

Elementare Anwendungen des Dreikörperproblems.

Von H. Lorenz in Danzig.

1. Die Störungsgleichungen.

Befinden sich drei kugelförmige Massen m, m', m'' in den Ecken des Dreiecks ABC (Fig. 1) mit den Abständen $BC = r, CA = r', AB = r''$ und den Winkeln $ABC = \varphi', BCA = \varphi''$ und $CAD = \psi = \varphi' + \varphi''$, so unterliegen die Massen gegeneinander Beschleunigungen nach dem NEWTONSchen Gesetz der allgemeinen Schwere. Insbesondere ist die Beschleunigung von m gegen m' und m'' mit dem GAUSSSchen Schwerebeiwert k in den Richtungen r' und r''

$$q'' = k \cdot \frac{m'}{r'^2}; \quad q' = k \cdot \frac{m''}{r'^2}, \quad \dots \quad (1)$$

während m' gegen m'' die Beschleunigung

$$q = k \cdot \frac{m''}{r^2} \quad \dots \quad (1a)$$

erfährt. Die Relativbeschleunigung von m gegen m' zerfällt alsdann in die Anteile $q_{r'}$ in der Strahlrichtung r' und q_n senkrecht dazu, so zwar, daß mit den obigen Winkeln

$$q_{r'} = -(q'' + q \cdot \cos \varphi' - q' \cdot \cos \psi) = -k \left[\frac{m'}{r'^2} + \frac{m''}{r^2} \cos \varphi' - \frac{m''}{r'^2} \cdot \cos \psi \right] \quad (2)$$

$$q_n = q \cdot \sin \varphi' - q' \cdot \sin \psi = -k \left[\frac{m''}{r^2} \cdot \sin \varphi' - \frac{m''}{r'^2} \cdot \sin \psi \right]$$

ist. Weiter bestehen die geometrischen Beziehungen

$$\left. \begin{aligned} r''^2 &= r^2 + r'^2 - 2r r' \cdot \cos \varphi'' \\ r^2 &= r^2 + r'^2 - 2r r'' \cdot \cos \varphi' \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (3)$$

also

$$\left. \begin{aligned} \sin \varphi'' &= \frac{r''}{r'} \cdot \sin \varphi'; \quad \cos \varphi'' = \frac{r - r'' \cos \varphi'}{r'} \\ \cos \psi &= \cos (\varphi' + \varphi'') = \frac{r \cos \varphi' - r''}{r'} \\ \sin \psi &= \sin (\varphi' + \varphi'') = \frac{r \cdot \sin \varphi'}{r'} \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (3a)$$

Setzen wir diese Ausdrücke in (2) ein, so wird daraus

$$\left. \begin{aligned} q_{r'} &= -k \left[\frac{m'}{r'^2} + \frac{m''}{r^2} \cos \varphi' - \frac{m''}{r'^2} (r \cos \varphi' - r'') \right] \\ q_n &= +k \cdot m'' \left[\frac{1}{r^2} - \frac{r}{r'^3} \right] \sin \varphi' \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (2a)$$

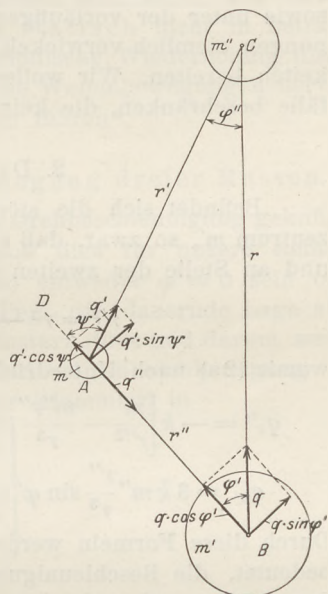


Fig. 1.

Diese Gleichungen bilden die Grundlage für die Bestimmung der durch die Masse m'' gestörten Bahn des Körpers m um die Masse m' , also z. B. der durch

einen anderen Planeten gestörten Planetenbahn um die Sonne oder der von dieser gestörten Bahn eines Begleiters (Mondes) um einen Planeten. Dabei erscheinen, wenn m' den Zentralkörper und m'' die störende Masse bezeichnet, die mit letzterer behafteten Glieder als Störungsglieder, die überhaupt eine mit der reinen Zentralbewegung unvereinbare Drehbeschleunigung q_n bedingen. Daher kann auch die gestörte Bewegung im allgemeinen keine Zentralbewegung sein, für die der KEPLERSCHE Flächen-satz gelten würde.

Sind mehrere störende Massen m_1'', m_2'' usw. vorhanden, so treten in (2a) einfach die ihnen entsprechenden Glieder mit den Abständen $r_1', r_2' \dots$ sowie den Winkeln $\varphi_1', \varphi_2' \dots$ hinzu. Die Berechnung erfolgt in erster Annäherung unter Zugrundelegung der ungestörten Bahn von m , deren Abstände r'' bei festgehaltenen Werten des Abstandes r der Massen m', m'' in die Störungsglieder nach Ausschaltung von r' bzw. $r_1', r_2' \dots$ durch die zweite Gleichung (3) eingeführt werden. Außerdem wird aber hierbei die Relativbewegung der störenden Masse m'' gegen m als gleichförmige Kreisbewegung, also mit einem beständigen Winkelgeschwindigkeitsunterschied ω zwischen m'' und m der Winkel $\varphi' = \omega t$, bei mehreren Massen $\varphi_1' = \omega_1 t$, $\varphi_2' = \omega_2 t \dots$ angesetzt. Man erkennt, daß sich auch mit diesen Vereinfachungen sowie unter der vorläufigen Beschränkung auf Bewegungen in einer Ebene die Rechnungen ziemlich verwickelt gestalten, wenn sie auch keine grundsätzlichen Schwierigkeiten bereiten. Wir wollen uns daher auf die Betrachtung einiger wichtiger Sonderfälle beschränken, die keine weiteren Rechnungen erfordern.

2. Die Mondbewegung um die Erde.

Befindet sich die störende Masse m'' in sehr großer Entfernung vom Relativzentrum m' , so zwar, daß $r \gg r''$, so dürfen wir r''^2 gegen r^2 bzw. r'^2 vernachlässigen und an Stelle der zweiten Gleichung (3) angenähert schreiben

$$r'^2 = r^2 - 2 r r'' \cos \varphi'; \quad r'^3 = r^3 \left(1 - 3 \frac{r''}{r} \cos \varphi' \right),$$

womit (2a) nach Unterdrückung der Glieder mit $r''^2 : r^2$ übergeht in

$$\left. \begin{aligned} q_{r''} &= -k \left[\frac{m'}{r'^2} - \frac{m'' r''}{r^3} (3 \cos^2 \varphi' - 1) \right] = -k \left[\frac{m'}{r'^2} - \frac{m'' r''}{2 r^3} (1 + 3 \cos 2 \varphi') \right] \\ q_n &= 3 k m'' \frac{r''}{r^3} \sin \varphi' \cos \varphi' = \frac{3}{2} k m'' \frac{r''}{r^3} \sin 2 \varphi' \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

Durch diese Formeln werden, wenn m' die Erdmasse und m'' diejenige der Sonne bedeutet, die Beschleunigungsanteile des Mondes m auf seiner Bahn um die Erde dargestellt, während φ' den Winkel der Fahrstrahlen r'', r des Mondes mit der Sonne von der Erde aus gesehen angibt.

Man erkennt, daß der Mond mit dem doppelten Winkel φ' periodische Störungen erleidet, von denen diejenigen des Fahrstrahls r' durch die erste Gleichung (4) bedingt sind, während die zweite dieser Formeln periodische Schwankungen der Bahngeschwindigkeit ergibt, welche die Gültigkeit des zweiten KEPLERSCHEN Gesetzes beeinträchtigen.

3. Einfluß von Mond und Sonne auf die Erdbeschleunigung.

Die zuletzt abgeleiteten Formeln (4) gelten sofort für die Änderungen der Beschleunigung an der Erdoberfläche, wenn wir mit dem Erddurchmesser $r'' = a$

$$k m' = -g a^2 \dots \dots \dots (5)$$

setzen. Damit wird aus (4)

$$\left. \begin{aligned} g_r &= g \left[1 - \frac{m'' a^3}{m' r^3} (3 \cos^2 \varphi' - 1) \right] \\ g_n &= \frac{3}{2} g \frac{m'' a^3}{m' r^3} \sin 2 \varphi' \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4a)$$

wonach die lotrechte Abweichung $g_r - g$ verschwindet für $3 \cos^3 \varphi' = 1$, also $\varphi_1' = 54^\circ 44'$ und $\varphi_2' = 125^\circ 16'$. Sie erreicht einen absoluten Höchstwert für $\varphi' = 0^\circ$ und 180° mit $3 \cos^2 \varphi' - 1 = 2$, sowie für $\varphi' = \pm 90^\circ$ mit $3 \cos^2 \varphi' - 1 = -1$ einen halb so großen absoluten Kleinstwert (Fig. 2). Die wagerechte Komponente g_n verschwindet dagegen für $\varphi' = 0; \pm 90^\circ$ und 180° und erreicht ihren Höchstwert für $\varphi' = \pm 45^\circ$ und $\pm 135^\circ$. Der absolute Betrag dieser Abweichungen ergibt sich für den Mond und die Sonne als störende Massen aus der folgenden Zusammenstellung:

Für	$\frac{m''}{m'}$	$\frac{r}{a}$	$\frac{m''}{m'} \frac{a^3}{r^3}$
Mond	1:81	60	1:11 660 000 = $8,5 \cdot 10^{-8}$
Sonne	333 000	23 200	1:37 500 000 = $2,7 \cdot 10^{-8}$

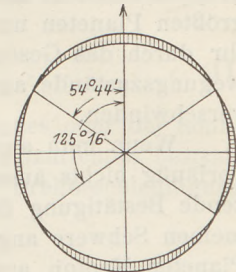


Fig. 2.

Diese Beträge sind so verschwindend, daß sie nur mit sehr feinen Meßvorrichtungen wahrnehmbar sind und für praktische Zwecke statisch nicht in Betracht kommen. Dagegen werden dynamisch durch die periodische Wiederholung dieser Störungen auf der Wasseroberfläche der Erde beträchtliche Wellenbewegungen hervorgerufen, die zu der bekannten Erscheinung der Gezeiten führen¹.

4. Die Möglichkeit der relativen Zentralbewegung dreier Massen.

Die Zentralbewegung ist an das Verschwinden der Drehbeschleunigung geknüpft, woraus dann das zweite KEPLERSche Gesetz folgt. Soll dies für unsere Relativbewegung gelten, so muß in der zweiten Gleichung (2a) entweder $\varphi' = 0$ sein oder der Klammerausdruck verschwinden. Das erstere bedingt die dauernde Lage aller drei Massen auf einer Geraden, die bald zum Zusammensturz führt und darum weiter keine Bedeutung hat. Fügen wir dagegen noch die relative Drehbeschleunigung von m'' gegen m' hinzu, so folgt aus dem Verschwinden der Klammern in

$$\left. \begin{aligned} q_n'' &= k m'' \left(\frac{1}{r^2} - \frac{r}{r'^3} \right) \sin \varphi' \\ q_n' &= k m' \left(\frac{1}{r^2} - \frac{r}{r''^3} \right) \sin \varphi'' \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

daß die Zentralbewegung an die Bedingung

$$r = r' = r'' \dots \dots \dots (7)$$

gebunden ist, d. h. daß die drei Massen m, m', m'' von beliebiger Größe dauernd ein gleichseitiges Dreieck bilden. Dieses muß natürlich um den Massenschwerpunkt gleichförmig rotieren, um durch die Fliehbeschleunigung die Radialbeschleunigungen aufzuheben², die sich mit (7) aus der ersten Formel (2a) zu

$$\left. \begin{aligned} q_r &= k \frac{m' + m''}{r^2} \text{ für } m \\ q_{r'} &= k \frac{m'' + m}{r^2} \text{ für } m' \\ q_{r''} &= k \frac{m + m'}{r^2} \text{ für } m'' \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

ergeben.

¹ Vgl. LORENZ: Technische Hydromechanik (Techn. Phys. Bd. III) S. 250. München u. Berlin 1910.

² Eine rein statische Ableitung dieser Gleichgewichtsbedingung und damit des obigen LAGRANGESchen Sonderfalles kann in des Verfassers Technischer Mechanik starrer Gebilde. 2. Aufl. Bd. I. S. 117. Berlin 1924 nachgelesen werden.

Dieser merkwürdige Sonderfall des Dreikörperproblems wurde 1770 von LAGRANGE theoretisch abgeleitet, seine Verwirklichung aber für so unwahrscheinlich angesehen, daß man ihm keine praktische Bedeutung beilegte. Um so erstaunter war man, als durch WOLFF in Heidelberg in den Jahren 1906 und 1908 zwei Körpergruppen entdeckt und als Trojaner bezeichnet wurden, die in der Jupiterbahn diesem größten Planeten um 60° vor- bzw. nachlaufen. Daraus erhellt, daß die Natur die ihr durch das Gesetz der allgemeinen Schwere gebotenen Möglichkeiten stabiler Bewegungszustände auch wirklich ausnutzt, während instabile Zustände im Laufe der Zeit verschwinden.

Wenn man auch über das Zustandekommen dieser eigentümlichen Gruppierung vorläufig nichts aussagen kann, so darf doch deren Auftreten als eine ebenso glänzende Bestätigung der LAGRANGESCHEN Rechnung auf Grund der NEWTONSCHEN allgemeinen Schwere angesehen werden, wie die Voraussage der Stellung des äußersten Planeten Neptun aus den Störungen des Uranus durch ADAMS und LEVERNIER 1846, auf deren Grundlage der Neptun kurz danach durch GALLE gefunden wurde.

5. Die Präzession der Erdachse.

Der an den Polen abgeplattete Erdkörper kann mit großer Annäherung als ein Umdrehungsellipsoid betrachtet werden, dessen Äquatorebene mit derjenigen der Erdbahn (Ekliptik) einen beständigen Neigungswinkel $\vartheta = 23^\circ 27'$ besitzt. Um die Polarachse vollzieht die Erde die unserer Zeitrechnung zugrunde liegende tägliche Umdrehung mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_0 = 0,000073 \text{ sec}^{-1}$, während die Achse selbst um die Senkrechte zur Bahnebene einen Kegelmantel mit dem halben Öffnungswinkel ϑ im Laufe von etwa 25 000 Jahren entsprechend einer Winkelgeschwindigkeit ω_1 beschreibt, also wie beim Spielkreisel eine Präzession vollzieht. Diese Winkel-

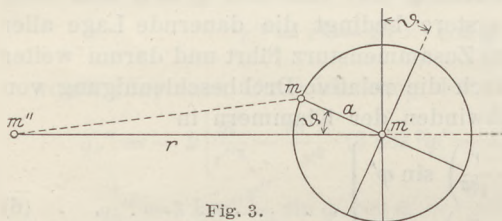


Fig. 3.

geschwindigkeiten sind Vektoren mit der Richtung der zugehörigen Achsen. Erweitert man z. B. ω_0 mit dem Trägheitsmoment $\Theta_0 = \sum m r^2$ um die Polarachse, welches selbst ein Skalar ist, so erhält man mit der jedem Massenteil m zugehörigen Umfangsgeschwindigkeit $u = r \cdot \omega_0$ den sogenannten Drall $D_0 = \Theta_0 \omega_0 = \sum m r^2 \omega_0 = \sum m \cdot r \cdot u$, d. h. das Moment der Bewegungsgröße,

das ersichtlich wieder ein Vektor mit der Richtung von ω_0 ist. Das Vektorprodukt von D_0 mit der Winkelgeschwindigkeit ω_1 , d. h. das mit beiden gebildete Parallelogramm $\Theta_0 \cdot \omega_0 \cdot \omega_1 \cdot \sin \vartheta$ stellt wiederum einen Vektor dar, und zwar senkrecht zur Ebene des Parallelogramms, bzw. zu ω_0 und ω_1 und ergibt seiner Dimension nach ein Drehmoment

$$M_0 = \Theta_0 \cdot \omega_0 \cdot \omega_1 \cdot \sin \vartheta \dots \dots \dots (9)$$

zur Aufrechterhaltung der Präzession, welches den Neigungswinkel ϑ zu verkleinern, den Erdkreis also aufzurichten sucht. Von der entgegengesetzten Wirkung des Fliehkraftmomentes der Präzession wollen wir wegen der außerordentlichen Kleinheit von ω_1 gegen ω_0 abschen.

Nun denken wir eine Masse m auf dem Äquator gleichförmig derart verteilt (Fig. 3), daß ihr Trägheitsmoment $m \cdot a^2$ um die Polarachse den Unterschied der Trägheitsmomente des Erdellipsoids Θ_0 um dieselbe und Θ_1 der eingeschriebenen Kugel vom Polarhalbmesser gerade ausgleicht. Ist dann Θ das Trägheitsmoment des Ellipsoids um diese Äquatorachse, so folgt,

$$\left. \begin{aligned} \Theta_0 &= ma^2 + \Theta_1 \\ \Theta &= \frac{ma^2}{2} + \Theta_1 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10)$$

also

$$\frac{m a^2}{2} = \Theta_0 - \Theta \dots \dots \dots (10 a)$$

Erweitern wir mit dieser Masse m und dem Erdhalbmesser a die Drehbeschleunigung g_n in (4 a), so erhalten wir mit $\varphi' = \vartheta$ ein Moment

$$M = m \cdot g_n \cdot a = \frac{3}{2} \cdot \frac{m \cdot m''}{m'} \cdot \frac{a^2}{r^3} \cdot g \cdot \sin 2 \vartheta, \dots \dots \dots (11)$$

worin jetzt m' die Gesamtmasse des Erdballes und m'' die des Mondes oder der Sonne bedeutet, deren Anziehung auf den Äquatorwulst den Erdkreislauf aufzurichten bestrebt ist. Die der Formel (11) zugrunde liegende Gleichung für die Drehbeschleunigung entspricht aber einer punktförmigen Masse m mit dem Zentriwinkel ϑ gegen den Fahrstrahl r der störenden Masse m'' .

Würde m senkrecht hierzu auf dem Äquator liegen, so würde mit $\varphi' = 90^\circ$ in (4 a) die Drehbeschleunigung verschwinden, so daß wir an Stelle von m nur mit dem Mittelwert $m/2$ rechnen dürfen. Dasselbe gilt aber auch von der störenden Masse m'' in der Lage senkrecht zur Bildebene, in der das Moment ebenfalls verschwindet. Wir dürfen daher auch für m'' in Gleichung (11) nur den Mittelwert $m''/2$ einführen und erhalten so für das mittlere Drehmoment während des relativen Gesamtumlaufes von m'' um m'

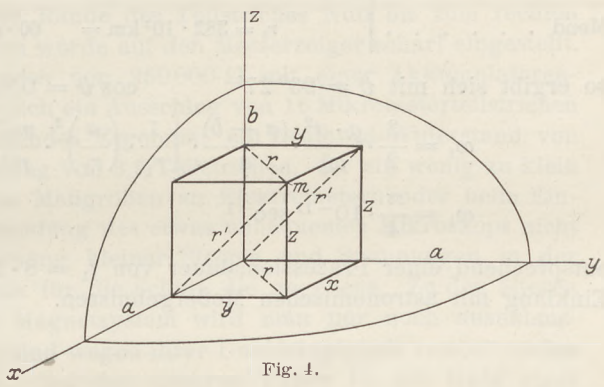


Fig. 4.

$$M_0 = \frac{3}{8} \frac{m \cdot m''}{m'} \cdot \frac{a^4 \cdot g}{r^3} \sin 2 \vartheta, \dots \dots \dots (12)$$

welches nunmehr mit dem aufrichtenden Kreiselmoment (9) übereinstimmen muß, falls der Neigungswinkel ϑ der Ekliptik keine Änderung erfahren soll. Ersetzen wir noch die Hilfsmasse m vermittels (10 a) durch den Unterschied der beiden Trägheitsmomente, so wird aus (12)

$$M_0 = \frac{3}{4} \frac{m''}{m'} \cdot \frac{g \cdot a^2}{r \cdot r^3} \cdot (\Theta_0 - \Theta) \sin 2 \vartheta \dots \dots \dots (12 a)$$

und nach Gleichsetzen mit (9) wegen $\sin 2 \vartheta = 2 \sin \vartheta \cos \vartheta$

$$\omega_0 \cdot \omega_1 = \frac{3}{2} \frac{m''}{m'} \cdot \frac{g \cdot a^2}{r \cdot r^2} \cdot \frac{\Theta_0 - \Theta}{\Theta_0} \cos \vartheta \dots \dots \dots (13)$$

Hierin können wir noch das Verhältnis der Trägheitsmomente der Erdmasse m' ausschalten, wenn wir von deren Definition ausgehen und im Anschluß an Fig. 4 mit einem gemeinsamen Beiwert K , sowie dem Äquatorhalbmesser a' , dem Polhalbmesser b auf der z -Achse schreiben:

$$\begin{aligned} \Theta_0 &= \Sigma m r^2 = \Sigma m (x^2 + y^2) = K \cdot m' \cdot 2 a^2 \\ \Theta &= \Sigma m r'^2 = \Sigma m (y^2 + z^2) = K \cdot m' \cdot (a^2 + b^2) \end{aligned}$$

Daraus folgt dann

$$\frac{\Theta_0 - \Theta}{\Theta_0} = \frac{a^2 - b^2}{2 a^2} = \frac{a - b}{a} \cdot \frac{a + b}{2 a} \approx \frac{a - b}{a}$$

d. h. die Abplattung des Erdballes, womit (13) übergeht in

$$\omega_0 \omega_1 = \frac{3}{2} \frac{m''}{m'} \cdot \frac{g \cdot a^2}{r \cdot r^2} \cdot \frac{a - b}{a} \cos \vartheta \dots \dots \dots (13 a)$$

Sind mehrere störende Massen vorhanden, in den Abständen $r_1, r_2, \dots r_n$ und den Bahnneigungen $\vartheta_1, \vartheta_2, \dots \vartheta_n$ gegen den Erdäquator, so überlagern sich einfach deren Wirkungen nach der Formel

$$\omega_0 \omega_1 = \frac{3}{2} \frac{g \cdot a^2}{m'} \cdot \frac{a-b}{a} \cdot \sum_1^n \frac{m'' \cos \vartheta}{r^3} \dots \dots \dots (13b)$$

Setzen wir für die Erde

$$\omega_0 = 0,000073 \text{ sec}^{-1}, \quad g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}, \quad a = 300(a-b),$$

weiterhin für

Sonne	$r_1 = 150 \cdot 10^6 \text{ km} = 23700 \cdot a$	$m_1'' : m' = 333\,000$
Mond	$r_2 = 382 \cdot 10^3 \text{ km} = 60 \cdot a$	$m_2'' : m' = 0,0125$

so ergibt sich mit $\vartheta = 23^{\circ} 27'$ $\cos \vartheta = 0,92$

$$\omega_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{g \cdot a^2}{\omega_0} \cdot \frac{(a-b)}{a} \cdot \left[\frac{1}{r_1} \cdot \left(\frac{a}{r_1}\right)^2 \cdot \frac{m_2''}{m'} + \frac{1}{r_2} \cdot \left(\frac{a}{r_2}\right)^2 \cdot \frac{m_2''}{m'} \right] \cdot \cos \vartheta$$

$$\omega_1 = \frac{\pi}{4} \cdot 10^{-11} \text{ sec}^{-1}$$

entsprechend einer Präzessionsdauer von $t_1 = 8 \cdot 10^{11} \text{ sec} = 25\,100$ Jahren in bestem Einklang mit astronomischen Meßergebnissen.

