum Ziele zu kommen. Da $\lambda \frac{d\varphi}{dt}$ ein Drehmoment, also von der Dimension $\text{gr cm}^2 \text{ sec}^{-2}$ ist, so hat λ die Dimension $\text{gr cm}^2 \text{ sec}^{-2}$ dividiert durch die Dimension einer Winkelgeschwindigkeit, also durch cm^{-1} ; somit hat $|\lambda|$ die Dimension $\text{gr cm}^2 \text{ sec}^{-1}$. Nun ist zu vermuten, daß λ abhängen wird 1. von der Zähigkeit η , 2. eventuell auch von der Dichte d des widerstehenden Mittels und 3. vom Radius des kolloidalen Teilchens.

Wir setzen daher versuchsweise:

$$\lambda = \lambda_0 \eta^x \cdot d^y \cdot r^z.$$

λ_0 ist dabei eine unabhängige, dimensionslose Konstante. Die Formel muß nun, wie bereits festgestellt, als Dimension $\text{gr cm}^2 \text{ sec}^{-1}$ ergeben. Nun hat $|\eta|$ die Dimension $\text{gr cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$, $|d|$ die Dimension gr cm^{-3} und $|r|$ die Dimension cm .

Also gilt: $\text{gr cm}^2 \text{ sec}^{-1} = (\text{gr cm}^{-1} \text{ sec}^{-1})^x \cdot (\text{gr cm}^{-3})^y \cdot (\text{cm})^z$

d. h. 1. $x + y = 1$; 2. $-x - 3y + z = 2$; 3. $-x = -1$,

oder $x = 1$, $y = 0$, $z = 3$.

λ ist also von d unabhängig, und es wird

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \eta \cdot r^3.$$

λ_0 ist natürlich durch diese Betrachtung nicht zu ermitteln.

1. Die Integration der Bewegungsgleichung des sich drehenden Teilchens.

Es ist

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{\lambda}{\Theta} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = 0,$$

oder

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\delta \frac{d\varphi}{dt} = 0.$$

Das Integral lautet, wenn man zunächst wieder den dritten Term $\nu_0^2 \cdot \varphi$ mit hinzunimmt:

$$\varphi = e^{-\delta t} \left\{ \left(\frac{\varphi_0}{2} + \frac{\omega_0 + \delta \varphi_0}{2\nu i} \right) e^{i\nu t} + \left(\frac{\varphi_0}{2} - \frac{\omega_0 + \delta \varphi_0}{2\nu i} \right) e^{-i\nu t} \right\},$$

wobei als Anfangsbedingungen genommen wurden:

$\varphi = \psi_0$ und $\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0$ zur Zeit $t = 0$, außerdem ist $\nu = \sqrt{\nu_0^2 - \delta^2}$. Da nun aber $\nu_0 = 0$,

so wird $\varphi = -e^{-2\delta t} \frac{\omega_0}{2\delta} + \frac{\omega_0}{2\delta} + \varphi_0$, oder wenn man noch $\varphi_0 = 0$ setzt,

$$\varphi = \frac{\omega_0}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t}).$$

Ein Stoß, der also dem Teilchen die anfängliche Drehgeschwindigkeit ω_0 erteilt, verursacht nach der Zeit t die Drehung $\varphi = \frac{\omega_0}{2\delta} (1 - e^{-2\delta t})$.

Die über eine lange Zeit t gemittelte Drehung ist demnach:

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{t} \cdot \frac{\omega_0}{2\delta} \int_0^t (1 - e^{-2\delta t}) dt = \frac{\omega_0}{2\delta} \cdot \frac{1}{t} \left(t + \frac{1}{2\delta e^{2\delta t}} - \frac{1}{2\delta} \right), \text{ oder } \bar{\varphi} \cong \frac{\omega_0}{2\delta}.$$

Um ω_0 zu finden, überlegt man, daß die über die lange Zeit t gemittelte, vom Teilchen absorbierte Stoßenergie, nämlich: $\frac{1}{t} \int_0^t \frac{1}{2} \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \cdot \Theta \cdot dt$, nach dem Satz von der gleichmäßigen Energieverteilung, der eingangs festgestellt wurde, gleich $\frac{kT}{2}$ sein muß. Da

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 \cdot e^{-2\delta t}, \text{ so erhält man: } \frac{\Theta}{2} \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{1}{t} \int_0^t e^{-4\delta t} dt$$

$$= \frac{\Theta}{2} \omega_0^2 \cdot \frac{1}{t} \left(-\frac{1}{4\delta} e^{-4\delta t} + \frac{1}{4\delta} \right) = \frac{kT}{2},$$

$$\text{oder } \Theta \frac{\omega_0^2}{4\delta^2} = kT \quad \text{und} \quad \frac{\omega_0^2}{4\delta^2} = \frac{kT}{\delta\Theta} \cdot t.$$

$$\text{Damit aber wird } \bar{\varphi}^2 = \frac{kT}{\delta\Theta} \cdot t.$$

$$\text{Da nun } 2\delta = \frac{\lambda_0 \cdot \eta \cdot r^3}{\Theta} = \frac{\lambda_0 \cdot \eta \cdot r^3}{kT}, \text{ erhält man } \bar{\varphi}^2 = \frac{kT}{\frac{\lambda_0}{2} \cdot \eta \cdot r^3} \cdot t.$$

Es ergibt sich also auch die mittlere Drehung (um eine bestimmte Achse) des kolloidalen Teilchens als proportional der $\sqrt{\text{Temperatur}}$ und proportional der $\sqrt{\text{Zeit}}$.

2. Bestimmung von λ_0 .

Wenn eine Kugel, vom Radius r , Drehungen um eine bestimmte Achse ausführt, so muß man notwendig auch die Flüssigkeit der Kugelumgebung mit berücksichtigen. Denn die der Kugel zunächst anliegende Flüssigkeitschicht von Kugelschalengestalt ist durch Reibung mit der sich bewegenden Kugel gekoppelt. Diese Schicht aber nimmt die darauffolgende und diese wieder die nächste usw. mit. Betrachten wir irgend eine Flüssigkeitschicht vom Radius ϱ (siehe Fig. 2), so wird auf sie von der vorausgehenden, vom Radius $(\varrho - d\varrho)$, offenbar das Reibungsmoment

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\varrho \cdot d\varphi) \cdot (2\pi \varrho \cos \varphi) \cdot \eta \cdot \frac{\partial v}{\partial \varrho} \cdot (\varrho \cos \varphi) = \pi^2 \cdot \eta \left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right)$$

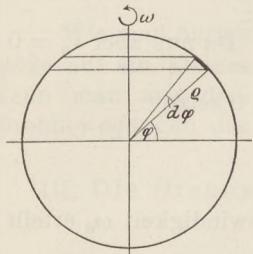


Fig. 2.

ausgeübt, wobei $v = \varrho \cdot \omega$ die Lineargeschwindigkeit einer unendlich schmalen Kugelzone bedeutet. Die unmittelbar folgende Kugelschicht übt daher auf die hervorgehobene Schicht das bremsende Drehmoment

$$\pi^2 \eta \left[\left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) + \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) \cdot d\varrho \right]$$

aus. Das Moment, das also die Drehung (Mitnahme) unserer Schicht hervorruft, ist daher die Differenz aus dem ersten und zweiten, also

$$\pi^2 \eta \left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) - \pi^2 \eta \left[\left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) + \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) \cdot d\varrho \right] = -\pi^2 \eta \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) \cdot d\varrho.$$

Dieses Moment muß gleich sein: Trägheitsmoment unserer Schicht um die vorgegebene Achse mal Winkelbeschleunigung $\frac{\partial \omega}{\partial t}$.

Das Trägheitsmoment, wenn d die Dichte der Flüssigkeit bedeutet, ist:

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\varrho \cdot d\varphi \cdot d\varrho) \cdot (2\pi \varrho \cos \varphi) \cdot d \cdot (\varrho \cos \varphi)^2 = 2\pi \varrho^4 \cdot d\varrho \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \varphi (\cos \varphi d\varphi) = \frac{8\pi}{3} \cdot d \cdot \varrho^4 d\varrho.$$

Somit lautet die Bewegungsgleichung für die Kugelschicht:

$$\frac{8\pi}{3} \cdot d \cdot \varrho^4 \cdot d\varrho \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t} = -\pi^2 \eta \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial(\varrho \omega)}{\partial \varrho} \right) \cdot d\varrho, \text{ oder } \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{3\pi\eta}{8d} \cdot \frac{1}{\varrho^4} \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial(\varrho \omega)}{\partial \varrho} \right) = 0.$$

Da $\varrho \omega = v$ und ϱ von t unabhängig, wird:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{3\pi\eta}{8d} \cdot \frac{1}{\varrho^3} \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial v}{\partial \varrho} \right) = 0.$$

Diese partielle Differentialgleichung kann gelöst werden durch den Ansatz $v = T \cdot R$, wo T nur eine Funktion von t , sowie R nur eine solche von ϱ ist. Damit erhält man:

$$R \frac{dT}{dt} = -\frac{3\pi\eta}{8d} \cdot \frac{T}{\varrho^3} \frac{d}{d\varrho} \left(\varrho^3 \frac{dR}{d\varrho} \right), \text{ oder } \frac{1}{T} \frac{dT}{dt} = -\frac{3\pi\eta}{8d} \cdot \frac{1}{R \cdot \varrho^3} \frac{d}{d\varrho} \left(\varrho^3 \frac{dR}{d\varrho} \right) = \text{Konst.}$$

Die Konstante setzen wir $-a \cdot \frac{3\pi\eta}{8d}$, dann wird $\frac{1}{T} \frac{dT}{dt} = -a \cdot \frac{3\pi\eta}{8d}$, oder $T = C \cdot e^{-a \frac{3\pi\eta}{8d} t}$.

Für R erhält man jetzt die totale Differentialgleichung:

$$\frac{1}{\varrho^3} \cdot \frac{d}{d\varrho} \left(\varrho^3 \frac{dR}{d\varrho} \right) = aR, \text{ oder } \frac{d^2R}{d\varrho^2} + \frac{3}{\varrho} \frac{dR}{d\varrho} = aR.$$

Statt aber diese Gleichung zu lösen, genügt es für unsere Zwecke, wenn wir folgende Näherung einführen. Die Änderung der Drehgeschwindigkeit $\frac{\partial \omega}{\partial t}$ sei so klein, daß man sie zunächst vernachlässigen darf. Dann wird aus der Gleichung

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{3\pi\eta}{8d} \cdot \frac{1}{\varrho^4} \frac{\partial}{\partial \varrho} \left(\varrho^3 \frac{\partial}{\partial \varrho} (\varrho \omega) \right) = 0 \quad \text{einfach: } \frac{d}{d\varrho} \left(\varrho^3 \frac{dv}{d\varrho} \right) = 0,$$

oder $\varrho^3 \frac{dv}{d\varrho} = C \quad \text{und} \quad v = -\frac{2C}{\varrho^2} + C'.$

Nun muß sicher $v = 0$ sein für $\varrho = \infty$; das ergibt $C' = 0$. Für $\varrho = r$ (Radius der sich drehenden Kugel) muß gelten $v = v_0$; damit wird $-2C = v_0 r^2$, also $v = v_0 \frac{r^2}{\varrho^2}$.

Jetzt sind wir aber in der Lage, das Geschwindigkeitsgefälle dicht an der Kugeloberfläche zu berechnen:

$$\frac{dv'}{d\varrho} \Big|_{\varrho=r} = -2v_0 \frac{r^2}{\varrho^3} \Big|_{\varrho=r} = -2 \frac{v_0}{r} = -2 \frac{d\varphi}{dt}.$$

Das die Kugel bremsende Drehmoment wird also

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} r \cdot d\varphi \cdot (2\pi r \cos \varphi) \cdot \eta \cdot \left(\frac{dv}{d\varrho} \right)_{\varrho=r} \cdot r \cos \varphi = -2\pi\eta \cdot 2 \frac{d\varphi}{dt} r^3 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos^2 \varphi d\varphi = -2\pi^2 \cdot \eta \cdot r^3 \cdot \frac{d\varphi}{dt}.$$

Damit ist unser noch unbestimmter Faktor λ_0 zu $2\pi^2$ gefunden.

Es möge zum Schluß noch bemerkt werden, daß die Formel $v = v_0 \left(\frac{r}{\varrho} \right)^2$, die den Grad der Mitnahme von Flüssigkeit zeigt, genau gilt für eine Kugel vom Radius r , die sich mit der konstanten Winkelgeschwindigkeit $\omega = \frac{v_0}{r}$ um eine bestimmte Achse dreht.

Techn. Hochschule München.

Ein billiger Chronograph zur Messung kurzer Zeit.

Von Nikolaus Wolodkewitsch aus Kijew (Ukraine).

1. Prinzip der Wirkung.

Im Herbst 1925 wollte ich die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Longitudinal-Schwingungen in der WEINHOLDschen Spiralfeder feststellen¹. Dazu war erforderlich, Zeitabstände von 0,5 bis 1 sec zu messen. Die gewöhnlichen Stoppuhren mit einer Genauigkeit bis 0,01 sec genügten nicht, da beim Arbeiten mit diesen Fehler vorkommen, die viel größer als 0,01 sec sind. Die Fehler entstehen schon infolge der Schwierigkeit, den Anfang und das Ende der Erscheinung festzustellen, dann auch wegen der inkonstanten Verspätung der Bewegungsreaktion gegen den optischen Sinneseindruck. Nach einigen Versuchen gelang die Messung mit einer Genauigkeit von 0,01 sec durch folgendes Verfahren.

An der Kante eines Tisches wurde ein Elektromagnet *LM* einer gewöhnlichen Klingel festgeschraubt (Fig. 1). Das Klingelhämmchen und der Kontaktunterbrecher waren entfernt. In den Anker, dem Elektromagnetenkern gegenüber, wurde ein Loch gebohrt und darin ein Messingstift „*K*“ eingenietet. Die Spulen des Elektromagneten waren an die Sekundär-Klemmen eines Klingeltransformators *T* von 3 bis 5 Volt Spannung geschaltet; in denselben Stromkreis kamen hintereinander zwei Schalter *A* und *B*. Die Primärwicklung des Klingeltransformators war an die städt. Netzeleitung von 220 Volt Spannung und der Periodenzahl 50 gelegt. Der Kontakt *B* war normal geschlossen und wurde im Moment des Ablaufs des zu messenden Zeit-

¹ ADOLF F. WEINHOLD, Physikalische Demonstrationen, 3. Aufl., 1899, S. 219.

abstandes unterbrochen. Der andere Kontakt *A* war normal ausgeschaltet und schloß den Stromkreis im Anfangsmoment des Zeitabstandes.

Beim Durchgang des Wechselstroms durch die Spulen des Elektromagneten machte der Anker erzwungene Schwingungen, die genau den Ummagnetisierungen des Eisenkerns entsprachen. Infolgedessen führte der Stift *K* im Abstand von je

0,01 sec. je einen Schlag gegen den Eisenkern des Magnets aus. Die Zahl der Schläge bestimmte die Zahl der Hundertstelsekunden des zu messenden Zeitabstandes.

Die Schlägezahl wurde in folgender Weise bestimmt: Zwischen dem Stift *K* und dem Magneten wurde ein präpariertes Papierband¹ durchgezogen, worauf der Messingstift, noch besser Silberstift, eine Folge von schwarzen Strichen zeichnet. Die Zahl der Striche gab die Anzahl der Schläge. Es genügt, das Papierband mit der Hand zu ziehen.

Die Kontakte *A* und *B* wurden automatisch ein und ausgeschaltet, so daß die physiologischen Fehler beseitigt waren. Auf diese Weise ließen sich Zeiten von 0,63 sec mit einer Genauigkeit von 0,01 sec messen.

2. Beschreibung des Chronographen.

In Fig. 2 ist ein Schema des gebauten Chronographen dargestellt. Der Elektromagnet *LM* ist an die Konsole *R* festgeschraubt, die auf einem Holzbrett aufmontiert ist. Die Spulen sind in den Wechselstromkreis mittels der Klemmen 1 und 2 eingeschaltet. Anstatt des Messingstiftes im Anker des oben beschriebenen Elektromagneten ist hier eine Schraube *K* mit Einstellmutter und Platindraht angebracht. Dieser dient als Schreibstift und ist am Ende der Schraube eingelötet.

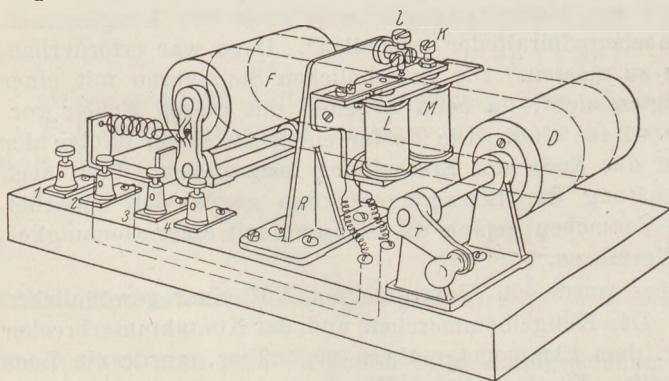


Fig. 2.

befindet. Der Strom fließt durch den Kontakt *l* auf folgende Weise:

Aus dem fremden Stromkreise fließt der Strom durch die Klemme 3 zur Schraube *l*, die von der Metallkonsole *R* isoliert ist, durchläuft den Anker und die Konsole und kehrt durch Klemme 4 in den fremden Stromkreis zurück (s. auch Fig. 3). Der

¹ Indikatorpapier.

Kontakt l hat den Zweck, den fremden Stromkreis in dem Moment zu unterbrechen, wo der Anker mit dem Schreibstift sich in Bewegung setzt, um den ersten Strich zu machen. Die Schaltung des fremden Stromkreises muß so getroffen sein, daß mit dieser Unterbrechung des Stromes die Erscheinung einsetzt, deren Ablaufzeit zu messen ist.

Die Einrichtung für die Bewegung des Papierbandes besteht aus zwei Holzwalzen D und F mit parallelen Achsen. Auf die Walzen ist ein Band ohne Ende aus präpariertem Papier aufgezogen, so daß beim Drehen der Walzen das Papierband zwischen dem Schreibstift und dem Elektromagnetkern durchgezogen wird. Die Walze D sitzt fest auf der Achse mit dem Handgriff r und setzt das Papierband in Bewegung, während die Walze F zu dessen Anspannen dient. Das Papierband gleitet über ein Brettchen, welches als Schreibunterlage über den Magnetspulen befestigt ist. Um die ganze Breite des Papierbandes für die Aufzeichnung von Strichen auszunutzen, verschiebt man es seitlich auf den Walzen.

3. Die Wirkungsweise des Chronographen.

Fig. 3 zeigt ein Schema der Einschaltung des Apparates zur Untersuchung des freien Falles. Die Apparate und ihre Teile sind mit denselben Buchstaben und Nummern bezeichnet, wie in der ersten und zweiten Figur.

W stellt den schon oben beschriebenen Wechselstromkreis dar, der vom Klingeltransformator T gespeist wird. Der punktierte Teil links bezeichnet eine nicht notwendige Zusatzschaltung, die später erläutert werden wird (Abschnitt 4). Als Schalter A dient ein gewöhnlicher Dauerschalter. Der Kontakt B wird durch eine Metallklappe q und ein Federchen f gebildet. Durch den Fall des Kugelchens Q auf die Klappe wird sie nach unten geworfen, und dadurch wird die Leitung zwischen q und f unterbrochen.

Gleichzeitig mit der Einschaltung des Schalters A beginnt durch die Unterbrechung des besonderen Gleichstromkreises G , der etwa durch einen Akkumulator gespeist wird, das Kugelchen zu fallen. In diesen Stromkreis wird der oben beschriebene, besondere Kontakt l an den Klemmen 3 und 4 angelegt (Fig. 2 und 3). Der Gleichstrom fließt durch den Elektromagneten x , der an einem Stativ in bestimmter Höhe h über der Kontaktklappe q befestigt wird. Der Elektromagnet x hält das Kugelchen Q mittels seiner Anziehungskraft¹ so lange fest, bis der besondere Kontakt l unterbrochen wird, was im Moment der Schließung des Schalters A geschieht (siehe Abschn. 2).

Das Schema 3 zeigt bei dem Magneten x noch eine Einrichtung u . Das obere Ende der Elektromagnetzwicklung ist mit dem Kern verbunden. Der Strom durchfließt

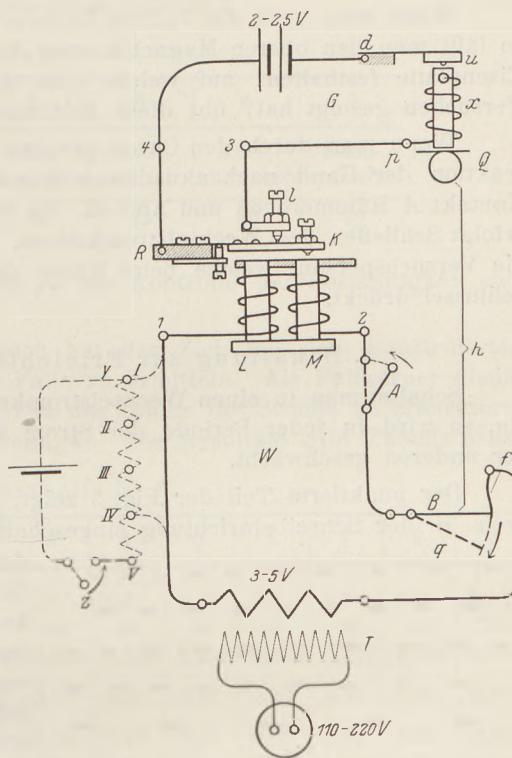


Fig. 3.

¹ Damit das Kugelchen nicht am Magnetkern haften bleibt, klebt man an das untere Ende des Kerns ein Stückchen Papier.

den Kontakt zwischen dem Hämmerchen u und dem Eisenkern, der das Hämmerchen nur bis zur Unterbrechung des besonderen Kontakts l festhält. Diese Einrichtung verhindert einen nachträglichen Stromschluß bei l .

Die Zahl der Striche, die durch den Schreibstift aufgezeichnet werden, bestimmt bei 50 Perioden die Anzahl der Hundertstelsekunden, während welcher das Kugelchen die Höhe h durchfällt. Auch wenn die Periodenzahl nicht 50 beträgt, läßt sich die Fallzeit doch bei bekannter Periodenzahl berechnen. Die Berechnung kann leicht graphisch erfolgen.

Dieselbe Einrichtung dient zur Untersuchung des Falles auf der schiefen Ebene.

Wenn man auch die Fallzeit anderer als eiserner Kugelchen untersuchen will¹, so läßt man den oberen Magnet anstatt des Kugelchens selbst eine besondere kleine Eisenplatte festhalten, auf welche man das Kugelchen legt. Wie eine Reihe von Versuchen gezeigt hat, übt diese Modifizierung keinen Einfluß auf die Fallzeit aus.

Wenn man durch den Chronographen die Zeit der Verspätung einer Bewegungsreaktion der Hand nach akustischer Empfindung messen will, so benutzt man als Kontakt A Hämmerchen und Amboß. Im Moment des Schlages mit dem Hämmerchen erfolgt Schließen des Wechselstromkreises. Die Unterbrechung bei B geschieht durch die Versuchsperson, welche beim Hören des Schlages etwa auf einen Telegraphenschlüssel drückt.

4. Schaltung zur Erleichterung der Strichzählung.

Schaltet man in einen Wechselstromkreis eine konstante elektromotorische Kraft ein, so wird in jeder Periode der Strom der einen Halbperiode verstärkt und der anderen geschwächt.

Der punktierte Teil der Fig. 3 zeigt, wie ein Spannungsteiler yz in den Stromkreis W der Schreibeinrichtung eingeschaltet werden kann. Durch geeignete Wahl

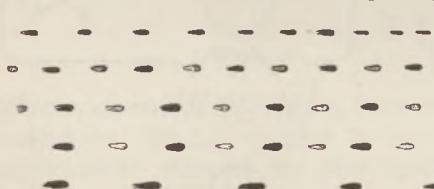


Fig. 4.

der Klemmen 1 bis 5 läßt sich die Größe der zugeschalteten Gleichspannung beliebig ändern. Bei dieser Schaltung wird von je zwei aufeinanderfolgenden Strichen der eine verstärkt, der andere abgeschwächt. Fig. 4 zeigt, wie die verschiedenen Strichreihen aussehen, die mit einer von oben nach unten zunehmenden Gleichspannung aufgenommen

sind. Die unterste Reihe, bei welcher die Gleichspannung die Größe der Transformatorschaltung (etwa 5 Volt) erreicht hatte, zeigt völlige Auslöschung jedes zweiten Striches.

Bei dieser Art des Strichaufzeichnens geht das Zählen bedeutend leichter; das Flimmern in den Augen verschwindet; auch läßt sich das Zählgeschäft so beschleunigen, indem man die Striche gruppenweise zusammenfaßt, z. B. nur zählt: „Vier, acht, zehn, vier, acht, zwanzig, vier, acht, dreißig“ usf. Es wurden so für das Strichzählen bei dem Versuch 3 in Abschnitt 5 nur 10 Minuten gebraucht.

5. Beschreibung einiger Versuche mit dem Chronographen.

a) Körper verschiedenen Gewichts durchfallen gleiche Höhen in gleicher Zeit. Es wurde die Fallzeit von drei Stahlkugelchen (Durchmesser 19 mm, 14 mm und 10 mm) gemessen. Die Körper wurden bei windstillem Wetter aus einer Höhe von 7,8 m aus dem Fenster des I. Stockwerks fallen gelassen. Die Resultate zeigt Tabelle 1.

¹ Z. B. zum Vergleich der Fallzeiten von Kugelchen aus verschiedenem Material (Experiment von GALILEI, Abschn. 5, Tab. 3).

Beobachtungstabelle Nr. 1.

Nr. der Beobachtung . .	1	2	3	4	5
Versuchskörper:					
Stahlkügelchen, Ø in mm	14	14	14	10	19

Anzahl der Striche

128 128 129 128 128

b) Der Einfluß des Luftwiderstandes. Drei Kügelchen aus Eisen, Glas und Kork (14 mm Ø) und ein Holzwürfel (Kantenlänge 15 mm) wurden im Zimmer aus 3 m Höhe fallen gelassen. Die Resultate zeigt Tabelle 2.

Beobachtungstabelle Nr. 2.

Nr. der Beobachtung . .	1	2	3	4	5
Körper	Stahlkügelchen	Glaskügelchen	Holzwürfel	Korkkügelchen	Stahlkügelchen
Anzahl der Striche	79	79	82	86	79

Die Beobachtung Nr. 5 in der Tabelle ist zur Kontrolle der Beständigkeit der Periodenzahl gemacht worden.

c) Fallgesetz $h = \frac{1}{2}gt^2$. Der Versuch hat das Ziel, mit dem konstruierten Chronographen die Bewegung beim freien Falle zu ermitteln. Als Fallkörper diente ein Stahlkügelchen (Durchmesser 14 mm). Um das Zählen der Striche zu erleichtern, war der Spannungsteiler eingeschaltet (Abschn. 4). Die Resultate gibt Tabelle 3 an.