Elektrische Meßinstrumente für Schulzwecke.

Von P. Nickel in Berlin.

Meßeinrichtungen mit indirekt zu ermittelnder Meßgröße.

Sollen die in dem früheren gleichnamigen Aufsatz (diese Zeitschr., Jahrg. 40, S. 162) behandelten Instrumenttypen größere Empfindlichkeit erhalten, so müssen die felderregenden Teile möglichst kräftig wirksam und die abzulenkenden recht leicht beweglich hergestellt werden. Die Drehung des Meßwerks um eine mit Spitzen versehene Achse in Edelsteinlagern bringt, sei sie auch noch so fein, Reibungswiderstände mit sich und erfordert auch, um die Verwendung nicht allzu schwacher Gegenfedern zu ermöglichen, ein stärkeres Drehmoment als die Aufhängung an feinen Drähten oder dünnen Bändern. Allerdings büßen in diesem Falle die Geräte dann oft die Einfachheit in der Aufstellung und Handhabung ein; sie werden zu Laboratoriumsinstrumenten. Während aber die Herstellung einer Spitzenlagerung und die Anbringung von Spiralfedern erhebliche Schwierigkeiten macht, eine geübte Hand und vorbereitetes Material erfordern, kann der bastelnde Physiker eine Meßeinrichtung mit Bändchenaufhängung, die für Schulversuche ausreicht, ohne große Schwierigkeiten anfertigen. In dieser Zeitschrift 29, S. 69; 33, S. 214; 34, S. 145 sind von FR. C. G. MÜLLER solche Instrumente beschrieben worden.

Werden bei geringem Drehmoment die Ausschläge sehr klein, so muß man die Zeigerablesung und unter Umständen auch die direkte Beobachtung mit bloßem Auge verlassen und zur Lichtzeigerbeobachtung auf einer Skala oder zur subjektiven mit Fernrohr und Mikroskop übergehen. Die dadurch unständlicher gewordene Einrichtung erlaubt nicht immer, die Meßwerte unmittelbar zu entnehmen, sondern der Beobachtungswert muß in einen Rechenausdruck eingesetzt werden, oder eine Eichkurve ist zu Hilfe zu nehmen.

Hinsichtlich des Gleichstromes liegt der Gedanke nahe, die sehr genauen Drehspul-Zeigerinstrumente (Fehlergrenze = $\pm 0,1\%$ vom Endwert des Meßbereichs) mit

gleichmäßiger Teilung dadurch für kleinere Meßgrößen anwendbar zu machen, daß man kleine Ausschläge mikrometrisch mißt. Hartmann & Braun und Nadir geben ihren „Normal“-Drehspulinstrumenten schon Lupen bei zur bequemeren Ablesung der Einstellung des Messerschneiden- oder Fadenzegers. Mit einem 10 Ohm-Instrument von Siemens & Halske wurde der Versuch gemacht, mit Hilfe eines mit Okularmikrometer versehenen Mikroskops den Ausschlag zwischen den ersten beiden Teilstrichen = 0,03 Milliampere noch für Messungen bis zu $\frac{1}{20}$ dieses Betrages = 1,5 Mikroampere auszunutzen. Ein einfaches Mikroskop (erhältlich bei Leppin & Masche, Berlin) wurde mittels einer kräftigen Holzstütze auf ein Brett geschraubt, auf das sich auch das Meßinstrument setzen ließ. Mit Hilfe des verschiebbaren Objektivs einsetzes konnte nun so eingestellt werden, daß 20 Teilstriche auf der Mikrometerplatte (5 mm in 50 Teile geteilt) den Zwischenraum vom rechten Rande des Teilstriches Null bis zum rechten Rande des 1. Teilstriches deckten; dann wurde auf den Messerzeiger scharf eingestellt. Bei Einschaltung eines Drahtwiderstandes von $250\,000\ \Omega$ mit einer Akkumulatoren-batterie von 6,14 Volt Spannung ergab sich ein Ausschlag von 16 Mikrometerteilstrichen = 0,024 Milliampere: ein zufriedenstellendes Ergebnis; ein Dralowid-Widerstand von $1 \times 10^6\ \Omega$ Nennwert ergab einen Ausschlag von 3,5 Teilstrichen, der ein wenig zu klein ist. Auch bei Beobachtung von kleinen Meßgrößen an Elektrometern oder beim Einfadengalvanometer läßt sich die Verwendung des etwas unbequemen Mikroskops nicht umgehen, sonst ist jedenfalls die Messung kleiner Ströme und Spannungen in der gewöhnlichen Art mit Spiegel und Skala für die Schule die gegebene. Zu den älteren Spiegelgalvanometern mit drehbarem Magnetsystem wird man nur noch ausnahmsweise greifen, die Drehspulinstrumente sind wegen ihrer Unabhängigkeit von störenden Fremdfeldern bei weitem vorzuziehen. Bei den neueren Typen ist mit Hilfe eines magnetischen Nebenschlusses eine Änderung der Empfindlichkeit in weiten Grenzen möglich. Man erhält Drehspul-Spiegelgalvanometer mit Ableseeinrichtung außer für Laboratoriumsbedarf speziell auch für Schulzwecke z. B. bei Siemens & Halske: kleine Type mit einer Stromempfindlichkeit von 45×10^{-10} Ampere, einer Spannungsempfindlichkeit von 9×10^{-7} Volt, ein Demonstrationsinstrument (größerer Spiegel) mit entsprechend 25×10^{-10} Ampere und 25×10^{-7} Volt Empfindlichkeit für 1 mm Ausschlag bei 1000 mm Skalenabstand für 245 bez. 325 RM, und bei Hartmann & Braun: Schulgalvanometer mit Wicklungen, I. mit 40×10^{-10} Ampere und $2,5 \times 10^{-6}$ Volt, II. mit 400×10^{-10} und $0,3 \times 10^{-6}$ Volt Empfindlichkeit. Die Firma Leybolds Nachfl. Köln hat im 39. Band dieser Zeitschrift (S. 94) auf ein einfaches Drehspulgalvanometer für Schulzwecke hingewiesen (120 RM). Instrumente mit angebautem Ablese-Fernrohr und auch solche mit beliebig aufstellbarem Fernrohr- und Skalenträger werden im allgemeinen kaum in der Schule Verwendung finden.

Ein Drehspul-Spiegelgalvanometer kann man sich bei einiger Geschicklichkeit selbst herstellen. Um eine bequeme Dämpfung zu erhalten, wickelt man doppelt mit Seide umsponnenen Kupferdraht von 0,1 bis 0,2 mm Stärke auf ein etwa 10 mm breites rechteckiges Rähmchen aus dünnem Kupferblech (Schablonenkupfer), das sich durch Zusammenlöten der Enden eines entsprechenden Streifens erhalten läßt; auch ein Ring aus dünnwandigem Aluminiumrohr (4 cm Durchmesser, 0,25 mm stark), den man rechteckig biegt, ist gut verwendbar. Die Ränder des Rähmchens können mit einer Flachzange noch etwas aufgebördelt werden, damit der aufzuwickelnde Draht bei der Herstellung mehrerer Lagen am Rande besser hält. Zur leichteren Handhabung steckt man das Rähmchen beim Aufbringen des Drahtes auf ein passendes vierkantiges Holz; der Rahmen wird, um Schluß mit der Wicklung sicher zu vermeiden, am besten zu Beginn der Arbeit mit feiner Seide mittels Schellack beklebt. Jede aufgewickelte Lage bekommt ebenfalls einen Schellackanstrich; einerseits wird dadurch der Draht festgelegt, andererseits hebt er sich beim Wickeln der neuen Lage besser vom gefärbten Untergrund ab. Auf die kurzen Rechteckseiten der fertigen Spule werden unter Zwischenfügen eines Streifchens Seide oder Papier 3 bis 4 mm breite

Spulen für Nr 2490
8.60
270 Ω (60+150)
Nr 2438
1000 Ω
Spulen für 591
215 Ω
7,5 Ω

l förmige, aus einem Streifen Schablonenkupfer gebogene Ansatzstücke festgebunden, an die man die Enden des Drahtes lötet. Um eine solche Spule aufhängen zu können, wurde auf ein Grundbrett 14×18 cm ein 23 cm hoher Holzträger von 2 cm Dicke und 7,5 cm Breite geschraubt. Auf der Oberkante ist in der Mitte ein Stück Flachmessing von 2 mm Stärke drehbar befestigt, das in einer Bohrung einen mit Gewinde versehenen Messingdraht von 3 bis 4 mm Stärke hält; durch 2 Muttern läßt sich der Draht in der Höhe verstellen und festlegen (Fig. 1). Der Holzträger hat in 6 cm Höhe

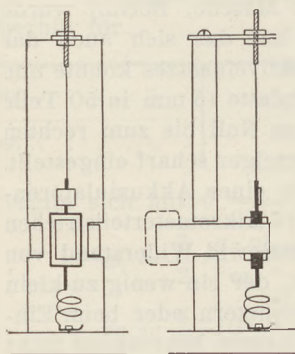


Fig. 1.

2 Einschnitte, durch die sich ein Hufeisenmagnet (Stahl- oder Elektromagnet) schieben läßt; zwischen den Polen ist endlich noch ein 3 cm langes, 17 mm starkes Stück Gasrohr mit Hilfe eines Messingdrahtes an den Träger geschraubt. Die Spule $2,3 \times 4$ cm hängt an einem feinen Bronzeband, das von Kohl in Chemnitz stammt; es wurden 2 Röllchen mit je 20 m (2 RM) bezogen; die beiden Sorten sind 0,25 bzw. 0,15 mm breit und 0,02 mm bzw. 0,01 mm stark. Nach unten geschieht der Anschluß der Spule durch eine Bandschleife, die sich dadurch erhalten ließ, daß ein Stückchen Bronzeband unter Gegenhalten des Daumens über die Schneide eines Messers gezogen wurde. Die Bewegung der Spule wird durch eine solche Ableitung nur wenig beeinflußt.

Auf das Grundbrett endlich ist ein Streifen Messingblech (0,2 mm stark) geschraubt, an dessen rechtwinklig aufgebogenes Ende die Spirale gelötet wird. Durch Drehen und Biegen dieser Hilfseinrichtung läßt sich die Spirale bequem ausrichten. Der leichte Spiegel ist mit Klebwachs an dem oberen Ansatz der Spule befestigt. Geeignete Spiegel sind zu beziehen z. B. von Leppin & Masche, Berlin, Hartmann & Braun und von Siemens & Halske. Ein ausgeführtes Instrument mit 60Ω Widerstand der Drehspule ergab trotz eines schwachen Stahlmagneten bei 1×10^{-7} Ampere einen Ausschlag von 1 cm Länge auf einer 2,5 m entfernten Skala. Über das Instrument ist zum Schutze gegen Luftbewegung ein Becherglas von 30 cm Höhe und 10 cm Weite gestülpt.

Zum Nachweis und zur Messung schwächerer Wechselströme kann man sich ebenfalls ohne allzu große Mühe eine Reihe von Instrumenten herstellen, die für den Schulgebrauch gute Dienste leisten. Bellati baute ein Wechselstromgalvanoskop mit einer Multiplikatorspule, in die sich ein Bündel ausgeglühter, weicher Eisendrähte, das in der Ruhelage einen Winkel von 45° mit der Windungsebene bildet, hineindrehen kann. Ein solches Gerät ist leicht zu erhalten, wenn man 2 der bekannten Telephonspulen zu je 1000Ω auf einem Grundbrett befestigt und an einem Galgen mit Hilfe eines Kokonfadens ein Bündel feiner Eisendrähte aus geglühtem Blumenbindendraht aufhängt; der Halter, der auch den Spiegel trägt, kann aus dünnem Kupferdraht geflochten werden. Die Empfindlichkeit eines solchen

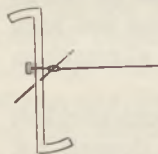


Fig. 2.

Instrumentchens ist so groß, daß sich beim Hineinpeifen in ein angeschlossenes Telephon ein Ausschlag von einigen Zentimetern auf einer 2,5 m entfernten Skala ergibt. Leider ist die Nullpunktlage nicht ganz zuverlässig.

Ein ähnliches Instrument, das auch von Schülern nachgebaut wurde, konnte bei wagrechter Achse sogar als Zeigerinstrument ausgeführt werden. Aus Weißblech (Konservenbüchsenblech) wurde eine Figur von der Form eines Z ausgeschnitten und auf eine Achse gelötet, die aus einer beiderseitig angeschliffenen und polierten Nähadel gebildet war, zugleich mit einem 0,5 mm starken Konstantendraht, der den Zeiger und das Gegengewicht abgab (Fig. 2). Die freien Schenkel des Bleches ragen etwas in 2 Telephonspulen hinein und werden bei Stromdurchgang ganz in diese hineingezogen. Die Achse dreht sich in 2 Schraubchen, die mit einem feinen Spiralbohrer angebohrt wurden und in einem aus 2 mm starken, 8 mm breiten Messing-

streifen gebildeten Halter sitzen. Das Instrumentchen gibt bei einem Strom von 1 Milliampere einen kleinen Ausschlag.

Recht empfindliche und dabei handliche Wechselstromgalvanoskope für Nullpunktmethoden sind ein dringendes Bedürfnis geworden. In vielen Fällen erfüllt das Telephon als Nullzeiger seinen Zweck, es sind mit ihm noch Ströme unter 1 Mikroampere wahrnehmbar; für kleine Schwingungszahlen geht aber die Empfindlichkeit stark zurück. Für den Demonstrationsunterricht läßt sich das einfache Telephon oft passend durch einen Lautsprecher in Verbindung mit einem Niederfrequenzverstärker ersetzen. Für Untersuchungen an Wechselstrom größerer Schwingungsdauer dienen die Vibrationsgalvanometer, die als Schleifen- und Nadelinstrumente ausgebildet worden sind und zum Unterschied vom Telephon nur auf die Eigenschwingung des Systems ansprechen. Ein modernes Gerät ist das Nadel-Vibrationsgalvanometer nach SCHERING und SCHMIDT; es läßt sich beziehen von Hartmann & Braun für 380 RM, die Nadeleinsätze für 10 bis 70 oder 26 bis 160 Perioden für je 85 RM und die Ablesevorrichtung für 263 RM. Die Herstellung ist nicht schwer. Der Verfasser hat sich das handliche Instrumentchen nach den Abbildungen, Zeichnungen und kurzen Angaben in Rein-Wirtz, Radiotelegraphisches Praktikum, 3. Aufl., S. 72 und 73, gebaut. Die „Nadel“, ein Eisenblättchen an einem Spanndraht, unterliegt hier der Einwirkung eines regelbaren Gleichstrom- und des vom zu untersuchenden Strom herrührenden Wechselfeldes.

Das Nadel-Vibrationsgalvanometer dient ebenso wie das Schleifeninstrument als Nullstromzeiger bei einem Schleifdraht-Wechselstrom-Kompensator, den auch Hartmann & Braun bauen (700 RM) und welcher die Größe und Phase von Wechselströmen und Wechselspannungen mit Hilfe einer Vergleichsspannung zu messen gestattet, die aus 2 hintereinander geschalteten, um 90° in der Phase gegeneinander verschobenen Teilspannungen zusammengesetzt ist. Dieser Kompensator nach GEYGER¹ dürfte bald ein unentbehrliches Hilfsmittel für Wechselstrommessungen im Laboratorium werden.

Auch die Elektrodynamometer sind für Spiegelablesung eingerichtet worden. Diese Instrumente sind durch BRÜGER (Hartmann & Braun) selbst als tragbare Präzisionsamperemeter für Stromstärken bis herab zu 0,015 Ampere (Feinteilung der gleichmäßigen Skala beginnt bei 0,0005 Ampere; der Widerstand beträgt 450Ω) entwickelt worden; die bewegliche Spule besitzt hierbei eine reibungsfreie Spanndraht-Aufhängung. Man erhält aber ebenfalls bei Hartmann & Braun ein Unifilar-Elektrodynamometer für schwache Ströme mit Spiegelablesung mit etwa 150Ω Gesamtwiderstand (bewegliche Spule etwa 100Ω , feste Spulen $2 \times$ etwa 38Ω), das 1 mm Ausschlag bei 1000 mm Skalenabstand für etwa 0,00005 Ampere ergibt (340 RM). Auch Edelman in München liefert solche Instrumente.

Ein Dynamometer, welches Ströme von 1 Milliampere und darunter noch sicher anzeigt, läßt sich unschwer anfertigen. Der äußere Aufbau gleicht dem des Drehspuleninstruments (Fig. 3). An dem Träger sind diesmal 2 Spulen aus Turbonitrohr von 3 cm äußerem Durchmesser und 5 mm Wandstärke geschraubt, an deren inneres Ende je eine 2,5 mm tiefe, 7 mm breite Rille eingedreht wurde. In diesem Raum ist Kupferdraht von 0,12 mm Stärke gewickelt; der Widerstand jeder Spule beträgt etwa 40Ω . Die Rohrstücke sind innen, so weit als es nötig für eine freie Bewegung der Drehspule ist, schräg ausgedreht. Diese Drehspule von etwa 24 mm Durchmesser ist jetzt auf keinen Rahmen, sondern freitragend gewickelt. Bei der Herstellung legt man

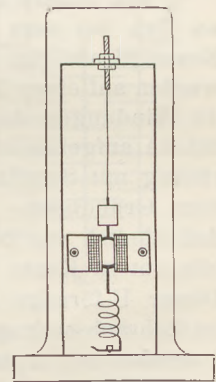


Fig. 3.

¹ W. GEYGER: Ein einfacher Wechselstrom-Kompensator, Elektrotechnische Zeitschr. 1924. S. 1348. — W. GEYGER: Der Schleifdraht-Wechselstrom-Kompensator und seine Verwendung in der Wechselstrom-Meßtechnik, Helios 1926, Heft 9, S. 207.

z. B. um ein Rohrstück von 20 bis 22 mm Durchmesser einen Streifen Papier von etwa 15 mm Breite und wickelt darauf eine saubere Lage Draht von 10 mm Breite, tränkt mit Schellacklösung, wickelt die nächste Lage, die nicht ganz so breit wird, und so fort. Man tut gut, unter die erste Lage 2 Seiden- oder feine Garnfäden zu legen, mit denen man zum Schluß der Arbeit die Spule abbinden kann; sie läßt sich dann leicht vom Rohr abziehen, und auch der Papierstreifen kann entfernt werden. Zur besseren Haltbarkeit wird noch ein Seidenfaden quer zu den Windungen um die Spule gewickelt, und Halter aus dünnem Kupferblech werden befestigt, an die sich der Aufhängedraht und die Zuführungsspirale löten lassen. Ein Instrument mit einer Drehspule von etwa 55Ω Widerstand gab bei hintereinander geschalteten Spulen (zusammen 140Ω), an eine Wechselstromquelle (Transformator) von 9,5 Volt Spannung, 45 Perioden, gelegt, mit 19000Ω induktionsfreiem Widerstand auf einer 2,5 m entfernten Skala 1,5 cm Ausschlag. In die Drehspule läßt sich eine Scheibe aus Hollundermark eindrücken, die ein Bündel feiner Eisendrähte enthält; die Empfindlichkeit des Instrumentchens steigt dadurch beträchtlich. Auch aus drei Telefonspulen zu je 1000Ω , von denen 2 fest als Feldspulen angebracht, die dritte als Drehspule dazwischen aufgehängt war, wurde ein Elektrodynamometer hergestellt. Der Ausschlag (Mittel aus 2 Ablesungen) bei Anschaltung von 2 Volt Gleichspannung betrug bei 3000Ω Widerstand 5 cm; nachdem in die drehbare Spule Eisenbleche gesteckt waren, stieg er auf 16 cm.