Beobachtungstabelle Nr. 3.

1. Nr. der Beobachtung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. Fallhöhe h	2,8	2,4	2,0	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	2,8
3. Zahl der Striche ($n = t \cdot 100$) . .	76	70	64	58	54	50	46	44	76
4. $t^2 = n^2 \cdot 10^{-4}$ sek. ²	0,578	0,490	0,410	0,336	0,292	0,250	0,212	0,194	0,578
5. $\{ g_n = 2 h/t^2 \text{ (m/sec.}^2\}$	9,70	9,80	9,78	9,50	9,60	9,60	9,46	9,30	9,70
6. Abweichung $g_m - g_n = \Delta g =$.	0,10	0,20	0,18	0,10	0,00	0,00	0,14	0,30	0,10
7. Abweichung in %	1,0	2,1	1,8	1,1	0,0	0,0	1,5	3,2	1,0
8. $\frac{h}{t} \cdot \Delta g =$	0,37	0,68	0,56	0,28	0,0	0,0	0,21	0,60	0,37

Die Beobachtung Nr. 9 dient zur Kontrolle der Beständigkeit der Periodenzahl. Zeile 5 gibt die aus den einzelnen Versuchen berechnete Größe der Erdbeschleunigung g . Das Mittel aus den Beobachtungen 1 bis 9 mit 9,60 ist etwas zu klein, weil die Periodenzahl der Netzleitung nicht genau 50 war. Zeile 6 gibt die Abweichungen $g_m - g_n$ der Beobachtungen gegen ihr Mittel $g_m = 9,60$, Zeile 7 dieselben Abweichungen in Prozenten von g . Unter der Annahme, daß die Messung von h ohne Fehler sei, berechnet sich der Fehler Δt der Zeit t aus dem Fehler Δg der Erdbeschleunigung folgendermaßen:

Aus der Formel $h = \frac{1}{2}gt^2$ folgt:

$$\Delta t = \frac{h \Delta g}{t \cdot g^2}.$$

Für $\left(\frac{h}{t} \cdot \Delta g\right)_{\max} = 0,68$ ergibt sich $\Delta t = 0,007$. Es ist also der maximale Fehler der Zeitmessungen in diesem Versuche mit dem beschriebenen Chronographen kleiner als 0,01 sec.

Die Versuche zeigten, daß der Chronograph sehr zuverlässig arbeitet und keine Markierungspunkte durchläßt. Würde ein Markierungspunkt weggefallen sein, so wäre das aus dem abnorm großen Abstand zwischen den Markierungspunkten ersichtlich. Es können aber an der Zuverlässigkeit der Arbeit des Chronographen in den Augenblicken des Schließens oder Unterbrechens des Stromes Zweifel entstehen, denn beim Schließen oder Unterbrechen des Stromkreises *W* (Fig. 3) kann die Spannung an den Klemmen des Klingeltransformators alle Werte zwischen 0 und Max. haben. Um aufzuklären, wie dieser Umstand auf die Markierung des ersten und letzten Punktes wirkt, wurden bei dem Fallen einer Kugel in einem Versuche, der dem Versuche 3 entsprach, Höhen von 96 mm und 110 mm gewählt, zu denen die Fallzeiten 0,14 sec und 0,15 sec gehörten. Bei der Frequenz 100 des Wechselstromes müssen sich entsprechend 14 oder 15 Markierungen ergeben. Bei solchen kleinen Höhen ist ein Fehler infolge einer ungenauen Kenntnis der Frequenz ausgeschlossen. In der Tat wird, wenn die Frequenz z. B. auf 1 v. H. ungenau ist, der absolute Fehler in der Fallzeit der Kugel 0,0015 sec betragen. Ein solcher darf vernachlässigt werden.

Bei dem Fallen der Kugel aus der Höhe 96 mm gab der Chronograph 16 mal 14 Markierungen, einmal 14 Markierungen + 1 schwache, einmal 13 Markierungen + 1 schwache und zweimal 1 schwache + 13 + 1 schwache Markierungen. In der Reihe der gegebenen Punkte wird der erste oder der letzte manchmal schwach, was sich wahrscheinlich in dem Falle ergibt, wenn das Schließen oder Unterbrechen des Stromes nicht am Anfang der Periode geschehen ist, so daß die magnetische Feldstärke nur in einem Teil der Halbperiode auf den Anker wirkt. Nehmen wir an, daß dem schwachen Punkt ein Zeitraum von 0,005 sec entspricht. Bei dieser Annahme zeigte der Chronograph beim Fallen der Kugel aus der Höhe 96 mm 18 mal 0,14 sec, einmal 0,145 sec und einmal 0,135 sec, d. h., bei 20 Messungen war der Fehler 18 mal 0 und zweimal 0,005 sec. Beim Fallen aus der Höhe 110 mm war der Fehler bei 17 Messungen 16 mal 0 und einmal 0,005 sec. Schließlich ergab sich beim Fallen der Kugel aus der Höhe 103 mm, welcher die Fallzeit 0,145 sec entspricht, bei 15 Messungen der Fehler 6 mal 0 (d. h., es haben sich 14 normale + 1 schwacher Punkt ergeben) und 9 mal 0,005 sec. Dann wurde noch eine Höhe gewählt, der die Falldauer 0,142 sec entspricht, und die Messungen ergaben in 9 Fällen 0,145 sec und in 5 Fällen 0,15 sec. d. h., in 9 Fällen war der Fehler 0,003 sec und in 5 Fällen 0,008 sec. Weiter wurden dieselben Versuche mit dem Unterschiede wiederholt, daß die Kugel vor dem Fallen nicht unmittelbar durch den Magneten, sondern mit Hilfe einer Messingklappe gehalten wurde. Die Ergebnisse waren fast dieselben. Da die Messingklappe nach unten durch eine starke Feder abgezogen wurde, so kann von einem Anhaften der Klappe nicht die Rede sein. Die beschriebenen Versuche zeigen, daß der Chronograph mit einer Genauigkeit von mehr als 0,01 sec arbeitet. Wenn man nicht berücksichtigt, wie stark der erste und der letzte Punkt sind und die schwachen Punkte für 0,01 sec rechnet (wie das im Versuche 3 geschah), so muß der maximale Fehler zu 0,01 sec angenommen werden. Es wäre noch auf den Umstand aufmerksam zu machen, daß die Frequenz des Stromes sich manchmal etwas verändert (in den Grenzen von 1 v. H.); deshalb ist es bei den Messungen einer Reihe von bedeutenden Zeitstrecken (wie im Falle 3) vorteilhafter, zuerst alle Versuche anzustellen und dann die erhaltenen Punkte abzuzählen.

Die Regulierschraube *E* ist so einzustellen, daß beim Schließen des Stromes der Chronograph einen Ton ergibt und nicht ein Knistern.

Es muß dafür gesorgt werden, daß beim Schalten des Stromkreises *W* des Magneten *LM* sich unter der Schreibspitze ein Band befindet, andernfalls verdirbt die Spitze.

6. Das Anwendungsgebiet des Chronographen.

Der beschriebene Chronograph kann sehr nützlich sein für den physikalischen Schulunterricht. Die Schüler haben Interesse für solche Untersuchungen, für die Genauigkeit der Messung und die Anordnung mit diesem Apparat, dessen Wirkungsweise für sie leicht verständlich ist. Der billige Preis des Apparats ermöglicht seine Anschaffung in mehreren Stück für praktische Übungen in Physik.

Man kann den Chronographen auch bei der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft benutzen, sowie bei anderen Versuchen, wenn die Zeit mit einer Genauigkeit bis 0,01 sec zu messen ist.

In der beschriebenen Ausführung wird sich der Chronograph auch zur Demonstration von verschiedenen Untersuchungen der Experimentalpsychologie mit Vorteil anwenden lassen. Besonders auf dem heute immer mehr an Bedeutung gewinnenden Gebiet der Psychotechnik wird der billige kleine Apparat willkommene Dienste leisten.

7. Messungen kurzer Zeitabschnitte mit größerer Genauigkeit.

Zur Erzielung größerer Genauigkeit bei den Zeitmessungen befestigt man auf der anderen Seite der Konsole *R* (Fig. 2) einen zweiten, dem oben beschriebenen

völlig gleichen Schreibapparat mit Erregung durch einen besonderen Gleichstromkreis. Während der erste Schreibapparat, wie schon bekannt, jeden hundertsten Teil der Sekunde auf dem Papierband aufzeichnet, wird durch den zweiten nur der Anfang und das Ende des zu messenden Zeitabschnittes durch einen besonderen Strich markiert. Der Abstand zwischen den letzteren beiden Strichen, verglichen mit der Länge der erstenen Strichlinie, ermöglicht eine Zeitbestimmung von wesentlich höherer Genauigkeit.

Es ist selbstverständlich wichtig, daß die Geschwindigkeit des Papierbandes in diesem Fall konstant bleibt. Bei solchen Messungen muß deshalb dafür gesorgt werden, daß die Triebtrommel sich mit genügender Gleichmäßigkeit drehe. Man verwendet am besten Motorantrieb. Außerdem ist darauf zu achten, daß das Papierband nicht gleite, wozu man die Triebtrommel mit Glaspapier umhüllen kann.

Zusammenfassung.

1. Wenn ein Wechselstrom gleichmäßiger Periodenzahl durch einen Elektromagneten fließt, so wird dieser in doppelter Frequenz ummagnetisiert. Diese Erscheinung läßt sich für die Konstruktion eines Chronographen ausnutzen.

2. Ein solcher Chronograph ermöglicht die Ausführung verschiedener Versuche aus dem Gebiete der Mechanik und aus anderen Teilen der Physik, wo bisher Schulversuche fehlten.

3. Einfacher Bau, geringe Kosten, große Zuverlässigkeit bei genügender Genauigkeit und einfache Behandlungsweise lassen den Chronographen besonders für das Schülerpraktikum wertvoll erscheinen.

4. Der Chronograph wird sich auch bei einigen Versuchen aus dem Gebiete der Psychologie und Psychotechnik mit Vorteil anwenden lassen. Bei Verwendung der beschriebenen Zusatzapparatur kann die Genauigkeit der Messung wesentlich erhöht und dadurch das Anwendungsgebiet erheblich erweitert werden.

Der Apparat kann bezogen werden von der Firma Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh., welche die Herstellung für Schulen übernommen hat.

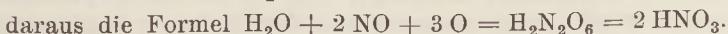
Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn cand. phil. nat. M. DORNEICH und Herrn AL. JANITZKY meinen besten Dank aussprechen für ihre freundliche Hilfe bei der Abfassung des Textes.

Institut für physikalische Grundlagen der Medizin, Frankfurt a. M.

Die Zusammensetzung der Salpetersäure und die Analyse der Nitrat.

Von Prof. Dr. P. Rischbieth in Hamburg.

Vor einigen Jahren hat FRIEDRICH C. G. MÜLLER in dieser Zeitschrift als erster einen Versuch beschrieben, der es ermöglicht, in einer Unterrichtsstunde die Zusammensetzung der Salpetersäure festzustellen, d. h. das Atomverhältnis $H:N:O = 1:1:3$ zu ermitteln, aus dem dann die Formel HNO_3 und das MG = 63 als wahrscheinlich — wenn auch nicht mit Sicherheit — zu folgern ist. Seit kurzem stelle ich die Zusammensetzung der Salpetersäure in der Weise fest, daß ich in einer gewogenen oder gemessenen Menge Salpetersäure in einer Operation die Mengen Stickoxyd und Sauerstoff genau ermittele und das noch fehlende Wasser aus der Differenz berechne. Dividiert man die gefundenen Gewichts- oder Prozentzahlen durch die Molekulargewichte (bei O), so erhält man das Verhältnis der Moleküle (bzw. Atome)

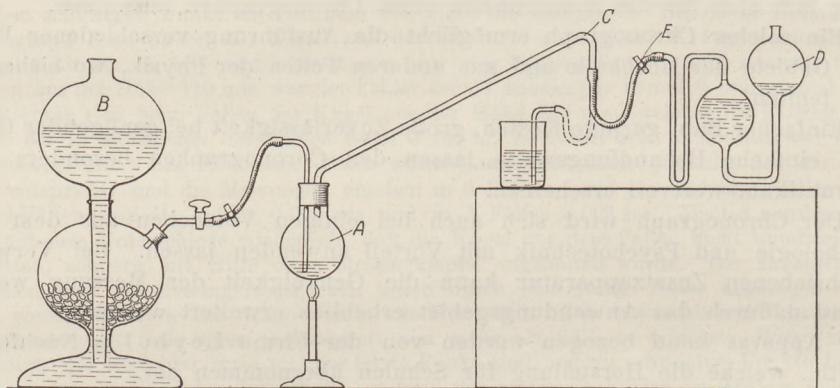


Das Molekulargewicht kann natürlich nur nach den gebräuchlichen Methoden bestimmt werden, immerhin ist die Formel mit einem N-Atom von vornherein sehr

wahrscheinlich, da die meisten anorganischen Säuren ein Atom des charakteristischen Elements enthalten.

Da chemisch reine 100%ige Salpetersäure schwer zu beschaffen und noch schwerer aufzubewahren ist, so geht man zweckmäßig von einer konz. Säure aus, deren Gehalt man vor, während oder nach dem Versuche durch Titration ermittelt, am besten mit titrierter Barytlauge und Phenolphthalein oder Methylorange als Indikator. Das Stickoxyd wird durch die salzaure Lösung eines geringen Überschusses von Eisen in Freiheit gesetzt, welches mit $n/10$ Permanganat zurücktitriert wird. Hierdurch ist auch der Sauerstoff der Salpetersäure bestimmt, da 112 g Eisen in Oxydulform 16 g Sauerstoff aufnehmen. Dies kann, wenn erforderlich, durch einen kleinen Nebenversuch noch besonders bewiesen werden, indem man zeigt, daß 0,1 g Eisen oder 0,7 g Mohrs Salz 17,9 ccm $n/10$ Permanganat erfordern.

Der Apparat (s. Figur) besteht aus einem kleinen Kolben *A* mit weitem kurzen Halse, der mit einem doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen ist. Durch die eine



Bohrung führt eine gebogene Glasröhre bis auf den Boden, die andererseits mit einem Kipp-Apparat *B* für Kohlendioxyd verbunden ist, während durch die andere Bohrung eine doppelt gebogene, ziemlich weite, schräg aufwärts gerichtete Röhre *C* von etwa 25 bis 30 cm Länge geht, über die ein etwa 25 cm langer Gummischlauch gestreift ist, der vorläufig in das Sperrwasser eines Becherglases taucht. Man bringt nun wenig mehr als 0,4 g chemisch reines Eisen genau gewogen in Form eines sehr dünnen Drahtes, wie er im Handel zu haben ist, in den Kolben, übergießt das Eisen mit 3 bis 4 ccm konz. Salzsäure, verdrängt die Luft des Kolbens durch Kohlendioxyd und löst das Eisen in der Säure unter Erwärmung mit einem sehr kleinen Flämmchen. Die Auflösung des Eisens nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Während ein langsamer Strom von Kohlendioxyd durch den Kolben geht, kühlte man den Kolben mit der Eisenlösung wieder ab, indem man ihn in eine Schale mit Wasser taucht. Nun läßt man aus einer dünnen 1 ccm haltenden und untergeteilten Langpipette genau $1/10$ ccm der hochkonzentrierten Salpetersäure von der Dichte 1,5 bis 1,52 (Handelsprodukt) unter Lüftung des Stopfens in den Kolben fließen, wobei sich die Eisenlösung braun färbt, ohne jedoch schon bei gewöhnlicher Temperatur Stickoxyd abzugeben. Eben dieselbe Menge der Säure bringt man darauf in ein Becherglas mit etwas destilliertem Wasser. Nachdem in 1 bis 2 Minuten die etwa eingedrungene Luft durch Kohlendioxyd verdrängt ist, verbindet man das freie Ende des Gummischlauches mit einer Gaspipette mit starker Kalilauge, wie sie für die CO_2 -Bestimmung in der Gasanalyse benutzt wird. Jetzt erwärmt man den Kolben mit kleiner Flamme, bis die fast schwarze Lösung hellbraun geworden ist. Ist durch den beständig gehenden CO_2 -Strom nach 1 bis 2 Minuten alles Stickstoffoxyd in die Kalipipette gedrängt, so

schließt man den Gasstrom unmittelbar vor der Pipette mit einem Schraubenquetschhahn *E* ab, indem man gleichzeitig die Flamme entfernt. Der Hahn des Kipp-Apparates bleibt einstweilen noch geöffnet. Nun kühlte man den Kolben abermals von außen mit Wasser, schließt den Hahn, öffnet den Kolben und gießt viel verdünnte Schwefelsäure und etwas Mangansulfatlösung hinein, wonach sofort mit $n/_{10}$ Permanaganatlösung das überschüssige Eiseinoxidulsalz zurücktitriert wird. Man schneidet dann etwa 1 cm vor dem Quetschhahn den Schlauch ab, schüttelt die Pipette kräftig, stellt sie in Höhe des oberen Hahnes einer Gasbürette auf eine Bank, führt das Stickoxyd nach Verbinden der Pipette mit der Bürette in diese über und notiert Temperatur und Barometerstand.

Der ganze Versuch nimmt kaum mehr als 25 bis 30 Minuten in Anspruch.

Beispiel 1: vorgelegt Eisen = 0,416 g

zurücktitriert 7,1 ccm $n/_{10}$ Perm. = 0,0398 g

Eisen verbraucht = 0,3762 g.

Daher Sauerstoff ($^{1/7}$) = 0,0537 g

Stickstoffoxyd = 53,7 ccm $19^{\circ}/766,5$ mm

= 49,4 ccm $0^{\circ}/760$ mm

= 0,0662 g NO.

Bei der Titration der Salpetersäure erforderten 0,1 ccm der Säure

= 0,15 g, 9,8 ccm Baryt vom Titer $0,225^n = 2,205^n$

= 0,139 g HNO_3 .

Somit $\text{H}_2\text{O} = 0,139 - (0,0537 + 0,0662) = \frac{0,0191}{18} = 0,00106 = \sim 1$

$\text{NO} = \frac{0,0662}{30} = 0,00221 = \sim 2$

$\text{O} = \frac{0,0537}{16} = 0,00335 = \sim 3$

Molverhältnis $\text{H}_2\text{O} : \text{NO} : \text{O} = 1 : 2 : 3$

Salpetersäure $\text{H}_2\text{O} + 2 \text{NO} + 3 \text{O} = \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_6$

= 2 HNO_3 .

Beispiel 2: Analyse von Kaliumnitrat

Glas + $\text{KNO}_3 = 11,383$ g

Glas = 11,266 g

0,117 g

Eisen vorgelegt = 0,197 g

Zurücktitriert 0,7 ccm $n/_{10}$ Perm. = 0,0039 g

Eisen verbraucht = 0,1931 g

O ($^{1/7}$) = 0,0276 g

Stickoxyd = 28,0 ccm $17^{\circ}/759$ mm

= 25,9 cm $0^{\circ}/760$ mm

= 0,03471 g

K_2O (0,117 — 0,0276 — 0,03471) = 0,0547 g

Molverhältnis: $\text{K}_2\text{O} : \text{NO} : \text{O} = \frac{0,0547}{94,3} : \frac{0,03471}{30} : \frac{0,0276}{16}$

= 0,00580 : 0,0116 : 0,0172

= 1,01 : 2,00 : 3,00

Kaliumnitrat $\text{K}_2\text{O} + 2 \text{NO} + 3 \text{O} = \text{K}_2\text{N}_2\text{O}_6$

= 2 KNO_3 .

Diese kombinierte Eisen-Stickoxydmethode dürfte sich ganz allgemein für die Analyse der Nitrate empfehlen¹. Die Ausführung der Analyse nimmt nur wenige Minuten mehr Zeit in Anspruch als die Eisenmethode allein und erheblich weniger als die Stickoxydmethode nach GRANDEAU-SCHLÖSING. Dabei liefert sie zwei Resultate, von denen das eine das andere kontrolliert. Stimmen beide Resultate überein, so erübrigt sich die sonst notwendige zweite Analyse, wodurch erheblich an Zeit gespart wird.

Beispiel 3: Chilisalpeter (Gehaltbestimmung an Stickstoff)

Chilisalpeter (roh, hellgrau) = 0,120 g

Eisen = 0,2197 g

Zum Rücktitr. gebr. 3,8 ccm Permang. 0,00562 g Fe = 0,0213 g

Eisen verbraucht = 0,1984 g

$$\text{Stickstoff} \left(\text{Fe} \cdot \frac{14}{168} \right) = 0,0165 \text{ g}$$

$$= 13,78\%$$

Stickoxyd = 28,4 ccm 18,2°/766 mm

= 26,35 ccm 0°/760 mm

= 0,0355 g

$$\text{Stickstoff} = 0,01657 \text{ g}$$

$$= 13,81\%$$

Kleine Mitteilungen.

Eine Komponentenwaage.

Von Dr. K. Schnizer in Salzburg.

Wer mit F. POSKE² (und VARIGNON) die Zerlegung einer Kraft in Komponenten als das primäre, die Zusammensetzung derselben dagegen als das sekundäre Problem ansieht, wird den Mangel eines einfachen, leicht herstellbaren und doch genauen

Apparates für die fundamentale Aufgabe der Zerlegung einer Kraft in zwei zueinander senkrechte Teilkräfte empfinden. Aus diesem didaktischen Bedürfnisse heraus ist die nachstehende Versuchsanordnung erwachsen, deren Gesamtansicht Fig. 1 darbietet.

Wie das Bild zeigt, ruht die eigentliche Waage auf einem Apparatetischchen A, wie es sich in jeder Sammlung findet. Von dem Durchmesser der Tischplatte³ hängt — allerdings nicht allein — die Größe des Lagers B ab. Zur Grundplatte desselben wählt man ein Holzklötzchen von

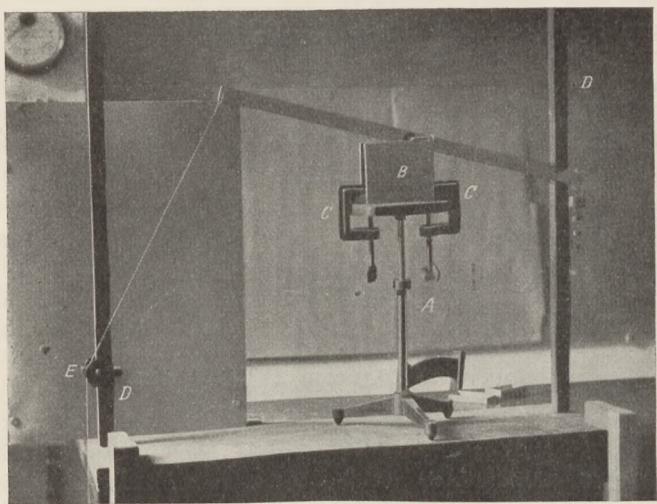


Fig. 1.

2 bis 3 cm Dicke, dessen Länge der eben erwähnte Durchmesser ist; die Breite des Grundbrettchens richtet sich nach jener zweier Schraubzwingen C, die man eben besitzt.

¹ Inzwischen veröffentlicht in Chem.-Zeitung 52, 691; 1928.

² Didaktik des physikalischen Unterrichtes. Leipzig 1915, Teubner. S. 109—110 u. 234.

³ Dieser beträgt bei dem mir zur Verfügung stehenden Tischchen 22 cm.

Je schwerer diese eisernen Zwingen sind, desto größer ist die unbedingt notwendige Standfestigkeit des ganzen Apparates. An das Grundbrett schraubt man seitlich zwei je 1 cm dicke Lagerplatten von 15×13 cm fest an. Auf die obere Begrenzungsebene von 15×1 cm Größe jeder Lagerplatte klebt man einen 1 cm breiten und ungefähr 12 cm langen Streifen Millimeterpapier, bei dem man die halben und ganzen Zentimeter mit Tusche hervorgehoben und beschrieben hat. Diese Skala wird mit einem Glasstreifen gleichen Formates bedeckt; das eine Glasende erhält mit der Kantfeile einen Einschnitt, in welchen die Spindel einer ungefähr 1 cm langen Holzschraube paßt; der Kopf derselben preßt das Glasstück an die

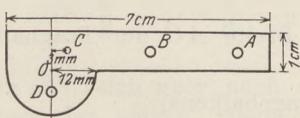


Fig. 2.

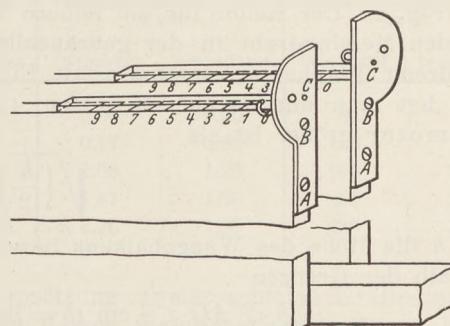


Fig. 3.

Skala. Das andere Ende des Glasstreifens wird von einem Stifte niedergehalten, der durch einen Hakenträger bei *C* (Fig. 2) gesteckt ist. Zur Herstellung desselben schneidet man aus 2 mm starkem Messingblech zwei Platten von der dort angegebenen Gestalt. In die Bleche bohrt man je zwei beiläufig 3 mm weite Löcher *A* bzw. *B* und erweitert sie konisch mit dem Versenkbohrer so weit, daß die Köpfe von ungefähr 25 mm langen Schrauben Platz haben. Nun benötigt man noch recht gleichmäßig gearbeitete Spiralfedern aus etwa $\frac{1}{2}$ mm starkem Draht von 2 bis 3 cm Länge und 5 bis 6 mm Durchmesser¹. Die Federn enden in Ösen von ebenso großem Durchmesser. Um sie an den Hakenträgern anhängen zu können, erhalten die Bleche bei *D* Bohrungen (3 mm lichte Weite) mit Gewinden, in welche passend gebogene Haken aus Messingdraht geschraubt werden². Die Entfernung *OD* ist so zu wählen, daß sie gleich ist halber Hakendrahtdicke + Halbmesser der Spiralfeder + 2 mm Spielraum. Die eben beschriebenen Hakenträger schraubt man nun an den rechten Seitenflächen 13×1 cm der Lagerbrettchen so an, daß der bei *C* durchgesteckte Stift den Glasstreifen leicht auf die Papierskala drückt (Fig. 3). Letztere ist nun so an den Lagerbrettchen³ befestigt, daß der Nullpunkt des Maßstabes mit dem Aufhängepunkt der Federn zusammenfällt.

Zur Herstellung des Waagebalkens verwendet man einen sauber gearbeiteten Holzstab von $82 \times 3 \times 1$ cm. Dieser ist senkrecht zur Mitte der größten Seitenflächen durchbohrt, um eine 6 mm dicke Achse aus Silberstahl aufnehmen zu können. Die Enden der Achse sind etwas abgedreht, um die Ösen der früher genannten Federn leichter aufzuschlieben zu können. Die Länge der Achse ist so zu bemessen, daß die spitzen Enden derselben beiläufig um je 1 cm die Lagerbrettchen überragen. Um eine Drehung des Stabes allein zu vermeiden, ist er an eine Metallscheibe angeschraubt, welche auf die Achse aufgeschlagen ist. Je 1 cm von den Stabenden

¹ Mangels besserer Federn verwendete ich die dem Matador-Baukasten beigegebenen; doch gilt für diese bei geringer Belastung das Hookesche Gesetz nur sehr ungenau.