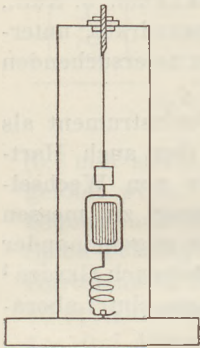


Fig. 4.

Ähnlich wie die runde kann auch eine rechteckige Spule angefertigt werden. Man verwendet als Handhabe eine entsprechende vierkantige Holzleiste, um die zunächst wieder ein Streifen Papier gelegt wird. Solche Spulen wurden gewickelt, um nun auch empfindliche Leistungsmesser zu bauen (Fig. 4). Tragbare elektrische Wattmeter sind zu haben bis herunter zu 0,01 und 0,02 Ampere Nennstromstärke und 100 Volt Nennspannung (Hartmann & Braun). Der Verfasser stellte sich 2 Spulen von 3,6 cm Länge und 2,2 cm Breite bzw. 3,6 cm Länge und 2,8 cm Breite aus 0,2 und 0,1 mm starkem, besponnenem Kupferdraht her; die erste Spule mit etwa 80 Windungen hat 6Ω , die zweite Spule 150Ω Widerstand.

Der äußere Aufbau geschieht wieder mit Hilfe eines Ständers $7,5 \times 2 \times 23$ cm, an den bei dem eisenlosen Instrument in 6,3 cm Höhe die Stromspule mit einem Messingdraht von 3 bis 4 mm Stärke geschraubt ist. Zur Herstellung dieser Spule wurden auf einen Turbonit- oder Hartgummistreifen $2 \times 2,2$ cm von 5 mm Dicke etwa 40 Windungen doppelt mit Baumwolle umspinnener Kupferdraht von 0,8 bis 1 mm Stärke aufgebracht. Die Windungen werden durch Seidenband festgehalten und sind tüchtig mit Schellack getränkt; die Enden des Drahtes führen zu zwei Klemmen auf dem Grundbrett. Ein „ferrodynamisches“ Instrument ließ sich erhalten dadurch, daß ähnlich wie beim Gleichstrominstrument ein Eisenkörper durch zwei Einschnitte (die untere Kante 6 cm über dem Grundbrett) in den Ständer eingeschoben wurde. Dieser U-förmige Körper ist aus Flacheisen von 4 mm Stärke und 25 mm Breite im Schraubstock gebogen. Die Schenkel sind 8 cm lang und haben 3 cm Abstand voneinander; in der Mitte sind etwa 100 Windungen von 0,8 mm starkem Kupferdraht aufgewickelt; als Polkern dient wieder ein Stückchen Gasrohr. Es ist verwunderlich, daß einfache Instrumente dieser Art von Lehrmittel-Fabriken gar nicht hergestellt werden; es läßt sich damit recht hübsch messen. Speist man die Stromspule mit nicht zu schwachem Wechselstrom (bis 5 Ampere), so erhält man für die Spannungsspule, wenn sie Ströme mit gar keiner oder nur geringer Phasendifferenz gegen die Stromspule führt, sehr hohe Empfindlichkeiten. Die Anordnung stellt dann ein Wechselstromgalvanometer dar. Mit der ersten Spule (6Ω) ergab z. B. ein Kondensator von 2700 cm, bei einer Speisung des Magneten mit 2,3 Ampere bei 85 Volt,

45 Perioden, einen Ausschlag von 1,6 Skalenteilen (1 Teil = 0,5 cm) auf einer 50 cm entfernten Skala. Ein an Stelle des Kondensators eingeschalteter Widerstand von 250 000 Ω ergab 20 Skalenteile Ausschlag. Wurde die zweite Spule (150 Ω) benutzt, so ergaben 600 cm Kapazität 25 Skalenteile Ausschlag (Fig. 5).

Was die elektrostatischen Spannungsmesser betrifft, so sind in den meisten Schul-sammlungen wohl Quadrantelektrometer vorhanden. FR. C. G. MÜLLER hat die Anfertigung eines solchen Gerätes für Schulzwecke beschrieben (diese Zeitschr. **33**, S. 214). Der so überaus geschickte Aufbau dieses THOMSONSchen Instrumentes, welches bei Gleichspannungsmessungen die Erfassung sehr kleiner Werte gestattet, wird von den Schülern kaum gewürdigt; zudem ist die Anwendung nicht ganz einfach. Bei den tragbaren elektrostatischen Spannungsmessern wird ein anderes Prinzip verwendet. Die empfindlichsten Instrumente von Hartmann & Braun sind Multizellular-Voltmeter mit Messerzeiger und Spiegelbogen mit einer Teilung bis zu 150 Volt; die Feinteilung beginnt bei 5 Volt (Kapazität bei Endausschlag 90 cm); sie sind anwendbar bis zu Frequenzen von 1×10^{-6} Perioden (300 m Wellenlänge) (525 RM). Zur Messung kleiner Wechselspannungen können sie gebraucht werden unter Verwendung besonderer Spannungswandler (primärer Stromverbrauch des Wandlers bei 50 Perioden etwa 70 Milliampere für den Meßbereich bis 0,15 Volt). Zur Herstellung eines einfachen Elektrometers für Spannungsmessungen wurde zwischen zwei 5 cm hohen Ausschnitten eines Messingrohrstücks von 0,45 mm Wandstärke und 30 mm Durchmesser, die jeder $\frac{1}{4}$ des Umfanges ausmachten, ein Rechteck aus hartem Aluminiumblech von 0,1 mm Stärke aufgehängt; die sich überdeckenden freien Enden des Metallstreifens werden durch ein feines Messingschraubchen mit Mutter zusammengehalten, das auch den Spiegel trägt, und an welches das Aufhängeband gelötet ist. Das Instrument gibt bei 18 Volt einen Ausschlag von 1 cm an der 2,5 cm entfernten Skala. Ein anderes Instrument nach Art der Multizellulare hat der Verfasser dadurch erhalten, daß er zunächst zwei 5,5 cm lange Stücke Messingrohr von 8 mm äußerem Durchmesser und 0,45 mm Wandstärke mit Hilfe einer Metallaubsäge mit 10 Einschnitten in Zwischenräumen von 4 mm versah, in die sich 8 mm breite und 12 mm lange Streifen aus Messingblech von 0,2 mm Stärke stecken ließen. Diese Bleche halten schon durch Reibung, können aber auch noch angelötet werden. Die „Nadel“ ist aus einem 1 cm breiten Streifen von 0,1 mm starkem Aluminiumblech durch Biegen über ein 3,8 mm starkes Flacheisen so geknifft worden, daß 10 Stufen mit 9 mm langen, 0,2 mm starken Ausladungen zustande kamen. Diese Vorsprünge wurden nun in der Mitte aufgeschnitten und beide Hälften herumgebogen. Die 0,5 cm breiten Ansätze waren danach auf beiden Seiten der Mittelrippe vorhanden. Die „Nadel“ wiegt nur 0,7 g. Die beiden Messingröhrchen lassen sich auf 2 Messingstifte von 7 mm Stärke und 1,5 cm Länge stecken, die in 3,5 cm gegenseitigem Abstand auf einen Turbonitteller geschraubt sind (Fig. 6). Dieser Teller erhält auch eine Eindrehung von etwa 4,5 cm Durchmesser, so daß sich ein Gasrohrzylinder aufsetzen läßt, der den Drehkopf mit der Nadel trägt. Bei diesem Gerät konnte schon für 10 Volt ein Ausschlag von 0,5 cm auf einer 50 cm entfernten Skala erzielt werden. Durch ein feineres Aufhängeband ließe sich die Empfindlichkeit gewiß noch steigern.

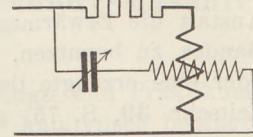


Fig. 5.

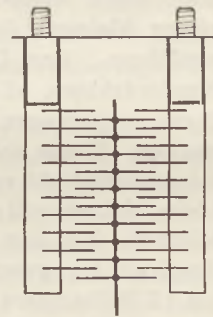


Fig. 6.

Hitzdrahtgeräte endlich sind als tragbare Zeigergeräte mit Meßbereichen bis herab zu 0,06 Ampere (Feinteilung beginnt bei 5 Milliampere) zu haben. Auch Hitzdraht-Spiegelgalvanometer werden gebaut; man erhält bei Hartman & Braun ein solches Instrument mit einer Empfindlichkeit $J = 0,00158 \sqrt{\alpha}$, wo α den Ausschlag in Millimetern auf einer 2 m entfernten Skala bedeutet.

Der Verfasser stellte für Schülerübungen ein Instrument her, bei dem auf einem Turbonitbrett in 18 cm Entfernung 2 Messingsäulen von 6 mm Stärke eingeschraubt waren; zwischen ihnen wurde ein Bronzeband, wie es zur Aufhängung der Spulen diente, gespannt und in 2 Einschnitten festgelötet. Das Band wird etwa in der Mitte von einer Spiralfeder aus dünnem Stahldraht, die an einer 3. Säule sitzt, seitwärts gezogen. Die Vorrichtung läßt sich unter das anfangs erwähnte Mikroskop legen; beobachtet wird wenig seitwärts des Knickpunktes; eine Verschiebung des Fadens um 2 Teilstriche des Okularmikrometers entspricht einem Strom von 0,050 Ampere. Anstatt die Erwärmung durch den Strom zur Längenausdehnung eines Drahtes oder Bandes zu benutzen, kann man auch die durch sie bewirkte Widerstandsänderung oder eine erzeugte thermoelektrische Kraft messen. In einem früheren Aufsatz (diese Zeitschr. 39, S. 75) sind 2 leicht herstellbare Vorrichtungen, die diese Wirkungen

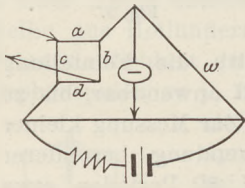


Fig. 7.

verwerten, für hochfrequente Schwingungen beschrieben worden. Für niederfrequenten Wechselstrom ist mit geringen Mitteln auch eine Bolometeranordnung in der Doppelbrücke nach PAALZOW und RUBENS zu treffen. Der zu messende Strom wird durch das Viereck *abcd* (Fig. 7) geschickt, welches aus 4 gleichen Glühlämpchen (Taschenlampenbirnen) gebildet ist. In der größeren Verzweigung, welche durch einen 4 Volt-Akkumulator mit Vorwiderstand gespeist wird, sind die Widerstände so abgeglichen, daß das Galvanoskop (Nadirinstrument, $1^0 = 1 \times 10^{-6}$ Ampere) keinen Strom zeigt. Für *w* sind etwa 5Ω nötig (Radioheizwiderstand). Man kann die Anordnung leicht so einstellen, daß 1 Milliampere Wechselstrom einem Zeigeranschlag von 1^0 entspricht; die Eichung läßt sich mit Gleichstrom ausführen.

Thermoelemente, die in Verbindung mit einem Spiegelgalvanometer sich oft für Schauversuche verwenden lassen, sind ebenfalls leicht anzufertigen. Der Verfasser verwendet dazu 0,03 mm starken Konstantan- und Kupferdraht, der von Vogel, Adlershof, bezogen ist; noch bessere Dienste würden wohl 0,02 mm starke Drähte leisten. Ein Thermokreuz wird hergestellt, indem man 2 Drahtstücke auf einem Brettchen ausspannt, wobei die Enden zweckmäßig um Stecknadeln oder kleine Nägel gewickelt oder durch Klebwachs festgelegt werden. An der Kreuzungsstelle läßt sich nun mit einem kleinen LötKolben (aus dickem Kupferdraht) und wenig Lot die Verbindung ausführen. Das Drahtkreuz kann darauf bequem an den Enden von 4 stärkeren Kupferdrähten, die von entsprechenden, im Quadrat angeordneten Klemmen etwa 2 cm emporragen und am Ende ein wenig eingekerbt sind, durch Lötung befestigt werden. Etwas schwerer ist es, ein Thermoelement auf einen dünnen Heizdraht, z. B. Konstantandraht von 0,03 mm Stärke, aufzulöten, wenn die Verbindungsstelle möglichst klein bleiben soll; bei stärkeren Drähten (0,1 bis 0,4 mm Durchmesser) gelingt es leichter. Bei der Messung schützt man die Anordnung am besten gegen Luftzug durch ein übergesetztes Glas oder Kartonkästchen. Für feinere Wechselstrommessungen bis 15 Milliampere bezieht man Vakuumthermoelemente, die eine erhöhte Empfindlichkeit aufweisen, fertig z. B. von Siemens & Halske (nach VOEGE für 80 RM). Zum Schluß sei noch auf 2 Geräte hingewiesen, deren eigentliches Anwendungsgebiet die Hochfrequenzströme sind, die sich aber auch für niedrige Schwingungszahlen gebrauchen lassen: der Kristalldetektor und die Glühkathodenröhre. Der Detektor in seiner Eigenschaft als Gleichrichter für schwache Wechselströme läßt sich in Verbindung mit einem empfindlichen Gleichstromzeiger vielfach zum Nachweis von Strom benutzen, z. B. an der Sekundärspule von Telephontransformatoren. Im Nebenschluß zu einem konstanten Widerstand, durch den der zu untersuchende Strom fließt, kann er bei der nötigen Vorsicht auch zu Messungen verwendet werden; siehe dazu OFFERMANN, Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, Bd. 26, 1925, Heft 6. Die Elektronenröhre ist geeignet, als Spannungsmesser zu dienen; sie verbraucht in dieser Eigenschaft als Röhrenvoltmeter wenig Energie. Die unbekannte Wechselspannung wird entweder in den Anodenkreis

oder, wenn sie klein ist, in den Gitterkreis geschaltet. Zur Eichung diene dem Verfasser ein Transformator mit einer Sekundärspule von 30 Windungen, die von 3 zu 3 Windungen Anschlüsse besaß; die Spannung ließ sich in 10 Stufen bis zum Betrage von 9,5 Volt abnehmen. Die Einrichtung eines Röhrenspannungsmessers ist beschrieben in dem schon erwähnten Radiotelegraphischen Praktikum von REIN-WIRTZ, S. 242.

Über eine neue Herstellungsmethode von Monochloressigsäure.

Von Dr. Ing. Horst Brückner in Dresden.

Monochloressigsäure ist ein mit Recht sehr beliebtes Vorlesungs- und Praktikumpreparat, da sie auf verhältnismäßig einfache Weise gut eine katalytisch bedingte Reaktion in der organischen Chemie demonstrieren läßt. Weiter ist auch Monochloressigsäure von erheblich technischer Bedeutung, da sie einen Ausgangsstoff für die Indigosynthesen, zur Darstellung von Veronal, Glykolsäure, Glykokoll und Naphthylglycerin darstellt. Die Weltproduktion kann auf 8 bis 8,5 Millionen Kilogramm jährlich geschätzt werden. — Behandelt man Eisessig ohne Katalysatorenzusatz bei 100° mit Chlor, so tritt kaum Reaktion ein, sondern fast das gesamte Chlor entweicht unverbraucht. Bereits im Jahre 1858 entdeckte dann LEBLANC die katalytische Wirksamkeit des Lichtes, insbesondere der ultravioletten Lichtstrahlen. Weitere wirksame Chlorüberträger sind Phosphor, Jod oder Schwefel.

Trotz Anwendung dieser Katalysatoren wurde jedoch eine quantitative Chlorierung des Eisessigs nicht erreicht. So erhält man nach GATTERMANN (Praxis des organischen Chemikers, 18. Auflage, bearbeitet von WIELAND) bei der Chlorierung von 150 g Eisessig im Sonnenlicht und bei Zugabe von 12 g rotem Phosphor nach 10 bis 20 stündiger Versuchsdauer nur 80 bis 125 g Monochloressigsäure (= 34 bis 53% der Theorie). Im Winter und an trübigen Tagen ist es sogar sehr schwierig, überhaupt nennenswerte Ausbeuten zu erhalten, und der Anwendung von Quecksilberdampflampen stehen oft große Schwierigkeiten entgegen. Zusätze an anderen Katalysatoren zeitigen ähnliche Ergebnisse. In einer größeren Arbeit¹ habe ich nun festgestellt, daß mit einem bestimmten Katalysatoremischung, aber nur mit diesem, leicht eine quantitative Chlorierung von Eisessig zu Monochloressigsäure erzielt werden kann, die von Lichtwirkungen nicht beeinflußt werden und daher selbst an den trübsten Wintertagen im Abzug ausführbar ist.

Als Reaktionsgefäß ist jeder Kolben oder großes Reagenzglas verwendbar, die sich in einem Wasserbade befinden und deren Hals einen dreifach tubulierten Gummistopfen tragen (Korkstopfen können nicht verwendet werden, da Chlor sie in kürzester Zeit zerfrißt). Der Gummistopfen wird vor jedem Versuch gut mit Vaseline eingefettet, um jeden Angriff des Chlors zu vermeiden. Das Chlorgas entnimmt man einer Chlorbombe oder stellt es im Chlortopf oder einem anderen Gefäß selbst her, trocknet es darauf in zwei Schwefelsäurewaschflaschen und leitet es darauf durch eine feine Düse in den im Reaktionsgefäß befindlichen Eisessig ein. Durch die zweite Bohrung des Stopfens führt ein Luft- oder Wassermantelkühler, in dem die Abgase entweichen können und leichtflüchtige Substanzen kondensiert werden. Durch die dritte Bohrung kann ein Rührer mit gasdichtem Abschluß eingebaut werden, der jedoch nicht unbedingt notwendig ist und bei einem hohen schmalen Gefäß, in dem das eingeleitete Chlor für gute Durchmischung sorgt, weggelassen werden kann.

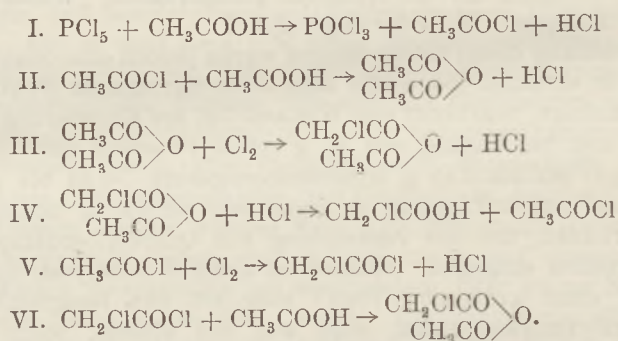
Auf 100 g Eisessig (1,67 Mol) werden nun 1 g Jod (0,01 Mol), 2 g PCl_5 (entspricht 0,08 Mol Azetylchlorid) und 2 g roter Phosphor (0,07 Mol) zugesetzt, so daß das molare Verhältnis Eisessig zu Katalysatoremischung 10:1 beträgt, darauf der Chlorstrom angestellt und das Gefäß im Wasserbad auf 100° erhitzt. Bei einem

¹ Zeitschr. für angewandte Chemie 41, 226 (1928).

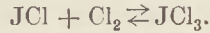
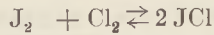
lebhaften Chlorstrom, der völlig von der heißen Lösung absorbiert wird, ist die Reaktion nach ungefähr $1\frac{1}{2}$ Stunden beendet, worauf die Lösung von Phosphor nach kurzem Absitzenlassen dekantiert und mit 25% ihres Gewichtes mit Eisessig versetzt wird. Beim Abkühlen kristallisiert die Monochloressigsäure von selbst aus und wird abgesaugt. Durch Decken mit etwas Eisessig werden die durch Jod leicht angebräunten Kristalle farblos und sind dann schmelzpunktrein. Fraktionierte Destillation ist nicht notwendig, aus der Mutterlauge können dann jedoch weitere Mengen Monochloressigsäure durch Destillation gewonnen werden. Für fast die gesamte Reaktionsdauer wird das Chlor und der entstehende Chlorwasserstoff restlos absorbiert; die Beendigung der Reaktion, deren Zeit von der Geschwindigkeit der Einleitung des Chlors abhängig ist, erkennt man an der Grünfärbung der Abgase durch Chlor.

Diese quantitative Chlorierung wird nur durch dieses ternäre Katalysatorensystem Phosphor, Phosphorpentachlorid und Jod erzielt; ein Ersatz eines dieser Katalysatoren etwa durch den Chlorüberträger Schwefel ist unstatthaft, ebenso ist mit keinem binären Katalysatorengemisch wie etwa Jod und Phosphor, Jod und Phosphorpentachlorid und Phosphor und Phosphorpentachlorid eine quantitative Reaktion erzielbar. Nur mit dem ternären oben näher beschriebenen Gemisch kann daher bei Anwendung der halben Gewichtsmenge innerhalb der Zeit einer Vorlesung die Wirksamkeit der katalytischen Chlorierung demonstriert werden.

Theoretisch verläuft die Chlorierung nun folgendermaßen:



Die Reaktionen I und II stehen ohne weiteres fest, III, IV und V wurden dadurch bewiesen, daß Essigsäureanhydrid ohne Katalysatorenzusatz der Chlorierung für verschiedene Zeiten unterworfen wurde. Es erfolgte eine restlose Absorption des Chlorgases, die nach der theoretischen Zeit — bei konstanter Gasgeschwindigkeit — beendet war. Aus den Reaktionsprodukten dieser Chlorierungen wurden ebenso wie bei denen von Eisessig mit dem ternären Katalysatorensystem durch mehrfache fraktionierte Destillation Chlorazetylchlorid vom Siedepunkt 105° und Essigchloressigsäureanhydrid vom Siedepunkt 168 bis 170° nachgewiesen und somit gegenüber den früheren Theorien zwei neue Zwischenstufen festgestellt. — Für die Wirksamkeit der Katalysatoren ergibt sich folgendes: Aus Phosphorpentachlorid entsteht zunächst Azetylchlorid, das sich nach den Reaktionen II bis VI weiter in Monochloressigsäure umsetzt. Roter Phosphor wirkt ähnlich, da sich hierbei oberflächlich, wenn auch in nur geringer Menge, Fünffachchlorphosphor bildet. Andererseits scheint beim Phosphor noch eine rein physikalische Oberflächenwirkung vorzuliegen, da der weitaus größte Teil des Phosphors am Schluß unverändert erhalten geblieben ist. Zur Begründung dieser physikalisch-katalytischen Wirkung sei noch angeführt, daß z. B. die Chlorierung unter Zuhilfenahme von Jod und Phosphorpentachlorid allein bei weitem nicht die gleichen Ausbeuten erhalten werden. Zusatz von Schwefel wirkt ähnlich dem von Phosphorpentachlorid, da sich primär Chlorschwefel bildet, der wie Phosphorpentachlorid Eisessig in Azetylchlorid umsetzt. Völlig anders ist die Wirkung des Jods. Dieses reagiert folgendermaßen:



Jodmono- und Trichlorid sind jedoch nur sehr labile Verbindungen, die leicht in ihre Komponenten zerfallen und so in dem gesamten Chlorierungssystem verteilt sind. Ihr Hauptwert liegt demnach in der gleichmäßigen Verteilung des Chlors im Reaktionsgemisch und befördert namentlich die Reaktionen III und V.

Somit ist theoretisch die Katalyse von Monochloressigsäure aus Eisessig und Chlor aufgeklärt und gleichzeitig auch die vorzügliche Wirkung des Katalysensystems Jod, Phosphor und Phosphorpentachlorid begründet worden, die damit auch für die Chlorierung anderer aliphatischer Karbonsäuren gute Dienste leisten dürfte.

Neuere Anschauungen über die Entstehung der kristallinen Schiefer.

Von Landesgeologen Prof. Dr. Georg Berg in Berlin.

Früher faßte man alle kristallinen Schiefergesteine als Bildungen der ältesten geologischen Epoche des „Archaikums“ auf, und teilte dieses in drei Unterabteilungen, die man mit den drei wichtigsten Gesteinstypen des kristallinen Gebirges identifizierte und als Phyllit-, Glimmerschiefer- und Gneißformation bezeichnete. Die Gneiß faßte man dabei wohl als die ersten Erstarrungsprodukte der Erdrinde auf.

Seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts kam man mehr und mehr zu der Erkenntnis, daß die kristallinen Schiefer durch einen Prozess der Gesteinsumwandlung, durch eine Metamorphose aus Sedimenten und Eruptivgesteinen entstanden seien, die ursprünglich nicht anders beschaffen waren als die Gesteine der jüngeren Formationen. Die Geröll führenden „Konglomeratgneiß“ des mittleren Erzgebirges gaben hierzu den ersten Anstoß, und in der Folge lehrte vor allem H. ROSEBUSCH die Unterschiede zwischen ehemaligen Sedimenten und metamorphen Eruptivgesteinen, insbesondere zwischen Paragneiß und Orthogneiß kennen.

Mit der richtigen Anschauung über die Entstehung der kristallinen Schiefer brach sich auch die Erkenntnis Bahn, daß in ihnen nicht die Bildungen einer bestimmten Zeitperiode vorliegen, sondern daß die Metamorphose nur davon abhängt, ob eine Schichtenreihe einmal bis in große Erdtiefen abgesenkt wurde oder große gebirgsbildende Prozesse miterlebt hat oder nicht. Wir wissen jetzt, daß in den Alpen und im Himalaya sehr jugendliche Schichten, unter Umständen sogar solche tertiären Alters, in metamorpher Fazies vorliegen können, während andererseits in den alten Kontinentalschildern, in Kanada oder in Innerrußland selbst Gesteine, die viel älter sind als das Kambrium, noch in unmetamorphosiertem Zustande vorkommen. In der Regel liegt die Grenze zwischen metamorphen und nicht metamorphen Schichten im Silur oder Kambrium, ältere Schichten sind mit zunehmendem Alter immer seltener noch nichtmetamorph erhalten, jüngere Schichten sind mit abnehmendem Alter immer seltener bereits metamorphosiert, so daß man sich die Grenze zwischen normalen Sedimenten und kristallinen Schiefer, die man früher für eine Altersgrenze an der Basis des Kambriums hielt, durch die im Schaubilde (Fig. 1) angegebene Linie versinnbildlichen kann.

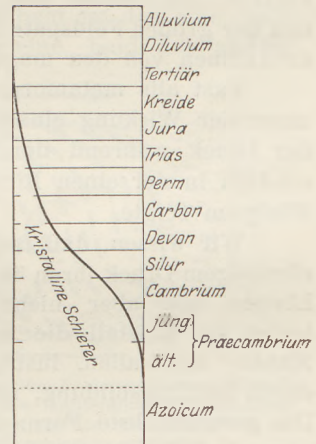


Fig. 1. Schaubildliche Darstellung der Verbreitung kristalliner Schiefer in den Formationen.

Die Arten der Gesteinsumwandlung.

Die Gesteinsmetamorphose wird verursacht durch Zerbrechungen und Umkristallisationen der Gesteinsgemengteile, durch „destruktive Deformation“ und „konstruktive Kristallisation“. Allseitiger, also hydrostatischer Druck und Erwärmung wirken stark fördernd auf die Rekrystallisation. Der Druck bewirkt eine vollständige innere Zerbrechung des Gesteines bis in seine kleinsten Gemengteile hinein, eine Kataklase. Der Lösungsumsatz bewirkt eine Sammelkristallisation, durch die einzelne Kristalle auf Kosten der umgebenden wachsen, so daß das Gestein grobkörnig wird, wie man z. B. sehr deutlich beim Vergleich von Marmor mit nicht metamorphem Kalkstein sehen kann. Eilen gewisse Gemengteile in der Sammelkristallisation der Hauptmasse des Gesteins voraus, so entstehen die sog. Porphyroblasten (von $\beta\lambda\alpha\sigma\tau\epsilon\upsilon$ = knospen abgeleitet), die als große, allseitig begrenzte Individuen einzeln in der noch feinkörnig gebliebene Hauptmasse des Gesteines liegen. Bei der Metamorphose granitischer Gesteine oder sedimentärer Gesteine, die in ihrer chemischen Zusammensetzung dem Granit ähnlich sind, entstehen oft porphyroblastische Feldspäte, und es ist nicht immer

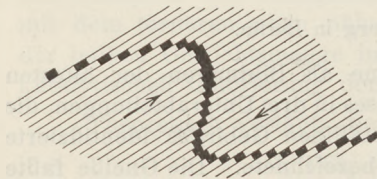


Fig. 2. Faltung einer Schicht durch ungleichmäßige Verschiebung längs „Gleitbrettern“.

leicht im einzelnen festzustellen, ob ein großer Feldspatkristall in feinkörniger deutlich zerquetschter Grundmasse als ein erhalten gebliebener Rest eines primären Feldspates anzusehen ist, oder ob er durch Sammelkristallisation neu entstand. In solchen Fällen hilft uns die Beobachtung des Zonenbaues, den die meisten Feldspatkristalle zeigen: Aus dem Magma ausgeschiedene Feldspäte sind in ihrem inneren Kern, entsprechend der schwereren Schmelzbarkeit, kalkreicher, in der Hülle reicher an Alkali. Durch Lösungsumsatz rekrystallisierte Feldspäte zeigen im Kern die schwerer löslichen alkalireichen Partien und werden nach außen kalkreicher. Dieser sog. inverse Zonenbau der großen Feldspate ist ein vorzügliches Mittel zur Unterscheidung der metamorph-kristallinen von den magmatisch kristallinen Gesteinen.

Fast alle metamorphen Gesteine zeigen ein ausgesprochenes Parallelgefüge, das unter der Wirkung einseitigen Druckes entsteht, oder genauer gesagt, dadurch, daß der Druck während der Metamorphose nicht von allen Seiten gleichmäßig wirkte, sondern in der einen Richtung ein Maximum, in einer anderen dazu senkrechten ein Minimum zeigte.

Wir wissen, daß fast alle Kristalle die Fähigkeit haben, unter der Wirkung von einseitigem Druck ihren inneren Feinbau längs gewissen kristallographisch bestimmten Ebenen, die aber nicht mit den Spaltflächen identisch sind, zu verlagern, es treten im Kristall die sog. Translationen auf, die seine äußere Form verändern. Manche Mineralien, insbesondere der Kalkspat reagieren auch auf äußeren Druck durch Zwillingsbildung, und können so ihre Gestalt den Druckverhältnissen anpassen. Die gewöhnlichste Form der Anpassung des Gesteines an die Druckverhältnisse ist aber diejenige durch Bruch und Gleitbewegung, die vor allem dann eintritt, wenn das Gestein Gelegenheit hat, dem Druck nach einer Seite hin auszuweichen, wenn es zu einem „durchbewegten Gestein“ im Sinne B. SANDERS wird. Das ganze Gestein ist dann durchsetzt von jenen feinen enggescharten parallelen Gleitflächen, die wir als Schieferflächen bezeichnen und die fast allen kristallinen „Schiefern“ ihr charakteristisches Gepräge geben. Liegen die Gleitflächen schräg zu einer im Gestein vorher vorhandenen Schichtung, und ist die Bewegung der einzelnen von den Gleitflächen getrennten „Gleitbretter“ verschieden stark, so nimmt der Verlauf der Schichten im Querbruch gewundene Formen an, die leicht eine Faltung des Gesteines vor-täuschen können (Fig. 2).

Auch die Rekrystallisation des Gesteines unter Lösungsumsatz führt bei Ungleichmäßigkeit des Druckes in verschiedenen Richtungen, bei „Anisotropie des Druckes“

zu paralleler Anordnung der Gemengteile. Es erfolgt dies nach dem sog. RIECKESchen Prinzip, das zuerst für die Auskristallisation aus Schmelzfluß aufgestellt wurde:

Druck erhöht die Löslichkeit. Wenn ein kugelförmiges Mineralkorn in gesättigter Lösung einem Vertikaldruck (Druck mit vertikalem Maximum) unterliegt, so ist es oben und unten löslicher als an den Seiten. Die Diffusion im Lösungsmittel sucht diese Differenz auszugleichen. Nach dem Ausgleich ist dann die Lösung an den Seiten des Kornes übersättigt, und es findet hier Auskristallisation statt, während oben und unten die Lösung wieder untersättigt ist, so daß hier weitere Auflösung eintritt. So wird das Korn oben und unten immer mehr gelöst und wächst gleichzeitig nach den Seiten, hat also das Bestreben, Scheibenform anzunehmen und in einem Gestein, das unter Druck steht, werden sich alle diese Scheiben parallel anordnen, es wird also eine Parallelstruktur entstehen.

Neben der Umwandlung der Form nach dem RIECKESchen Prinzip findet eine Orientierung der kristallographischen Richtungen der Mineralkörner nach der Richtung des Druckmaximums statt. Die Festigkeit der Kristalle ist in den verschiedenen Richtungen sehr verschieden. Kristalle, die mit der Richtung größter Festigkeit in der Richtung des größten Druckes liegen, bleiben daher unzerbrochen, die anderen werden zerpreßt und bieten in dieser feinkörnigen Form den Lösungen viel mehr Oberfläche. Sie werden aufgezehrt, und die zuerst genannten wachsen auf ihre Kosten. Die dadurch entstehende kristallographische Parallelanordnung aller Körner eines Minerals nennt man die Gefügeregelung des Gesteines. Ihr Vorhandensein wurde erst in letzter Zeit, besonders durch die Forschungen des Innsbrucker Professors B. SANDER, klargelegt.

Bei allen Gesteinsmetamorphosen ist sowohl mechanische Zerkleinerung und Umformung als auch chemischer Lösungsumsatz im Spiele, aber bald ist das eine, bald das andere im Übergewicht. Außerdem aber eilt bald das eine, bald das andere voraus, so daß eine ungeheure Mannigfaltigkeit der entstehenden Strukturbilder sich feststellen läßt. Bald hat man das Bild einer verheilten Kataklyse, bald dasjenige einer zerquetschten Kristallisationsschieferung nach dem RIECKESchen Prinzip. B. SANDER teilt daher die Schiefer in solche mit präkristalliner und solche mit postkristalliner Deformation ein. Sicherlich ist das aber nur ein gradueller Unterschied, und es kommt nur darauf an, ob die Kristallisation die Deformation überdauert oder umgekehrt. Ein besonders interessanter Fall von präkristalliner Deformation ist das, was SANDER Abbildungskristallisation nennt. Oft tritt neben oder unmittelbar nach der Gleitung eine feine Fältelung der Gleitflächen ein. Wenn nun solche in feinen Fältelungen verlaufenden glimmerreichen Gleitfasern später einer Rekristallisation verfallen, so liegen die entstehenden Glimmerblätter reihenweise in geschwungenen Linien und in regelmäßig wechselnden Richtungen, sind aber selbst nicht gebogen, sondern erstrecken sich in der Tangente des jeweiligen Faltenverlaufes (Fig. 3).

In Porphyroblasten findet man oft feine Mineraleinschlüsse, die in Reihen parallel der Struktur der umgebenden Gesteinsmasse angeordnet sind. Bei den Gleitbewegungen werden nun die Porphyroblasten oft zwischen der über- und unterliegenden Schicht gedreht. Dann liegen die Einschlüsse quer zur Schieferung des Gesteines.

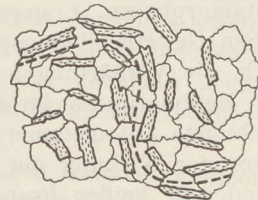


Fig. 3. Abbildungskristallisation einer kleinen Falte in einem präkristallin bewegten Gestein. Vergr. etwa 10mal.

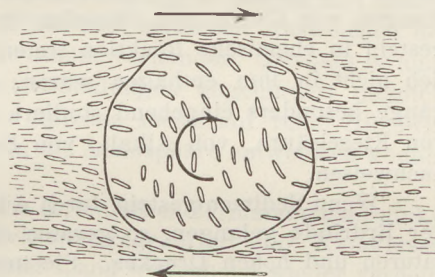


Fig. 4. Drehung eines Porphyroblasten während seines Wachstums. Linsenförmige Quarzkörnchen im Schiefer blieben als Einschlüsse im Porphyroblasten erhalten.

In dieser neuen Lage wachsen die Porphyroblasten aber weiter und nehmen neue Einschlüsse aus der Umgebung auf, die nun wieder in der Schieferungsrichtung, also schräg zu den Einschlüssen im inneren Teil des Porphyroblasten liegen. Dieser Prozeß geht kontinuierlich weiter, und das Ergebnis ist eine „Abbildungskristallisation“, bei der die Einschlüsse in den Porphyroblasten in S-förmig geschwungenen Linien angeordnet sind (Fig. 4).

Die geologischen Ursachen der Gesteinsumwandlungen.

Man unterscheidet in der modernen Petrographie Autometamorphosen und Allo-metamorphosen. Erstere sind solche, die in direkter ursächlicher Folge des ursprünglichen Gesteinsbildungsprozesses auftreten. Es gehört hierher z. B. die sog. Diagenese, d. h. die Verhärtung loser Sedimente zu festen Gesteinen, die man aber noch nicht zur Metamorphose im Sinne der Bildung kristalliner Schiefer rechnen kann. Die wichtigste Autometamorphose ist die sehr häufige Umkristallisation von Tiefengesteinen unter der Wirkung der noch in ihnen enthaltenen Wärme und der noch nicht abgewanderten heißen Restlösungen. Bei der Entstehung vieler Orthogneise spielt sie eine große Rolle. Es entstehen Umkristallisationen und Parallelgefüge, noch ehe das Gestein fertig erkaltet ist, so daß leicht der Eindruck hervorgerufen wird, als ob das Gestein schon in paralleler Anordnung aus dem Schmelzfluß ausgeschieden sei. WEINSCHENK in München nahm letzteres an und nannte den Vorgang Piezokristallisation.

Die einfachste Form der Allometamorphose ist die sog. Dynamometamorphose. Es ist dies die Zerquetschung eines Gesteins zu einem feinblättrigen, phyllitartigen Schiefer, wie wir sie oft bei intensiven Faltungen und in der Nachbarschaft großer Verwerfungen oder Überschiebungen auftreten sehen.

Die verbreitetste und am besten erforschte Art der Allometamorphose aber ist die Kontaktmetamorphose. Sie wird verursacht durch die Hitzewirkung, die aufdringende Eruptivgesteine auf ihr Nebengestein ausüben, und die natürlich sehr starke Neukristallisationen in ihm verursacht. Neben der rein thermischen Kontaktmetamorphose ohne Stoffzufuhr gibt es noch eine solche mit Stoffzufuhr, die sehr häufig vorkommt. Aus jedem Tiefengestein entweichen bei seiner Erstarrung große Mengen von Gasen und Dämpfen, und diese werden mit dem umgebenden Nebengestein in chemische Reaktion treten und ihm allerlei Stoffe zuführen, die ursprünglich nicht in ihm enthalten waren. Professor GOLDSCHMIDT in Oslo hat solche Vorgänge besonders eingehend studiert. Er konnte Kontaktmetamorphosen mit Zufuhr von Kieselsäure, von Alkali, von Bor oder Fluor, von Phosphor, von Eisen usw. nachweisen.

Wenn Sedimentgestein durch Auflagerung immer neuer Sedimente in große Tiefen der Erdkruste gelangen, so geraten sie gleichzeitig in die Einwirkung hoher Temperaturen und hohen Druckes. Sie unterliegen dann einer starken Metamorphose, die sich oft gleichmäßig über hunderte von Quadratkilometern ausbreitet und die man deshalb als Regionalmetamorphose bezeichnet. Nur selten bleiben in solchen Tiefen Intrusionen von granitischen oder gabbroiden Tiefengesteinen aus, die dann die Hitze im Sediment noch wesentlich vermehren und selbst durch langsame Abkühlung bei hohem Druck der Autometamorphose verfallen, eine Parallelstruktur annehmen und zu Gneissen oder Amphiboliten werden. Die meisten Gneiß-Glimmerschiefer-Gebiete sind auf diese Weise gebildet worden.

In großen Tiefen bleiben die Granite nach ihrem Eindringen noch lange Zeit flüssig und zwar verhältnismäßig dünnflüssig, weil sie sich ihrer Gase und Dämpfe, die das Magma beweglich erhalten, nicht entledigen können. Oft mögen in solchem Zustand noch Bewegungen der Sedimente mitsamt den zwischenliegenden Magmamassen durch Faltungsdruck eintreten. Die Folge alles dieses ist dann, daß die Granit-schmelze Zeit und Gelegenheit hat, in dünnen Lagen überall zwischen die Sediment-schichten einzudringen. Es entsteht ein sog. Injektionsgestein, in dem der Granit

zwischen die Schieferblätter eingedrungen ist, wie das Wasser zwischen die Blätter eines ins Wasser gefallen Buches. In solchem feinlagigen Gemenge von Schiefer und Granit findet bei der Erkalung natürlich eine enorm starke Umkristallisation im Schiefer, meist mit erheblicher Stoffzufuhr, und im Granit, entsprechend der langsamen Abkühlung, dem starken Vertikaldruck und dem hohen Gehalt an nicht entweichenden Gasen, eine enorm starke Autometamorphose statt. Die Grenzen zwischen Granit und Schiefer verwischen sich mehr und mehr, weil große Teile des Schiefers im Granit vor der Erstarrung einschmelzen, so daß sich die beiden Gesteine auch in ihrem chemischen Bestande einander angeglichen haben. Zuletzt entstehen scheinbar einheitliche Schiefergesteine, denen man ihre Entstehung aus zwei verschiedenen Ausgangsprodukten nur noch an einem undeutlich schlierigen oder nebelhaft fleckigen Wechsel der Farbe und des Mineralbestandes ansehen kann (Schlierengesteine und Nebulite, wie sie z. B. in Finnland sehr verbreitet sind).