² Die Haken können auch eingelötet werden.

³ Sollten sich die Lagerbrettchen etwas gegeneinander verziehen, so stellt man die richtige Entfernung dadurch wieder her, daß man Klemmschrauben (mit flachem Kopf) einsetzt und durch Aufschrauben die Brettchen auseinander preßt.

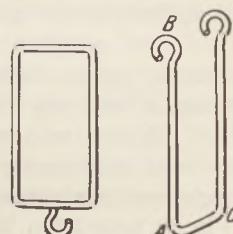


Fig. 4.

Fig. 5.

entfernt werden 4 cm lange Hartmessingdrähte durchgesteckt. Für den Waagebalken benötigt man auch noch 2 Reiter, einen für die gröbere, einen für die feinere Tarierung. Ersterer ist aus ungefähr $2\frac{1}{2}$ mm starkem Messingdraht rechtwinklig gebogen, so daß er sich am rechten Balkenarm leicht verschieben läßt, ohne aber zu gleiten. Der Anwendungsbereich dieses Reiters wird wesentlich erweitert, wenn man den Drahtrahmen unten mit einem kleinen Haken versieht, an den man Bleikügelchen hängen kann (Fig. 4). Der Reiter für die feinere Tarierung ist aus höchstens 1 mm dickem, federnden Messingdraht in der gebräuchlichen Form gebogen. Endlich bedarf man noch dreier Traghaken, deren Gestalt Fig. 5 wiedergibt. Bei der Herstellung derselben hat man nur darauf zu achten, daß die Höhe AB (Fig. 5) um mehrere Zentimeter größer ist als

$$\sqrt{\left(\frac{h}{2}\right)^2 + 1^2},$$

worin h die Höhe des Waagebalkens bezeichnet. Die Breite AC der Traghaken ist innerhalb der Grenzen

$$b < AC < 4 \text{ cm} \quad (b = \text{Breite des Waagebalkens})$$

bei den Haken verschieden zu bemessen, damit sie sich nicht gegenseitig hindern, wenn deren mehrere an den Stiften des Balkens angebracht werden.

Endlich befestigen wir mittels Reißnägeln auf einem U-förmigen, aus drei kräftigen Holzplatten gezimmerten Bock ein Stück Pappe (50×70 cm). Nahe dem rechten Rande, und zwar oben, ziehen wir eine gut sichtbare horizontale und eine dazu senkrechte Gerade; in den rechten Winkel zeichnen wir noch Schiefe ein, welche von der Vertikalen um 30° , 45° und 60° abweichen. Auf der Rückseite der Pappe zeichnen wir verschiedene Parallelogramme, deren Diagonale stets vertikal verläuft.

Nun schieben wir die freien Ösen der früher erwähnten, an den Hakenträgern hängenden Spiralfedern über die Achse des Waagebalkens, und der Apparat ist gebrauchsfertig, sobald wir ihn unter ein größeres Gestell D (Fig. 1) gebracht haben¹.

Wollen wir zunächst die Zerlegung einer schief abwärts wirkenden Kraft in zwei zueinander senkrechte Komponenten zeigen, so stellen wir das Apparateschehen in einer solchen Höhe fest, daß die Mittellinie des mit je einem Traghaken (Fig. 5) belasteten Waagebalkens in das Niveau des horizontalen Striches auf der Pappe fällt. Hierauf verschiebt man die Pappetafel so weit nach links oder rechts — vom Beschauer aus gesehen —, bis der linke Stift des Balkens vor dem Scheitel des rechten Winkels steht. Die genaue Einstellung erfolgt mit Hilfe der beiden Reiter; ist der rechte Arm zu schwer, so tariert man mittels Haken am linken Drahthaken dann nach, wenn selbst der an diesem angebrachte beiläufig $1\frac{1}{2}$ m lange Faden nicht ausreichen sollte. Um diesen mit verschiedenen Gewichten belasteten Faden die oben angegebenen Neigungswinkel zur Vertikalen einnehmen zu lassen, läßt man ersten über eine WEINHOLDsche Rolle laufen, welche verstellbar am Stativ E (Fig. 1) angebracht ist. Gleichzeitig liest man an der Spiegelskala die Ruhestellungen der Achse ab.

Durch das schief nach abwärts ziehende Gewicht wird der linke Arm des Waagebalkens nach dieser Seite verschoben und zugleich gesenkt. Sodann stellt man durch Beschwerung des rechten Armes wieder Gleichgewicht her. Die Größe des Gewichtes gibt die Vertikalkomponente der zu zerlegenden Kraft an, während die Horizontalkomponente aus der Verlängerung der beiden Spiralfedern abgelesen wird, wenn man sich vor dem Einbau derselben eine Tabelle über den Kraftwert der Dehnungen von 10 zu 10 g angelegt hatte².

¹ Zweckmäßiger wären Tischstativen nach FRIED. C. G. MÜLLER. Demnächst soll eine sowohl anschraubbare als auch gleichzeitig am Tische verschiebbare Form vom Verfasser gebaut werden.

² Ungleichheit der beiden Verlängerungen entsteht auch dadurch, daß die zu zerlegende Kraft nicht in der durch den Achsenmittelpunkt gelegten Vertikalebene wirkt, worauf man den Hebel richtig einstellt.

Um einen Überblick über den Grad der Genauigkeit dieser einfachen Versuchsanordnung zu erhalten, sei eine Zusammenstellung der erzielten Werte gegeben. Hierin bedeuten: α den Winkel, um welchen die Kraft P (g) von der Vertikalen abweicht, P_1 die vertikale, P_2 die horizontale Komponente nach Beobachtung am Apparate, P'_1 und P'_2 die sich aus der Berechnung ergebenden Werte dieser Teilkräfte.

α	$\cos \alpha$	Kraft von veränderlicher Richtung in g	Vertikalkomponente P_1 in g		Verlängerung der Feder in cm		Horizontalkomponente P_2 in g	
			berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet	beobachtet
0°	1,000		280	280	0,00	0,00	Ø	Ø
30°	0,866		232	230	0,77	0,60	140	110
45°	0,707	280	197	200	1,08	1,20	197	218 ¹
60°	0,500		140	140	1,47	1,50	232	238
90°	0,000		0	0	1,76	1,90	280	300

Es läßt sich aber auch die Zusammensetzung zweier schiefen Kräfte zu einer Resultierenden zeigen, wenn diese auf dem Balken senkrecht steht. Hierzu benutzt man die früher beschriebene Rückseite der Pappe. Längs der Seiten der gezeichneten Parallelogramme spannt man Fäden, die man mit so viel Grammen belastet, wie die Seiten Längeneinheiten haben. Es ist selbstverständlich, daß dann 2 WEINHOLDsche Rollen benötigt werden. Hat man vor dem Anhängen der Kraftkomponenten den Waagebalken mit den beiden Reitern horizontal gestellt, so bedarf es nach Anbringung der Teilkräfte nur am anderen Arm des Balkens so vieler Gramm, wie die Diagonale des Parallelogrammes angibt. Aus den früher erörterten Gründen ist die Empfindlichkeit der Waage bedeutend und gelingen daher die Versuche mit großer Genauigkeit.

Bei der Bildung der Resultierenden zeigt sich auch noch ein anderer Vorteil des Apparates. Bekanntlich treten bei der Ermittlung der Resultierenden nach VARIGNON entgegengesetzte gleiche Komponenten auf. Diese sich aufhebenden Kräfte kommen bei der Komponentenwaage zur deutlichen Erscheinung. War durch die Wirkung der einen Teilkraft die Achse des Balkens verschoben worden, so kehrt sie nun wieder in die Nullage zurück beim Anbringen der zweiten.

Der Apparat versagt aber auch dann seine Dienste nicht, wenn die Resultierende nicht senkrecht zum Waagebalken steht. Zu ihrer Bestimmung bedarf es aber neben einer Wägung auch noch der Angabe der Kraft, durch welche die Achsenverschiebung auf den Glasstreifen hervorgerufen wird.

Über die Systemwahl beim Mikroskop.

Von Prof. Dr. F. Hauser in Rathenow.

Auf Seite 206 bis 208 des 40. Jahrganges dieser Zeitschrift wurde eine kleine Zusammenstellung von Vergrößerungen gegeben, die für verschiedene Zwecke der Mikroskopie und Mikrophotographie geeignet sind. Aufgabe der folgenden Zeilen ist es, auf die damals noch nicht besprochene Wahl der zur Erzielung dieser Vergrößerungen dienenden Objektive und Okulare näher einzugehen.

Für diese Wahl ist in erster Linie die jeweils nötige Auflösung maßgebend, d. h. die Größe der eben noch sichtbar zu machenden kleinsten Einzelheiten. Hierfür ist bekanntlich das Auflösungsvermögen des Objektivs entscheidend, da nur die von ihm abgebildeten Einzelheiten durch das Okular gesehen werden können.

¹ Die Abweichung erklärt sich daraus, daß die Dehnung zwischen 150 bis 200 g bereits 0,6 cm ist, während hier die Verlängerung von 0,55 cm zwischen 100 bis 200 g zugrunde gelegt worden war.

Zur Berechnung des Auflösungsvermögens des Objektivs diente bisher in der Regel die ABBESche Formel:

$$\varepsilon \geq \frac{\lambda}{A_0 + A_b} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

Hier ist λ die Wellenlänge des benutzten Lichtes in Luft (bei weißem Licht setzt man hierfür zweckmäßig $550 \text{ m}\mu$, d. i. die Wellenlänge der hellgrünen Strahlen, in deren Nähe die größte Helligkeit im Sonnenspektrum liegt), A_0 ist die Apertur des Objektivs und A_b die der Beleuchtung. Das beleuchtende Büschel haben wir uns für die Formel ABBES als unendlich gering geöffnet vorzustellen, m. a. W. als ein senkrecht oder schräg einfallendes Bündel unter sich paralleler Strahlen, wie das Fig. 1 für schräge Beleuchtung zeigt. In dieser Figur bedeutet 0 das nullte und I das erste Beugungsmaximum; α ist der Neigungswinkel der Beleuchtungsstrahlen gegen die Senkrechte; der sin α multipliziert mit dem Brechungsindex des Mediums, in dem die Beleuchtungsstrahlen verlaufen, ist die Apertur der Beleuchtung.

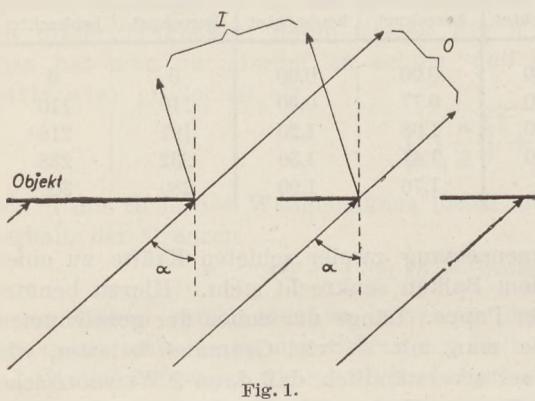


Fig. 1.

Für senkrechten Lichteinfall ($A_b = 0$) erhält man dann bekanntlich für die Größe der aufgelösten Einzelheiten:

$$\varepsilon \geq \frac{\lambda}{A_0} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Die höchste Auflösung ergibt sich für möglichst schräge Beleuchtung, d. h. $A_b = A_0$; sie ist also gekennzeichnet durch:

$$\varepsilon \geq 0,5 \frac{\lambda}{A} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

Nun zeigen zahlreiche neuere Untersuchungen und insbesondere die Erfahrungen bedeutender praktischer Mikroskopiker wie KOCH, ALTMANN u. a., über die BEREK in den Marburger Sitzungsberichten einen Überblick gibt¹, daß die ABBESche Formel für die Objektivauflösung nur für den von ihm zugrunde gelegten Sonderfall sehr geringer Öffnung der Beleuchtungsbüschele gilt, wogegen man in der Praxis für die volle Ausnutzung der Objektiv-Apertur zur Erzeugung möglichst objektähnlicher Bilder mit größeren Öffnungen der Beleuchtungsstrahlen arbeitet. So geben die praktischen Anleitungen vielfach an, daß die Apertur des Beleuchtungskegels ungefähr $1/2$ bis $2/3$ der numerischen Apertur des verwendeten Objektivs betragen solle.

Für diese — und erst recht noch für größere — Öffnungen des Beleuchtungskegels gilt aber nach neueren Untersuchungen die ABBESche Theorie insofern nicht mehr, als das Objekt praktisch wie ein Selbstleuchter abgebildet wird. Die Objektivauflösung wird dann durch eine auf HELMHOLTZ zurückgehende Formel (M. BEREK a. a. O. S. 256) für das noch sichtbare kleinste Strukturelement gegeben, welche lautet:

$$\varepsilon \geq K_l \cdot 1,22 \cdot \frac{\lambda}{A_0} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Hier ist K_l ein physiologischer Faktor, der dadurch bedingt ist, daß die äußerste Grenze der Auflösung nicht durch die Berührung, sondern bei teilweiser Überdeckung der Beugungsscheiben gegeben ist. Für K_l kann man 0,4 bis 0,5 annehmen, so daß wir im Mittel für ε erhalten:

¹ M. BEREK, Marburger Sitzungsberichte 61, S. 251 bis 282. 1926.

$$\varepsilon \geq 0,55 \cdot \frac{\lambda}{A_0} \dots \dots \dots \quad (5)$$

Diese Beziehung ergibt zahlenmäßig annähernd dieselbe Auflösungsgrenze wie die ABBESCHE Formel für schrägste Beleuchtung im durchfallenden Licht, obwohl sie mit letzterer nichts zu tun hat und ihr Ergebnis auch nicht als Bestätigung für sie angesehen werden kann.

Damit, daß durch das Objektiv gewisse Strukturelemente aufgelöst werden, ist aber noch nicht gesagt, daß wir nun auch ohne weiteres das Abbild dieser Elemente sehen können. Diese Bildeinzelheiten unserem Auge sichtbar zu machen, ist die mitunter etwas stiefmütterlich behandelte Aufgabe des Okulars, die zunächst an einem Beispiel näher erläutert sei.

Das Auflösungsvermögen einer $1/12$ -Öl-Immersion (N. A. = 1,30) der Firma Busch ist nach Formel (5) für weißes Licht:

$$\varepsilon \geq 0,55 \frac{550}{1,30} \text{ m}\mu \geq 233 \text{ m}\mu.$$

Da die Eigenvergrößerung dieses Objektivs 100 ist, besitzt das Bild des kleinsten aufgelösten Teilchens in der Objektivbildecke eine Größe von rund 23μ oder 0,023 mm. Bei unmittelbarer Betrachtung aus der deutlichen Sehweite (250 mm) bliebe es unsichtbar, denn selbst von sehr guten Augen können aus dieser Entfernung Teilchen, die kleiner als rund 0,1 mm sind, nicht mehr wahrgenommen werden, da ihre Sehwinkel die etwa 1 Minute betragende Grenze des Auflösungsvermögens der Netzhaut nicht erreichen. Wir müssen in unserem Beispiel das vom Objektiv entworfene Bild unter eine mindestens 3 bis 4 mal vergrößernde Lupe nehmen, um die kleinsten Einzelheiten selbst sehr guten Augen sichtbar zu machen. Hierzu dient uns nun das Okular; seine Aufgabe ist also gewissermaßen, das subjektive Auflösungsvermögen unserer Augen so weit zu steigern, daß wir imstande sind, das Auflösungsvermögen des Objektivs voll auszunutzen. Wie schon unser Beispiel zeigt, ist es hierzu durchaus erforderlich, daß die Okular-Vergrößerung nicht unter einem gewissen Betrag bleibe.

Damit werden wir veranlaßt, die Wirkung verschieden starker Okularvergrößerungen auf das subjektive mikroskopische Bild näher zu betrachten¹.

Beträgt der Sehwinkel, unter dem uns das Okular Objektelemente darbietet, weniger als 1 Bogenminute, so vermag, wie wir eben sahen, selbst das beste Auge diese Teilchen nicht mehr als getrennte Eindrücke wahrzunehmen. In diesem Falle wird das Auflösungsvermögen des Objektivs nicht ausgenutzt. Die betreffende Kombination findet jedoch zweckmäßig zum Absuchen des Präparates nach größeren charakteristischen Stellen Verwendung. Die so erreichten Mikroskopvergrößerungen (= Eigenvergrößerung des Objektivs mal Okularvergrößerung) bezeichnet man deshalb als „Suchervergrößerungen“. Solche ergibt z. B. ein 5-faches Okular mit den Busch-Objektiven A_0 und C_0 .

Gute Augen vermögen bereits bei einem Sehwinkel von 1 bis 2 Bogenminuten alle Bildeinzelheiten als getrennte Eindrücke wahrzunehmen. Für sie genügt zur Erreichung einer entsprechenden Vergrößerung z. B. ein 6-faches Okular in Verbindung mit den meisten Objektiven. Die sich ergebenden Mikroskopvergrößerungen können wir als „kleinste nutzbare Vergrößerungen“ bezeichnen.

Will man die feinsten Einzelheiten des vom Objektiv entworfenen Bildes normalen Augen mit durchschnittlicher Sehschärfe sichtbar machen, so muß man ein Okular wählen, welches diese Einzelheiten unter einem Sehwinkel von 2 bis 4 Bogenminuten erscheinen läßt. Diese Vergrößerungen bezeichnet man als „förderliche Vergrößerungen“. Ihre obere Grenze (Sehwinkel = 4 Minuten) ermöglicht

¹ Wir folgen hierbei zum Teil den Ausführungen in dem „Mikroskop-Ratgeber“ von A. MAYER-MEGGENHOFEN, Geschäftsstelle des Mikrokosmos (Franckh'sche Verlagshandlung), Stuttgart 1923.

eine besonders „bequeme Beobachtung“, wie sie hauptsächlich für länger dauernde Untersuchungen vorteilhaft ist.

Geht man mit der Okularvergrößerung noch weiter, so werden keinesfalls neue Einzelheiten sichtbar, sondern nur die schon vorher erkennbaren weiter auseinander gezogen. Solche Vergrößerungen bezeichnet man daher als „leere Vergrößerungen“. Die Güte des Bildes wird durch derart starke Okularvergrößerungen herabgesetzt; denn einmal leidet die Tiefenschärfe, und zum anderen werden die

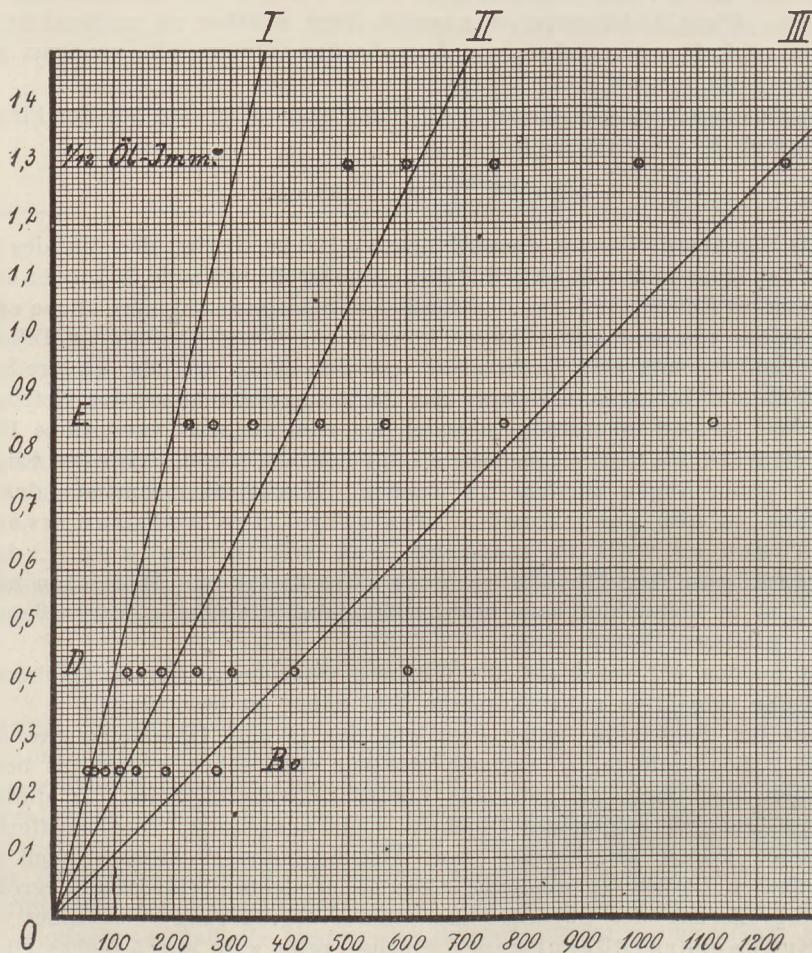


Fig. 2.

Restfehler des Objektivs zu stark vergrößert. Trotzdem ist in manchen Fällen die Verwendung der stärksten Okulare angebracht, so, wenn es sich um die Bestimmung von Formverhältnissen (also z. B. gelegentlich bei der Anfertigung von Zeichnungen) oder um die Abmessung und Vergleichung kleinster Größen handelt. Auch sind die stärkeren Okulare in Verbindung mit höchstwertigen Objektiven wertvoll für aufsetzbare Mikro-Kameras, deren Brennweite kleiner als die deutliche Sehweite ist.

Um die Systemwahl wenigstens annähernd nach den dargelegten Gesichtspunkten vornehmen zu können, genügt es bereits, wenn man sich die einfache ABESCHE Faustregel merkt, daß die förderlichen Vergrößerungen etwa zwischen dem 500 fachen und 1000 fachen des Zahlenwertes der numerischen Apertur des jeweils verwendeten Objektivs liegen.

Will man genauer verfahren, so nimmt man einen Bogen Millimeterpapier und trägt zunächst, wie dies in Fig. 2 geschehen ist, auf der Abszissenachse die Gesamtvergrößerungen und auf der Koordinatenachse die numerischen Aperturen ab.

Für das kleinste bei weißem Licht durch das Objektiv noch aufgelöste Teilchen erhalten wir nach Gleichung (5):

$$\varepsilon = 0,55 \frac{550}{A_0} \text{ m}\mu = \frac{303}{A_0} \text{ m}\mu = \frac{303}{10^6 A_0} \text{ mm.}$$

Aus der deutlichen Sehweite von 250 mm betrachtet, entspricht diese Größe einem Schinkel von

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{3438 \cdot 303}{250 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{A_0} \text{ Bogenminuten} \\ &= 0,0042 \cdot \frac{1}{A_0} \text{ Bogenminuten.} \end{aligned}$$

Durch das Mikroskop mit n -maliger Gesamtvergrößerung betrachtet wird dieser Schinkel:

$$a_n = 0,0042 \cdot \frac{n}{A_0} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

Hieraus ergibt sich:

$$n = A_0 \cdot \frac{a_n}{0,0042} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

Diese Gleichung zeigt uns, daß die Vergrößerung direkt proportional ist einmal der Apertur A_0 des Objektivs, zum anderen dem Schinkel a_n , unter dem wir das kleinste noch aufgelöste Teilchen dem Auge darbieten wollen, bzw. zur Ausnutzung der Objektivauflösung mindestens darbieten müssen. Wir sehen weiter, daß wir eine einfache lineare Beziehung zwischen n und A_0 erhalten, wenn wir für a_n eine bestimmte konstante Größe annehmen.

Das gibt uns die Möglichkeit, in einfachster Weise die Fläche unserer Fig. 2 nach den oben näher charakterisierten Vergrößerungsbereichen zu unterteilen:

1. Von $a_n = 0$ bis $a_n = 1$ Minute haben wir das Gebiet der Suchervergrößerungen; es wird in unserer Fig. 2 nach rechts abgegrenzt von der Geraden 0 I, welche man für $a_n = 1$ erhält durch die Beziehung:

$$n = A_0 \cdot \frac{1}{0,0042} = A_0 \cdot 238.$$

2. Von $a_n = 1$ bis $a_n = 2$ Minuten ist das Gebiet der kleinsten nutzbaren Vergrößerungen; es wird eingeschlossen von der eben gekennzeichneten Geraden 0 I und der Geraden 0 II, die gegeben ist durch:

$$n = A_0 \cdot \frac{2}{0,0042} = A_0 \cdot 476.$$

3. Von $a_n = 2$ bis $a_n = 4$ Minuten erhält man die förderlichen Vergrößerungen. Ihr Bereich liegt zwischen der Geraden 0 II und der Geraden 0 III, welche sich für $a_n = 4$ ergibt durch die Gleichung:

$$n = A_0 \cdot \frac{4}{0,0042} = A_0 \cdot 952.$$

4. Für $a_n > 4$ Minuten erhalten wir die leeren Vergrößerungen, ihr Gebiet befindet sich rechts von der Geraden 0 III.

Um nun festzustellen, in welchem Vergrößerungsbereich irgendeine Kombination von Objektiv und Okular sich befindet, braucht man in Fig. 2 nur auf der durch die Apertur des betreffenden Objektivs gegebenen Wagerechten die der Gesamtvergrößerung der Kombination entsprechende Stelle aufzusuchen. Am besten markiert man in der nach Fig. 2 gefertigten Zeichnung für alle Kombinationen, die man an

seinem Mikroskop vornehmen kann, diese Stellen, wie dies in Fig. 2 für einige Kombinationen von Busch-Mikro-Objektiven und -Okularen geschehen ist. Zweckmäßig ist es, noch die Okularvergrößerungen an die betreffenden Punkte zu schreiben. Macht man dies für alle Kombinationen einer Vergrößerungstabelle, so kann man in dieser die zusammengehörenden Gruppen entsprechend umrahmen, was einen guten Überblick gibt. Die Tabelle zeigt als Beispiel die auf diese Weise bearbeitete Vergrößerungstabelle der achromatischen Systeme der Firma Busch-Rathenow. Die kleinsten nutzbaren Vergrößerungen, bei denen gute Augen eben alle aufgelösten Einzelheiten wahrnehmen können, sind hier durch eine gestrichelte Linie umgrenzt, die förderlichen Vergrößerungen liegen innerhalb der ausgezogenen Linie. Alle Vergrößerungen, die sich rechts von dieser Linie befinden, sind leere Vergrößerungen, diejenigen, die links von der gestrichelten Linie stehen, sind Suchervergrößerungen.

Busch-Achromatische Trockensysteme und $\frac{1}{12}$ -Ölimmersion.

Objektiv-bezeichnung	Eigen-vergrößerung	Numerische Apertur	Okulare							
			5× und E 5×	6×	7,5×	10× und E 10×	12,5×	orth. 17×	E 20×	orth. 25×
a	2	0,10	10	12	15	20	25	34	40	50
Ao	6	0,16	30	35	45	55	70	100	120	150
Bo	11	0,25	55	65	80	110	135	190	220	275
Co	17	0,40	85	100	125	170	210	290	340	385
D	24	0,42	120	145	180	240	300	400	480	600
E	45	0,85	225	270	335	450	560	765	900	1125
F	60	0,85	300	360	450	600	750	1020	1200	1500
$\frac{1}{12}$ -Öl-immersion	100	1,30	500	600	750	1000	1250	1700	2000	2500

Außerdem sind in der Tabelle die nach der ABBESCHEN Faustregel sich ergebenden förderlichen Vergrößerungen unterstrichen. Wie man sieht, decken sie sich praktisch hinreichend mit den umrandeten Werten.

Bearbeitet man auch die Vergrößerungstabellen anderer Firmen in gleicher Weise, so ergibt sich aus allen diesen Tabellen, daß die Kombinationen mit dem 10-fachen Okular im großen und ganzen bei den schwachen Objektiven kleinste nutzbare und bei den mittleren und starken Objektiven förderliche Vergrößerungen ergeben; diese Okularvergrößerung erscheint damit an bevorzugter Stelle, und man könnte sie mit Recht als Normalvergrößerung bezeichnen.

Da Beobachter mit normaler Sehschärfe wenigstens bei den ausschlaggebenden mittleren und starken Objektiven im allgemeinen keine feineren Einzelheiten neu wahrnehmen werden, wenn die Okularvergrößerung über das 10-fache hinaus gesteigert wird, ergibt sich die Regel, daß man beim Aufsuchen der für ein Präparat geeigneten Vergrößerung kein stärkeres als ein 10-faches Okular verwenden soll.

Dieser Regel entsprechend hat man auch nach Möglichkeit bei der Wahl eines Mikroskops zu verfahren. Erfordert z. B. das Untersuchungsgebiet eine maximale Vergrößerung von 150 mal, so wird man als stärkstes Objektiv ein solches von etwa 15-maliger Eigenvergrößerung nehmen; braucht man eine 1000-fache Vergrößerung, so muß man zu einem Instrument greifen, das auch mit Ölimmersion ausgerüstet ist.

Über eine Wechselstrombrücke mit gewöhnlichem Galvanometer.

Von G. I. Pokrowski in Moskau.

Im bekannten Schaltungsschema von KOHLRAUSCH zur Messung des elektrischen Widerstandes von Elektolyten wird gewöhnlich als Meßinstrument ein Telephon- oder Vibrationsgalvanometer verwendet¹. Es kann aber zu demselben Zweck auch ein einfaches Galvanometer Verwendung finden. Damit ein solches Instrument im Fall von Wechselstrom eine Ablenkung von der Nullstellung geben könnte, muß man einen entsprechenden Stromgleichrichter verwenden. Ein Gleichrichter kann am einfachsten in Gestalt eines Kristalldetektors verwirklicht werden. Um die Störung der Potentialverteilung im ganzen Schema zu verhindern, welche durch einen Gleichrichter hervorgerufen werden kann, muß man parallel dem Detektor und Galvanometer einen zweiten Leiter einschalten. Dieser Leiter besteht auch aus einem Gleichrichter und einem Widerstand, welcher gleich dem Widerstande des Galvanometers sein muß. Die beiden Gleichrichter arbeiten dabei in entgegengesetzten Richtungen.

Im Fall, daß Detektoren als Stromgleichrichter verwendet werden, müssen Vorrichtungen getroffen sein, damit diese Detektoren ganz gleich (auf denselben Widerstand) eingestellt werden können. Wie die Figur zeigt, kann diese Einstellung folgendermaßen erreicht werden. Der Umschalter U_2 wird so geschaltet, daß der Strom durch den konstanten Widerstand R_5 geht. Mit Hilfe des Umschalters U_1 werden dann das Galvanometer G , der Widerstand R_4 und der Detektor D_2 und entsprechend die Widerstände R_2 und R_3 und der Detektor D_1 hintereinander geschaltet. Durch die Änderung von R_4 und Verschiebung des Schleifkontakte S auf dem Potentiometer AB wird eine bestimmte Stromstärke im Galvanometer erhalten und der entsprechende Ausschlag abgelesen. Dann wird U_1 so umgeschaltet, daß der Strom durch D_1 , R_1 und G und entsprechend durch D_2 , R_4 , R_2 geht. R_3 wird dann so eingestellt, daß das Galvanometer dieselbe Stromstärke (in entgegengesetzter Richtung) wie bei der ersten Schaltungsweise zeigt. Ist dabei R_2 gleich dem Widerstand des Galvanometers, so müssen die Stromstärken in D_1 und D_2 (durch i_1 bzw. i_2 bezeichnet) einer solchen Gleichung folgen

$$i_1 = -i_2.$$

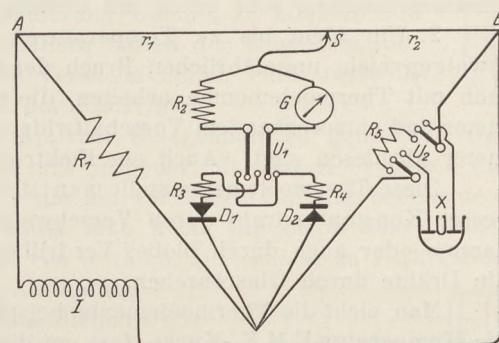
In dieser Weise wird die Wirkung des Gleichrichters D_1 durch D_2 kompensiert. Ist dieses erreicht, so kann man durch Umschaltung von U_2 statt R_5 den zu messenden Widerstand X einschalten und durch Verschiebung von S bei entsprechender Wahl von R_1 das Galvanometer auf Null oder einen Minimalausschlag einstellen. Dann kann X in bekannter Weise erhalten werden. Wie bekannt, ist

$$X = R_1 \frac{r_2}{r_1}.$$

Durch I ist im Schema der Figur die Wechselstromquelle, z. B. eine Induktionsspule, bezeichnet.

Die hier beschriebene Apparatur wurde im Laboratorium für Wegebau der Technischen Hochschule zu Moskau ausgearbeitet. Sie ist zur Messung des elektrischen Widerstandes von Böden im Zusammenhang mit deren Wassergehalt bestimmt. Dem Herrn Direktor des Wegebaulaboratoriums Prof. D. P. KRYNINE spreche ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank aus.

¹ Näheres vgl. z. B. JÄGER, Elektr. Meßtechnik, Leipzig 1917.



Metallographisches Arbeiten in der Schule.

Von Dr. Manfred Mannheimer, z. Z. State University of Iowa, U. S. A.

Zu diesem Thema sind in dieser Zeitschrift bereits zwei Artikel erschienen¹, welche das instruktive und die technische Erkenntnis fördernde metallographische Arbeiten der Schüler behandeln. Es sollen hier einige weitere Bemerkungen hierzu gebracht werden.

1. Unterkühlungserscheinungen, wie sie Herr HOFMANN bei Zinn beschreibt, treten bei Wismut (Schmelzpunkt 268°) in noch viel höherem Maße auf. Auch lassen sich die Ätzversuche des Herrn SCHNEIDER mit Wismut leicht ausführen, da es weit mehr als Zink zur Bildung großer Kristalle neigt. Bei Wismut-Zinn-Legierungen von verschiedenem Mischungsverhältnis lässt sich die Änderung des Kristallgefüges mit der Zusammensetzung sehr schön mit bloßem Auge erkennen.

2. Um nicht bis zu Temperaturen von nur 360° beschränkt zu sein und um etwaigen nicht ungefährlichen Bruch der Quecksilberthermometer zu vermeiden, sollte man mit Thermoelementen arbeiten, die mit dem wohl überall vorhandenen Galvanometer und entsprechendem Vorschaltwiderstand oder mit einem hochohmigen Millivoltmeter abzulesen sind. Auch ein Elektrometer könnte verwandt werden.

Diese Thermoelemente stellt man sich aus einem Kupfer- und einem Eisen- oder besser Konstantandraht durch Verschweißen der Enden in der Leuchtgas-Sauerstoffflamme oder auch durch bloßes Verdrillen der gereinigten Enden her. Isoliert werden die Drähte durch Glasröhrchen.

Man eicht die Thermoelemente bei 0° und bei 100° und extrapoliert einfach, da die Temperatur-E.M.K.-Kurve fast gradlinig verläuft. Für die kalten „Lötstellen“ zieht man jedesmal die Zimmertemperatur ab.

3. Leicht lassen sich auch die Mischungswärmen der Metalle demonstrieren. Bekanntlich ergeben Metalle, die eine chemische Verbindung miteinander bilden, beim Vereinigen eine Erwärmung, sich nur ineinander physikalisch lösende Metalle im allgemeinen eine Abkühlung.

Die Erwärmung weist man mit Quecksilber und einem kleinen Stückchen Natrium nach, indem man das Natrium im Quecksilber mit einem Glasstäbe untertaucht. Die Abkühlung zeigt man mit Blei und Zinn. Man schmilzt das Blei in einem Reagenzrohre, das zur besseren Wärmeisolation mit einem Propfen aus gerolltem Astbest-papier in einem weiteren Reagenzrohre nach Art eines Kalorimeters befestigt ist. In einem engeren dünnwandigen Reagenzrohr, das in das Blei hineintaucht, wird das Zinn geschmolzen und mit einem Thermometer oder Thermoelemente die Temperatur im Zinn gemessen. Ist die Temperatur konstant geworden, so stößt man mit dem Thermometer oder dem Isolierröhrchen des Thermoelementes den Boden des dünnwandigen Reagenzrohres durch. Die Abkühlung ist am größten, wenn sich die Gewichte Blei zu Zinn etwa wie die Atomgewichte verhalten, d. h. ungefähr wie 2:1. Die Abkühlung beträgt ungefähr 20° bis 30°.

4. Anschaulich lässt sich die Änderung des elektrischen Widerstandes bei reinen Metallen und Legierungen mit der Temperatur zeigen. Man nimmt hierzu einen dünnen Kupfer- bzw. Messingdraht, den man um ein Thermometer wickelt. Der elektrische Strom erwärmt den Draht, der Widerstand wird aus dem gemessenen Strom und der Spannung berechnet.

Für die Praxis.

Fallversuche mit dem Küppersschen Rohr. Von K. Schliebener in Lüdenscheid.— Fallversuche verschiedener Art ohne große Vorbereitungen, zum Teil für Schülerübungen hervorragend geeignet, gestattet ein nach dem Küppersverfahren gezogenes

¹ FRIEDRICH HOFMANN, 39, 165; 1926. MAX SCHNEIDER, 40, 175; 1927.

Glasrohr¹ von etwa 16 mm konstantem Durchmesser nebst dazu passender Stahlkugel von etwas geringerem Radius.

1. Hat man beide Enden der Röhre mit durchbohrten Stopfen versehen, um das Herausfallen der Kugel zu vermeiden, so beobachtet man beim Vertikalhalten des Rohres, daß die Kugel das Rohrinnere ungehindert durchfällt, also keine merkliche Reibung an der Wandung erfährt.

2. Verschließt man dagegen ein Röhrenende mit einem undurchbohrten Stopfen, so beobachtet man den Fall der Kugel im widerstehenden Mittel mit einer Geschwindigkeit von 0,78 bis 0,80 cm/sec (Fig. 1).

3. Mit Vorteil kann man bei der Erörterung des 3. Fallgesetzes nach Ausführung des vorigen Versuches das Rohr evakuieren (lange, gut bewegliche Schlauchverbindung, um das Rohr ohne Behinderung wenden zu können) und schon während des Pumpens das immer schnellere Fallen der Kugel im luftverdünnten Raume beobachten lassen. Diese Versuche bilden eine wertvolle Ergänzung zu dem üblichen Experiment mit der Fallröhre.

4. In den Schülerübungen bietet der Apparat Gelegenheit zu genaueren Geschwindigkeitsmessungen mit Spiegelmaßstab und Stoppuhr. Ist das Rohr gegen die Horizontale um den Winkel α geneigt und v die bei vertikaler Haltung beobachtete Fallgeschwindigkeit der Kugel (Fig. 2), so findet man leicht die empirische Formel $v_\alpha = v \cdot \sin \alpha$. Bei der ziemlich geringen Zahl von Geräten, die weniger zu Verifikation und Konstantenbestimmung als vielmehr zur Auffindung von Formeln auf dem Wege des Experiments dienen, wird man diese einfache Untersuchung in den Schülerübungen gern vornehmen lassen. Die obige Formel führt zu der Vorstellung, daß der Widerstand, den die Kugel erfährt, ihrer Geschwindigkeit — nicht wie bei dem bekannten GRIMSEHL'schen Gerät² dem Geschwindigkeitsquadrat — proportional ist. Es handelt sich um den Bereich der sog. schleichenen Bewegung.

5. Man wird sich nicht auf die Untersuchungen mit luftgefüllter Röhre beschränken und auch leicht erhältliche Gase wie Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Leuchtgas heranziehen. Es ist dann auf gute Trocknung und Reinigung des Gases zu achten. Notwendig ist auch gasdichtetes Verschließen beider Rohrenden. Man wird sich im allgemeinen mit tabellarischer und graphischer Darstellung der Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Dichte des Mittels begnügen. Es liegt aber nahe, diese Untersuchungen auch auf flüssige, widerstehende Mittel auszudehnen. Wasser im abgekochten (luftfreien) Zustande ist als Füllung geeignet, ebenso Alkohol, Äther, Olivenöl, Paraffinöl. Man erhält Geschwindigkeiten in der Größenordnung von 0,01 cm/sec. Sorgfältigste Reinigung der Röhre und der Kugel nach jeder Experimentierstunde ist bei diesen Messungen besonders wichtig. Während sonst das obere Ende der Röhre während der Messung offen bleibt, empfiehlt sich bei Äther das Überstülpen eines kleinen Becherglases (Fig. 3).

6. Das Reinigen der Röhre geschieht am besten zunächst durch Waschen mit Alkohol und Äther, dann nach dem Trocknen durch Hin- und Herziehen eines dicken Wattebausches (Fig. 4) mit Hilfe eines Bindfadens, der schließlich vor dem endgültigen Herausziehen kurz oberhalb des Putzpolsters abgeschnitten wird (Fig. 5), weil sonst der zurückgezogene Faden im Rohre Fasern zurückläßt.

Eine Folge von Versuchsergebnissen soll gelegentlich veröffentlicht werden.

¹ In etwa 55 cm Länge von der Firma E. Leybolds Nachfolger A.G. erhältlich.

² GRIMSEHL, Lehrbuch der Physik, I. Bd. 1923. S. 207.

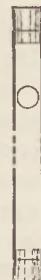


Fig. 1.

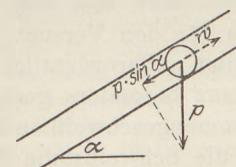


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

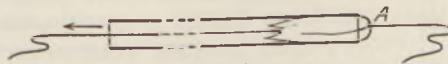


Fig. 5.

Herstellung wirksamer Thermoelemente. Von Studienrat G. Kerzdörfer in Kaiserslautern. — Sehr wirksame und dabei billige Thermoelemente aus Konstantan-Kupfer lassen sich leicht auf folgende Art herstellen:

Aus 1 bis 2 mm dickem Kupferdraht und ebenso starkem Konstantandraht (aus alten Bogenlampenwiderständen gelegentlich von Elektrizitätswerken umsonst oder billig erhältlich, auch von Schniewindt, Neuenrade i. W., zu beziehen) schneidet man 30 cm lange Stücke, die gerade gerichtet werden. Dann umwickelt man sie paarweise mit Draht, so daß sie in paralleler Lage gut zusammengehalten werden. Die Vereinigung der Enden geschieht nicht durch Löten, sondern mit Hilfe der Bogenlampe des Projektionsapparates durch Zusammenschmelzen. Es ist dabei aber unbedingt nötig, die Augen durch stark berußte oder farbige Glasscheiben zu schützen, von denen man u. U. mehrere aufeinandergelegt in einem Stativ festhalten und vor der Bogenlampe aufstellen kann. Nachdem der Lichtbogen auf etwa 3 mm auseinandergezogen ist, wärmt man die beiden aneinanderliegenden Enden der Drähte, die man zweckmäßig an einem über die anderen Enden geschobenen durchbohrten Kork hält, über dem Lichtbogen vor und taucht sie rasch in Boraxpulver. Hierauf bringt man sie wieder in den Lichtbogen, den Cu-Draht obenauf. Bei richtiger Haltung der Drähte zwischen den beiden Kohlen schmelzen die beiden Enden unter starkem Zischen und Bildung eines Tropfens der geschmolzenen Metalle rasch und sicher zusammen. Nach dem Erkalten entfernt man noch anhaftenden Borax durch Schaben oder leichtes Hämmern, gibt der Schweißstelle mit der Feile eine glatte und saubere Oberfläche und entfernt dann erst den Bindedraht. Schließlich kann man den Drähten durch Biegen die für den Versuch geeignete Form geben. Die so hergestellten Thermoelemente sind außerordentlich widerstandsfähig und dauerhaft und daher für Schülerübungen ganz besonders geeignet. Ich habe die beiden Drähte so gebogen, daß die nicht zusammengeschweißten Enden gerade in die Klemmen des Galvanometers passen und unter die Schweißstelle der Bunsenbrenner gestellt werden kann.

Diese kann unbedenklich mit dem Brenner auf Rotglut erhitzt werden; demgemäß ist der Ausschlag am Galvanometer außerordentlich kräftig.

Ein Vorzug der beschriebenen Methode des Schweißens ist die große Sicherheit und Schnelligkeit des Arbeitens. Wenn die Drähte entsprechend vorgerichtet sind, ist die Schweißarbeit für 10 Elemente in $\frac{1}{4}$ Stunde beendet.

Man kann mit Hilfe der Bogenlampe auch ganze Serien von Einzelementen dauerhaft verschmelzen; überhaupt ist die Bogenlampe des Projektionsapparates für Verschweißung von Metalldrähten fast jeder Art und auch zur Herstellung von Quarzfäden recht gut geeignet.

Eine einfache, billige Ozonröhre. Von Friedrich Hofmann in Altenburg/Thür. (Oberrealschule). — Seit etlichen Jahren werden Ozoninhaltatoren für Hochfrequenz-



apparate fabrikmäßig hergestellt. Diese Ozonröhren sind mit Vorteil im Schulunterricht für die Herstellung von Ozon (O_3) zu verwenden. Die Figur zeigt die Röhre im Maßstab 1:8. Der innere Glaskörper ist auf einen Druck von etwa 2 mm Hg evakuiert und am Ende mit einer Elektrodenkappe versehen. Hier wird isoliert der eine Pol eines gewöhnlichen Funkeninduktoriums mittlerer Größe angeschlossen; der andere Pol wird zu einer leicht angedrückten, breiten, rundherum gelegten Metallbelegung außen an das weite Glasrohr geführt. Das seitliche Ansatzrohr dient zur Zuführung des Luft- oder Sauerstoffstromes; das ozonierte Gas entweicht dann bei Ingangsetzung des Induktoriums durch die obere Öffnung. Nach den ausführlichen Angaben von MANCHOT und KAMPSCHULTE¹ wird beim Durchleiten von Sauerstoff auf einem Silberblech, das oben auf die Öffnung gelegt wird, schnell Silberperoxyd gebildet. Auch alle

¹ Vgl. ARENDT-DOERMER, Technik der Experimentalchemie, 5. Aufl. S. 483 u. 484 (1925).

anderen Schulversuche mit Ozon gelingen bei Benutzung der Ozonröhre, betrieben durch ein Funkeninduktorium, gut. Bei Benutzung der handlichen und betriebsichereren Hochfrequenzapparate des Handels ist die Verwendung der beschriebenen Ozonröhre im Unterrichte natürlich noch einfacher.

Die Röhre ist von der Firma Süß & Böttger, Altenburg/Thür., Leipziger Straße, Ernstkaserne, für 3 RM einschließlich Verpackung und Porto zu beziehen.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über neuere experimentelle Untersuchungen zur Relativitätstheorie. Bericht von R. PYRKOSCH in Breslau.

I. Der Michelsonversuch von D. C. MILLER auf dem Mount Wilson. (Vgl. Phys. Rev. 1922, S. 407, Amer. Journ. of Science 24, S. 341, D. C. MILLER, „Ether-Drift Experiments at Mount Wilson“ Proc. Nat. Acad. Science 11, S. 306.)

Es sei zunächst an den Versuch von MICHELSON kurz erinnert (vgl. z. B. BORN, Relativitätstheorie, 1. Aufl., S. 156): Eine Lichtquelle sendet Licht auf eine halbdurchlässige Platte. Fällt ein Strahl etwa im Punkte O auf, so wird er in zwei Bestandteile zerlegt, die senkrecht zueinander bis zu den Spiegeln S_1 und S_2 laufen, von denen sie in sich selbst zurückgeworfen werden, um sich an der Platte wieder zu vereinigen. Sie treten dann in ein Fernrohr ein, in dem sie interferieren. Wenn die beiden Arme OS_1 und OS_2 dieselbe Länge l haben und der eine in die Richtung der Bewegung der Erde um die Sonne gestellt ist, so haben die beiden Strahlen nach der FRESNELSchen Theorie vom ruhenden Äther einen Gangunterschied $\frac{l}{c} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^2$, wo $v = 30$ km/sec die mittlere Geschwindigkeit der Erde und c die Lichtgeschwindigkeit ist. Dreht man also den Apparat um O um 90° , so daß der andere Arm in die Richtung der Erdbewegung kommt, so müssen die Interferenzstreifen eine Verschiebung erfahren, die einem doppelt so großen Gangunterschied entspricht und in Bruchteilen der Wellenlänge λ oder der Streifenbreite gleich $\frac{2l}{\lambda} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^2$ ist.

Da die beiden Arme OS_1 und OS_2 in einer horizontalen Ebene liegen, ist es im allgemeinen nicht möglich, einem von ihnen die Richtung der Erdbewegung zu geben, und der Ausdruck für die Streifenverschiebung wird $\frac{2l}{\lambda} \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos 2\beta$, wo α der Winkel ist, den die Erdgeschwindigkeit mit der Vertikalen bildet, und β der Winkel zwischen ihrer Horizontalkomponente und einem der beiden Arme OS_1 , OS_2 .

Das Ausbleiben dieser Verschiebung bei dem von MICHELSON und MORLEY 1887 ausgeführten Versuch gab den Anstoß zur Relativitätstheorie (vgl. zum folgenden JOOS: Neues Material für und wider die Relativitätstheorie, Phys. Zeit-

schrift 27, S. 1.). MORLEY und MILLER wiederholten den Versuch 1904 und 1905 mit einer wesentlich vergrößerten Apparatur, bei der die Länge eines Armes 32 m betrug. Auch hier lag der Effekt innerhalb der Grenze der Beobachtungsfehler und tief unter dem oben angegebenen Werte, so daß das Ergebnis als negativ angesehen werden mußte. Mit demselben Apparat hat nun D. C. MILLER 1921 den Versuch auf dem 1800 m hohen Mount Wilson wiederholt und zur größten Überraschung eine Streifenverschiebung vom dritten Teil des ursprünglich erwarteten Betrages gefunden. Dieses Ergebnis wurde zunächst auf Beobachtungsfehler zurückgeführt, und man baute den Apparat bei sorgfältiger Vermeidung von Eisen um, um etwaige magnetische Störungen zu beseitigen. Aber auch dann ergab sich die Streifenverschiebung wieder. Der Apparat wurde nun in die Ebene nach Cleveland gebracht, wo 1922 und 1923 zahlreiche Beobachtungen angestellt wurden, die sämtlich negativ ausfielen. Vom September 1924 an wurden die Beobachtungen wieder auf dem Mount Wilson, aber an anderer Stelle, aufgenommen. Der Effekt war abermals vorhanden und von ungefähr derselben Größe wie 1921. Ebenso verhielt es sich im März und April 1925, wo die längste Meßreihe mit 1600 Einzelmessungen durchgeführt wurde.

Es schien also, als ob die alte Theorie von STOKES Recht behielte, nach der der Äther an der Oberfläche der Erde von ihr mitgeführt wird, in großer Entfernung von ihr dagegen sich im Mittel gegen sie in Ruhe befindet. Indessen war die rasche Zunahme der Äthergeschwindigkeit gegen die Erde mit der Höhe bedenklich, die sich daraus ergeben würde, daß bereits in 1800 m Höhe die Streifenverschiebung den dritten Teil des vollen Betrages ausmachte. Noch verdächtiger ist die Tatsache, daß der Effekt zu den verschiedenen Jahreszeiten nicht merklich verschieden gefunden wurde, sondern nur durch die Sternzeit bedingt erschien. Ebenso wie nämlich oben die Streifenverschiebung durch den Winkel der Horizontalkomponente der Erdgeschwindigkeit mit einem der Arme des Apparats und die Größe der Horizontalkomponente ausgedrückt wurde, kann man umgekehrt aus den Beobachtungen auf die Größe und Richtung dieses Vektors oder des gleichen und entgegengesetzten, des sog. Ätherwindes, schließen. Käme nun für diesen nur die Bewegung der Erde um die Sonne in

Frage, so ist der Punkt am Himmel, aus dem er weht, leicht anzugeben, indem man nämlich von dem jeweiligen Stande der Sonne in der Ekliptik in dieser um 90° weitergeht. Dieser Punkt liegt also zu verschiedenen Jahreszeiten an ganz verschiedenen Stellen des Himmels, was sich auch in den Beobachtungen der Streifenverschiebung widerspiegeln müßte. Dieser Einwand würde aber sehr an Bedeutung verlieren, wenn für den Ätherwind nicht nur die Bewegung der Erde um die Sonne in Betracht käme. In der Tat ist seit langer Zeit eine Bewegung des Sonnensystems gegen die Fixsterne bekannt, deren Apex mit einer Rektaszension $\alpha = 270^\circ$ und einer Deklination $\delta = +32^\circ$ und deren Geschwindigkeit zu 20 km/sec angenommen wird. Ferner hat aber STRÖMBERG unter der Voraussetzung, daß die Spiralnebel fernste, unserem Milchstraßen-system koordinierte Weltsysteme sind, aus dem bei ihnen festgestellten Dopplereffekt berechnet, daß unser Milchstraßen-system sich gegen die anderen Systeme mit einer Geschwindigkeit von 300 km/sec gegen einen Apex $\alpha = 320^\circ$, $\delta = +65^\circ$ bewegt (vgl. auch COURVOISIER: Über die Translationsbewegung der Erde im Lichtäther, Phys. Zeitschr. 28, S. 674.) Diese Bewegung würde die der Erde um die Sonne so beträchtlich überwiegen, daß die Unabhängigkeit des Ätherwindes von der Jahreszeit begreiflich wäre. Ferner würde auch die rasche Zunahme der Äthergeschwindigkeit mit der Höhe, wie sie sich auf dem Mount Wilson zeigte, nicht mehr so unwahrscheinlich sein.