Man nimmt an, daß solche Gesteine auch ohne Eindringen fremder Magmen in großen Tiefen entstehen können, indem hier die am leichtesten schmelzbaren Mineralien oder Gesteinschichten zur Verflüssigung kommen und das ganze Gestein so, wie es eben von Granitmagmen geschildert wurde, durchtränken.

Die genetische Einteilung der kristallinen Schiefer.

Man kann, wie aus vorigem hervorgeht, einem Schiefer bis zu gewissem Grade ansehen, ob seine Umkristallisation in geringer, mittlerer oder großer Erdtiefe stattfand. Dies um so mehr, als die mineralogische Durchforschung des Mineralbestandes lehrt, daß gewisse Mineralien sich nur bei niederem Druck und niederer Temperatur, andere sich bei hohem Druck und hoher Temperatur bilden.

Daher teilt man die kristallinen Schiefer in drei Zonen ein, die man als Epizone, Mesozone und Katazone bezeichnet. In groben Umrissen entsprechen diese drei Zonen dem, was die älteren Forscher *Phyllitformation*, *Glimmerschieferformation* und *Gneißformation* nannten.

Für die Epizone sind bezeichnend die stark durchbewegten, an Serizit und Chlorit reichen, bis ins feinste geschiefertten Gesteine. Platz zum seitlichen Ausweichen der gequetschten Massen ist ja nahe der Erdoberfläche immer vorhanden. Deshalb ist auch die Wasseraufnahme unter Bildung von Hydratverbindungen ungehindert möglich. Die Kontaktmetamorphose beschränkt sich in der Epizone meist auf reine Hitzewirkung, da die Gase aus den Eruptivgesteinen leicht in die Atmosphäre entweichen können und nicht das Nebengestein durchtränken.

Für die Mesozone ist es bezeichnend, daß die serizitischen Zermalmungsprodukte des Feldspates meist zu wohl kristallisierten Muskovittafeln regeneriert sind. Kataklasten, die in der Epizone sehr häufig sind, sind hier meist schon weitgehend wieder verheilt. Die Tiefengesteins-Intrusionen können sich nicht so schnell entgasen. Sie werden oft zu autometamorphen Gneissen. Die Kontaktmetamorphose ist meist mit weitgehender Stoffzufuhr verbunden. Man findet neben völlig umkristallisierten Hornfelsen häufig starke Turmalinisierungen, Topasierungen, Bildungen von Kalksilikatgesteinen und Kontakteisenerzen.

Für die Katazone ist hoher allseitiger Druck (mit vertikalem Druckmaximum) ohne Gelegenheit zu seitlichem Ausweichen bezeichnend. Die Umkristallisation überwiegt die Deformation. Hier ist die Heimat der reinen Kristallisationsschieferung nach dem RIECKESCHEN Prinzip. Die Gesteine haben vollkommene Gefügeregelung, aber nur noch untergeordnete Schieferung durch Gleitfasern. In der tiefsten Katazone ist dann die Heimat der Injektions- und der Wiederaufschmelzungs-Gesteine. Darunter gibt es wohl nur noch durch Wiederschmelzung entstandene und primärmagmatische Erstarrungsgesteine. Sedimente können in diese größten Tiefen auch durch die gewaltigsten Faltungen nicht hinabgetaucht werden. Hier beginnt dann die eigentliche Unterwelt der Erdrinde, das rein „plutonische“ Reich.

Kleine Mitteilungen.**Zur Veranschaulichung kosmischer Größenverhältnisse.**

Von Dr. E. Waage in Freiwaldau.

1. Zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse im Sonnensystem pflegt man sich Modelle desselben vorzustellen, deren Maßstab zwischen $1:10^5$ und $1:2 \cdot 10^{10}$ liegt. Die neueren Ergebnisse der Stellarastronomie legen eine ähnliche Behandlung nahe; sie soll im folgenden versucht werden.

Wir beginnen mit der Darstellung im Maßstab $1:20$ Milliarden ($1:2 \cdot 10^{10}$). In diesem Modell erhält der Mensch die Größe eines Wasserstoffatoms (10^{-7} mm), ein Schnellzug mit der Geschwindigkeit 80 km/h legt im Jahr $3^{1/2}$ cm zurück, eine Gewehr-kugel mit 475 m/sec $3/4$ m, das Licht aber 470 km. Letzteres braucht zu $1^{1/2}$ cm 1 Sek., zu 0,9 m 1 Min., zu 54 m 1 Stunde und zu 1,3 km 1 Tag.

Die Sonne erhält die Größe eines Apfels vom Durchmesser 7 cm, die Erde ist ein 10 Schritt, d. i. $7^{1/2}$ m entfernter Stecknadelknopf vom Durchmesser $2/3$ mm, um den im Abstand 2 cm der Mond mit dem Durchmesser $1/6$ mm kreist. Merkur mit dem Durchmesser $1/4$ mm hat 3 m, Venus — so groß wie die Erde — 5 m und Mars¹ 11 m Entfernung von der Sonne; der Marsdurchmesser ist $1/3$ mm, seine Monde sind $1/2$ und 1 mm von seinem Mittelpunkt entfernt. Venus nähert sich der Erde im günstigsten Fall auf 2 m, Mars auf $2^{3/4}$ m und Eros auf 1 m.

Jupiter wird zu einer 40 m von der Sonne entfernten Erbse mit dem Durchmesser $3/4$ cm. Sein nächster Mond ist von seinem Mittelpunkt 0,9 cm, von seiner Oberfläche nur $1/2$ cm entfernt, der entfernteste $1^{1/4}$ m. Die beiden größten haben den Durchmesser Merkurs.

Saturn ist 70 m von der Sonne entfernt und erhält den Durchmesser 0,6 cm, der innere Durchmesser seines Ringes beträgt 0,9 cm, der äußere 1,4 cm. Seine 10 Monde zeigen Entfernungen zwischen 1 cm und $2/3$ m von seinem Mittelpunkt.

Uranus ist 140 m, Neptun 225 m von der Sonne entfernt; ersterer erhält den Durchmesser $1/4$ cm, letzterer $1/3$ cm. Die Entfernungen der Monde betragen 1 bis 3 cm, bezw. $2^{1/4}$ cm.

Denken wir uns die Sonne auf der Berliner Schloßbrücke, so kommt Neptun zum Opernhaus. Auch die Kometen entfernen sich kaum aus Berlin, so daß das Modell des Sonnensystems in dieser Stadt Platz fände.

Der uns nächste Fixstern, α Centauri, erhält die Entfernung 2000 km, kommt also nach Nordafrika: ein größerer und ein kleiner Apfel kreisen in 170 m Abstand voneinander um den gemeinsamen Schwerpunkt². Proxima Centauri, etwa haselnußgroß, ist von ihnen 80 km entfernt. Bernards Pfeilstern kommt ans Kaspische Meer, Lal 21185 nach Grönland und Sirius in 4000 km Entfernung auf die Azoren.

Denken wir uns die Sonne statt in Berlin im Erdmittelpunkt, so bekommen etwa 19 der sonnennächsten Sterne³ noch innerhalb der Erdkugel ihren Platz, und wir erhalten ein anschauliches Bild von der Leere des Weltraumes: 20 Äpfel im Raum der Erdkugel! Die durchschnittliche Entfernung benachbarter Fixsterne ist die Entfernung des Sirius von der Sonne.

Die kleinsten noch sichtbaren Fixsterne haben etwa Haselnußgröße, die Sonne, Prokyon und α Centauri sind so groß wie Äpfel, Sirius mit dem doppelten Sonnen-

¹ Die Umlaufzeiten der Marsmonde sind $1/3$ und $1^{1/4}$ Tage, die der 9 Jupitermonde liegen zwischen $1/2$ Tag und 2 Jahren, die der Saturnmonde zwischen 1 Tag und $1^{1/2}$ Jahren, die der Uranusmonde zwischen $2^{1/2}$ und 14 Tagen, für den Neptunmond beträgt sie 6 Tage.

² Die Umlaufzeit ist 79 Jahre; Proxima Centauri dürfte in etwa 1000000 Jahren um dieses Sternpaar kreisen.

³ Die überwiegende Mehrzahl ist kleiner als die Sonne und trotz ihrer Nähe teleskopisch. Zu den größeren gehören noch Prokyon und Atair. Etwa $1/3$ sind Doppelsterne.

durchmesser wird zu einer kleinen Melone, Rigel wie ein großer Kleiderschrank, Beteigeuze mit dem 280fachen des Sonnendurchmessers erhält die Größe eines zwei-stöckigen Hauses. Die planetarischen Nebel sind Kugeln von der Größe des Deutschen Reiches, noch bedeutend ausgedehnter aber sind die unregelmäßigen Gasnebel: der nächste, der Orionnebel, erhält die Entfernung des Mondes und die Größe der Erdkugel.

Der größte Durchmesser des etwa linsenförmigen Milchstraßensystems beträgt nach SHAPLEY 15 000, der kleinste 4000 Sternweiten, das sind 48 000 und 13 000 Lichtjahre oder in unserem Modell 50 und 12 Mondentfernungen. PICKERING findet für den großen Durchmesser einen ähnlichen, für den kleinen aber nur $\frac{1}{4}$ des SHAPLEYSchen Wertes.

2. Verkleinern wir unser nun schon wieder unanschaulich gewordenes Modell weiter auf $\frac{1}{100000}$, legen wir uns also ein neues Modell an, das die Wirklichkeit statt im Maßstab 1:20 Milliarden im Maßstab 1:2000 Billionen ($1:2 \cdot 10^{15}$) darstellt, so schrumpft in diesem Modell die Entfernung der Erde von der Sonne auf $\frac{1}{13}$ mm oder die Dicke eines Bleistiftstriches zusammen, das ganze Sonnensystem bis zur Neptunbahn nimmt den Raum einer Linse (Durchmesser $4\frac{1}{2}$ mm) ein. Die Sonne erhält den Durchmesser einer Kugelbakterie ($7 \cdot 10^{-4}$ mm), die Erde $6 \cdot 10^{-6}$ mm, d. i. der doppelte Durchmesser einer Eiweißmolekel oder der 60fache eines Wasserstoffatoms. Der Mensch wird 10^{-12} mm hoch, das ist $\frac{1}{6}$ des Durchmessers eines Elektrons.

Ein Lichtjahr wird etwa 5 m, die Entfernung des Sirius 40 m. Der Riesenstern Beteigeuze wird zu einem 1 km von der Sonne entfernten Pünktchen, der Orionnebel zu einem 4 km entfernten Gebilde von 130 m Durchmesser. Die Sterne des großen Bären erhalten die Entfernung 340 m und befinden sich in einem sich über 300 m erstreckenden Raum, für die Hyaden sind diese Zahlen 600 m und 50 m, für die Plejaden 1 km und 20 m. Alle auffälligeren Fixsterne sind näher als 3 km, alle mit freiem Auge sichtbaren näher als 25 km.

Das ganze Milchstraßensystem aber, dem alle diese Gebilde angehören, erhält den (größeren) Durchmesser 240 km, wird also zu einer Platte von der Größe der Provinz Brandenburg und der Dicke 60 km (nach SHAPLEY, 15 km nach PICKERING).

Die nächsten Gebilde außerhalb des (nach SHAPLEY „engeren“) Milchstraßensystems sind die Kugelsternhaufen; sie werden zu kugeligen Sternwolken, die Durchmesser bis 3 km zeigen; ihr Kern mißt aber nur 300 bis 400 m. Der nächste ist etwa so weit entfernt, wie die äußersten Sterne der Milchstraße, liegt aber in anderer Richtung wie diese; der entfernteste käme nach Nizza. Größere Gebilde sind die MAGHELLANSchen Wolken; sie erhielten Durchmesser von 75 und 25 km und kämen etwa nach Wien, oder NGC 6822, eine 18 km lange und 9 km breite Sternwolke in Bagdad.

Gebilde von ähnlichen Dimensionen wie das Milchstraßensystem aber sind die Spiralnebel. Ihre Anzahl schätzt man auf 300 000, ungerechnet die ihrer großen Entfernung wegen unseren Fernrohren nicht mehr erreichbaren. Der nächste ist der Andromedanebel und käme nach der Entfernungsbestimmung von HARTWIG ($1\frac{1}{2}$ Millionen Lichtjahre) etwa nach Peking.

3. Diese Entfernungen werden bekanntlich nicht auf trigonometrischem Wege bestimmt, sondern aus der Lichtstärke der Sterne (besonders veränderlicher und neuer Sterne) erschlossen. Der nach der trigonometrischen Methode zu messende Winkel, die jährliche Parallaxe, beträgt für den Andromedanebel 2 Milliontel Bogensekunden. Unter diesem Winkel sieht man die Breite eines 2000 km entfernten Menschenhaares, und seine Messung ist mit den heutigen optischen Hilfsmitteln unmöglich. Wohl aber kann man Parallaxen bis zu einigen Hundertel Bogensekunden messen; unter $0,01''$ sieht man einen Menschen, dessen Entfernung gleich dem Erdumfang ist. Die größte jährliche Parallaxe beträgt $\frac{3}{4}''$, ein Mensch in 500 km Entfernung.

Die Horizontaläquatorialparallaxe des Mondes beträgt 1° (Mensch in 100 m), die des Eros $1'$ (Mensch in 6 km).

4. Man vergleicht bekanntlich häufig das Atom mit einem Sonnensystem¹. Geben wir der Sonne die Größe eines Elektrons ($6 \cdot 10^{-12}$ mm), so haben wir sie etwa im Maßstab $1 : 2 \cdot 10^{23}$ verkleinert. Im Wasserstoffatom hat der Kern vom Elektron die Entfernung $0,5 \cdot 10^{-7}$ mm, das entspricht der doppelten Neptunentfernung, hat aber wahrscheinlich nur $\frac{1}{2000}$ des Elektronendurchmessers, das entspricht 700 km oder $\frac{1}{5}$ des Monddurchmessers. Trotz seiner Kleinheit hat er die 2000fache Masse des Elektrons, so daß dieses um ihn kreist. Jedenfalls ist das Innere des Atoms ebenso leer wie der Raum des Sonnensystems.

Wohl aber sind die Atome näher beisammen. Wir fanden 20 Fixsterne in einer Kugel vom Durchmesser 26 Lichtjahre, die bei der Verkleinerung im Maßstab $1 : 2 \cdot 10^{10}$ zur Erdkugel, bei $1 : 2 \cdot 10^{23}$ zur Kugelbakterie zusammenschrumpft; letztere enthält aber noch immer gegen eine Billion Atome.

Das Milchstraßensystem wird im Maßstab $1 : 2 \cdot 10^{23}$ dargestellt durch ein Gaswölkehen von Hirsekorngöße (großer Durchmesser, $\frac{1}{4}$ cm), in dem das Gas auf $\frac{1}{25000}$ mm Quecksilberdruck ($\frac{1}{20000000}$ seiner normalen Dichte) verdünnt ist². Die Entfernung des Andromedanebels wird zu 8 cm.

5. Die Anzahl der mit freiem Auge auf beiden Himmelshalbkugeln sichtbaren Fixsterne ist etwa 6000. Im Märchen wird der kluge Hirtenknabe nach dieser Zahl gefragt. Da nimmt er einen großen Bogen Papier und macht darauf so viele Punkte, daß denen, die er auffordert, sie zu zählen, die Augen übergehen. Hätte er Millimeterpapier genommen und in jedes Quadratmillimeter einen Punkt gezeichnet, so wäre er mit der Seite eines kleinen Notizbuches (6:10 cm) ausgekommen und hätte etwa 20 Minuten dazu gebraucht.

Die Gesamtzahl der mit den modernen Fernrohren einzeln sichtbaren Fixsterne wird auf $2 \cdot 10^8$ geschätzt; sie ist etwa so groß wie die Anzahl der Schneeflocken, die bei einem tüchtigen halbstündigen Schneefall auf die Fläche des Berliner Lustgartens niederfallen. Um sie in gleicher Art auf Millimeterpapier einzuzichnen, braucht man 2000 Seiten von der Größe 25:40 cm, also 2 Bände in Handatlasformat, aber mit ganz dünnem Papier, und unser armer Hirtenknabe muß hierzu 2 Jahre lang ununterbrochen Tag und Nacht punktieren.

Die Gesamtzahl der Fixsterne des Milchstraßensystems wird auf das 50fache, d. i. 10 Milliarden, geschätzt. Nur etwa $\frac{1}{6}$ hiervon ist lichtstärker als die Sonne; zu diesen gehören aber fast alle mit freiem Auge sichtbaren und der größte Teil der teleskopischen Sterne. Die Lichtstärke von $\frac{1}{3}$ der Fixsterne liegt zwischen der der Sonne und $\frac{1}{10}$ der Sonnenlichtstärke; die restliche Hälfte der Sterne ist noch lichtschwächer.

6. Um uns schließlich auch das Alter der Sonne zu veranschaulichen, das auf 10 bis 100 Milliarden Jahre geschätzt wird, denken wir an das alte Märchen, in dem ein Knabe am Strand sitzt und mit einer Muschel Wasser aus dem Meere schöpft: bis er das ganze Weltmeer ausgeschöpft hat, heißt es dort, ist eine Sekunde der Ewigkeit vergangen.

Schöpft er aber sehr rasch, nämlich $\frac{1}{30}$ Liter in der Sekunde, so braucht er doch für die Ostsee (30000 Kubikkilometer) allein 1 Trillion Sekunden oder 30 Milliarden Jahre, also etwa das Alter der Sonne. Das Weltmeer aber hat die 50000fache Wassermenge der Ostsee.

Zum Vergleich sei noch bemerkt, daß die Schwingungsdauer kurzweiligster γ -Strahlen weniger als 1 Hunderttrillionstel Sekunde beträgt.

¹ Diese Anschauungen wurden neuerdings von SCHRÖDINGER etwas modifiziert.

² Da die Dichte des Atomkerns bedeutend größer ist als die der Fixsterne, ist dies nicht die mittlere Dichte des Milchstraßensystems. Letztere beträgt — bezogen auf Wasser — 10^{-10} .

Die Energiedichte im magnetisierten Eisen.

Von Hans Georg Möller in Hamburg.

Ziel der Arbeit.

In meiner Vorlesung über Elektrotechnik wurde ich des öfteren von meinen Hörern gebeten, die Anschauungen, die der Formel für die Energiedichte im magnetisierten Eisen

$$A = \int \frac{\mathfrak{H} \delta \mathfrak{B}}{4\pi} \text{ erg/cm}^3$$

zugrunde liegen, recht ausführlich zu erläutern, da aus den Lehrbüchern über diesen Punkt schwer Klarheit zu gewinnen sei. Obwohl die folgenden Ausführungen wahrscheinlich prinzipiell Neues nicht bringen, sind sie zur Klarstellung der komplizierten magnetischen Verhältnisse im Eisen vielleicht doch willkommen.

Die Formel für die Energiedichte soll auf drei verschiedene Weisen abgeleitet werden:

1. Auf die übliche unanschauliche Weise mit Hilfe des Energiesatzes und des Induktionsgesetzes.

2. Auf Grund der alten Vorstellung von den sich drehenden Molekularmagneten.

3. Auf Grund der Vorstellung von den Ampereschen Molekularströmen.

An Hand der 1. Ableitung werden wir feststellen, daß A die dem Eisen von außen zugeführte Energiedichte ist, daß aber die Überlegung keinerlei Anschauung über die Veränderungen im Eisen beim Magnetisieren erfordert und daher auch keinerlei Aufschluß über solche Veränderungen gibt.