Die Streifenverschiebung würde dann im wesentlichen nur eine Veränderung durch die Drehung der Erde um ihre Achse erfahren und eine periodische Funktion der Sternzeit sein. Trägt man also auf der Abszissenachse die Sternzeit, auf der Ordinatenachse die Azimute der Äthergeschwindigkeit ab, so müßte sich eine sinusartige Kurve ergeben, die ebenso hoch über die x -Achse steigt, wie sie unter sie herabgeht. Dies wird recht klar aus einer Bemerkung von H. A. LORENTZ (vgl. VAN DANTZIG: Michelsonversuch und Relativitätstheorie, Math. Annalen 96, S. 279): Nehmen wir an, es gäbe eine absolute Äthergeschwindigkeit, die eine feste Richtung gegen die Fixsterne habe. Dieser Vektor würde dann in Bezug auf die Erde im Laufe eines Tages einen Drehkegel um die Himmelsachse beschreiben. Seine Horizontalkomponente durchliefte also ein ebenes Vektorbüschel, das symmetrisch läge zur Projektion der Himmelsachse auf die Horizontalebene, d. h. zur Richtung Nord-Süd. Im Mittel über einen siderischen Tag müßte also der Vektor die Richtung Nord-Süd haben. Das ist nun aber nicht der Fall bei einer Kurve, die die Beobachtungen MILLERS an einem Sternentage wiedergibt (vgl. J. WEBER, Der Michelsonversuch von D. C. MILLER auf dem Mount Wilson, Phys. Zeitschrift 27, S. 5, Fig. 3, wo eine eingehende Kritik zu finden ist). Sie ist zwar leidlich sinussähnlich, erfüllt aber nicht die Bedingung, sich gleich weit oberhalb und unterhalb der x -Achse zu erstrecken. Die mittlere Richtung der horizontalen Vektoren ergibt sich aus der Kurve

nicht als die von Nord nach Süd, sondern bildet einen Winkel von mindestens 40° mit dem Meridian.

Nach alledem erscheint es doch möglich, daß unbekannte Fehlerquellen bei den Versuchen von MILLER einen Effekt vorgetäuscht haben, der mit der Bewegung der Erde im Weltraume nichts zu tun hat. Welche Veränderungen an der Relativitätstheorie vorgenommen werden müßten, wenn sich der Effekt als echt erweisen sollte, ist in der schon oben erwähnten Abhandlung von VAN DANTZIG auseinandergesetzt. Hier kann aus Mangel an Raum nicht darauf eingegangen werden.

Im Gegensatz zu den experimentellen Ergebnissen von MILLER stehen Versuche, die von PICCARD und STAHEL ausgeführt worden sind (vgl. Naturw. 14, 935; 1926; 15, 140; 1927; 16, 25; 1928). Diese Forscher haben im Juni 1926 einen Ballonaufstieg unternommen und den Michelsonversuch im Ballon in einer Höhe von 2500 m ausgeführt. Sie haben dabei festgestellt, daß Messungen mit dem Interferometer im Freiballon möglich sind. Das Ergebnis, das durch ungünstige Temperaturverhältnisse in der Genauigkeit etwas beeinträchtigt wurde, war negativ. Nachdem auch sorgfältig im Laboratorium ausgeführte Versuche negativ verlaufen waren, haben PICCARD und STAHEL schließlich im September 1927 den Michelsonversuch auf dem Rigi angestellt in einer Höhe, die der des Mount Wilson ungefähr entsprach. Auch bei dieser Gelegenheit ließ sich keine Spur eines Ätherwindes feststellen.

2. Der Versuch von MICHELSON und GALE.

Während es sich bei den bisher besprochenen Versuchen um einen Effekt handelte, der durch die Translation der Erde hervorgerufen werden sollte, soll nunmehr ein Versuch erwähnt werden, der sich auf die Rotation der Erde und ihren etwaigen Einfluß auf optische Vorgänge bezieht. Er ist von MICHELSON und GALE im Jahre 1925 angestellt worden und kann als ein Gegenstück zum FOUCALTSchen Pendelversuch betrachtet werden (vgl. NATURE, April 1925, S. 566; RUNGE: Äther und Relativitätstheorie, Naturw. 1925, S. 440; FREUNDLICH: Der MICHELSONSche Versuch über den Einfluß der Erdrotation auf die Fortpflanzung des Lichtes, Naturw. 1925, S. 485).

Das Prinzip ist einfach folgendes: Ein Lichtstrahl wird nach der Interferometermethode durch eine halbdurchlässige Platte in zwei Bestandteile zerlegt, die in entgegengesetzten Richtungen durch Spiegel um eine gewisse Fläche geleitet und nach einmaligem Umlauf zur Interferenz gebracht werden. Wenn der Äther im Sinne der Theorie von STOKES an der Drehung der Erde teilnahme, so könnten die beiden Strahlen dabei offenbar keinen Gangunterschied aufweisen. Die Beobachtungen ergaben aber einen, der im Einklang war mit der Annahme von FRESNEL, daß die Erde sich im ruhenden Äther dreht.

Um diesen Gangunterschied, der sich wieder in einer Verlagerung der Interferenzstreifen kundgibt, zu berechnen, nehmen wir mit FREUNDLICH

der Einfachheit halber an, daß der Versuch an einem Pole angestellt und das Licht in einem Kreise herumgeführt werde. Beide Strahlen gehen von einem Punkte O aus, in dem sie sich wieder vereinigen. Zum Umlauf braucht jeder

die Zeit $\frac{2\pi r}{c}$, während deren der Punkt O die

Strecke $\frac{2\pi r}{c} \cdot rw$ zurücklegt, wo r den Radius

der Kreisbahn, w die Winkelgeschwindigkeit der Erde und c wieder die Lichtgeschwindigkeit bedeuten. Er kommt dabei dem einen Strahl entgegen und muß dem anderen nacheilen, so daß der mit der Wellenlänge λ des Lichts als Einheit

gemessene Gangunterschied gleich ist $\frac{4\pi r^2}{\lambda c} \cdot w =$

$\frac{4Jw}{\lambda c}$, wo J den von der Umlaufbahn um-

schlossenen Flächeninhalt bedeutet. An einem Orte mit der geographischen Breite φ ist dieser Betrag wie beim FOUCALTSchen Pendelversuch

mit $\sin \varphi$ zu multiplizieren. Da $\frac{w}{c}$ in dem Ausdruck

für den Gangunterschied nur im ersten Grade vorkommt, ergibt sich derselbe Ausdruck auch auf Grund der Relativitätstheorie (vgl. z. B. M. BORN I. c. S. 149). Dies ist direkt von RUNGE in der oben zitierten Abhandlung gezeigt worden.

Bei der MICHELSONSchen Versuchsanordnung war die Bahn der Lichtstrahlen ein rechteckiges Röhrensystem $A F E D$ von 700 m Länge und 400 m Breite, das von einer 50 pferdigen Pumpe auf etwa 10 mm Druck ausgepumpt werden konnte. An den Ecken unter 45° angebrachte Spiegel ließen das Licht einer Bogenlampe das Rechteck im Sinne oder Gegensinne der Erdumdrehung umlaufen. Statt des Rechtecks $A F E D$ konnte aber auch ein anderes $A B C D$ benutzt werden, wobei $B C$ eine der Röhre $A D$ so benachbarte war, daß der Flächeninhalt des Rechtecks $A B C D$ vernachlässigt werden konnte, so daß die Interferenzstreifen beim Umlaufen dieses Rechtecks sich in der Nullage befanden. Die 269 Einzelmessungen lieferten als Mittelwert der Verschiebung $0,230 \pm 0,005$, während sich aus dem obigen Ausdruck ergibt $0,236 \pm 0,002$, was eine befriedigende Übereinstimmung bedeutet.

3. Die Versuche von HARRESS, SAGNAC und POGANY.

Auf einer ähnlichen theoretischen Grundlage wie der Versuch von MICHELSON und GALE beruhen Versuche, die 1911 von HARRESS, 1913 von SAGNAC ausgeführt und neuerdings von POGANY wiederholt worden sind (POGANY: Über die Wiederholung des HARRESS-SAGNACschen Versuchs; Ann. der Physik 80, S. 217). Bei dem Versuche von HARRESS (wir folgen der Darstellung von POGANY I. c., doch vgl. auch O. KNOFF: Die Versuche von F. HARRESS, Naturw. 1920, S. 815) laufen auf dem Umfang eines Polygons in einem durchsichtigen Medium, etwa Glas, zwei kohärente Lichtbündel in entgegengesetzten Richtungen herum. Nach ein-

maligem Umlauf werden sie zur Interferenz gebracht. Die so entstehende Lage der Interferenzstreifen heißt die Nullage. Rotiert das Polygon um eine zu seiner Ebene senkrechte Achse, die vom Lichtwege umschlossen wird, mit der Winkelgeschwindigkeit w , und ist sein Flächeninhalt gleich J , so verschieben sich die Interferenzstreifen gegen die Nullage um den in Wellenlängen oder Streifenbreiten gemessenen Betrag $\Delta = \frac{4wJ}{\lambda \cdot c}$, wie bei dem Versuch von MICHELSON und GALE. Daß die Art des Mediums dabei gleichgültig ist, läßt sich mit dem FRESNELSchen Mitführungscoeffizienten erklären (vgl. KNOFF I. c.), der mit der Relativitätstheorie bekanntlich in Übereinstimmung ist. Die Wellenlänge λ und die Lichtgeschwindigkeit c beziehen sich also auf das Vakuum.

HARRESS verwendete einen aus 10 Prismen zusammengesetzten Glaskörper. Das Licht trat während einer Umdrehung in zwei entgegengesetzten Azimuten von der Achse her in den Prismenkranz ein, durchlief ihn unter Reflexion an den äußeren Prismenflächen zur einen Hälfte in der einen, zur zweiten in der anderen Richtung und trat nach der Achse zu aus dem Prismenkranze wieder aus. Nach der Wiedervereinigung gelangten die Strahlen in die photographische Kamera, die fest aufgestellt war, so daß während einer Umdrehung nur in zwei Azimuten, also sehr wenig Licht in die Kamera fiel. Die in dieser erzeugte Interferenzerscheinung war infolgedessen so lichtschwach, daß nur mit Bogenlicht gearbeitet werden konnte. Bei seinen Versuchen konnte HARRESS etwa 750 Touren pro Minute verwenden, wobei sich $\Delta = 0,2$ ergab; die Streifen verschoben sich also bei Linksdrehung gegen ihre Lage bei Rechtsdrehung um $2\Delta = 0,4$ Streifenbreiten. Die einzelnen Messungen zeigten bei HARRESS untereinander noch Abweichungen der Δ von 10 bis 18%. Deshalb wurden die Versuche von POGANY im Jenaer Zeißwerk wiederholt, das wie schon bei HARRESS die Mittel dazu hergab und die Apparate herstellen ließ. Um monochromatisches Licht zu verwenden, wurde statt der gewöhnlichen Bogenlampe eine Quarzquecksilberlampe verwendet, ihr Licht aber längs der Drehachse so geleitet, daß es dauernd in den Apparat und nicht nur in zwei Azimuten während der Rotation eintrat. Die photographische Kamera wurde wie schon bei SAGNAC so eingebaut, daß sie an der Rotation teilnahm. Da die HARRESSschen Prismen sich nicht bewährten, wurde auf sie verzichtet und die Anordnung von SAGNAC gewählt, bei der das Licht seine Bahn in der Luft zurücklegt und die Reflexion an Spiegeln erfolgt. Um die Zahl der spiegelnden Flächen möglichst zu beschränken, wurden nur 4 unter 45° reflektierende Spiegel an den Ecken eines Quadrats von 35,3 cm Seitenlänge benutzt, wobei auf ihre Befestigung an dem rotierenden Stahlringe die größte Sorgfalt verwendet wurde. Der Apparat wurde mit fliegender Welle gebaut, an deren Ende die Turbine befestigt war, und in einem Betonklotz im Kellerraum des Wolkenkratzers

der Zeißwerke untergebracht. In dem obersten Stockwerk befand sich der Wasserbehälter, so daß der Druck $4\frac{1}{2}$ Atmosphären betrug und Umdrehungszahlen bis zu 2000 pro Minute benutzt werden konnten. Zur Messung der Drehgeschwindigkeit wurden auf einem Chronographenstreifen jede 100. Drehung des Apparats und die Sekunden signale der Sternwarte registriert.

Die Abweichungen zwischen den einzelnen beobachteten Werten von 4 und ihrem Mittelwert waren jetzt durchgängig kleiner als 2%; dieser letztere war z. B. bei einer Umdrehungszeit von 0,04 Sternzeitsekunden 0,917, der auf Grund des obigen Ausdrucks berechnete gleich 0,906.

Die Gefährlichkeit des Quecksilbers und der Amalgam-Zahnfüllungen¹. In einem längeren Aufsatz weist Prof. A. STOCK in Karlsruhe i. B. erneut auf diese Gefahren hin (Zeitschr. f. angew. Chemie **41**, 663; 1928; vgl. seine früheren Aufsätze in derselben Zeitschrift, **39**, 461 und 984; 1926). Wir entnehmen diesen Ausführungen folgendes. Wo Quecksilber benutzt wird, läßt es sich auch bei der größten Vorsicht nicht vermeiden, daß das Metall gelegentlich verspritzt wird, sich als feinster Staub weithin verbreitet und nur langsam, im Verlaufe von Monaten und Jahren, unwahrnehmbar verdampft. Schon kleine Mengen des gasförmigen Metalls vermögen aber bei genügend langer Einwirkung auf den Menschen diesen zu schädigen, und selbst wenn der Gehalt der Luft nur einige Tausendstel Milligramm im Liter beträgt (im Sättigungszustand enthält 1 l Luft bei Zimmertemperatur 0,010 bis 0,020 mg Quecksilber), kann dauernder Aufenthalt in ihr zu Gesundheitsstörungen führen. Der Lehrer in Physik oder in Chemie, der einen großen Teil des Tages in den betreffenden Unterrichtsräumen verbringt, ebenso, wenn auch wegen des kürzeren Aufenthaltes in ihnen in geringerem Grade, seine Schüler sind mithin durch den Quecksilberdampf der Luft mehr oder weniger gefährdet, und jeder Experimentator sollte daran denken, wie gefährlich das Quecksilber ist und es deshalb sorgfältiger behandeln, als es gewöhnlich geschieht, zumal die Schädigung durch kleine Mengen Quecksilberdampf allgemein erfolgt und nicht an eine besondere und seltene Quecksilberempfindlichkeit geknüpft ist. — Bei der leichten Form der chronischen Quecksilbervergiftung sind etwa die folgenden 4 Stufen der Symptome zu erkennen: 1. Stufe: Müdigkeit, erschwertes Sich-aus-dem-Bett-Finden, leicht verminderte geistige Arbeitslust und -kraft; 2. Stufe: Verstärkte geistige Mattigkeit, Unlust, Mißmut, Gereiztheit, verringertes Gedächtnis, Kopfdruck; 3. Stufe: Benommenheit, Kopfschmerz, unruhiger Schlaf, Lebensunlust, Menschenscheu, Speichelfluß, chronischer Schnupfen, Katarrhe, Halsentzündungen,

¹ Vgl. den Bericht von W. HUMMEL, Die Gefahren des Quecksilberdampfes und die Bestimmung kleiner Quecksilbermengen; diese Zeitschr. Bd. 40, S. 177; 1927.

Entzündungen des Zahnfleisches und der Mundschleimhaut, Bluten beim Zähneputzen, Bildung von „Zahnfleischtaschen“, vorübergehende Lockerung der Zähne, nervöse Herzunruhe, Magenbeschwerden, Appetitlosigkeit, plötzliche Durchfälle, Darmblutungen und -schmerzen; 4. Stufe: Schwere eiterige Katarrhe und Halsentzündungen, Geschwüre im Mund und am Zahnfleisch, Verlust von Zähnen, rheumatisches Reiben, Hautausschläge, starke Durchfälle, quälender Kopfschmerz, Gehör- und leichte Sprechstörungen, schwere Depressionen, Gedächtnislosigkeit. In der Regel bleiben dabei, wenigstens im Anfang, Aussehen und Körpergewicht verhältnismäßig gut. Charakteristisch ist das Schwanken anfangs zwischen Wohlbefinden und Beschwerden, später im Grade der Erscheinungen, wobei manchmal die Verschlechterung plötzlich und ohne erkennbare Ursache eintritt. Besonders schwierig ist die klinische Erkennung der Quecksilbervergiftung, solange sie sich noch in den ersten Stadien befindet. Das wertvollste diagnostische Hilfsmittel bleibt immer die Untersuchung der körperlichen Ausscheidungen (Speichel, Harn, Kot) auf Quecksilber. Die Heil- und Schutzmaßnahmen der Quecksilbervergiftung bestehen vor allem darin, daß alle Quellen verstopft werden, aus denen dem Patienten neue Quecksilbermengen zufließen können, d. h. die Menge des Quecksilberdampfes in der Luft ist auf einen unschädlichen Betrag herabzumindern. Dies geschieht zunächst durch Anwendung von mehr Vorsicht beim Arbeiten mit Quecksilber oder mit Apparaten, die das Metall enthalten. Insbesondere darf Quecksilber in Gefäßen nicht unbedeckt stehen bleiben; es darf nur über gut wirkenden Abzügen, deren Platten aus Schiefer bestehen und mit umlaufenden Rinnen versehen sind, erhitzt werden; beim Hantieren mit Quecksilber sind stets Schalen unterzustellen, die verschüttetes Quecksilber aufnehmen; verspritztes Quecksilber ist sorgfältig zu beseitigen; in Tischplatten usw., die mit dem Metall in Berührung kommen können, sind keine Risse und Sprünge zu dulden, zwischen denen Quecksilberropfchen festgehalten werden können; der Fußboden ist mit fugenlosem Linoleum zu belegen, das an den Seiten 10 cm hoch emporgezogen ist; Tische, Schränke usw. stehen auf 10 cm hohen Füßen aus Eisenrohr oder auf Wandkonsole oder auf Zementsockeln, an denen das Linoleum ebenfalls 10 cm in die Höhe geht.

Böttger.

Bei der elektrolytischen Raffination der Edelmetalle, über die F. CHEMNITIUS (Chemiker-Zeitung **52**, 385; 1928) nähere Mitteilungen macht, kommt, abgesehen von der Entgoldung der Platinerze, lediglich die Raffination von Silber und von Gold in Frage. Bei der Scheidung des Silbers, d. h. bei der Gewinnung von Feinsilber (mit 999,5 bis 999,8% Gehalt an Silber) aus silberreichen Legierungen gießt man aus diesen 1 cm dicke rechteckige Platten von der Kantenlänge 15 × 25 cm, die man als Anoden in

die Lösung von Silbernitrat mit 2% Silber und 1% freier Salpetersäure einhängt; ihr Silbergehalt soll mindestens 80% betragen. Als Kathoden dienen dünne Feinsilberbleche. Man elektrolysiert mit der Klemmenspannung 1 Volt und der Stromdichte 2,5 Amp./qdm bei Zimmertemperatur. Das reine Silber scheidet sich an der Kathode nicht als glatter Überzug, sondern in Form kristallinischer Konglomerate ab, die nur lose mit dem Mutterblech zusammenhängen, leicht zur Anode hinüberwachsen und deshalb (um Kurzschluß zu vermeiden) durch Holzstäbe, die sich in kurzer Entfernung von der Kathode hin und her bewegen, in hölzerne Einsatzkästen abgestreift werden, die auf dem Boden der Zelle stehen, und in denen das Silber, nachdem die Kästen aus der Zelle entfernt wurden, erst mit verdünnter Salzsäure, darauf mit heißem destillierten Wasser ausgewaschen wird. Nach dem Trocknen wird es in Tiegeln unter Zusatz von etwas Borax und Salpeter geschmolzen und in Barren ausgegossen. Das in der Galvanostegie als Elektrolyt benutzte komplexe Kaliumsilbercyanid, $\text{KAg}(\text{CN})_2$, wird wegen seines hohen Preises bei der Raffination nicht verwendet. Die Metalle, mit denen das Silber in der Anode legiert ist, sinken entweder, wie das Gold, Platin und die Platinmetalle, unverändert als Anodenschlamm herunter und finden sich, damit das in den Einsatzkästen befindliche Silber nicht durch sie verunreinigt wird, in der die Anode umgebenden Leinwandhülle zusammen mit etwas durch Korrosion der Anode entstandenem metallischem Silber vor; oder sie erfahren eine Oxydation, wie das Blei zu Bleisuperoxyd, das Zinn zu Metazinnsäure, das Wismut zu Wismuthydroxyd, das Tellur zu telluriger Säure, und die Oxydationsprodukte gelangen ebenfalls in den Anodenschlamm; oder endlich sie lösen sich, wie das Kupfer und etwa vorhandenes Zink im Elektrolyten. Da die elektrolytischen Potentiale von Silber und Kupfer, d. h. die Potentiale der beiden Metalle gegen die normalen Lösungen ihrer Salze sehr verschieden sind (+ 0,771 Volt beim Silber, + 0,338 Volt beim Kupfer), so müssen sich im Elektrolyten schon sehr beträchtliche Mengen von Kupfer (etwa 50 g im Liter), und noch erheblich größere Mengen von Zink ansammeln, ehe eine gleichzeitige Abscheidung dieser Metalle mit dem Silber zu befürchten ist. Der Anodenschlamm wird mit Salpetersäure ausgelaugt, dann umgeschmolzen und zu Blechen umgegossen, die als Anoden bei der Goldelektrolyse dienen. *Böttger.*

Über die Bedeutung der Wöhlerschen Harnstoff-Synthese, ein Jahrhundert der chemischen Synthese, ist das Thema eines bemerkenswerten Vortrages, den am 17. September 1928 der Professor an der Universität Rostock PAUL WALDEN in der 1. allgemeinen Sitzung der 90. Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg hielt. Dem Vortrag, der außer in den Berichten der erwähnten Gesellschaft in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften, Verlag

J. Springer in Berlin, 16. Jahrgang, S. 835—849 abgedruckt ist, entnehmen wir folgendes.

Die vor 100 Jahren (1828) erfolgte Entdeckung der genannten Synthese fiel in die Zeit der Herrschaft der Naturphilosophie HEGELS, der wenige Jahre später (1831) in Berlin starb. Schon hatte aber, und zwar 1826, JUSTUS LIEBIG, der an sich selbst die verwirrende Wirkung der Naturphilosophie erfahren hatte — er bezeichnete sie als die Pestilenz, den schwarzen Tod des Jahrhunderts —, und der in Paris unter GAY-LUSSACS Leitung die experimentelle Seite der Chemie kennen gelernt hatte, in Gießen ein bescheidenes chemisches Laboratorium eröffnet, in dem er die Naturerscheinungen durch Versuch und Beobachtung anstatt durch vage Spekulationen zu erklären bemüht war. Den Begriff „organische Chemie“ und „organische Verbindungen“ hatte damals bereits der große Stockholmer Chemiker BERZELIUS geprägt, dessen lange Zeit hindurch führendes Lehrbuch der Chemie sein Schüler FRIEDRICH WÖHLER in das Deutsche übersetzt hatte und eben um jene Zeit (1827) in dieser Übersetzung herausgab. In ihm heißt es (Bd. 3, S. 135ff.): „Das Wesen des lebenden Körpers ist nicht in seinen unorganischen Elementen begründet, sondern in etwas anderem . . . Dieses Etwas, welches wir Lebenskraft nennen, liegt gänzlich außerhalb der unorganischen Elemente . . . Wenn wir auch in Zukunft mehrere solche (organische) Produkte aus rein unorganischen Materien . . . entdecken sollten, so ist doch diese unvollständige Nachahmung immer zu unbedeutend, als daß wir jemals hoffen könnten, es zu wagen, organische Stoffe künstlich hervorzubringen und die Analyse durch die Synthese zu bestätigen.“

Auch seitens der strengen, die nachkantische Spekulation verwerfenden Philosophie, wie sie z. B. durch A. SCHOPENHAUER vertreten wird, wurde die Existenz einer Lebenskraft angenommen, die allein organische Stoffe hervorzubringen vermöge, so daß deren künstliche Darstellung als unmöglich zu bezeichnen sei. Da beobachtete der damals in Berlin als Lehrer an der Gewerbeschule tätige 28 Jahre alte Doktor der Medizin, Chirurgie und Geburtskunde FRIEDRICH WÖHLER bei dem Versuch, cyansäures Ammonium durch den Umsatz von Bleicyanat mit Ammoniak oder von Silbercyanat mit Salmiak darzustellen, beim Eindampfen der in beiden Fällen erhaltenen Filtrate die Ausscheidung von Harnstoff, über die er in einem Brief vom 22. Februar 1828 an seinen Lehrer BERZELIUS berichtet. Er erachtet es allerdings noch als zweifelhaft, ob es sich dabei um eine tatsächliche Synthese einer organischen Substanz aus unorganischen handelt, da ja zur Hervorbringung von Cyansäure (und auch von Ammoniak) ursprünglich einmal organische Stoffe notwendig gewesen sind, und, wie ein Naturphilosoph sagen könnte, aus der benutzten tierischen Kohle und den daraus bereiteten Cyanverbindungen das Organische noch nicht verschwunden sei. Auch BERZELIUS erkannte nicht die Bedeutung der WÖHlerschen Entdeckung

und beglückwünschte diesen in seinem Antwortschreiben vom 7. März 1828 nach einer scherhaften Einleitung zu der „recht wichtigen und hübschen Entdeckung“. Für beide war anscheinend damit die Grundfrage nach der Darstellbarkeit organischer Substanz ohne die Mitwirkung der Lebenskraft endgültig im negativen Sinne entschieden. Und doch wurde WÖHLERS Darstellung des Harnstoffs, ohne daß dazu „Nieren oder überhaupt ein Tier, sei es Mensch oder Hund, nötig war“, wie es in dem erwähnten Brief WÖHLERS an BERZELIUS heißt, „der Ausgangspunkt der langen Geschichte der Entwicklung der organischen Chemie überhaupt und das geistige Rückgrat der künstlichen organischen Synthesen in Wissenschaft und Technik und damit die historische Begründerin der Führerstellung des deutschen chemischen Genius“. Es ist bemerkenswert, daß sie nicht das Ergebnis des Suchens nach dieser Synthese war, sondern daß sie durch einen mißlungenen Versuch herbeigeführt wurde, bei dem nicht das gewollte NH_4CNO , sondern ein Umlagerungsprodukt $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ erhalten wurde. „WÖHLER ging aus, ein Eselein zu suchen und fand ein Königreich“, wie viel später (1883) H. KOLBE das Bibelwort im Hinblick auf die Harnstoffsynthese umformte. Auch übte diese zunächst auf die Anschauungen der Zeitgenossen WÖHLERS keinen bemerkenswerten Einfluß aus und beseitigte keineswegs mit einem Schlag das alte Dogma von der Lebenskraft, wie vielfach angenommen wird, wiewohl zu WÖHLERS Zeit bereits eine Anzahl von Fällen bekannt war, in denen organische Stoffe synthetisch dargestellt waren. Zu ihnen gehört die Darstellung von Cyankalium durch Glühen von Salmiak, Kohle und Pottasche durch SCHEELE (1782), die Darstellung des Kaliumcyanats durch Oxydation des Cyankaliums durch WÖHLER (1822), der dadurch das Material zur Synthese des Harnstoffs erhielt, die Umwandlung des Cyangases in Ammoniumoxalat durch wässriges Ammoniak ebenfalls durch WÖHLER (1824), die Zersetzung des von ihm aus Kohlenoxyd und Kalium dargestellten Kohlenoxydkaliums, $(\text{COK})_6$, mittels Wasser in Krokonsäure durch L. GMELIN (1825), der damit die erste zyklische Verbindung synthetisch darstellte. Hierher gehören ferner die synthetischen Versuche mit Eisencarbeniden und Salzsäure durch PROUST (1803) oder mit glühender Kohle und Wasserdampf in eisernen Röhren durch DÖBEREINER (1817) oder mit Gemischen von CO_2 , C_2H_4 und H_2 im glühenden Porzellanrohr durch BÉRARD (1817), die Versuche von DÖBEREINER (1818—1825), aus den Gasen CO_2 bzw. CO und H_2 durch Lichtwirkung oder durch Alkalien Oxalsäure oder aus CO_2 und CH_4 durch Druck und aus CO_2 und Alkohol unter Verwendung von Platin als Katalysator Zucker zu gewinnen. „Bereits zum Beginne des 19. Jahrhunderts waren demnach bei einzelnen Chemikern die Grundanschauungen über die Synthese organischer Stoffe aus anorganischen ohne die Lebenskraft vorgebildet“, und ihre experimentelle Lösung wurde mit denselben Stoffen und Mitteln angestrebt wie in der Gegenwart.