Die 2. und 3. Ableitung gehen trotz der Verschiedenheit der Vorstellungen im Einzelnen von der gleichen Annahme aus, daß im unmagnetischen Zustande die Elementarmagnete ihren Magnetismus behalten und nur infolge der molekularen Anordnung der Molekularmagnete, der Mittelwert des Magnetfeldes, gebildet über einen zu den Molekularmagneten großen Bereich, Null ist. Es soll gezeigt werden, daß diese Annahme zur Annahme von „Federkräften“ führt, die den unmagnetischen Zustand wieder herzustellen suchen. Über die Natur dieser Kräfte sind zwei Aussagen zu machen.

a) Die Kräfte bestehen aus zwei Teilen; der eine Teil, im allgemeinen eine Funktion der Magnetisierung und Magnetisierungsänderung $F(\mathfrak{B}, d\mathfrak{B}/dt)$ ist monoton mit der Magnetisierung. Er ändert sein Vorzeichen mit \mathfrak{B} . Dieser erste Teil verhält sich ähnlich wie eine quasielastische Kraft, braucht aber nicht wie diese proportional mit der Verschiebung anzusteigen. Ich habe ihm den anschaulichen Namen „Federkraft“ gegeben. Die Anführungsstriche sollen andeuten, daß mit dieser Namensgebung nicht die Ansicht ausgesprochen werden soll, daß diese Federkräfte etwas mit der Elastizität des Eisens zu tun haben. Wenn man z. B. die Anschauung haben würde, daß die molekulare Unordnung der Molekularmagnete durch Stöße infolge der Wärmeschwingungen sich herzustellen sucht, so würden auch diese Stöße als „Federkräfte“ in unserem Sinne zu bezeichnen sein.

b) Wünscht man diese Kräfte auch zur Erklärung der Hysteresis heranzuziehen, so müssen sie noch ein zweites, der jeweiligen äußeren den magnetischen Zustand verändernden Kraft entgegengesetztes Glied besitzen. Dieses soll z. B. bei positiver Magnetisierung positiv sein, wenn die äußere Kraft die Magnetisierung zu verkleinern trachtet; negativ, wenn die äußere Kraft die Magnetisierung erhöhen will. Die „Federkraft“ hingegen muß bei positiver Magnetisierung immer negativ sein. Der bekannteste Repräsentant solcher Kräfte ist die Reibungskraft. Wir wollen dieses Glied der Kraft mit dem anschaulichen Namen „Reibungskraft“ belegen, ohne wieder damit etwa die Vorstellung vertreten zu wollen, daß es sich um eine wirkliche Reibung handelt.

Soweit ein kurzer Überblick über das Ziel unserer Überlegungen.

1. Ableitung mit Hilfe des Energiesatzes und Induktionsgesetzes.

Wir betrachten einen Eisenring von der Länge l und dem Querschnitt F . Er sei mit n Windungen bewickelt (Fig. 1). In der Wicklung fließe ein Strom J , der ein Feld \mathfrak{H} erzeuge, das sich nach der Solenoidformel zu

$$\mathfrak{H} = \frac{4\pi n J}{l}$$

berechnet. (Es soll im elektromagnetischen Maßsystem gerechnet werden!) Die Wicklung ist widerstandslos; zum Aufrechterhalten des Stromes ist keine Spannung nötig.

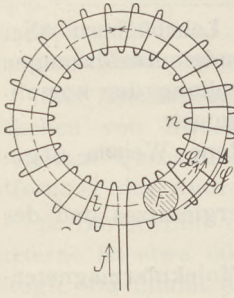


Fig. 1.

Steigert man nun in einer Zeit δt die Induktion \mathfrak{B} im Eisen um $\delta \mathfrak{B}$, so wird nach dem Induktionsgesetz während der Zeit δt in der Wicklung eine Spannung

$$E = n \frac{\delta \mathfrak{B}}{\delta t} F$$

induziert. Soll der Strom in der gleichen Stärke J weiterfließen, so muß man während der Zeit δt in den Stromkreis eine Stromquelle mit der Spannung E einschalten; diese leistet eine Arbeit

$$\delta A = E J \delta t.$$

Da bei dem beschriebenen Vorgange lediglich eine Veränderung der Energie des magnetisierten Eisens stattfindet, muß nach dem Energiesatze δA dieser Energieänderung des Eisens gleichen. Dies ist ein ganz formaler, völlig unanschaulicher Schluß aus dem Energiesatz, der keinerlei Einblick in die Natur der Veränderungen im Eisen beim Magnetisieren gestattet. δA kann schließlich durch Einsetzen der Werte von E und J aus dem Induktionsgesetz und der Solenoidformel durch $\delta \mathfrak{B}$ und \mathfrak{H} ausgedrückt werden:

$$\delta A = E J \delta t = n F \frac{\delta \mathfrak{B}}{\delta t} \cdot \frac{\mathfrak{H} l}{4\pi n} \cdot \delta t = \mathfrak{H} \delta \mathfrak{B} \cdot F \cdot l = \mathfrak{H} \delta \mathfrak{B} V; V = l F = \text{Volumen.}$$

Auch dieses Einsetzen der Werte ist wieder eine völlig unanschauliche, rein mathematische Operation.

Diese erste Abteilung gestattet nur einen Punkt scharf zu formulieren: A ist die von außen in das Eisen hereingesteckte Arbeit. Was aber aus dieser Arbeit wird, ob sie in Feldenergie des inneren zwischen den Molekularmagneten liegenden Feldes oder in elastische Energie der Magnetostriktion oder in Wärme verwandelt wird oder in noch andere Energieformen, alle diese Fragen läßt diese erste Ableitung völlig offen.

2. Ableitung auf Grund der alten Vorstellung von den sich richtenden Molekularmagneten.

In einem cm^3 mögen N Molekularmagnete in molekularer Unordnung liegen. Jeder Magnet trage an seinen Polen q magnetische Nord- bzw. Südladungseinheiten. Auf den Begrenzungsflächen des cm^3 liegen dann gleichviele Nord- und Südladungen, so daß die Gesamtladung im Mittel Null wird.

Nun sei der Würfel in ein homogenes, z. B. wagrecht von rechts nach links verlaufendes Feld \mathfrak{H} gebracht (Fig. 2). Unter der Wirkung der Kraft

$$K = \mathfrak{H} q$$

dieses Magnetfeldes auf die Pole der Molekularmagnete mögen sich die Magnete um ihre Mitten etwas drehen, so daß sich ihre Nordpole im Mittel um ein Stück s nach links, ihre Südpole um das gleiche Stück s nach rechts verschieben. s braucht nicht proportional zu \mathfrak{H} zu sein.

Da durch diese Verschiebung die Nordpole relativ zu den Südpolen um ein Stück $2s$ nach links gewandert sind, und da vorher die Nord- und Südpole so gemischt waren, daß in jedem Volumelement gleich viele Pole beider Sorten waren, (das Volumelement ist groß gegen die Dimension eines Molekularmagneten angenommen), so ist nach der Verschiebung an der linken Stirnfläche ein Streifen von der mittleren Dicke $2s$ nur mit Nordpolen, auf der rechten Stirnfläche ein gleicher Streifen nur mit Südpolen angefüllt. Da in 1 cm^3 N Magnete liegen, entfallen auf den Streifen mit $1,25 \text{ cm}^3$ Inhalt $2Ns$ Pole. Diese tragen die Ladung

$$q' = 2Ns q.$$

Das Feld der freiliegenden Molekularladungen ist dann

$$\mathfrak{G}_A = 4\pi q' = 4\pi 2Ns q^1$$

und das Gesamtfeld senkrecht zur Stirnfläche oder die Induktion

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{G} + \mathfrak{G}_A = \mathfrak{G} + 4\pi 2s Nq.$$

$$\delta \mathfrak{B} = \delta \mathfrak{G} + 4\pi \cdot 2 Nq \cdot \delta s$$

Nun sei die Arbeit berechnet, die das äußere Feld \mathfrak{G} in Summa zu leisten hat. Diese setzt sich aus der Arbeit δA_A zusammen, die zur Drehung der Molekularmagnete aufgewendet werden muß, und der Steigerung der Energie des äußeren Feldes $\delta A_{\bar{a}}$

$$\delta A_A = 2 Nq \mathfrak{G} \delta s \text{ (Faktor 2, da Nord- und Südpole!)}$$

$$\delta A_{\bar{a}} = \frac{\mathfrak{G} \delta \mathfrak{G}}{4\pi}.$$

Durch Addition folgt:

$$\delta A = \delta A_A + \delta A_{\bar{a}} = \frac{\mathfrak{G}}{4\pi} (\delta \mathfrak{G} + 2 Nq \cdot 4\pi \cdot \delta s) = \frac{\mathfrak{G}}{4\pi} \delta \mathfrak{B}.$$

Bemerkung: Die der Ableitung zugrunde gelegte Anschauung gestattet nun zu erkennen, was aus der Arbeit δA wird. Wenn die Molekularmagnete im Eisen nur mit ihren Mitten an besondere Lage gebunden, sonst aber frei drehbar wären, so würden sie sich infolge der Coulombschen Kräfte ihrer Pole aufeinander alle parallel richten. Es würde stets Sättigung vorhanden sein. Da das Eisen, der Einwirkung eines äußeren Feldes entzogen (abgesehen von der Hysterisis!), unmagnetisch wird, so müssen neben diesen Coulombschen Kräften der Molekularmagnete aufeinander noch Kräfte vorhanden sein, welche die Molekularmagnete in ihre ungeordnete Ruhelage zurückziehen. Diese Kräfte müssen die Coulombschen Kräfte überwiegen. Die Differenz dieser Kräfte, wir können sie vielleicht „spezielle Federkräfte“ nennen, und der Coulombschen Kräfte ist die in unserer 2. Ableitung auftretende Kraft $k = q \cdot \mathfrak{G}$. Aus unserer speziellen Anschauung folgt: Beim Magnetisieren leisten sowohl die Coulombschen Kräfte als auch das äußere Feld mit der Kraft $k = q \mathfrak{G}$ gegen die „speziellen Federkräfte“ Arbeit. Beim Magnetisieren werden die „speziellen Federn“ aufgezogen, die Energie des inneren Molekularfeldes nimmt ab (!). Erst die spezielle Vorstellung gibt einen Aufschluß über die Aufteilung der beim Magnetisieren von außen hereingesteckten Energie und über die Veränderung der Energie des inneren Feldes.

3. Ableitung auf Grund der Anschauung von den Ampereschen Molekularströmen.

Diese Anschauung wird uns wieder auf die Annahme „spezieller Federn“ führen, die Verteilung der hereingesteckten Energie auf die Feldenergie und „Federenergie“ wird aber anders als unter Punkt 2 ausfallen.

¹ Dieser Formel liegt die Annahme zugrunde, daß alle Kraftlinien der Stirnflächenladung in die Luft austreten und keine rückwärts in das Eisen laufen, oder mit anderen Worten: daß der Entmagnetisierungsfaktor Null ist.

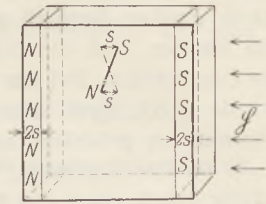


Fig. 2.

a) Wir wollen von der Anschauung ausgehen, im Eisen seien die Atome (oder Atomkomplexe) von Ampereschen Molekularströmen umflossen: das Feld dieser Molekularströme, seiner Natur nach ein Magnetfeld eines stromdurchflossenen Ringes in Luft, bildet den Magnetismus des Eisens. Im unmagnetischen Zustande sind die Molekularströme so angeordnet, daß der Mittelwert ihres Magnetfeldes, über einen zum Atom großen Bereich gebildet, Null ist. Wenn das Eisen magnetisiert wird, bleiben die Bahnen und die Stärke der Molekularströme erhalten. Es ändert sich lediglich ihr Umlaufsinn. Bei der Magnetisierung vom unmagnetischen Zustande bis zur Sättigung würde z. B. nach dieser Vorstellung gerade die Hälfte der Molekularströme ihren Umlaufsinn geändert haben.

b) Die diskreten, im Eisen gleichmäßig verstreuten Molekularströme ersetzt man häufig durch einen das Eisen umfließenden Gesamtmolekularstrom, der dasselbe mittlere Feld $\overline{\mathfrak{H}}_A$ hervorruft wie die Molekularströme. Die Induktion \mathfrak{B} setzt sich dann aus diesem Felde $\overline{\mathfrak{H}}_A$ und dem äußeren Felde zusammen.

$$\mathfrak{B} = \overline{\mathfrak{H}}_A + \mathfrak{H}.$$

Der Energieinhalt des Gesamtfeldes würde sich für die spezielle Vorstellung vom Ersatzmolekularstrom nach der Formel für Luftfelder zu

$$A_m = \int \frac{\mathfrak{B} d\mathfrak{B}}{4\pi} V$$

berechnen. Die beim Magnetisieren in das Eisen hereingesteckte Energie ist aber nur

$$A = \int \frac{\mathfrak{H} d\mathfrak{B}}{4\pi} \cdot V.$$

Auch hier zeigt sich wieder eine Differenz zwischen Feldenergie und hereingesteckter Energie $A_m - A$, die wir als Federenergie deuten müssen.

c) Wir wollen die Vorstellung von dem Ersatzmolekularstrom, der den ganzen Magneten umfließt, als zu grob wieder fallen lassen und zur Betrachtung der Einzelmolekularströme zurückkehren. Wir greifen zunächst nur einen solchen umklappenden Molekularstrom heraus. Diesen können wir mit einem Ampereschen Gestell vergleichen, das von konstantem Strome durchflossen, in einem Magnetfelde um 180° gedreht wird.

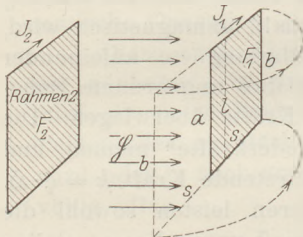


Fig. 3.

Welche Kräfte sind erforderlich, um eine solche Drehung dauernd Gleichgewichtslagen durchlaufen zu lassen? Zunächst muß eine Kraft k_1 vorhanden sein, um die Kraft $\mathfrak{H}lJ$, die der stromführende Draht von der Länge l im Magnetfelde \mathfrak{H} erfährt, zu kompensieren. Ferner wird bei der Drehung des Rahmens eine elektrische Spannung im Rahmen induziert, die den Strom zu verändern sucht. Es muß noch eine zweite Kraft k_2 vorhanden sein, welche die vorausgesetzte Konstanz des Stromes aufrecht erhält. Diese Kraft k_2 hat auch in Wirksamkeit zu treten, wenn in dem

betrachtenden Molekularrahmen durch Drehung eines anderen Rahmens eine Spannung erzeugt wird. Die beiden Kräfte k_1 und k_2 (letztere $d\mathfrak{B}/dt$ proportional) wachsen monoton mit der Induktion. Wir wollen sie daher wieder „Federkräfte“ nennen.

Wenn beim Umklappen des Molekularstromes \mathfrak{B} wächst, so wird die Kraft k_2 Arbeit leisten, k_1 Arbeit aufnehmen. Die Differenz dieser beiden Arbeiten nennen wir δA_F , „Federarbeit“. Die magnetische Feldenergie der Molekularströme wird wachsen und somit Arbeit aufnehmen. Wir bezeichnen diese Arbeit mit δA_A ¹.

d) Bemerkung zu c. Wir wollen die Federarbeiten δA_{F1} (Kraft k_1) und δA_{F2} (Kraft k_2) für ein aus zwei Rahmen bestehendes System als einfachstes Beispiel berechnen. Der Einfachheit halber sollen die Rahmen so weit voneinander entfernt

¹ Beim Parallelrichten zweier Stromkreise wächst die Feldenergie, beim Nähern zweier ungleichnamigen Magnetpole nimmt sie ab! Vgl. Ableitung 2.

sein, daß das Feld des anderen Rahmens innerhalb des ersten Rahmens konstant ist. Als Drehachse wählen wir (s. Fig. 3) eine Rahmenseite a^1 . Die andere Rahmenseite b von der Länge l erfährt dann die Kraft $k_1 = \mathfrak{H}lJ_1$ und wird bei einer Drehung um 180° in Richtung dieser Kraft um den Weg $2s$ verschoben. Also

$$\delta A_{F_1} = k \cdot 2s = \mathfrak{H}J_1 l 2s = \mathfrak{H}J_1 2F_1 = \text{von } k_1 \text{ aufgenommene Arbeit.}$$

Die induzierte Spannung E_1 in dem sich drehenden Rahmen ist $E = \mathfrak{H}lv$. Die von der Kraft k_2 hereingesteckte Leistung

$$\frac{d}{dt} \delta A_{F_2} = EJ_1 = \mathfrak{H}lv \cdot J_1 \text{ und die Arbeit } \delta A_{F_2} = \mathfrak{H}lJ_1 \int v dt = \mathfrak{H}lJ_1 2s.$$

Hinzu kommt noch die Arbeit, die k_2 in den feststehenden Rahmen hereinstecken muß. Diese berechnet sich zu

$$\delta A_{F_3} = E_2 J_2 \delta t = F_2 \delta \mathfrak{H}_2 J_2$$

[$\delta \mathfrak{H}_2 =$ Änderung des Feldes im Rahmen 2 beim Umklappen des Stromes im Rahmen 1].

δA_F setzt sich dann aus den drei Gliedern δA_{F_1} , δA_{F_2} , δA_{F_3} zusammen. Die beiden ersten heben sich auf.

e) Falls die Magnetisierungskurve senkrecht ansteigt, wird zum Magnetisieren keine äußere Kraft und keine äußere Arbeit gebraucht. Die entstehende Energie des Magnetfeldes der Molekularströme würde in diesem Idealfalle quantitativ der in den Federn aufgespeicherten Energie entnommen werden. Beim Entmagnetisieren werden die Federn wieder aufgezo-gen. Das d'Alembertsche Prinzip würde für die senkrechte Magnetisierungskurve in der Form

$$\delta A_A - \delta A_F = 0$$

zu schreiben sein.

f) Steigt die Magnetisierungskurve nicht senkrecht an, so überwiegen die Federkräfte die Kraft des Magnetfeldes auf den stromführenden Leiter. Ein äußeres Feld muß letztere unterstützen, um die Drehung zustande zu bringen. Es ist jetzt

$$\delta A_F > \delta A_A.$$

Das äußere Feld muß den fehlenden Energiebetrag δH hinzufügen; das d'Alembertsche Prinzip lautet dann:

$$\delta A_A - \delta A_F + \delta H = 0.$$

Dafür, daß die Arbeit der „Federkräfte“ davon abhängig ist, daß das Umklappen eines Molekularrahmens mit oder ohne äußeres Feld erfolgt, ist kein Grund vorhanden. K_1 ist eine festgegebene Kraft (für die nicht senkrecht ansteigende Magnetisierungskurve größer als $\mathfrak{H}Jl$). K_2 soll der beim Umklappen eines Molekularrahmens induzierten Spannung das Gleichgewicht halten und ist somit von $d\mathfrak{H}_A/dt$, nicht aber vom äußeren Felde \mathfrak{H} abhängig. Wohl aber ist δA_A , die Änderung der Feldenergie beim Umklappen eines Molekularrahmens, vom äußeren Felde abhängig. δH wird somit in der Form von magnetischer Feldenergie in das Eisen hereingesteckt.

$$\delta A_m = \delta A_A + \delta H$$

ist also die Änderung der gesamten magnetischen Feldenergie beim Umklappen eines Rahmens bzw. mehrerer Rahmen, die das Molekularfeld um $\delta \mathfrak{H}_A$ ändern. Die Gesamtfeldenergie ändert sich außerdem noch, wenn das äußere Feld sich um $\delta \mathfrak{H}$ ändert. Das d'Alembertsche Prinzip lautet dann:

$$\left(\frac{\partial A_m}{\partial \mathfrak{H}_A} - \frac{\partial A_F}{\partial \mathfrak{H}_A} \right) \delta \mathfrak{H}_A + \left(\frac{\partial A_m}{\partial \mathfrak{H}} - \frac{\partial A_F}{\partial \mathfrak{H}} \right) \delta \mathfrak{H} = 0.$$

Da die Variationen $\delta \mathfrak{H}_A$ und $\delta \mathfrak{H}$ beliebig sind, müssen die Faktoren von $\delta \mathfrak{H}_A$ und $\delta \mathfrak{H}$ einzeln verschwinden.

¹ Die eingeführten speziellen Annahmen vereinfachen nur die Rechnung. Prinzipiell nötig sind sie nicht.

$$\frac{\partial A_m}{\partial \mathfrak{H}} - \frac{\partial A_F}{\partial \mathfrak{H}} = 0$$

besagt: Bei einer Steigerung des äußeren Magnetfeldes müssen die Federkräfte, speziell deren Anteil K_2 , Arbeit leisten, um entgegen der induzierten Spannung die Stromstärke der Molekularströme konstant zu halten.

$$\frac{\partial A_m}{\partial \mathfrak{H}_A} - \frac{\partial A_F}{\partial \mathfrak{H}_A} = 0$$

kombinieren wir mit

$$\delta A_A - \delta A_F + \delta H = 0 \text{ oder } \frac{\partial A_A}{\partial \mathfrak{H}_A} - \frac{\partial A_F}{\partial \mathfrak{H}_A} + \frac{\partial H}{\partial \mathfrak{H}_A} = 0.$$

Durch Elimination von $\partial A_F / \partial \mathfrak{H}_A$ erhalten wir

$$\left(\frac{\partial A_m}{\partial \mathfrak{H}_A} - \frac{\partial A_A}{\partial \mathfrak{H}_A} \right) \delta \mathfrak{H}_A = \delta H.$$

g) Bevor wir $\delta \mathfrak{H}$ ausrechnen können, müssen wir uns eine Beziehung zwischen der Induktion \mathfrak{B} , dem äußeren Felde und dem Felde der Molekularströme herstellen. Zu diesem Zwecke betrachten wir einen Zylinder, dessen Achse von der Länge l der X-Achse parallel liegt und dessen Stirnfläche F in die Flächenelemente do eingeteilt ist. do , als Vektor aufgefaßt, ist dann ebenfalls parallel X. Durch Integration über die Stirnfläche bilden wir einen Mittelwert aus dem von Ort zu Ort verschiedenen starken und verschieden gerichteten Molekularfelde.

$$\overline{\mathfrak{H}_A} = \int \frac{\mathfrak{H}_A do}{F},$$

wobei $\mathfrak{H}_A do$ ein skalares Produkt ist. Für \mathfrak{B} gilt dann

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{H} + \overline{\mathfrak{H}_A}.$$

Das äußere Feld \mathfrak{H} liege ebenfalls in der X,,-Richtung. Da aus dem Mantel des Zylinders nirgends Kraftlinien austreten, ist $\int \mathfrak{H}_A do$ entlang den Zylinder konstant.

h) Ausrechnung von δA_m , δA_A und δH .

$$A_m = \iint \frac{(\mathfrak{H} + \mathfrak{H}_A)^2}{8\pi} do dx; \quad \delta A_m = \frac{\partial A_m}{\partial \mathfrak{H}_A} \delta \mathfrak{H}_A = \iint \frac{(\mathfrak{H} + \mathfrak{H}_A) \delta \mathfrak{H}_A}{4\pi} do dx$$

$$A_A = \iint \frac{\mathfrak{H}_A^2}{8\pi} do dx; \quad \delta A_A = \frac{\partial A_A}{\partial \mathfrak{H}_A} \delta \mathfrak{H}_A = \iint \frac{\mathfrak{H}_A \delta \mathfrak{H}_A}{4\pi} do dx.$$

$$\delta H = \delta A_m - \delta A_A = \iint \frac{\mathfrak{H} \delta \mathfrak{H}_A + \mathfrak{H}_A \delta \mathfrak{H}_A}{4\pi} do dx - \iint \frac{\mathfrak{H}_A \delta \mathfrak{H}_A}{4\pi} do dx = \iint \frac{\mathfrak{H} \delta \mathfrak{H}_A}{4\pi} do dx.$$

$\mathfrak{H} \delta \mathfrak{H}_A$ ist wieder ein skalares Produkt des überall wagerechten Vektors \mathfrak{H} und des von Ort zu Ort verschieden gerichteten $\delta \mathfrak{H}_A$.