Das Jahr 1828 war für die Geschichte der Chemie nicht nur deshalb von Bedeutung, weil in ihm die Synthese des Harnstoffs gelang, sondern auch deshalb, weil in ihm der Freundschaftsbund zwischen WÖHLER und LIEBIG geschlossen wurde, der bis zu des letzteren Tod (1873) dauerte und der zwei Forscher miteinander verband, die den entgegengesetzten Gelehrtentypen angehörten: WÖHLER, den Klassiker und LIEBIG, den Romantiker, im Sinne von WILHELM OSTWALD. Aus dieser glücklichen Verbindung der beiden geistigen Antipoden erwuchsen nicht nur grundlegende neue Arbeitsprogramme und klassische Untersuchungen, sondern in ihren Schülern zahlreiche Bearbeiter, die das vorhandene, immerhin spärliche Material an Synthesen organischer Verbindungen erheblich vermehrten. Zu diesen Arbeiten gehörten die klassische Untersuchung über das Radikal der Benzoesäure und über die Natur der Harnsäure, beide von WÖHLER und LIEBIG aus den Jahren 1832 und 1838. Am Schluß der letzteren findet sich bereits der Satz: „Die Philosophie der Chemie wird aus dieser Arbeit den Schluß ziehen, daß die Erzeugung aller organischen Materien, soweit sie nicht mehr dem Organismus angehören, in unseren Laboratorien nicht allein als wahrscheinlich, sondern als ganz gewiß betrachtet werden muß. Zucker, Salicin und Morphin werden künstlich hervorgebracht werden.“ Eine derartige zuversichtliche Ansicht der Meister mußte sich natürlich auf die Schüler übertragen und deren Arbeiten einen sichtbaren Stempel aufprägen, was tatsächlich auch geschah. Aus der Schule WÖHLERS gingen z. B. hervor H. KOLBE, der im Jahre 1843 die berühmte Synthese der Essigsäure aus den rein anorganischen Stoffen CS_2 , Cl_2 und H_2O ausführte, sowie R. FITTIG, LIEBIGS Schüler waren u. a. A. STRECKER, A. W. HOFMANN (nebst dessen Londoner Schüler PERKIN), A. KEKULÉ (nebst dessen Schülern LADENBURG, A. BAEYER, C. GRÄBE), A. WURTZ, J. VOLHARD, ZININ, WILLIAMSON.

Auch in die breitesten Volksschichten trug LIEBIG seine Überzeugung von der Darstellbarkeit aller organischen Verbindungen hinein, indem er sie in seinen 1844 erschienenen Chemischen Briefen, von denen Übersetzungen in der dänischen, englischen, französischen, holländischen, italienischen, schwedischen, spanischen, polnischen und russischen Sprache erschienen, äußert und begründet, und in der 4. deutschen Neuauflage (1859) schreibt er im 23. Brief: „Und so wird es ihm (dem Chemiker) gelingen, Chinin, Coffein, die Farbstoffe der Gewächse und alle Verbindungen zu erzeugen, welche keine vitalen, sondern nur chemische Eigenschaften besitzen . . .“

Zusammenfassend läßt sich über die Jugendperiode der organischen Synthese sagen: WÖHLER war mit der künstlichen Darstellung der Oxalsäure und des Harnstoffs ihr Entdecker, LIEBIG der Träger der Idee von der experimentellen Darstellbarkeit auch der kompliziertesten Naturstoffe, der die Gedankenwelt der Zeitgenossen revolutionierte, und der gleichzeitig unmittelbar als Schöpfer einer chemischen Schule wirkte, in der

eine neue Generation von Forschern vorbereitet wurde, die die experimentelle Entwicklung der Synthese hervorragend förderte. So konnte H. KOLBE in seinem Lehrbuch der organischen Chemie (1853) im Anschluß an die Synthese des Harnstoffs sagen: „Mit dieser wichtigen Entdeckung, welcher bald darauf noch mehrere ähnliche gefolgt sind, war die natürliche Scheidewand, welche bis dahin die organischen Verbindungen von den unorganischen trennte, gefallen . . . und einer Klassifikation der chemischen Verbindungen in organische und unorganische — in früherer Bedeutung — fehlte daher der naturgemäße Grund.“ Die organische Chemie wurde als die Chemie der zusammengesetzten Radikale formal den unorganischen angegliedert, und damit wurden beide Körperklassen denselben Denkprozessen untergeordnet. Die zahlreichen Synthesen, die BERTHELOT im 6. und 7. Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts ausführte, von denen die des Methans durch Überleiten des Gemisches von H_2S mit CS_2 über glühendes Kupfer, die des Äthylalkohols durch Vereinigung von C_2H_4 und H_2O und die Polymerisation von C_2H_2 zu C_6H_6 im elektrischen Lichtbogen die bekanntesten sind, verliehen diesen Ansichten eine kraftvolle Stütze. „Die Lebenskraft, dieses Tabu in der Synthese organischer Stoffe, hatte endgültig ihre Macht verloren.“

Bei seinen Versuchen zur Darstellung des Chinins machte A. W. HOFMANNS Schüler W. H. PERKIN (1856) die Beobachtung, daß bei der Oxydation von Anilinsulfat durch Kaliumchromat eine rot gefärbte Verbindung entsteht, deren alkoholische Lösung im folgenden Jahr als Tyrian Purple, Mauve, Anilin- oder Perkins Violett auf den Markt gebracht wurde. Diese zweite Zufallsentdeckung auf dem Gebiet der organischen Synthese wurde der Ausgangspunkt für die großartige Teerfarbenindustrie. Bis vor dem Kriege waren allein in den Höchster Farbwerken mehr als 11 000 Farbstoffe synthetisch dargestellt worden, und die technische Darstellung einer Anzahl natürlicher Farbstoffe war bekannt, wie die des Krapps, dessen Farbstoffe sich als Derivate des (1868) von GRÄBE und LIEBERMANN dargestellten Alizarins erwiesen, und des Indigos durch A. BAEYER (1880). Hierher gehören ferner das Blattgrün (Chlorophyll) und der rote Blutfarbstoff, das Hämin, deren Konstitution durch die klassischen Arbeiten von WILLSTÄTTER und STOLL (1913) aufgeklärt ist, und die erst in der jüngsten Zeit (1927) von H. FISCHER untersuchten Porphyrine, Derivate des Hämins. „Und neben diesem breiten chemischen Energiestrom erschloß sich gleichzeitig ein zweiter, die synthetisch dargestellten Arzneistoffe“, als deren erster die von H. KOLBE und LAUTERMANN (1860) synthetisch dargestellte Salicylsäure zu bezeichnen ist, und deren Zahl vor dem Krieg auf rund 5000 angewachsen war, „beginnend mit dem Äther des VALERIUS CORDUS (1540), dem Chloroform und Chloral LIEBIGS (1831) über das Veronal CONRADTS (1882), dem Antipyrin KNORRS (1883) bis zum Salvarsan EHRLICHs (1910), dem Germanin

und Plasmodin der Elberfelder Forscher in unseren Tagen“. Hieran schließen sich die Synthesen auf anderen Gebieten der organischen Verbindungen; der Zuckergruppe durch BUTLEROW (1861), KILIANI und namentlich E. FISCHER (1884 bis zu seinem 1919 erfolgten Tode); der Eiweiß- und der Gerbstoffe (Polypeptide und Depside) ebenfalls durch E. FISCHER (1899 bzw. 1908 bis 1919); der Riechstoffe, beginnend mit dem Cumarin durch PERKIN (1868), Vanillin durch TIEMANN und HAARMANN (1875) bis zum Ionon durch TIEMANN (1893); der Alkaloide, z. B. des Coniins durch LADENBURG, des Coffeins und Therobromins durch E. FISCHER (1897), des Cocains durch WILLSTÄTTER (1901 ff.), des Nicotins durch A. PICTET (1904 ff.); der Terpene und Kampferarten durch WALLACH, KOMPPA u. a.; des Kautschuks durch HARRIES, F. HOFMANN, COUTELLE u. a. Ferner ist an die künstlichen Gerbstoffe, Harze und Gewebestoffe zu erinnern. Die I. G. Farbenfabriken produzieren allein täglich 11 000 bis 12 000 kg Kunstseide. Das von WÖHLER und LIEBIG hinterlassene Erbe ist also von den ihnen folgenden Chemiker-generationen nicht nur behütet, sondern unermüdlich durch Experimente gehemt und durch Ideen ausgebaut worden, so daß es in zwei breiten Strömen, die eine gegenseitige Rückwirkung aufeinander ausüben, die Kultur der Gegenwart durchflutet; das eine Strombett führt die Ergebnisse der rein wissenschaftlichen Forschung, das andere die technisch wirtschaftlichen Anwendungen. Die Zahl der synthetisch dargestellten organischen Verbindungen beträgt zur Zeit etwa $\frac{1}{4}$ Million.

Und doch ist das bisher Erreichte nur als eine Vorstufe zu dem noch Erreichbaren und Erstrebenswerten anzusehen. Wenn auch die bewährten synthetischen Forschungsmethoden mit den bei ihnen benutzten Hilfsmitteln ohne Zweifel weiter gepflegt und entwickelt werden sollen, da, wo es sich z. B. um die Erforschung neuer und noch nicht aufgeklärter Naturstoffe, um rein wissenschaftliche Konstitutionsfragen und ähnliches handelt, so gibt es doch darüber hinaus Probleme von andersgeartetem Umfang und Charakter, die sich in das experimentelle Versuchsfeld der Synthese hineinschieben und einerseits mit dem irdischen Stoffvorrat, andererseits mit den Lebenserscheinungen zusammenhängen. Während bisher die Rohstoffe für die organische Synthese vorwiegend von der lebenden Natur geliefert wurden und die Synthese eine Veredlungsarbeit an diesen Stoffen war, zeigen die letzten Jahrzehnte in dieser Beziehung eine Umorientierung, indem die Zahl derjenigen Synthesen beträchtlich wächst, bei denen unorganische Rohstoffe verwendet werden. So werden aus dem aus Kalkstein und Kohle gewonnenen Calciumcarbid durch Einwirkung von Wasser, Wasserstoff, Luft usw. durch Vermittlung von Katalysatoren Acetaldehyd, Alkohol, Essigsäure, Aceton und andere nutzbare organische Verbindungen; aus CO unschwer Methylalkohol, Ameisen- und Oxalsäure; aus dem durch Einwirkung von

Wasserdampf auf glühende Kohle gewonnenen Wassergas Wasserstoff gewonnen, der außer zu NH_3 zu einer erstaunlichen Fülle von organischen Verbindungen, z. B. zu Benzol bei der sog. Verflüssigung der Kohle (s. ds. Zeitschr. 41, 288; 1928) synthetisiert wird. Hoffen doch die I. G. Farbenfabriken im laufenden Jahr 100 000 t Benzin synthetisch darstellen zu können. Man sucht also an Stelle der aus der lebenden Natur stammenden Rohstoffe mehr und mehr Kohle, Wasserdampf und Luft zur organischen Synthese zu verwenden und vermindert dadurch den Verbrauch an organisiertem Material, wie z. B. Holz, dessen Vorrat auf der Erde in längerer oder kürzerer Zeit erschöpft zu werden droht.

Die zweite Umorientierung betrifft die Methode der Synthese, bei der nicht mehr wie bisher die drastischen Mittel (hoher Druck, hohe Temperaturen), sondern wie schon wiederholt, z. B. von F. FISCHER (1908), R. WILLSTÄTTER (1927), um nur neuere Namen zu nennen, vorgeschlagen wurde, milde Reaktionen angewandt werden, die unter ähnlichen Bedingungen verlaufen, unter denen sich in der Natur aus anorganischen Stoffen, wie CO_2 , H_2O , NH_3 , kompliziert zusammengesetzte organische Verbindungen bilden. Unter solchen Bedingungen wird es auch gelingen, die in der Natur vorkommenden asymmetrischen Stoffe durch die direkte Synthese zu gewinnen, der dann auch vielleicht die Elemente aus ihren nach der gegenwärtigen Ansicht letzten Bestandteilen, den Protonen und den Elektronen, zugänglich gemacht werden können.

Die chemische Synthese, die ihre Haupttriumphe im Reiche bestimmter Körperklassen und mit kristallisierten oder kristallinischen Stoffen erreicht hat, ist an einem Scheideweg angelangt, von dem sich der Eingang zu dem zweiten Gebiet, dem der amorphen, kolloiden Stoffe abzweigt, die bei der synthetischen Tätigkeit der lebenden Zelle in hervorragender Weise bevorzugt werden, und die bereits TH. GRAHAM (1861) als den wahrscheinlichen ursprünglichen Sitz der Lebenserscheinungen ansah. Eine besonders bevorzugte Gruppe dieser Kolloide spielt bei diesen Vorgängen die Rolle des Katalysators. Dies sind die Enzyme oder Fermente. „Enzyme nennen wir solche Beschleuniger chemischer Reaktionen, welche von lebenden Wesen erzeugt werden. In den Lebensprozessen wirken sie zusammen in genau regulierter Weise, so daß wir das Leben als ein System von derart zusammenwirkenden enzymatischen Reaktionen auffassen können. Infolge dieser Definition sind die Enzyme ganz allgemein in die Klasse der Katalysatoren eingereiht“ sagt R. WILLSTÄTTER in Problems and Methods in Enzyme Research, Ithaca, [N. Y.] 1927, S. 6. „Als nächstes Ziel der organischen Synthese gilt daher, die chemische Individualität und Konstitution der Enzyme zu ermitteln, die Enzyme selbst auf wenige Urformen zurückzuführen, Derivate von ihnen herzustellen, sowie neben den bekannten auch neue Formen (oder künstliche Enzyomoide) zu schaffen. Dann erst wird die organische Chemie ihren Namen mit

Recht tragen und ihrem großen Ziele sich nähern: die in der lebenden Natur vorkommenden chemischen Stoffe der Entstehung und natürlichen Umwandlung nach auf dem einfachsten und der Natur gemäßigen Wege nachzubilden.“ Erörterungen über die Möglichkeit dieser Synthese und den Einfluß, den sie auf andere Gebiete der Chemie, namentlich auf die physikalische Chemie, gewinnen würde, und ein Ausblick auf ihre Auswirkung zum Zeitpunkte der Zweihundertjahrfeier von WÖHLERS Entdeckung bilden den Schluß des inhaltreichen Vortrages.

Böttger.

Über die Weltproduktion von Wolfram handelt ein in Heft 46 der Zeitschrift des Vereins deutscher Chemiker, Teil B, vom 14. November 1928 veröffentlichter Aufsatz von Frau Dipl.-Ing. BECKER-ROSE. Wir entnehmen daraus folgendes:

Die Wolframerze galten bis Ende des 18. Jahrhunderts nur als lästige Hinderungsmittel bei der Zinngewinnung, weil in ihrer Gegenwart das Zinn mit verschlackt, und von dem alten Bergmannsspruch, alles fräße das Zinn wie ein Wolf die Schafe, ist wahrscheinlich der deutsche Name des Elementes entstanden, das in den übrigen Kultursprachen nach dem Mineral Tungstein benannt wird, in dem es SCHEELE im Jahre 1781 auffand, und das heute nach ihm als Scheelit bezeichnet wird. Im 19. Jahrhundert wurden die Eigenschaften des, wie man bald erkannte, in dem Mineral enthaltenen metallischen Elementes und seiner zahlreichen Verbindungen eingehend untersucht und festgestellt. Aber erst im Jahre 1900 wurde namentlich durch die Pariser Weltausstellung seine Bedeutung als Legierungsbestandteil des Stahls bekannt, dem es auch in hoher Temperatur eine große Härte verleiht, und bald darauf (1903) fand es als Glühdraht in elektrischen Lampen, zuerst mit Osmium legiert, Anwendung. Zu diesen beiden Zwecken wird es noch heute in steigender Menge verwendet.

Wolfram kommt in der Natur nur oxydisch und als Bestandteil des Säurerestes der Wolframate vor, von denen außer dem bereits genannten Scheelit, CaWO_4 , der Wolframit, FeWO_4 , und der Hübnerit, MnWO_4 , die wichtigsten sind. Lagerstätten dieser Mineralien finden sich in den Vereinigten Staaten, in Bolivien, Brasilien, Argentinien und auf der östlichen Halbkugel in China, Indien und Australien, in Gebirgen, die den Stillen Ozean umgeben, dessen amerikanische Westküsten reicher an ihnen sind als die Ostküste. Die Küstengebiete des Stillen Ozeans lieferten im Jahre 1918 insgesamt 92 v. H. der gesamten Weltproduktion, von denen 61 v. H. auf die Westküste, 31 v. H. auf die amerikanische Ostküste entfallen; der geringe Rest von 8 v. H. der Weltproduktion wird zumeist (zu 5 v. H.) von Spanien und Portugal geliefert. Die asiatische Westküste des Stillen Ozeans war an der Weltproduktion mit 56 v. H. beteiligt, die verbleibenden 5 v. H. entfielen auf Australien. Deutschland hat ebenso wie England nur geringe Mengen von Wolframerzen, von denen die ersten jedoch während des

Weltkrieges, als durch die Blockade der Küsten die Zufuhr der Erze vom Ausland her unterbunden war, namentlich die Vorkommisse in den Zinnbergwerken des Erzgebirges, Bedeutung erlangten.

An der Spitze der Wolfram, meist in Form von Konzentraten der Erze mit 60 v. H. Wolframsäure, ausführenden Länder stand bis zum Jahre 1910 Australien, von da ab bis 1916 die zum hinterindischen Archipel gehörende Insel Tavoy, vorübergehend alsdann bis 1917 Nordamerika, welches im Jahre 1918 die führende Stellung an China abgab, das in diesem Jahr 10 200 t der erwähnten Konzentrate ausführte, während die im sächsischböhmischen Erzgebirge in demselben Jahr erzeugte Menge den geringen Betrag von 245 t erreichte und in den Vereinigten Staaten nicht ganz 4600 t ausgeführt wurden. Im Jahre 1922 lieferte China mit 7000 t $\frac{7}{10}$ der gesamten Weltproduktion trotz der großen Transportschwierigkeiten, die dort zu überwinden sind, und die durch den Bürgerkrieg noch erhöht wurden. Ist doch zunächst noch stets ein längerer oder kürzerer Transport durch Träger erforderlich, da die Bergwerke mindestens 3 bis 4 Tagemärkte

von der Eisenbahn entfernt und schwer zugänglich sind. Wegen seiner Bedeutung als Bestandteil einer Stahllegierung ist zudem das Wolfram ein wichtiges Kriegsmaterial geworden, und der Wolframhandel wird stark von politischen Gesichtspunkten beeinflußt. Auch hier hat sich England den Löwenanteil zu sichern verstanden, und seine Wolframkontrolle umfaßt alle seine Kolonien und sonstigen Besitzungen, namentlich auch Hinterindien. Ebenso steht die Ausfuhr von Wolframerzen aus Südchina (Kwantung, Kwangsi, Kiangsi und Hunan) unter englischer Aufsicht, und auch anderwärts (Argentinien, Bolivien, Portugal) macht sich der englische Einfluß geltend, während sich die französische und japanische Wolframkontrolle auf ein weit weniger umfangreiches Gebiet erstreckt. Unter amerikanischer Kontrolle stehen sämtliche Lagerstätten im eigenen Land und in Alaska, außerdem einige Minen in Mexiko (Sahuaripa-Distrikt) und im südlichen China. Deutschland stehen in bezug auf Wolframerze nur Portugal und Teile von China, sowie in geringem Maße auch südamerikanische Staaten offen.

Böttger.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Erfahrung als ein Bindeglied zwischen wissenschaftlichem und wirtschaftlichem Fortschritt. Nach Sir JAMES B. HENDERSON (Nature 120, p. 550 u. 588; 1927).

Erfahrung und Entdeckung sind so eng miteinander verbunden, daß sie oft verwechselt werden. Oft werden sie als Synonyma gebraucht und, wenn man zwischen ihnen nach einer genauen Grenzlinie sucht, lassen sie sich höchstens in allgemeinen Wendungen voneinander unterscheiden. Beide enthalten einen Zuwachs an Kenntnissen, welche, mögen sie groß oder unbedeutend sein, eine unmittelbare Wirkung haben oder zu ihrem Ausbau eine Lebenszeit erfordern können. Beide schließen wissenschaftliche Vorstellungen in sich. Oft ist es eine glückliche Idee, die Eingabe eines Augenblicks, bisweilen auch nur ein Zufall; aber die Bewährung der Idee und ihre endliche Veröffentlichung als eine physikalische Wahrheit oder als vollendete Erfahrung kann viele Jahre in Anspruch nehmen. Von NEWTON wird berichtet, daß er die Theorie der Gravitation entdeckt habe, als er einen Apfel vom Baum fallen sah; aber wenn wir darin auch die Geburt der Idee erkennen, wissen wir, daß die Vollendung jener Entdeckung und der Beweis des allgemeinen Gravitationsgesetzes den größten Teil seiner Lebenszeit beanspruchten und die Erfahrung neuer Zweige der Mathematik erforderte.

Die Grenzlinie zwischen Entdeckung und Erfahrung ist im allgemeinen dieselbe wie die zwischen Theorie und Praxis, zwischen Abstraktem und Konkretem. Eine Entdeckung ist im wesentlichen ein Zuwachs unserer Naturerkennnis. Mag es sein die Entdeckung eines neuen Prinzips, eines neuen Elements oder einer bis dahin unbekannten Eigenschaft einer Substanz —

die Entdeckung an sich hat keine Beziehung auf eine einzelne praktische Anwendung der neuen Erkenntnis. Erfahrung andererseits hat gerade ihre Sphäre in der praktischen Anwendung, und die dazu gebrauchte Erkenntnis kann neu sein oder auch ganz alt. Es kann sein und ist auch oft der Fall, daß aus einer Erfahrung andere Entdeckungen hervorgehen, die die ursprüngliche Entdeckung vervollständigen, oder sie kann auch selbst den Kern bilden für einen neuen Zweig der Wissenschaft. Gerade die Tatsache, daß oft die Entwicklung einer Erfahrung zu neuen Entdeckungen führt, macht es so schwierig, beide voneinander zu unterscheiden. Im allgemeinen ist die Entdeckung geistiger, die Erfahrung materieller Natur. Betrachtet man die Geschichte der großen Erfindungen, so bemerkt man bald, wie außerordentlich verwickelt sie sind, trotz scheinbarer Einfachheit. Als ein Beispiel diene die drahtlose Telegraphie und Telephonie. Keine einzelne Person verdient die Ehre dieser Erfahrung, MAXWELL, HERTZ, LODGE, CROOKES, BRANLY, MARCONI, SLABY, BRAUN, JACKSON und viele andere haben ihr Teil dazu beigetragen, und die Basis beginnt auch nicht einmal notwendig mit MAXWELL. Für den gemeinen Mann ist der drahtlose Empfangsapparat ein kleiner Kasten mit einem Drehknopf; aber der wissenschaftliche Historiker, der alles zu entziffern sucht, was der kleine Kasten an menschlichen Gedanken und Anstrengungen enthält, wird in ihm einen Apparat von erstaunlicher Kompliziertheit sehen, in dem die Entdeckungen und Erfahrungen einer Anzahl der scharfsinnigsten Geister zweier Jahrhunderte unentwirrbar vermischt sind.

Die Geschichte der Erfahrungen ist eine merkwürdige Mischung exakter Wissenschaften,

wie Mathematik, Physik, Chemie mit einer historischen Wissenschaft. Sie ähnelt in mancher Beziehung der Kriegswissenschaft. Der Krieg wird hier geführt gegen die Verwickeltheit der Natur, gegen die menschliche Unkenntnis dieser Verwickeltheit und die Unzulänglichkeit des menschlichen Intellektes selbst. Verglichen mit den Kriegen der Menschen untereinander zeigt sich aber ein wesentlicher Unterschied. Napoleon hat einmal gesagt, daß er die Kunst des Krieges aus dem Studium des Lebens der „großen Kapitäne“ gelernt habe. Wenn wir jedoch in den Büchern über den Krieg mit der Natur das Leben der „großen Kapitäne“ verfolgen, finden wir nur selten Dokumente, die dem Forscher helfen, das Gefecht nur ein wenig weiterzuführen. Die technischen Schwierigkeiten sind selten aufgezeichnet, und der neue Forscher hat im allgemeinen seinen Weg von Anfang an wieder allein auszukundschaften. Der Fehler liegt bisweilen bei dem Geschichtsschreiber, zu oft aber an dem Mangel an Aufzeichnungen, die der „Kapitän“ hinterlassen hat. In der Kriegswissenschaft ist dagegen eine der ersten Pflichten des Führers, die Verbindungen aufrecht zu erhalten und jede Information, auf welchem Weg er sie bekommen mag, weiterzugeben. Von 100 Erfindungen, die als Fehlgriffe oder, obwohl sie vielleicht von umwälzender Bedeutung waren, aus Mangel an Kapital oder an Mut unvollendet blieben, gibt es keine Aufzeichnungen, die denen nützen könnten, die sie später zu einem Erfolg führen könnten. Jeder neue Erfinder hat dieselben Anfangsschwierigkeiten zu überwinden, und Vermögen werden dadurch verschwendet.