Für das $\int \mathfrak{H}_A do$ führen wir $\overline{\mathfrak{H}_A} F$ ein. Da dies konstant ist, so ist die Integration über x ausführbar. Wir erhalten:

$$\delta H = \frac{\mathfrak{H} \overline{\mathfrak{H}_A} F l}{4\pi} = \frac{\mathfrak{H} \delta \overline{\mathfrak{H}_A} V}{4\pi}, \text{ da } Fl = V \text{ Volumen.}$$

Fügt man den Energiezuwachs des äußeren Feldes $\mathfrak{H} \delta \mathfrak{H} / 4\pi \cdot V$ hinzu, so erhält man

$$\delta A = \delta H + \frac{\mathfrak{H} \delta \mathfrak{H} V}{4\pi} = \frac{\mathfrak{H} (\delta \overline{\mathfrak{H}_A} + \delta \mathfrak{H})}{4\pi} = \frac{\mathfrak{H} \delta \mathfrak{B} V}{4\pi}.$$

i) Zusammenfassung. Wenn man von der Vorstellung der Ampereschen Molekularströme ausgeht, muß man für die gesamte magnetische Feldenergie $\int \frac{\mathfrak{B} d\mathfrak{B}}{4\pi} V$ ansetzen. Die magnetisierende Spule liefert aber nur $\int \frac{\mathfrak{H} d\mathfrak{B}}{4\pi} V$. Um die Energie-

differenz zu erklären, müssen im Eisen „Federn“ angenommen werden, die beim Magnetisieren Energie liefern, beim Entmagnetisieren wieder aufgezogen werden.

4. Die Hysteresis.

Nach unseren einleitend skizzierten Anschauungen kann die Hysteresis durch „Reibungskräfte“ erklärt werden. Am einfachsten fügt man der Kraft K_1 ein solches Reibungsglied zu.

5. Die spezielle Form der Magnetisierungskurve.

Solange über die Abhängigkeit der Federkräfte, namentlich der Kraft K_1 von \mathfrak{B} und \mathfrak{H} keine Angaben vorliegen, kann die Gestalt der Magnetisierungskurve aus der Theorie nicht ermittelt werden. — In der 2. Ableitung kam die Kraft K_2 nicht vor. An ihrer Stelle steht die Annahme, daß die Polstärke der Molekularmagnete bei ihrer Drehung unverändert bleibt.

6. Bemerkungen.

Die Magnetisierungsarbeit ist durch die schraffierte Fläche Fig. 4 a dargestellt, die Fläche Fig. 4 b ist ohne physikalische Bedeutung.

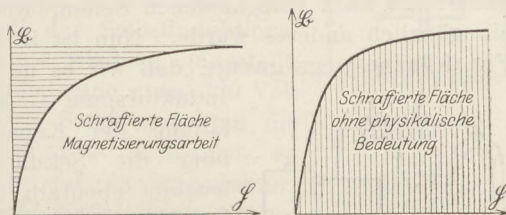


Fig. 4 a.

Fig. 4 b.

$$A = \frac{\mathfrak{H} \mathfrak{B}}{8\pi} V \text{ ist nur bei konstanter Permeabilität gültig.}$$

Institut für angewandte Physik der Hamburgischen Universität.

Zum Nachweis der oszillatorischen Entladung einer Kapazität.

Von Dr. Ludwig Bergmann in Breslau.

Einer der wichtigsten Versuche auf dem Gebiete der elektrischen Schwingungen ist der Nachweis der oszillatorischen Entladung einer Kapazität und damit des Auftretens elektrischer Schwingungen im Entladungskreis. Eine ganze Reihe diesbezüglicher Versuche mit mehr oder weniger großen Mitteln sind in den letzten Jahren an dieser Stelle veröffentlicht worden. In einem Teil dieser Arbeiten¹ wird die oszillierende Entladung durch Benutzung des rotierenden Spiegels nachgewiesen, indem das Aufleuchten einer in den Entladungskreis eingeschalteten Geißlerröhre bzw. Glimmlampe beobachtet wird, bzw. es wird die Röhre² oder auch die Funkenstrecke³ selbst auf einer rotierenden Scheibe angebracht. Von anderer Seite⁴ wird die Holtzsche Doppelweg-Trichterröhre als Indikator zum Nachweis der oszillatorischen Entladung benutzt, bzw. wird die Verwendung der Glimmlampe an Stelle dieser Röhre vorgeschlagen⁵.

In allen diesen Arbeiten wird dabei hauptsächlich zur Erzielung langsamer Schwingungen — denn nur diese lassen sich erkennen — im Prinzip die in Fig. 1 dargestellte Schaltung benutzt. Der Schwingungskreis wird gebildet aus der Sekundärspule des Induktors J und einer eingeschalteten Kapazität C , die mittels einer Schaltvorrichtung durch Überbrücken ausgeschaltet werden kann. Die als

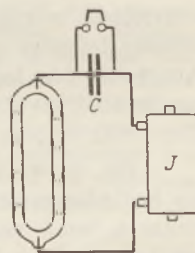


Fig. 1.

¹ F. BREMER, Diese Zeitschr. 34 (1921), S. 126. — P. NICKEL, Diese Zeitschr. 38 (1925), S. 84.

² H. KOCH, Diese Zeitschr. 35 (1922), S. 132. — M. SCHNEIDER, Diese Zeitschr. 36 (1923), S. 103.

³ O. JAHN, Diese Zeitschr. 33 (1920), S. 186.

⁴ M. SCHNEIDER, Diese Zeitschr. 36 (1923), S. 103.

⁵ M. DEHNEN, Diese Zeitschr. 38 (1925), S. 302.

Indikator dienende Röhre (Geißlerrohr, Holtzsche Doppelwegröhre, Glimmlampe) liegt in dem Kreis zwischen Spule und Kapazität. Bei einseitig gerichtetem Stromdurchgang durch die Röhre leuchtet nur die eine Elektrode bzw. bei der Doppelwegröhre der eine Weg auf. Bei oszillatorischer Entladung leuchten dagegen beide Elektroden bzw. beide Röhrenwege. Es soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß bereits PAALZOW 1861 die Schaltung Fig. 1 zum Nachweis der oszillatorischen Entladung einer Leydenerflasche benutzt hat¹. PAALZOW hat die Anordnung noch dadurch etwas erweitert, daß er die Entladungsröhre über einem kräftigen Elektromagneten anbrachte. Bei einseitig gerichteter Entladung wurde diese entsprechend der Richtung des Stromes und des Magnetfeldes seitwärts abgelenkt, bei oszillatorischer Entladung geschah diese Ablenkung in rascher Aufeinanderfolge nach verschiedenen Seiten, wodurch das Bild der leuchtenden Entladung ein gänzlich anderes wurde. Nun ist in dem Fall der oben angegebenen Schaltung Fig. 1 keineswegs gesagt, daß wir es mit regelrechten Schwingungen in dem Kreis

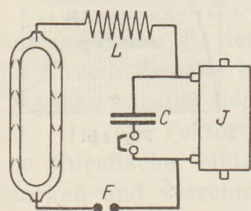


Fig. 2.

Induktorspule — Kapazität zu tun haben, sondern die Entladung der Kapazität kann auch vollkommen aperiodisch über die Sekundärspule des Induktors erfolgen. Dann leuchtet ebenfalls bei der Aufladung der Kapazität der eine Röhrenzweig bzw. die eine Röhrenelektrode, bei der Entladung dagegen der andere Röhrenweg und die andere Elektrode. Ob die Entladung wirklich oszillatorisch erfolgt, die Stromrichtung sich bei einer einmaligen Entladung mehrmals umkehrt, kann man erst durch Betrachten der Röhre im rotierenden Spiegel, bzw. durch eine kleine rotierende Entladungsröhre (Schwingungsprüfer) feststellen. Dies macht aber den eigentlichen Versuch wieder für den Unterricht zu kompliziert.

Diese eben erwähnte Schwierigkeit wird aber umgangen, wenn man die Entladung der Kapazität nicht über die Sekundärspule des Induktors vor sich gehen läßt, sondern einen besonderen Entladungskreis an die Kapazität anschließt, in den man die als Indikator dienende Entladungsröhre legt. Man kommt dann zu einer Schaltung, wie sie Fig. 2 angibt. Die Selbstinduktionsspule L kann auch weggelassen werden. Dann wirkt als Selbstinduktion das Leitergebilde des Entladungskreises. Zur Einleitung der Entladung ist eine Funkenstrecke F in den Entladungskreis einzuschalten. Die Kapazität kann wieder durch eine Schaltvorrichtung parallel zum Induktor gelegt werden. In dieser Weise ist bereits mit der Doppelwegröhre der Versuch von LAMPA angegeben worden². Bei ausgeschalteter Kapazität, bzw. bei überbrückter Funkenstrecke leuchtet nur der eine Röhrenweg auf, wir haben es mit einfachem gerichtetem Ausgleich der Induktorspannung über die Röhre zu tun. Schaltet man die Kapazität ein und öffnet die Funkenstrecke, so leuchten beide Röhrenwege, die Entladung der Kapazität erfolgt jetzt oszillatorisch.

Bei dieser Versuchsanordnung liegt aber, ebenso wie bei Schaltung Fig. 1, immer die Entladungsröhre mit ihrem hohen Widerstand im Entladungskreis, und man erhält dadurch sehr stark gedämpfte Schwingungen, die rasch abklingen. Um die Erscheinung gut sichtbar zu machen, muß man mit einigermaßen großen Ladespannungen und nicht zu kleinen Entladungsfunken arbeiten³. Diese Nachteile fallen bei der folgenden, im ganzen noch übersichtlicheren Versuchsanordnung fort. Als Indikator für die Stromrichtung im Entladungskreis dient eine gewöhnliche Glimmlampe mit zwei verschieden geformten, gut sichtbaren Elektroden, und zwar am besten die im Handel

¹ Pogg. Annalen 112 (1861), S. 579, 118 (1863), S. 178.

² A. LAMPA, Wechselstromversuche. Bd. 42 der Wissenschaft, S. 12. Verlag Vieweg, Braunschweig.

³ Bekanntlich wurden bei der Entwicklung des Löschfunkensenders derartige Entladungsröhren in den Stoßkreis des Senders eingeschaltet, um die Schwingungen zum schnellen Abreißen zu bringen.

erhältliche Pilscher-Lampe, die als Elektroden ein Plus- und ein Minuszeichen enthält. Bei einer derartigen Glimmlampe, die bereits auf Spannungen von etwa 200 Volt anspricht, überzieht sich bekanntlich nur diejenige Elektrode mit einer leuchtenden Glimmhaut, die mit dem negativen Pol verbunden ist. Bei Anlegen einer Wechselspannung leuchten beide Elektroden auf.

Zum Nachweis der oszillatorischen Entladung einer Kapazität wird die in Fig. 3 dargestellte Schaltung hergestellt. Der Induktor J ist mit dem einen Pol der Funkenstrecke F verbunden, deren anderer Pol über eine Selbstinduktions-spule L (etwa 20 Windungen eines frei aufgewickelten blanken Drahtes) mit dem noch freien Pol des Induktors verbunden ist. Eine kleine Leydener Flasche C bildet die Kapazität, die mittels einer Schaltvorrichtung parallel zum Induktor gelegt werden kann. Die Glimmlampe G liegt parallel zu einem Teil der Selbstinduktions-spule L . Der variable Abzweig an der Spule wird so eingestellt, daß beim Betrieb die Spannung an der Glimmlampe etwa 200 Volt beträgt und die Lampe normal aufleuchtet. Setzt man nun die Anordnung zunächst mit abgeschalteter Kapazität in Betrieb, so leuchtet nur eine Elektrode in der Glimmlampe auf, da der Induktorstrom nur in einer Richtung durch die Spule fließt. Diese Stromrichtung läßt sich durch Umpolen des Induktorbetriebstromes umkehren. Wird die Kapazität parallel zum Induktor eingeschaltet, so leuchten sofort beide Elektroden in der Lampe auf als Zeichen dafür, daß in dem Entladungskreis der Kapazität ein Wechselstrom fließt, wir es also mit einer oszillatorischen Entladung zu tun haben. Das Angenehme bei dieser Versuchsanordnung ist, daß durch die hohe Empfindlichkeit der Glimmlampe der Versuch sich schon mit einem ganz kleinen Induktor ausführen läßt. Die Funkenstrecke braucht bei Benutzung einer Kapazität von ungefähr 200 cm nur etwa 1 mm groß zu sein.

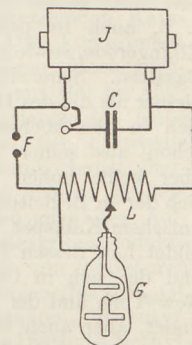


Fig. 3.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Verbrennungswärme der allotropen Formen des Kohlenstoffs. Bericht von H. BÖRTGER in Berlin.

In einem im niederrheinischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker in Ürdingen am 13. Dezember 1927 gehaltenen Vortrag (Zeitschr. f. angew. Chem. 41, 1928, H. 11 v. 17. März 1928, S. 273) berichtet Prof. W. A. ROTH in Braunschweig über die Ergebnisse seiner vor 15 Jahren begonnenen Präzisionsmessungen der Verbrennungswärme der allotropen Formen des Kohlenstoffs, des Elementes, „das die Allotropie zwar nicht gepachtet hat, aber doch unter allen Elementen das allotropeste ist und die Allotropie am virtuosenhaftesten ausgebildet hat“, und bei dem die Verbrennungswärme zur Zeit die einzige meßbare Größe ist, die einen Einblick in die Allotropie gestattet. Außer den im Jahre 1852 von den französischen Forschern FAVRE und SILBERMANN mit unzureichenden Mitteln ausgeführten Messungen lagen beim Beginn der Untersuchungen des Vortragenden (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 46, 896; 1913) nur die Messungen von BERTHELOT und PETIT [Annales de Chimie et de Physique (6), 18, (1889) p. 80] vor, nach denen auffallenderweise die Verbrennungswärme des

Diamants kleiner als die des Graphits ist, da für die Verbrennungswärme von 1 g Kohlenstoff als Diamant 7859,0 g-cal (als Diamantbord 7860,9 g-cal), als kristallisierter Graphit 7901,2 g-cal gefunden wurde. Danach würden also, wie aus der Subtraktion der Gleichung C Diamant + O₂ = CO₂ + 12 × 7859,0 g-cal von der Gleichung C Graphit + O₂ = CO₂ + 12 × 7901,2 g-cal hervorgeht, sich der Graphit unter Entwicklung von 12 × 42,2 = 506 g-cal in Diamant verwandeln, der Graphit mithin unbeständiger sein als der Diamant, was angesichts des verhältnismäßig seltenen Vorkommens des ersteren und der weit größeren Verbreitung des letzteren wenig wahrscheinlich und auch mit der Tatsache nicht vereinbar ist, daß sich der Diamant bei 1000° in schwarzen Kohlenstoff umwandelt. Die Neubestimmungen der Verbrennungswärme des Diamants, die wegen dessen hohen Preises in der Kriegs- und Nachkriegszeit nur mit kleinen Mengen des Minerals ausgeführt werden konnten und den Bau einer Mikro-Verbrennungsbombe von nur 21,5 ccm Inhalt veranlaßten (Zeitschr. f. Elektrochemie, 30, 417 u. 607; 1924) ergaben, daß die Verbrennungswärme von 1 g Diamant 7873 g-cal (mit einer Unsicherheit von

2 bis 3 g-cal beträgt. — Vom Graphit sind 2 Modifikationen zu unterscheiden, die Prof. ROTH als α - und als β -Graphit bezeichnet. Der letztere ist der weitaus häufigere, da zu ihm nicht nur alle deutschen, sondern auch fast alle europäischen, insbesondere alle sibirischen Vorkommnisse und fast alle künstlich dargestellten Graphite (Graphit des Roheisens, der Hochofensau, der Achesongraphit) gehören. Er ist meistens, aber nicht immer archaisch, denn der findet sich z. B. auch im paläolithischen Keratophyr von Elbingerode, sowie in den weit jüngeren hessischen Basalten. Seine Dichte ist 2,2, also erheblich kleiner als die des Diamants (3,51). Er verändert sich in den höchsten Temperaturen nicht, wie schon aus seiner Darstellung hervorgeht, hat aber keine hohen Drucke erlebt, unter denen sich der in Begleitung von Gneiß und von kristallinischem Kalkspat vorkommende α -Graphit gebildet hat, dessen Dichte etwas höher (2,26) ist, und der sich in Ceylon, Finnland, dem Staate New York und der kanadischen Provinz Ontario findet, aber auch künstlich durch den Zerfall des Zementits nach der Gleichung $\text{Fe}_3\text{C} = 3\text{Fe} + \text{C}$ darstellbar ist. Der dabei als sog. Temperkohle sich abscheidende Kohlenstoff ist α -Graphit. Die Verbrennungswärme von 1 g β -Graphit wurde zu 7856 g-cal, die von 1 g α -Graphit zu 7832 g-cal mit einer Unsicherheit von 2 bis 3 g-cal, in beiden Fällen also kleiner als die des Diamants gefunden. Der Graphit ist also beständiger als der Diamant.

Ferner wurde die Verbrennungswärme der sog. Glanzkohle gemessen, die aus dem Methan, also auch aus dem Leuchtgas bei dessen unvollständiger Verbrennung an glatten, sich chemisch an der Verbrennung nicht beteiligenden Flächen oberhalb 650° entsteht und z. B. an einem glatten Porzellantiegel im Hempelschen Ofen als glasartig spröde, metallisch glänzende, federnd elastische, chemisch sehr widerstandsfähige Schicht sich bildet, wenn der Tiegel in ihm durch einen mäßig leuchtenden Teclubrenner derart erhitzt wird, daß die nur teilweise verbrannten Gase ihn umspülen und teilweise auch in seinen Innenraum dringen. Siehe darüber K. A. HORMANN (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 56, 2071; 1923). Es ergab sich, daß die Verbrennungswärme von 1 g Glanzkohle von der Temperatur abhängt, bei der die Kohle gewonnen wurde, und daß sie um so größer ist, bei je niedrigerer Temperatur ihre Darstellung erfolgte. Andererseits ist die Dichte der Glanzkohle, die der Vortragende nach der Schwebemethode bestimmte, um so höher, bei je höherer Temperatur ihre Darstellung erfolgte. Die folgenden Zahlen lassen diese Verhältnisse erkennen.

Darstellungstemperatur der Glanzkohle	$\sim 800^\circ$	$\sim 1000^\circ$
Dichte der Glanzkohle	1,86	2,07
Verbrennungswärme von 1 g Glanzkohle	8148	8051 g-cal.

Der maximale Unterschied zwischen der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs in der Form,

in der er als Glanzkohle einerseits und als β -Graphit andererseits vorliegt, ist somit $8148 - 7856 = 292$ g-cal. Diese erhebliche Differenz kann nach Ansicht des Vortragenden nur durch die Annahme erklärt werden, daß in der Glanzkohle eine weitere allotrope Form des Kohlenstoffs, der amorphe Kohlenstoff, vorliegt, dessen Existenz in der letzten Zeit bekanntlich vielfach gelegnet wurde. Seine Verbrennungswärme für 1 g ist wahrscheinlich größer als 8148 g-cal, er wandelt sich aber beim Erhitzen stets zum Teil in Graphit um, in um so größerer Menge, je höher die Temperatur ist, auf die erhitzt wurde: daher die Zunahme der Dichte und das Sinken der Verbrennungswärme mit steigender Darstellungstemperatur der Glanzkohle. Als ein Gemisch von weißem Diamant mit amorphem Kohlenstoff ist der wegen seiner Verwendung zur Herstellung von Bohrkronen geschätzte Karbonado anzusehen, dessen Verbrennungswärme für 1 g zu 7884 g-cal, also etwas höher als die des farblosen Diamants gefunden wurde.