Die Erfindung bildet ein Bindeglied zwischen den exakten Wissenschaften. Es hat sich oft gezeigt, daß die Physiker von heute die Ingenieure von morgen sind. Das ist die natürliche Entwicklung, da der Ingenieur mehr als der Physiker mit der praktischen Anwendung physikalischer Entdeckungen vertraut ist. Aber auch das Umgekehrte ist häufig: Viele physikalische Entdeckungen und Erfindungen ergeben sich aus Schwierigkeiten, die dem Ingenieur begegnet sind. Ein Beispiel hierfür bildet die Hydrodynamik. Die mathematische wissenschaftliche Hydrodynamik ist von geringer Bedeutung gewesen bei dem praktischen Problem der Fortbewegung von Schiffen, bei den verwickelten Wirbelerscheinungen an Turbinen und den Problemen der Aerodynamik. Hier mußte der Ingenieur aus seinem unmittelbaren Bedürfnis heraus eine empirische Wissenschaft der Hydrodynamik entwickeln. Eine große Menge experimenteller Ergebnisse bei Schraubenpropellern in Luft und Wasser wurden so erhalten und warten jetzt zu ihrer Zusammenfassung der Entdeckungen aus der Mathematik und Physik, die dann wieder zu weiteren Fortschritten auf der Seite der Ingenieure führen dürften.

Die meisten physikalischen Entdeckungen gehen von einer mehr oder weniger zufällig gemachten Beobachtung aus. So war es mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen. Die gewaltigen

Fortschritte, die durch J. J. THOMSON, RUTHERFORD, BRAGG, BOHR und viele andere Physiker der letzten 30 Jahre in unserer Kenntnis des Atombaus gemacht wurden, beruhen auf RÖNTGENS Entdeckung in Verbindung mit einer anderen großen Entdeckung der Thermodynamik, PLANCKS Quantentheorie. Und auch diese leitete sich her von einer im Laufe des Versuchs gemachten zufälligen Entdeckung. Die Berliner physikalische Reichsanstalt veröffentlichte eine Gruppe von Kurven, die die Verteilung der Energie im Spektrum des heißen schwarzen Körpers darstellten. WIEN fand empirisch eine Gleichung jener Gruppe von Kurven. PLANCK versuchte diese Gleichung aus den Gesetzen der Thermodynamik abzuleiten und fand, daß er dann annehmen mußte, daß die Energie nicht unbeschränkt teilbar sei; er prägte den Begriff „Quantum“, um die fundamentale Einheit darzustellen. Diese beiden Entdeckungen von RÖNTGEN und PLANCK sind die Ausgangspunkte der wichtigsten Zweige der modernen Physik, die unsere Kenntnis von der Konstitution der Materie bedeutend erweitert haben und jetzt auch beginnen, in der Ingenieurpraxis ein Anwendungsgebiet zu finden.

Im Rückblick auf die großen Entdeckungen der Physik, die ihre größte Wirkung auf die Entwicklung neuer Industrien gehabt haben und dann zu weiteren Erfindungen führten, kommt man besonders zu den Resultaten, die sich aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ergaben, den CARNOT zuerst im Jahre 1824 aufstellte. CARNOT beschrieb seine ideale Wärmemaschine und zeigte, daß die Wirkung dieser Maschine unabhängig ist von der wirkenden Substanz. Beim Rückblick auf die Geschichte der Thermodynamik im letzten Jahrhundert ist es bedauerlich, daß niemand diese Feststellung CARNOTS zur Grundlage einer Forschung machte, um bei Benutzung verschieden wirkender Substanzen etwas Neues über diese Substanzen zu entdecken. — JAMES THOMSON war der erste, der den zweiten Hauptsatz dazu benutzt, um die Erniedrigung des Gefrierpunktes durch den Druck zu bestimmen. Sein Bruder, Lord KELVIN, folgte mit der gleichen Anwendung auf jene Veränderung beim Übergang aus dem flüssigen zum dampfförmigen Zustande; HELMHOLTZ brauchte die Volta sche Zelle als wirkende Substanz und bestimmte den Temperaturkoeffizienten der elektromotorischen Kraft. Dann folgten in langen Zwischenräumen die Anwendungen auf chemische Veränderungen; daraus ging dann die heutige Wissenschaft der Thermochemie hervor, auf welcher wieder die moderne chemische Industrie beruht.

Jede Erfindung bildet also ein Bindeglied zwischen Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaft, und jeder Fortschritt in der einen von diesen erzeugt eine Reflexwirkung bei den anderen. So wird eine Entdeckung in der Physik, welche die Genauigkeit einer Messung durch Herstellung eines empfindlicheren Indikators erhöht, bald in einem von der Technik hergestellten Instrument verwertet, das dann von jedem Physiker gekauft

und zu weiteren Versuchen gebraucht werden kann. Die jedesmalige Einzelherstellung eines solchen Apparats würde sich durch den hohen Preis verbieten. Die für eine moderne Untersuchung nötige Zusammenstellung von Apparaten ist bisweilen der Installation eines Ingenieurs vergleichbar und steht in bemerkenswertem Gegensatz zu den höheren, selbstangefertigten Apparaten, die eine Generation früher gewöhnlich waren. Je enger die Verbindung zwischen dem Physiker, dem Chemiker und dem Ingenieur, um so größer wird die Fruchtbarkeit an Erfindungen und um so schneller der ökonomische Fortschritt.

Der Verf. erörtert die Frage, wie sich wohl die Hindernisse, die sich oft Erfindern entgegenstellen und den Fortschritt hemmen, beseitigen lassen. Den ersten Weg findet er in der Art des Unterrichts. Bei dem gewöhnlichen Schulunterricht werden meist physikalische Gesetze und Tatsachen mitgeteilt. Der Lehrer bespricht nur die Erscheinungen, die sich dogmatisch fassen lassen, und ignoriert die viel größere Menge derer, von denen die Wissenschaft wenig oder nichts weiß. Dieses System erzeugt in den Schulen und bei dem großen Publikum den Eindruck, daß die Natur gemäß bestimmter Gesetze handelt, und daß es nichts gibt um die Gesetze, was der Wissenschaft nicht bekannt ist. Je mehr der Gelehrte darauf achtet, um so mehr erkennt er sein Nichtwissen und das Unvermögen der Wissenschaft, die Kompliziertheit der Natur zu ergründen. Eine mehr historische Behandlung der Physik und Chemie würde jener schädlichen Auffassung entgegenwirken und auch zu einem besseren Verständnis der Erfinder führen. — Ein zweites Mittel, Erfinder zu ermutigen und die Schwierigkeiten für sie zu verringern, findet

der Verf. in einer Änderung der Gesetzgebung über Patente. Es erscheint abnorm, daß jemand, der eine epochemachende Erfindung macht, die im Begriffe ist, eine Industrie umzuwälzen und dem Nationalvermögen Millionen zuzufügen, ganz dieselbe Behandlung erfährt als jemand, der eine neue Art von Hemdenknopf erfindet. Und doch braucht die erste Erfindung oft Jahre zu ihrer Entwicklung und ungeheure Kosten; wenn endlich die produktive Stufe erreicht ist, kann das Patent schon erloschen sein. Im zweiten Falle gibt es keine Schwierigkeiten zu überwinden, keinen Zeitverlust, keine Kosten und ein Handelsmonopol für die ganze Schutzzeit.

Aus den weiteren Ausführungen des Verf. sei hier nur noch seine Meinung über fehlgeschlagene Untersuchungen mitgeteilt. Es ist eine unserer menschlichen Schwächen, mit etwas Geringsschätzung auf den Mann herabzusehen, der sein Ziel nicht erreicht hat. Das ist aber nicht die Haltung großer Geister und sollte auch nicht die Haltung der Wissenschaft sein. Bei einer Gelegenheit zeigte man Lord KELVIN den Bericht eines Professors über eine Untersuchung eines Schülers, in welcher der Professor ziemlich verächtliche Bemerkungen über die erhaltenen Resultate machte, weil diese in der Hauptsache negativ ausgefallen waren. Lord KELVIN war darüber tief entrüstet. Er sah nur die Tatsache, daß der junge Mann sein Bestes getan hatte bei einer Arbeit über einen Gegenstand, der der Forschung wert war und unzweifelhafte Schwierigkeiten aufwies. Es erregte sein Erstaunen, daß ein Mann der Wissenschaft verächtlich von den Resultaten sprach, nur weil sie negativ waren, während der wirkliche Wert der Arbeit in der ernsten und fleißigen Forschung nach der Wahrheit bestand.

Schk.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik. Oberstufe. Heft 4: Von der Elektrizität und dem Magnetismus. Von Dr. ERICH MOSCH. Leipzig 1927, G. Freytag, A.-G. 222 Seiten, 199 Abb. Preis geb. RM 4.80.

In dem durchaus modernen Lehrbuch ist das ausgedehnte Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus in hervorragender Weise gemeistert. Für die Behandlung des Stoffes in dem vorliegenden Heft war für den Verfasser der Grundsatz maßgebend, daß das Lehrbuch mit den gleichen Anschauungen und Begriffen arbeiten muß, deren sich die moderne Wissenschaft bedient. Das Ziel war daher, Vertrautheit mit den FARADAY-MAXWELLSchen Anschauungen und mit der Elektronentheorie herbeizuführen. So finden sich neben den landläufigen Dingen sehr schöne, knapp und klar geschriebene, die neuen Ergebnisse der Forschung berücksichtigende Kapitel über Kathoden-, Kanal- und Röntgenstrahlen, über Radioaktivität, Elektronenemission und Ionisierung, den lichtelektrischen Effekt, das elemen-

tare Energiequantum. Ebenso kommen die elektrischen Schwingungen und die elektromagnetischen Wellen zu ihrem Recht. Die Entstehung des optischen Spektrums, des Röntgenspektrums, die Bestimmung des Elementarquantums nach der MILLIKANSchen Öltropfennmethode finden eine das Wesentliche scharf heraushebende, sehr geschickte Behandlung. Die mathematischen Überlegungen, die reichlich in den Text eingeflochten sind, benutzen vielfach die Differentialrechnung.

Der Stoff ist so umfangreich, daß er kaum im Unterricht vollständig durchgearbeitet werden wird; für die neueren Gebiete fehlen zum Teil auch noch schulmäßige Versuchsanordnungen. Im ganzen aber liegt ein Buch vor, das dem begabten Schüler viel Anregung bieten kann, und dem Lehrer einen weiten Spielraum läßt. Wenn auch manche Überlegung für den Durchschnittsschüler zu schwer sein dürfte, so ist doch der Versuch zu begrüßen, neue, höchst interessante Gebiete der Forschung für die Schule zu erobern.

Das Buch weist in die Zukunft, es ist kein bequemes Lehrbuch, sondern erfordert zum Verständnis starke Anstrengung. Am Schluß des Heftes findet sich eine schätzenswerte Zusammenstellung von 142 zum Teil neuen Aufgaben, die auch die Gebiete der Elektronik und der elektrischen Schwingungen erfaßt, und ein sehr hübscher Abriß der Geschichte der Elektrizität und des Magnetismus, der ebenfalls die großen Fortschritte der neuen Zeit berücksichtigt. Die Fülle des gebotenen Stoffes, die moderne Einkleidung und gewandte Darstellung auch schwieriger Gebiete machen das Buch zu einem wertvollen Hilfsmittel für den Studierenden der Physik noch über die Schule hinaus; selbst der Lehrer, welcher die neueren Gebiete der Physik im Unterricht beackern möchte, wird es mit größtem Nutzen verwenden.

Ni.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band 16: Apparate und Meßmethoden für Elektrizität und Magnetismus. Redigiert von W. WESTPHAL. IX und 801 Seiten, 623 Abbildungen. Berlin 1927, Verlag Julius Springer. Geh. RM 66.—, geb. RM 68.40.

Das Thema des Bandes — Apparate und Meßmethoden für Elektrizität und Magnetismus — läßt seinen sehr großen Umfang von 800 Seiten erklärliech erscheinen. Trotz des Umfangs war es naturgemäß bei sehr vielen Gebieten notwendig, eine Auswahl unter den Apparaten und Meßmethoden zu treffen und nur das Wichtigste zu besprechen. Aber auch so ist das Buch überaus reichhaltig. Es zerfällt in 28 Kapitel, die durch 15 hervorragende Sachkenner bearbeitet worden sind. Im einleitenden Kapitel (von W. JAEGER-Berlin) werden die verschiedenen Maßsysteme und ihre geschichtliche Entwicklung, die elektrischen Normalien und die absolute Bestimmung von Ohm und Ampere besprochen. Allgemeines und Technisches über elektrische Messungen schließt sich an (Stromquellen, Stromschlüssel, Stromwender). MICHEL-Berlin und VALENTINER-Claustal geben Beschreibung und Theorie der Influenzmaschinen und des Funkeninduktors sowie verwandter Apparate. GÜNTHERSCHULZE-Berlin behandelt die elektrischen Ventile (d. h. solche den elektrischen Strom leitende Anordnungen, deren Charakteristik von der Stromrichtung abhängig ist), Gleichrichter, Verstärkerröhren und Relais. Die für die Praxis wichtigen Ventile haben als Grenzen Metall-Metall (unter „Metall“ sind hier alle Körper mit Elektronenleitung, auch Kohle, viele Oxyde, Sulfide usw. zu verstehen; hierher gehören die Detektoren sowie Trockenplattengleichrichter, z. B. Elkon-Gleichrichter, die aus einer Platte eines Gemisches von Kupfersulfür und Zinksulfid zwischen Kupfer und Magnesium bestehen), Metall-Gas (oder Vakuum), Metall-Elektrolyt (Aluminium-Gleichrichter, Tantal-Gleichrichter u. a.) oder Gas-Elektrolyt. Bei den Glimmlicht-Gleichrichtern überlagern sich 2 Ventilwirkungen (Kathodenfall abhängig von Kathodenmetall und von Kathoden-

größe). Die verschiedensten Mikrophone, Telephones, Lautsprecher und Schallsender behandelt nach Konstruktion und Schaltung W. MEISSNER-Berlin. Nach einem Abschnitt über Schwingung und Dämpfung in Meßgeräten und elektrischen Stromkreisen behandeln F. KOTTLER-Wien und R. SCHMIDT-Berlin in 2 sehr interessanten und inhaltsreichen Kapiteln elektrische Meßgeräte. Wir finden hier eine ausgezeichnete Zusammenstellung der verschiedensten Meßinstrumente und ihre Charakterisierung nach Art, Konstruktion, Verwendbarkeit, Empfindlichkeit, Meßbereich usw. Die Instrumente für statische Messungen werden auf Grund des Mechanismus, der die mechanische Richtkraft entwickelt, eingeteilt in Blättchen-, Faden- und Saiten-, Nadel-, Quadranten-, absolute oder Wage- und sonstige Elektrometer. Die Instrumente für elektrodynamische Messungen können haben einen beweglichen Magneten und eine feste Spule (die Bussole wird fast nur noch zu didaktischen Zwecken gebraucht), feste Magnete und bewegliche Stromleiter (Drehspul-, Saiten- und Schleifeninstrumente), einen beweglichen und einen festen Stromleiter (Elektrodynamometer, Stromwage u. a.), endlich eine feste stromdurchflossene und eine bewegliche kurzgeschlossene Spule (Induktionsinstrumente). — Es folgen Kapitel über Schwingungsinstrumente (Frequenzmesser, Oszillographen, von H. SCERRING-Charlottenburg), über Instrumente, die auf thermischer Grundlage oder auf elektrolytischer Wirkung beruhen (von GÜNTHERSCHULZE: Thermokreuze und -brücken, Hitzdrahtinstrumente, Bolometer bzw. Voltmeter, Elektrolytzähler und Kapillarelektrometer) und über Meßwandler (von H. SCHERING; Meßwandler sind Transformatoren, welche zur Erweiterung des Meßbereichs von Wechselstrommessern dienen; sie entsprechen in der Wirkung dem Nebenschlußwiderstand bei der Messung von Gleichstromstärken bzw. dem Vorschaltwiderstand bei der Messung der Spannung). R. SCHMIDT-Berlin berichtet über Strom- und Spannungsmessungen u. ä. Mit Drehspulinstrumenten kann man Gleichstromstärken von 10^4 bis 10^{-6} Ampere messen; mit Röhrenverstärkung kommt man bis 10^{-10} , selbst 10^{-13} Ampere. Besonders werden auch Wechselhochspannungsmessungen behandelt. Daran schließt sich die Messung von Ladungen, und zwar vor allem kleinen Ladungen an (Elektrometrie; von GÜNTHERSCHULZE), von Widerständen (von H. v. STEINWEHR-Berlin; Herstellung von Widerstandsnormalien, verschiedene Meßmethoden; für Präzisionswiderstände wird stets Manganin genommen, da es einen hohen spezifischen Widerstand, einen geringen Temperaturkoeffizienten des Widerstandes, geringe Thermokraft gegen Kupfer und zeitliche Unveränderlichkeit besitzt), ferner von Kapazitäten und Induktivitäten (von E. GIEBE-Berlin), endlich von Dielektrizitätskonstanten und von Dipolmomenten (von GÜNTHERSCHULZE). ALBERTI-Berlin behandelt die Erzeugung elektrischer Schwingungen, Wellenmesser und Frequenznormalen sowie die Meßmethoden für elektrische Schwingungen. Den

Beschluß machen Kapitel über elektrochemische Messungen (E. BAARS-Marburg), magnetische Messungen (STEINHAUS und GUMLICH-Berlin; interessant ist die Angabe, daß man in eisenlosen Zylinderspulen bei 4000 Ampere Stromstärke Felder bis 40000 Gauß, ja sogar momentane Felder bis $0,5 \cdot 10^6$ und mehr Gauß bei Anwendung von 7000 Ampere Stromstärke erzeugt hat) und endlich über Erdmagnetische Messungen.

Da alle Apparate und Meßmethoden nach Theorie, Ausführung, Geltungsbereich usw. eingehend beschrieben sind, bietet das Buch eine unerschöpfliche Fundquelle für den Physiker, zumal auch den Schulphysiker, der sich über die einschlägigen Fragen orientieren will. Der Physiklehrer an höheren Schulen wird gar vieles finden, was er auch für den Unterricht unmittelbar verwerten kann. Das Buch kann für jede Schulbücherei warm empfohlen werden, um so mehr, als auch die äußere Ausstattung (Figuren und Druck) ausgezeichnet ist.

Lamla.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band 17: Elektrotechnik. Redigiert von W. WESTPHAL. VII und 392 Seiten, 360 Abbildungen. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Geh. RM 31.50, geb. RM 33.60.

Der vorliegende Band, der aus 9 Kapiteln besteht, wendet sich ganz und gar den „Anwendungen“ zu und bietet für den Physiklehrer eine große Menge des Interessanten. F. BREISIG-Berlin behandelt Telegraphie und Telephonie auf Leitungen. Nach allgemeinen Ausführungen über die elektrischen Vorgänge in den Leitungen (Verzerrung, Dämpfung usw.) kommt Verf. zur Telegraphen- und Fernsprechtechnik. Er spricht über die verschiedenen Schaltungen, das Mehrfach- und Gegensprechen, verschiedene Telegraphentypen und Schnelltelegraphen, insbesondere den SIEMENSSchen Schnelltelegraphen (bei diesem, der für gewöhnlich 600, als Höchstleistung 900 Zeichen in der Minute zu telegraphieren gestattet, ist jeder Buchstabe usw. aus 5 Schritten zusammengesetzt, wobei jeder Schritt ein Gleichstromstoß in der einen oder der entgegengesetzten Richtung ist). Auch die Selbstanschußämter mit ihren Vor-, Gruppen- und Leitungswählern werden besprochen, ferner Kabelarten und Maßnahmen zur Verhinderung von Störungen. Das Kapitel gibt eine gute und recht reichhaltige Übersicht; manchmal hätte man freilich gewünscht, daß Verf. dem Wunsch nach Zusammendrängung stärker widerstanden hätte und mit Rücksicht auf die nicht telegraphentechnisch vorgebildeten Physiker noch ausführlicher geworden wäre. KIEBITZ-Berlin behandelt die drahtlose Telegraphie und Telephonie. Die verschiedenen Sender und Empfänger, die Prinzipien der gebräuchlichen Schaltungen, Störungen u. a. werden besprochen. Über die Reichweite heißt es: „Jeder Sender hat 20000 km Reichweite, nämlich bis zu den Antipoden. Wie weit es gelingt, Zeichen zu verstehen, hängt von der Empfindlichkeit des Empfängers ab.“ Empfindliche Emp-

fangseinrichtungen reagieren schon, wenn die Amplituden der einfallenden Wellen einige 10^{-6} Volt/cm betragen. Die Ausbreitung der Wellen geschieht leichter über Meer und feuchtem Boden als über trockenem Land, ebenso nachts leichter als bei Tage. Hier sind noch viele ungelöste Probleme. Die Tatsache, daß Wellen die Erde umkreisen, kann man entweder durch Spiegelung an der sog. Heaviside-Schicht (d. i. einer ionisierten und daher leitenden oberen Luftsicht) erklären, oder, was der Verf. nach Messungen von BÄUMLER für zutreffender hält, dadurch, daß die Wellen größtenteils den Charakter von Oberflächenwellen haben. Auch das Fernsehen wird erwähnt. Da das einfachste Bild mindestens 10000 Elemente enthält, die in 0,1 Sek. zu übertragen sind, da also für jeden Einzelvorgang nur 10^{-5} Sek. zur Verfügung stehen, kommt für das Fernsehen nur drahtlose Telegraphie mit ganz kurzen Wellen in Frage. H. BEHNKEN-Berlin behandelt die Röntgentechnik und die Elektromedizin. In den Ionenröhren (alten Röntgenröhren mit mäßigem Vakuum von etwa 10^{-3} mm Quecksilber) werden durch Stoß Ionen gebildet, die beim Aufprall auf die Kathode Elektronen frei machen. (Die grüne Fluoreszenz des Glases röhrt übrigens nicht von Röntgen-, sondern von Kathodenstrahlen her; das ergibt sich daraus, daß diese Fluoreszenz in anderen Röhren fehlt. Die Elektronen laden die Glaswand elektrisch; während bei den anderen Röhren durch das entstehende Feld weitere Elektronen zurückgehalten werden, wird in den Ionenröhren die negative Ladung durch die positiven Ionen immer wieder neutralisiert). Die Lilienfeld- und die Coolidge-Röhren haben Hochvakuum und Glühkathoden; bei den letzteren wird die Spannung unmittelbar an die Glühkathode angelegt, bei den ersten besteht noch eine Hilfskathode. Auf Schaltungen, Unterbrecher, Gleichrichter usw. geht Verf. ausführlich ein. Interessant ist der Abschnitt über Messungen an Röntgenstrahlen, die für den Mediziner wichtig sind. Dieser muß einmal die Härte bestimmen (für die Diagnostik liegen die wirksamsten Wellenlängen zwischen 0,2 und 0,5 Å. E.) und zweitens die Menge, die Dosis. Die zuverlässigste Methode der Dosismessung ist die mit Ionisationsmeßgeräten. Einheit der Dosis ist die Menge, die bei Bestrahlung von 1 ccm Luft von 18° und 760 mm Quecksilber Druck bei voller Ausnutzung der in der Luft gebildeten Elektronen und bei Ausschaltung von Wandwirkungen eine so große Leistungsfähigkeit erzeugt, daß die bei Sättigungsstrom gemessene Elektrizitätsmenge eine elektrostatische Einheit beträgt. Diese Einheit heißt ein Röntgen (R). Für die Elektromedizin ist es wichtig zu wissen, daß der Widerstand des menschlichen Körpers für Wechselstrom von Arm zu Arm etwa 180 bis 430, von Bein zu Bein 300 bis 670 Ohm beträgt, während die Gleichstromwiderstände 1000 bis 2900 bzw. 1600 bis 3100 Ohm betragen, also beträchtlich größer sind. Ströme über 0,02 Amp. sind meist gefährlich, solche über 0,1 Amp. tödlich. Der Tod erfolgt infolge Störung

der Herzfunktion. Hochfrequenzströme (10^4 bis 10^5 Perioden) dagegen können bis 6 Amp. (bei 800 Volt) ohne Gefahr durch den Körper geleitet werden. Die Medizin kennt an Anwendungen des elektrischen Stromes, abgesehen von den Röntgenstrahlen: Galvanisation (konstanter Gleichstrom), Iontophorese (elektrolytische Einführung in die Haut, z. B. von Jod in die Schilddrüse, von Lithium in die Gelenke bei Gicht u. a.), Faradisation (mit Induktorium, bei Störungen des Hautgefühls, Kribbeln usw.), Diathermie (Wärmewirkung durch Hochfrequenzströme, z. B. bei Gelenkversteifungen), Arsonalisation (Wirkung hochgespannter Hochfrequenzströme, durch Teslatransformator erzeugt, zur Herabsetzung des Blutdrucks bei Arterienverkalkung). Dazu kommen dann noch Bestrahlungen mit ultraviolettem und mit farbigem Licht, die Galvanokaustik, die Anwendung von Magneten in der Augenchirurgie. R. und V. VIEWEG-Berlin behandeln Transformatoren und elektrische Maschinen, also Generatoren, Motoren, Umformer, Ring- und Trommelanker, Wickelungen, Schaltungen usw. GÜNTHERSCHULZE-Berlin gibt eine ausführliche Darstellung der technischen Quecksilberdampf-Gleichrichter (man hat solche für 3000, ja sogar für 10 000 Volt gebaut; der Wirkungsgrad beträgt z. B. bei 600 Volt und 350 Amp. etwa 92%). Das Kapitel Hochspannungstechnik (von W. O. SCHUMANN-München) gibt interessante Zusammenstellungen über Festigkeit, Durchschlag, Überschlag, Schirmung u. a. Recht lehrreich ist auch das letzte Kapitel: Überströme und Überspannungen (von A. FRAENCKEL-Berlin). Bei einem größeren Transformator können bei einem plötzlichen Kurzschluß Druckkräfte von etwa 80 kg/qcm auftreten, die die Spule zu sprengen versuchen. Bei einer Generatorleistung von 15000 kWatt bei 2000 Volt können bei plötzlichem Kurzschluß Momentanströme bis 100000 Amp. auftreten; das gibt in 2 Parallelleitern in 50 cm Abstand abstörende Kräfte von rund 400 kg auf das laufende Meter. Man erkennt, welchen gewaltigen mechanischen Beanspruchungen die Maschinen hierbei ausgesetzt sind, und wie wichtig Schutzmaßnahmen sind.

Wie schon die knappe Übersicht erkennen läßt, bietet der vorliegende Band gerade auch für den Physiklehrer an höheren Schulen eine Überfülle des Interessanten und Lehrreichen, das er auch fruchtbringend im Unterricht verwerten kann. Auch Band 17 sollte, ebenso wie Band 16, überall, wo es irgend möglich ist, in die Lehrerbücherei eingestellt werden. *Lamla.*

Physikalische Vorlesungsexperimente. Anleitung zur Ausführung der wichtigsten Versuche im Physikunterricht an Hochschulen und höheren Lehranstalten. Von JOHANNES WIESENT. 172 Seiten, 358 Abbildungen. Stuttgart 1927, Verlag Ferd. Enke. Geh. RM 9.—, geb. RM 10.60.

Nach einigen allgemeinen Bemerkungen über die für den Physikunterricht nötigen Räume und Einrichtungen sowie die optischen Hilfsmittel

für Demonstrationen gibt das Buch die Beschreibung einer sehr großen Reihe von Versuchen. Wenn auch diese Versuche zum allergrößten Teil bekannt sein dürften, so bietet doch das Buch den großen Vorteil, daß der Verfasser, der jahrelang Vorlesungsassistent bei LEO GRAETZ in München gewesen ist und daher über eine seltene, sehr ausgedehnte Erfahrung verfügt, nur solche Versuche beschreibt, die er selbst wirklich ausprobiert hat und die daher auch gelingen, und daß er nur wirklich geeignete Apparate angibt. Das Buch bildet somit eine treffliche Ergänzung der bereits vorhandenen Experimentieranweisungen und wird insbesondere auch dem Physiklehrer an höheren Schulen mannigfache Anregung und manchen Wink geben, der das Gelingen eines Versuches erleichtert. Hervorzuheben ist, daß das Buch recht gute Abbildungen enthält, und daß bei den besprochenen oder abgebildeten Apparaten auch die herstellende Firma angegeben ist, was zweifellos von vielen als ein besonderer Vorzug empfunden werden wird. Auch Schülerübungen sind (freilich nicht in sehr starkem Maße) berücksichtigt.

Lamla.

Abhandlungen zur Wellenmechanik. Von E. SCHRÖDINGER. 160 Seiten mit 12 Abbildungen. Leipzig 1927, Joh. Ambr. Barth, geh. RM 5.70, geb. RM 7.20.

Die SCHRÖDINGERSchen Abhandlungen, die zuerst in den Annalen der Physik und den Naturwissenschaften erschienen sind, sind hier, um der starken Nachfrage nach Separaten zu dienen, nochmals abgedruckt. Es handelt sich um die vier Arbeiten „Quantisierung als Eigenwertproblem“, und die Abhandlungen „der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik“, sowie „über das Verhältnis der HEISENBERG-BORN-JORDANSchen Quantenmechanik zu der meinen“. Da in diesen Abhandlungen oftmals Dinge und Ansichten aus früheren Arbeiten korrigiert werden, so wie sich die SCHRÖDINGERSche Theorie entwickelt hat, hat der Verfasser diesem Wiederabdruck eine sachlich geordnete Inhaltsangabe vorangestellt, die den Lesern sehr erwünscht sein wird. So ist es auch dem Leser, dem nicht die Zeitschriftenliteratur zur Verfügung steht, ermöglicht, die grundlegenden Arbeiten SCHRÖDINGERS zu studieren. *A. Wenzel.*

Joseph Fraunhofer und sein optisches Institut. Von A. SEITZ. IV und 118 Seiten, 6 Tafeln. Berlin 1926, Verlag von Julius Springer. Geh. RM 4.80, geb. RM 5.70.

Lebensbeschreibungen FRAUNHOFERS gibt es mehrere, die uns über Leben, Wirken und Entwicklungsgang des großen Optikers hinreichend unterrichten. Vorliegendes Buch bietet zunächst eine ausführliche Darstellung seines sachlichen Werdeganges, während aus seiner Jugendgeschichte nur das unbedingt Notwendige wiederholt wird. Dieser Werdegang wird hier durch die Heranziehung von umfangreichen Akten aus privatem Besitz und aus den Sammlungen des

deutschen Museums in München illustriert und von einer ganz neuen Seite beleuchtet. Gerade darin liegt das Interessante dieses Buches, daß wir an der Hand von Schriften aus dem Nachlaß UTZSCHNEIDERS, von FRAUNHOFER und dem Glasschmelzer GUINAND die Entwicklung FRAUNHOFERS vom Gesellen und vom 20. Lebensjahr ab vom Leiter des optischen Betriebes des UTZSCHNEIDER-REICHENBACHSchen mathematisch-mechanischen Instituts zu München zum Professor und Mitglied der Akademie miterleben können. Zugleich ist hier eine interessante Dokumentensammlung zur Geschichte der Physik der breiteren Allgemeinheit zugänglich gemacht worden.

A. Wenzel.

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neuern Atomtheorie. Von PETER PRINGSHEIM. Dritte Auflage. VII und 357 Seiten, 87 Abbildungen. Berlin 1928, Verlag Julius Springer. Geh. RM 24.—, geb. RM 25.20. (Struktur der Materie in Einzeldarstellungen. Herausgegeben von M. BORN und J. FRANCK. Bd. 6.)

Fluoreszenz und Phosphoreszenz, früher ein kurioses Gebiet der Physik, mit dem nicht viel anzufangen war, sind heute sehr wichtige Bausteine in unserer Erkenntnis vom Bau des Atoms. So ist die neue Auflage des vorliegenden Buches — die erste erschien 1921 — sehr zu begrüßen. Faßt sie doch die gesamte weitverzweigte Literatur dieses Gebietes der Atomphysik zusammen zu einer ausgezeichneten Monographie, die vom Anfang bis zum Ende unser Interesse wach hält. Die beiden früheren Auflagen wurden an dieser Stelle eingehender gewürdigt (35, 95; 1922 und 36, 209; 1923). Inzwischen hat aber der Fortschritt auf diesen Gebieten so stark zugenommen, daß sämtliche Kapitel neubearbeitet werden mußten, zum Teil sind sie erheblich erweitert, so daß diese Auflage schon äußerlich viel umfangreicher ist als die vorhergehenden. Der Inhalt, der sich soweit als möglich auf experimentelle Beobachtungen stützt, gliedert sich in folgende Abschnitte: Resonanzstrahlung, Fluoreszenz- und Resonanzspektren zweiatomiger Moleküle, Leuchtdauer und Polarisation der Fluoreszenzstrahlung von Gasen und der Einfluß magnetischer und elektrischer Felder, Störung der Resonanzstrahlung durch Zusammenstöße, Fluoreszenz und Phosphoreszenz flüssiger und fester Substanzen und organischer Verbindungen, Lumineszenz komplexer anorganischer Moleküle, durch Fremdatome aktivierte anorganische Phosphore (Kristallphosphore). Ein reicher Inhalt, der noch durch ausführliche Literaturangaben (bis 1927) ergänzt wird! Nur eines sei erwähnt: Wäre es nicht doch besser gewesen, auch andere Lumineszenzerregungsarten als nur optische mit aufzunehmen? Auch sie bieten viel des Interessanten; und die kleine Vergrößerung des Umfangs des Buches würden die Leser auch freudig mit in Kauf genommen haben. Doch dies soll nur eine Anregung, kein Tadel für das ausgezeichnete Werk sein. Da es im allgemeinen elementar gehalten ist, eignet es sich besonders auch zum

Studium für alle diejenigen, denen das große mathematische Rüstzeug der modernen Physik fehlt.

A. Wenzel.

Der innere Aufbau der Sterne. Von A. S. EDDINGTON. Nach Ergänzung der englischen Ausgabe durch Prof. A. S. EDDINGTON ins Deutsche übertragen von Dr. E. VON DER PAHLEN. VIII und 514 Seiten, mit 5 Abbildungen. Berlin 1928, Verlag Julius Springer. Geh. RM 28.—, geb. RM 30.—.

Das nunmehr schon seit 50 Jahren bearbeitete Problem vom inneren Aufbau der Sterne hat durch einen der besten Forscher auf diesem Gebiet in vorliegendem Werk eine ausgezeichnete, tiefgründige Bearbeitung erfahren. Alles was zur Erforschung des Inneren der Sterne erforderlich und brauchbar ist, hat EDDINGTON hier zusammengetragen und verarbeitet. Nachdem er einen Überblick über das Problem selbst gegeben hat, bringt er die Grundpfeiler dieses Forschungszweiges, die Thermodynamik der Strahlung und die Quantentheorie, die Lehre von den polytropen Gaskugeln sowie die Lehre vom Strahlungsgleichgewicht. Wie aus alledem schon hervorgeht, ist die Erforschung des Sterninneren eng verknüpft mit der Atomtheorie. Verf. sagt selbst in dem Vorwort zur englischen Ausgabe: „Es würde uns gegenwärtig sogar schwer fallen, eine Antwort auf die Frage zu geben, ob der Stern oder das Elektron der eigentliche Held unseres Epos ist.“ Dann behandelt er die Beziehungen zwischen Masse und Helligkeit und kommt zum δ-Cephei-Problem, zur Sonne, zu den Gasgesetzen der dichten Sterne und den weißen Zwergen, die so viel des Interessanten bieten. Sie führen auch zu den veränderlichen Sternen, deren Pulsationen eingehend erörtert werden. Die Theorie der Opazität geht von der klassischen Emissionstheorie aus, bedient sich dann aber der Emissionstheorie von KRAMERS, stellt Vergleiche mit Laboratoriumsexperimenten her und untersucht den Einfluß der chemischen Zusammensetzung. Dann folgen Ionisation, Diffusion und der Einfluß der Rotation darauf. Die elektrische Ladung im Innern sowie die thermische Diffusion wird erörtert, und die Geschwindigkeit der Diffusion der chemischen Elemente, die Viskosität und die thermische und elektrische Leitfähigkeit werden behandelt. Den Abschluß dieses Abschnitts bildet die Untersuchung rotierender Sterne. Von den Quellen der Sternenergie wird zunächst die Kontraktionshypothese und die subatomare Energie behandelt und ihre physikalischen und astronomischen Schwierigkeiten dargelegt. Die Ausstrahlung von Masse, die Transmutation von Wasserstoff wird herangezogen, ebenso wie die durchdringende Strahlung aus dem interstellaren Raum. Die nun folgenden beiden Kapitel über die äußeren Teile eines Sternes und über diffuse Materie im Raum gehen über den Rahmen des Buches hinaus und fassen die wichtigsten Arbeiten der genannten Gebiete zusammen. Besonders das letzte Kapitel gibt interessante Einblicke in die Verteilung der Materie im Weltenraum, in den

Bau der diffusen Nebel, der dunklen Nebel sowie der planetarischen Nebel. Ein Konstanten- sowie ein ausführliches Literaturverzeichnis, Namen- und Sachregister beschließen den inhaltsschweren Band, der so recht den innigen Zusammenhang zwischen Astrophysik und reiner Physik darstut. Die vorliegende Übersetzung, die recht flüssig und klar ist, ist vom Verf. selbst noch durch mehrere Ergänzungen zur englischen Ausgabe verbessert worden. Jedem, der sich für die Physik des Alls interessiert, kann das Studium dieses Werkes warm empfohlen werden. Doch auch der reine Physiker wird aus der Darstellung reichen Gewinn ziehen.

A. Wenzel.

Technisches Denken und Schaffen. Eine leichtverständliche Einführung in die Technik. Von GEORG v. HANFFSTENGEL. 4. neubearbeitete Aufl. Berlin 1927, Verlag Julius Springer. XII und 228 Seiten. 175 Abb. Geb. RM 6.90.

Die neue Auflage des prächtigen Buches hat gegenüber den früheren eine Erweiterung durch Einfügung von Abschnitten über neue Wege der Energiewirtschaft, Fließarbeit, Schaffung ästhetisch schöner Formen, Rationalisierung durch Vereinfachung der Herstellung erfahren; es sind also die neuesten Gedanken, welche die Technik z. Z. beschäftigen, gebührend berücksichtigt worden. Der Verfasser stellt mit Recht im Vorwort fest, daß das Verständnis für technische Leistungen und technische Arbeitweise in weiten Kreisen wächst, und ein Buch wie das vorliegende ist bestens geeignet, dieses Verständnis weiter kräftig zu fördern und besonders da, wo es am wirksamsten für unser volkswirtschaftliches Wohl geschehen kann: bei der heranwachsenden Jugend. Jedem Studierenden technischer Fächer wird das Buch mit seiner klaren, durchsichtigen und schwungvollen Darstellung, seinem reichen Inhalt, seinen übersichtlichen Figuren und schönen Abbildungen eine vertrautere Stellung zu seinem künftigen Beruf, ein Einleben in technische Betrachtungsweisen, technische Probleme und technische Leistungen vermitteln. Darüber hinaus wendet es sich mit seinen Anregungen an den Kreis aller Gebildeten, die bemüht sind, in das Verständnis der Welt des „technischen Denkens“ einzudringen. Ein Volk, das in der Hauptsache von der Industrie lebt, handelt nur zu seinem Besten, wenn es den Problemen verfeinerter Gütererschaffung steigende Beachtung und tiefes Nachdenken entgegenbringt. Das Buch ist mit Liebe geschrieben; hinter dem rein Sachlichen stehen immer die begeisternden Hinweise auf die technische Tat und ihren Wert; es kann nicht warm genug zur Berücksichtigung im Physikunterricht empfohlen werden.

Ni.

Vorschule der Chemie. Von W. SCHWARZ. 3. Aufl. 201 S. mit 77 Fig. Leipzig 1927. Leopold Voß. Kart. RM 4.—.

Das Buch, dessen frühere Auflagen in dieser Zeitschrift besprochen sind, bringt auf 200 weitläufig gedruckten Seiten eine Einführung in die

Chemie, die unter den heutigen Verhältnissen den wesentlichen Bedarf der Nichtoberrealschulen an chemischem Lehrstoff (leider) darstellt. Das induktive Lehrverfahren wird, gestützt auf wohlgedachte Versuche, sehr gewissenhaft durchgeführt; diese Sorgfalt ist ein Vorzug, geht mir aber manchmal etwas zu weit: Reaktionsformeln für einfache Synthesen und Analysen, ebenso stöchiometrische Aufgaben zwanglos in den Unterricht einzufügen, sollte man dem Lehrer überlassen. Andererseits möchte ich manche Versuche nicht von den Schülern ausgeführt wissen, wenn nicht ein sehr umsichtiger Lehrer sie überwacht. Auf diese Gefahrenquelle ist bei der Besprechung der früheren Auflagen schon hingewiesen worden. Im organischen Teil bin ich mit der Auswahl des Stoffes nicht ganz einverstanden: So konnte der Verfasser z. B. nicht der Versuchung widerstehen, auch Verbindungen aufzuführen, bloß weil sie einen Namen haben. Von diesen Anständen abgesehen, kann ich das Buch im ganzen betrachtet wegen seiner kurzen Fassung und seines klaren Aufbaues den Fachkollegen zu einer genaueren Prüfung nur empfehlen.

Heineck.

Einführung in die Chemie. Von Dr. HEINR. LOEWEN. Technische Fachbücher. Herausgegeben von Dipl.-Ing. ARNOLD MEYER. Mit 15 Abbildungen im Text und 18 Aufgaben nebst Lösungen. 131 Seiten. München, C. W. Kreidels Verlag. Preis kart. RM 2.25.

Das Büchlein ist für Laien bestimmt, die nur die vier Grundrechnungsarten zu beherrschen brauchen, die aber gerade in die rechnerische Behandlung einfacher chemischer Aufgaben eingeführt werden sollen. Im ersten Teil wird der Leser, methodisch ganz geschickt und anschaulich, in die notwendigsten chemischen und physikalischen Grundbegriffe eingeführt. Der zweite Teil macht den Leser dann bekannt mit Wasser, Luft und Stickstoff, Schwefel und Phosphor, Kohle, Salzen, Erden und Gesteinen, Metallen. Die Berechnung der Formel von Glyzerin allein aus der prozentischen Zusammensetzung hätte wegbleiben können, da sie doch nicht einwandfrei ist.

Dm.

Untersuchung und Nachweis organischer Farbstoffe auf spektroskopischem Wege. Von J. FORMÁNEK und J. KNOP. Zweite, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage. 2. Teil, 3. Lieferung: Gelbe Farbstoffe. IV und 208 Seiten, mit 41 Textfiguren und 12 Tafeln. Berlin 1926. Verlag Julius Springer. G. h. RM 36.—.

Die vorliegende Lieferung des bekannten FORMÁNEKSchen Werkes ist mit der gleichen Meisterschaft bearbeitet, die die übrigen Teile des für Wissenschaft und Technik unentbehrlichen Buches auszeichnet. Die Arbeit dieser Abteilung gilt der Untersuchung der gelben Farbstoffe. Zunächst werden diese Farbstoffe nach ihren Absorptionsspektren in neun Gruppen eingeteilt. Ein besonderes Kapitel behandelt die Bestimmung der Absorption im Ultravioletten.

Recht eingehend werden die spektrographischen Apparate beschrieben, ebenso wie die benutzten Lichtquellen und Absorptionsgefäße. Vortrefflich sind die Ausführungen über die Eichung der Spektrographen und die Ausmessung der Absorptionsspektrogramme. Ein Tabellenwerk von

fast 120 Druckseiten gibt die Forschungsergebnisse über die Absorptionsspektren der gelben Farbstoffe recht übersichtlich wieder. Die beigegebenen Bildtafeln über die Spektren, besonders die über die Absorptionsspektren im Ultraviolett, sind sehr gut.
Petzold.

Korrespondenz.

Nachtrag zu der kleinen Mitteilung von F. HOFMANN: Statistische Angaben 1927 für den chemischen Unterricht, ds. Zeitschr. 42, 74; 1929. Nach Drucklegung der Statistischen Angaben sind in der Zeitschrift „Wirtschaft und Statistik“, 9. Jahrg. 1929, zwei Abhandlungen erschienen, auf die hier zur Ergänzung hingewiesen sein mag. 1. Weltproduktion und Verbrauch von Platin, S. 41. 2. Eisen- und Stahlerzeugung im Jahre 1928, S. 83.
Hf.

Einladung der Technischen Hochschule der Freien Stadt Danzig.

Die Technische Hochschule der Freien Stadt Danzig feiert vom 18. bis 20. Juni 1929 ihr fünfundzwanzigjähriges Bestehen, das — wissenschaftlich und kulturell gleich bedeutsam — festlich begangen werden soll. Die Hochschule der alten Hansastadt an der Ostsee erwartet in diesen Festtagen ihre Angehörigen, ihre Freunde, ihre früheren Lehrer und Schüler aus aller Welt.

Die Erinnerung an Danzig und an hier verlebte schöne Sommertage wird in vielen den Wunsch lebendig werden lassen, dieses Fest mit uns zu begehen. Kommt alle, die ihr Verständnis habt für die Kultur des Ostens, für ihre Aufgaben und ihre Schwierigkeiten!

Teilt uns möglichst bald mit, ob wir Euch mit Euren Angehörigen erwarten dürfen. Werbt auch bei Euren Freunden für diese Fahrt. Ihr könnt zu Wasser, zu Land oder in der Luft hierherkommen. Wir möchten möglichst zeitig für gute Unterkunft vorsorgen.

Gebt also schnell Eure Zusagen an die Hauptgeschäftsstelle unserer Hochschule. Wir freuen uns auf Euer Kommen!

*Rektor und Senat
der Technischen Hochschule Danzig.*

Neue Technische Hochschulen? Diese Frage behandelt der Verein Deutscher Ingenieure in einer bemerkenswerten Denkschrift. Die schädliche Überschätzung des Schulwissens hat zur „Verschulung“ Deutschlands geführt. Aus überfüllten höheren Schulen drängen die Abiturienten zu den Hochschulen, und die Industrie ist nicht von fern in der Lage, das Angebot an akademisch

gebildeten Ingenieuren aufzunehmen. Vielseitige Erwägungen führen zu einer Warnung vor der Neuerrichtung von Technischen Hochschulen. Die Denkschrift bietet bedeutungsvolle zeichnerische Erläuterungen zu den sachlichen Ausführungen und Auszüge aus Antworten auf eine Umfrage nach einem etwaigen Mangel an akademisch gebildeten Ingenieuren. Wer als Lehrer in die Lage kommt, Rat zu erteilen bezüglich der Aussichten des technischen Studiums, wird in dieser Veröffentlichung sichere Anhaltspunkte finden.

Ferienkurse in Jena finden 1929 vom 2. bis 15. August in der Universität statt.

Der für den 35. Ferienkursus vorgesehene Plan kündigt in Naturwissenschaften an: Anleitung zu Experimenten für den Schulunterricht in der anorganischen Chemie (Dr. BRINZINGER), Anleitung zu Experimenten für den Schulunterricht in der organischen Chemie (Dr. K. MAURER), Physiologie und Chemie der Ernährung, der Verdauung und des Körperhaushalts (Dr. SCHLIEP-HAKE), die Biologie im botanischen Schulunterricht mit Anleitung zu pflanzenbiologischen Schulerperimenten (Prof. Dr. DETMER), Anleitung zu botanisch-mikroskopischen Untersuchungen (Prof. Dr. HERZOG), Botanisches Praktikum für Geübtere (Prof. Dr. HERZOG), Die moderne Zoologie im Schulunterricht (Prof. Dr. FRANZ), Zoologische Mikroskopier- und Präparierübungen (Prof. Dr. FRANZ), Bau und Funktion des Gehirns, mit Demonstrationen (Prof. Dr. NOLL), Grundbegriffe der Bakteriologie in ihrer Bedeutung für Wohnungs- und Schulhygiene (Dr. LEHMANN), Populäre Astronomie (Prof. Dr. KNOPF), Zeit- und Ortsbestimmungen mit praktischen Übungen (Prof. Dr. KNOPF), Geologische Einführung in die Erdphysik (Prof. Dr. v. SIEBERG), Einführung in die Geopolitik mit besonderer Berücksichtigung des geographischen und geschichtlichen Schulunterrichts (Prof. Dr. HENNIG). Unter den Abendvorträgen findet sich: Einige neuere Ergebnisse der anorganischen Chemie, mit Experimenten (Prof. Dr. SIEVERTS). An den Sonntagen werden gemeinschaftliche Ausflüge unter sachkundiger Führung veranstaltet.

Ausführliche Programme versendet das Sekretariat, Fr. CLARA BLOMEYER, Jena, Carl Zeiß Platz 3.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1929.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerl. Zeit Greenwich. 0h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich.
Stundenzählung von 0h bis 24h. M. E. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1h.

W. Z. 0h	Juli						August						Sept. 3
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
♀ { AR D	5h 22m + 20,4°	5.48 + 21,7	6.22 + 22,7	7.2 + 23,0	7.46 + 22,4	8.31 + 20,6	9.13 + 17,9	9.52 + 14,7	10.27 + 11,2	10.58 + 7,5	11.27 + 3,8	11.53 + 0,3	12.17 - 3,1
♀ { AR D	3h 42m + 16,4°	4.2 + 17,5	4.23 + 18,6	4.45 + 19,5	5.7 + 20,3	5.31 + 20,9	5.54 + 21,3	6.18 + 21,5	6.42 + 21,5	7.7 + 21,3	7.31 + 20,8	7.56 + 20,1	8.21 + 19,1
⊕ { AR D	6h 54m + 22,9°	7.15 + 22,3	7.35 + 21,7	7.55 + 20,8	8.15 + 19,8	8.35 + 18,7	8.54 + 17,5	9.13 + 16,1	9.32 + 14,6	9.51 + 13,0	10.10 + 11,4	10.28 + 9,6	10.46 + 7,8
♂ { AR D	10h 11m + 12,4°	10.23 + 11,3	10.34 + 10,1	10.45 + 8,9	10.57 + 7,7	11.8 + 6,5	11.20 + 5,2	11.31 + 3,9	11.43 + 2,6	11.54 + 1,3	12.6 + 0,0	12.18 - 1,3	12.29 - 2,6
☿ { AR D	4h 13m + 20,4°		4.21 + 20,7		4.29 + 21,0		4.37 + 21,3		4.43 + 21,5		4.49 + 21,7		4.54 + 21,8
♃ { AR D	17h 43m - 22,2°				17.38 - 22,2				17.34 - 22,2				17.34 - 22,3

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ° v. Greenwich: $\mp \lambda \cdot 0.657s$

Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Δ {	18h	19.	19.	19.	20.	20.	20.	21.	21.	21.	22.	22.	22.
50m 1s	9.43	29.26	49.9	8.52	28.34	48.17	8.0	27.43	47.26	7.8	26.51	46.34	
Zeitgl.	+ 4m 13s	+ 5.3	+ 5.42	+ 6.8	+ 6.20	+ 6.18	+ 6.2	+ 5.30	+ 4.44	+ 3.43	+ 2.30	+ 1.7	- 0.25

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ⊕-Randes. M. E. Z.													
Aufg. 3h 46m	3.51	3.56	4.3	4.10	4.17	4.25	4.33	4.41	4.50	4.58	5.6	5.15	
Unterg. 20h 22m	20.19	20.14	20.9	20.2	19.54	19.45	19.36	19.27	19.16	19.5	18.54	18.43	
Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☽-Randes. M. E. Z.													
Aufg. 1h 41m	8.10	14.43	20.5	21.57	23.8	2.34	9.53	16.8	19.35	20.41	22.58	4.36	
Unterg. 19h 37m	22.50	23.55	1.57	7.43	14.16	20.6	21.33	23.10	3.1	9.21	16.14	19.12	

Mondphasen	Neumond			Erstes Viertel			Vollmond			Letztes Viertel			
	W. Z.	Julii	6. 20h 47,0m	Julii	13. 16h 5,0m	Julii	21. 19h 20,7m	Julii	29. 12h 55,8m	Aug.	20. 9h 42,3m	Aug.	27. 20h 1,7m
		Juli	5. 20h 47,0m	Aug.	5. 23h 19,2m E	Aug.	12. 0h 12,5m E	Aug.	21. 19h 20,7m	Aug.	20. 9h 42,3m	Aug.	27. 20h 1,7m
		, 9.	1h 13,0m E		, 13.	0h 12,5m E							
		, 24.	23h 29,1m E		, 13.	2h 33,0m A							
		Sept. 1.	1h 22,8m E		, 20.	2h 48,0m E							

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I	II	III	IV
Julii 17. 1h 3,0m E Aug. 1. 23h 19,2m E	Julii 12. 0h 30,6m E Aug. 5. 23h 57,0m A	Aug. 4. 23h 1,2m A	-
, 9. 1h 13,0m E	, 13. 0h 12,5m E	12. 0h 56,8m E	
, 24. 23h 29,1m E	, 13. 2h 33,0m A		
Sept. 1. 1h 22,8m E	, 20. 2h 48,0m E		

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite v. Berlin. Länge v. Stargard.

M. E. Z.	♀	♀	♂	♀	♃
Julii 5.	A 2,5h Dm 2,9h	A 1,3h Dm 3,3h	Da 21,4h U 22,5h	A 1,4h Dm 2,8h	Da 21,6h Dm 2,6h
" 15.	A 2,6h Dm 3,0h	A 1,2h Dm 3,4h	Da 21,2h U 22,0h	A 0,8h Dm 2,9h	Da 21,4h U 2,0h
" 25.	-	A 1,1h Dm 3,7h	Da 21,0h U 21,5h	A 0,2h Dm 3,2h	Da 21,2h U 1,4h
Aug. 4.	-	A 1,0h Dm 3,9h	Da 20,8h U 21,0h	A 23,7h Dm 3,4h	Da 21,0h U 0,7h
" 14.	-	A 1,1h Dm 4,2h	-	A 23,1h Dm 3,7h	Da 20,7h U 0,1h
" 24.	-	A 1,4h Dm 4,5h	-	A 22,5h Dm 4,0h	Da 20,3h U 23,4h
Sept. 3.	-	A 1,7h Dm 4,8h	-	A 21,9h Dm 4,2h	Da 19,9h U 22,7h

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Merkur in gr. westl. Elongation 21,6° Juli 3. 7h. Venus in Konjunktion mit Jupiter, Venus 2,3° S., Juli 14. 10h. A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.