Verflüssigung der Kohle¹. Bericht von H. BÖTTGER in Berlin.

Unter Verflüssigung der Kohle versteht man die technische Umwandlung der fossilen Kohlen in flüssige Brennstoffe, die bei allen Arten der Heizung, namentlich aber bei derjenigen von Motoren behufs Krafterzeugung, zur Anwendung kommen. Deutschland vermag seinen Bedarf an diesen Brennstoffen, die sich bekanntlich bei der trockenen Destillation von Stein- und von Braunkohlen bei höherer oder bei niedriger Temperatur bilden, nicht entfernt durch diese Vorgänge zu decken, und die in unserem Vaterland sich findenden bescheidenen natürlichen Vorkommnisse derartiger Verbindungen vermögen den enormen Fehlbetrag nicht annähernd auszugleichen, um so weniger, als es mit dem Elsaß auch dessen Petroleumquellen in Pechelbronn verloren hat. Im Jahre 1926 mußten daher von Deutschland 200 Millionen Mark für Benzin an das Ausland bezahlt werden, obwohl der Bedarf an diesem Brennstoff in Deutschland erheblich kleiner ist als in vielen außerdeutschen Staaten, und bei dem voraussichtlich in Zukunft stark wachsenden Bedarf an ihm wird unsere Außenhandelsbilanz durch die Ausgaben für die in Rede stehenden Stoffe noch erheblich stärker belastet werden. Unter diesen Umständen ist es als sehr erfreulich zu bezeichnen, daß die J. G. Farbenindustrie im laufenden Jahr in den Leunawerken etwa 100 000 t Benzin, d. h. ungefähr $\frac{1}{6}$ des deutschen Bedarfs

¹ Nach einem Vortrag vom Generaldirektor der Gesellschaft für Teerverwertung Dr. A. SPILKER vor dem rheinischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker am 17. März 1928 (Zeitschr. für angewandte Chemie, Bd. 41, H. 6, S. 409) und einem Vortrag von Univ.-Prof. Dr. B. RASSOW (Leipzig) vor dem Bezirksverein Magdeburg des Vereins deutscher Chemiker am 17. April 1928 (Chemiker-Zeitung, Köthen, Bd. 52, Nr. 33, S. 329, 1928).

im Jahre 1926, künstlich zu gewinnen in Aussicht stellt, so daß wenigstens ein Teil der sonst in das Ausland wandernden Kaufsumme im Inland bleiben wird. Die Gefahr der Erschöpfung unserer Vorräte an natürlichen Kohlen besteht nicht, da die zur Deckung des deutschen Bedarfs an Heiz- (und Schmier-)mitteln nötigen Kohlen nur einen kleinen Teil unserer gesamten Förderung ausmachen.

Bei den Versuchen zur Verflüssigung der Kohle handelt es sich fast immer um eine Hydrierung, d. h. um eine Anlagerung von Wasserstoff an die Kohlesubstanz, deren Möglichkeit zuerst von M. BERTHELOT (Bulletin de la Société chimique [2] 11, 278; 1869. Annales de Chimie et de Physique [4] 20, 516; 1870) dargetan wurde. BERTHELOT erhitzte im Einschlußrohr die gesättigte wässrige Lösung der als Reduktionsmittel viel benutzten Jodwasserstoffsäure mit Bitumen, Holz, Holzkohle, Steinkohle, Humus-säure, der in Meteoriten eingeschlossenen kohleartigen Substanz und ähnlichen Stoffen auf 275° und beobachtete in allen Fällen die unter Jodabscheidung stattfindende Entstehung von Kohlenwasserstoffen, unter denen das Hexan und das Dodekan festgestellt wurden. Die aus rein wissenschaftlichen Gründen ausgeführten Versuche BERTHELOTS bedeuteten indes nicht die Inangriffnahme des Problems der Kohleverflüssigung, wozu damals weder die Notwendigkeit vorlag, noch die technischen Hilfsmittel zur Verfügung standen. Dies geschah erst 4 Jahrzehnte später und wurde zum Teil durch die Erfolge veranlaßt, die in der Ammoniaksynthese nach dem HABER-BOSCHSchen Verfahren erreicht worden waren. Im Jahre 1913 wurde der Badischen Anilin- und Sodafabrik durch das erst im Jahre 1916 veröffentlichte D.R.P. 293 787 ein Verfahren geschützt, das Gemisch von Kohlenoxyd mit Wasserstoff, das durch Einwirkung von Wasserdampf auf glühende Kohle als Wassergas dargestellt wird, und die beiden Komponenten im Raumverhältnis 1 : 1 enthält, oder mit wasserstoffreichen Verbindungen des Kohlenstoffs unter der Mitwirkung von Katalysatoren (Cer, Chrom, Kobalt, Mangan, Molybdän, Osmium, Palladium, Titan, Zink oder von Verbindungen dieser Elemente, namentlich den Oxyden, die durch Natriumhydroxyd aktiviert wurden), unter hohem Druck, je nach den Versuchsbedingungen in verschiedene organische Verbindungen (gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde, Säuren u. a.) oder in Gemische dieser Verbindungen umzuwandeln. In den Zusatzpatenten 295 202 und 295 203 werden als Katalysatoren gute Wärmeleiter (z. B. Nickeldrahtnetz), bzw. Metallkarbide oder kohlenstoffhaltige Metalle empfohlen.

Auch die von FRANZ FISCHER und H. TROPSCH im Kaiser Wilhelm-Institut für Kohleforschung in Mülheim a. d. Ruhr ausgeführten Versuche (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 56, 2428; 1923) gehen von dem Wassergas aus, welches durch Einwirkung von Wasserdampf auf teilweise verkohnte Steinkohlen gewonnen wird, aus denen durch trockene Destillation bei niedrigerer Temperatur (450° bis 460°) ein Teil des

Kohlenstoffs in Verbindung mit Wasserstoff (und Sauerstoff) als sog. Urteer (Tiefemperatur-, T-Teer) entfernt wurde, der ein Gemisch von Paraffinen und Olefinen, sowie von Naphthenen und Phenolen ist (während der oberhalb 600°, z. B. in den Gasanstalten gewonnene Teer frei von aliphatischen Verbindungen ist und überwiegend aus zyklischen Verbindungen besteht). Das Wassergas wird zunächst möglichst sorgfältig von Schwefelverbindungen befreit, weil diese ein Gift für den später anzuwendenden Katalysator sind, alsdann auf 150 Atm. komprimiert und durch einen röhrenförmigen Hochdruckapparat geleitet, der elektrisch auf 400 bis 450° erhitzt wird. Von ihm aus gelangt das heiße Gemisch in den Kontaktraum, der Frässpäne aus Eisen enthält, die mit Kaliumkarbonat überzogen sind und als Katalysator dienen. In dem ebenfalls unter Druck stehenden gekühlten Auffangegefäß sammeln sich die Reaktionsprodukte an, die komplizierte Gemische von Fettsäuren (bis C₈H₁₆O₂), gesättigten Alkoholen (bis C₉H₂₀O), Aldehyden und Ketonen (Propion-, Isobutyraldehyd, Azeton, Methyl-Äthyl-, Diäthyl-, Methyl-n-Propylketon) neben geringen Mengen von Estern und Kohlenwasserstoffen darstellen, die mit Wasser entweder mischbar sind oder sich nur teilweise lösen. Im Auffangegefäß entstehen daher zwei Schichten, eine wässrige und eine ölige, gelb gefärbte. Letztere läßt sich zum größten Teil mit den Wasserdämpfen verflüchtigen und enthält die genannten Aldehyde und Ketone, sowie die höheren Alkohole. Sie wird Synthol (synthetisches Öl) genannt und kann als Betriebsstoff für Motoren dienen. Beim Erhitzen im Autoklaven unter Stickstoff wird aus dem Synthol Wasser abgespalten, und es entsteht ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen (Naphthene, kondensierte zyklische Kohlenwasserstoffe), das Synthin (synthetisches Benzin).

Aus dem auf 400° erhitzten, unter dem Druck von 200 Atm. stehenden Gemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff im ungefähren Raumverhältnis 1 : 2 gewinnt die Badische Anilin- und Sodafabrik (D.R.P. 415 686 1923, ausgegeben 1925) Methylalkohol nach der Gleichung $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_4\text{O}$. Als Katalysatoren dienen dabei Gemenge der Oxyde von 2 Metallen aus zwei Gruppen des natürlichen Systems (von der 2. bis zur 7.) derart, daß das jeweils stärker basische Oxyd im Überschuß vorhanden ist (z. B. 2 bis 12 Mol ZnO und 1 Mol Cr₂O₃). Auch in den Vereinigten Staaten wird diese Methanolsynthese in großem Maßstabe unter Verwendung ähnlich zusammengesetzter Katalysatoren ausgeführt, wie W. K. LEWIS und PER K. FROLICH (Industrial and Engineering Chemistry, published by the American chemical Society, 20, 285; 1928) angeben. Der Methylalkohol ist 98 bis 99%ig, und bei seiner Synthese entstehen nur geringe Mengen von Nebenprodukten. Die Darstellung von homologen Gliedern auf analoge Weise begegnet allerdings einsteilen noch Schwierigkeiten (K. FROLICH, W. K. LEWIS, Ind. Engin. Chemistry 20, 354; 1928).

Bei späteren Versuchen, die FRANZ FISCHER und H. TROPSCH (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, 59, 832; 1926) ausführten, und bei denen ebenfalls von Schwefelverbindungen sorgfältig befreites Wassergas verwendet wurde, aber auch andere Kohlenoxyd und Wasserstoff enthaltende Gasgemische, deren Zusammensetzung dem technischen Generatorgas und dem Gichtgas der Hochöfen ähnlich war, zur Anwendung gelangten, konnte der erhöhte Druck vermieden und unter gewöhnlichem Druck gearbeitet werden, wenn als Katalysatoren die fein verteilten Metalle der Eisengruppe, namentlich Eisen und Kobalt dienten, die noch dadurch aufgelockert wurden, daß man sie den Oxyden vom Chrom, Zink, Beryllium, von den seltenen Erden, vom Uran, Silizium, Aluminium oder Magnesium, namentlich den zuerst genannten, beimengte. Die Reaktionstemperaturen konnten in diesen Fällen herabgemindert werden, beim Eisen auf 300°, beim Kobalt auf 250°, beim Nickel sogar auf 160°. Bei dem letzteren Metall macht sich indes die bereits von SABATIER und SENDERENS (Comptes rendus de l'Académie française, 134, 514; 1902) entdeckte Eigenschaft störend bemerkbar, daß es ein besonders guter Katalysator für die Reduktion des Kohlenoxyds zu Methan ist, wodurch die Ausbeute an flüssigen Kohlenwasserstoffen stark vermindert wird. Bei Verwendung von fein verteiltem Eisen als Katalysator erhielten FISCHER und TROPSCH Gemische von der Zusammensetzung des Leuchtpetroleums, bisweilen auch von höher schmelzenden Paraffinen oder endlich von Benzinen, die gleich den pennsylvanischen Benzinen wasserklare Flüssigkeiten sind (s. auch den Aufsatz von FRANZ FISCHER, Kohleverflüssigung und restlose Kohlenvergasung in: Die Naturwissenschaften, 14, 1213; 1926).

Ganz ohne Katalysatoren arbeitet das Verfahren von F. BERGIUS, mit dessen Ausarbeitung bereits vor etwa 2 Jahrzehnten begonnen, das dann im Jahre 1913 durch das an F. BERGIUS und J. BLWILLER erteilte Patent 301 231 mit dem Zusatzpatent 303897 vom Jahre 1914 in Deutschland geschützt wurde, das aber erst nach Beendigung des Weltkrieges im Jahre 1919 veröffentlicht werden konnte. Von der Erwägung ausgehend, daß die bei der trockenen Destillation der Steinkohlen stattfindende Aufspaltung der in ihnen anzunehmenden Verbindungen des Kohlenstoffs mit dem Wasserstoff einerseits, und die bei der Verflüssigung der Kohle erstrebte Bildung von wasserstoffreichen Verbindungen des Kohlenstoffs gerade entgegengesetzte Vorgänge seien, versuchte F. BERGIUS mit seinen Mitarbeitern die Steinkohlensubstanz direkt mit dem Wasserstoff zu vereinigen. Nach vielen mühsamen Vorversuchen, über die er in einem Vortrag vor dem Internationalen Kongreß über bituminöse Kohlen in Pittsburg am 16. Nov. 1926 (Canadian Chemistry and Metallurgy, 10, 275; 1926) berichtet hat, gelang es ihm, die zahlreichen mechanischen Schwierigkeiten zu überwinden und die Vereinigung durch stark komprimierten und

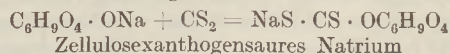
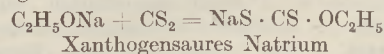
erhitzten Wasserstoff zu flüssigen Verbindungen zu bewirken. Zu dieser Synthese sind nicht alle Steinkohlen gleich gut geeignet. Die älteren, anthrazitischen Steinkohlen erweisen sich wegen ihres geringen Gehaltes an Wasserstoff als unbrauchbar. Andererseits sind auch die Braunkohlen wegen ihres zu großen Gehaltes an Sauerstoff wenig brauchbar (s. jedoch u.). Am meisten geeignet sind jüngere Steinkohlen, die zu Körnern von nicht mehr als 2 mm Durchmesser zermahlen mit schweren Ölen von früheren Versuchen oder mit Teer vermischt werden. Die teigähnliche Masse wird durch Pumpen in Gefäße eingepreßt, die mit Wasserstoff von 420° und 200 Atm. Druck gefüllt sind. Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe, die in den Steinkohlen wahrscheinlich vorhanden sind, vereinigen sich dann mit dem stark zusammengepreßten und dadurch konzentrierter gewordenen Wasserstoff zu gesättigten Kohlenwasserstoffen, während der in den Kohlen enthaltene Sauerstoff entweder als Wasser oder als Oxyd des Kohlenstoffs auftritt, beide Male einen Verlust der wirksamen Elemente herbeiführend. Wie F. BERGIUS in dem oben angeführten Vortrag mitteilt, geben 1000 kg Steinkohle 150 kg Gasolin, 200 kg einer Mittelfraktion aus Gasolin und Imprägnieröl, und einen Rückstand, aus dem 60 kg Schmieröl und 80 kg Brennöl gewonnen werden können.

Die J. G. Farbenindustrie verwendet neuerdings auch bei der Hydrierung der fossilen Kohlen oder der aus ihnen gewonnenen Produkte das Hilfsmittel der Katalyse, indem die Ausgangsstoffe, z. B. der Braunkohlenteer oder die bei der Hydrierung entstehenden flüchtigen Produkte in einem Strom von überschüssigem Wasserstoff über Katalysatoren geleitet oder katalytisch wirkenden Kräften ausgesetzt werden.

Die giftigen Eigenschaften des Schwefelkohlenstoffs. Bericht von H. BÖTTGER in Berlin.

JOHANN EGGERT weist auf S. 289 des 52. Bandes der Köthener Chemiker-Zeitung (1928) auf die stark giftigen Eigenschaften des Schwefelkohlenstoffs hin, durch die zwar in erster Linie die Arbeiter in den Viskoseseidefabriken¹ gefährdet sind, die aber auch bei der Verwendung dieser Verbindung im chemischen Laboratorium Beachtung verdienen, um so mehr als der Schwefelkohlenstoff nicht nur gasförmig mit der Atemluft in den Organismus gelangen kann, sondern auch

¹ Viskose ist die wässrige Lösung des Natriumsalzes der Zellulosexanthogensäure, die bei der Einwirkung von Schwefelkohlenstoff auf Natronzellulose in ähnlicher Weise entsteht, wie das Natriumsalz der Xanthogensäure bei seiner Einwirkung auf Na-Alkoholat:



Die Natronzellulose stellt man durch Einwirkung von mehr als 12%iger Natronlauge auf Zellulose

mittels der Dämpfe und der flüssigen Verbindung durch die Körperhaut und dann ebenso giftig wirkt. Selbst ein längerer Aufenthalt in frischer Luft vermag den Giftstoff nicht aus den Poren der Haut zu entfernen, weil er sich schnell in den Fettstoffen der Haut und des subkutanen Fettgewebes löst und auf diese Weise mechanisch festgehalten wird. Er ruft im menschlichen Körper leichtere oder schwerere nervöse Störungen (Benommenheit, Schläftheit, Kopfschmerzen, aber auch Blindheit und Geisteskrankheiten) hervor.

Aus der l. c. gegebenen Zusammenstellung seiner Eigenschaften seien die folgenden hervorgehoben. In 100 g Wasser lösen sich bei 0° 0,258 g, bei 10° 0,239 g, bei 20° 0,101 g, bei 30° 0,195 g Schwefelkohlenstoff, bei niedriger Temperatur entsteht das Hydrat $2\text{CS}_2 + \text{H}_2\text{O}$, das schon bei -3° zerfällt. Im direkten Sonnenlicht zerfällt er bei Gegenwart von Sauerstoff in Schwefel und ein polymeres festes Kohlenoxysulfid. Seine Entzündungstemperatur ist 232°; als endotherme Verbindung zersetzt er sich aber auch bei Abwesenheit von Sauerstoff durch heftige Stöße oder an heißen Metallflächen unter Detonation, doch pflanzt sich die Explosion nur auf kurze Strecken fort. Luft mit weniger als 0,263 g Schwefelkohlenstoff im Liter ist nicht mehr entzündbar, mit seinem Dampf gesättigte Luft brennt ruhig ab. Eisen, Zink, Kupfer werden von ihm wenig angegriffen, jedoch ist bisweilen die Entstehung eines sehr explosiven pyrophoren Eisensulfids beobachtet worden.

Vorsicht beim Arbeiten mit Äther.

Die Vorsichtsmaßregeln, die man beim Arbeiten mit Äther wegen seines schon bei gewöhnlicher Temperatur hohen Sättigungsdrucks und wegen der leichten Entzündlichkeit seines Dampfes zu beobachten hat, wie namentlich das Fernhalten jeder Flamme vom Experimentiertisch, auf dem mit Äther gearbeitet wird, sind allgemein bekannt. Weniger bekannt ist die Bildung von Peroxyden im Äther, der längere Zeit aufbewahrt wird, durch die Einwirkung des Luftsauerstoffs, die man als die Ursache der äußerst heftigen Explosionen ansieht, wie sie bereits wiederholt beim Abdampfen von Äther oder von ätherischen Extrakten beobachtet wurden. In neuerer Zeit haben Dr. L. BRANDT in Hörde (Chemiker-Zeitung 51, 981; 1927) und Prof. Dr. W. HERBIG in Chemnitz (Chemiker-Zeitung 52, 243; 1928) über derartige Vorfälle berichtet, bei denen glücklicherweise kein ernstlicher Schaden angerichtet wurde. Beide Male war der Äther, der im Soxhletschen Extrak-

dar. Aus der Viskose gewinnt man, ebenso wie aus der Lösung von Nitrozellulose in Äther-Alkohol, oder aus der Lösung von reiner Zellulose in Kupferoxydammoniak verspinnbare Fäden, aus denen man die Kunstseidengespinste, die wegen ihres im Vergleich zu den aus Naturseide verfertigten stärkeren Glanzes auch Glanzstoff genannt werden, herstellt.

tionsapparat als Lösungsmittel gedient hatte, durch Destillation aus dem Kölbchen entfernt und dieses dann im Trockenschrank auf 100 bis 110° erhitzt worden. Im ersten Fall erfolgte die Explosion im Trockenschrank und zertrümmerte das Kölbchen sowie den Schrank, im zweiten trat sie nach dem Herausnehmen des Kölbchens aus dem Trockenschrank ein, und ein Teil der großen Anzahl von Bruchstücken, in die das Kölbchen zersprengt wurde, bohrte sich zentimetertief in die Hand des Experimentierenden ein. Einen dritten Fall, der eintrat, als Äther, in dem sich einige weiße Flocken zeigten, durch Destillatoren gereinigt werden sollte, gibt Dr. H. DEMAS in Radebeul-Dresden (Z. angew. Chem. 41, 426; 1928) bekannt. Nachdem der das Kölbchen anfüllende Äther abdestilliert war, zeigte sich eine geringe Menge eines gelben Öles als Rückstand, und als das Kölbchen, ohne gereinigt zu sein, aufs neue mit Äther beschickt und dieser auf dem Wasserbad abdestilliert war, erfolgte, während das Kölbchen noch auf dem Wasserbad stand, eine heftige Explosion, durch die es nebst dem auf ihm befindlichen Destillationsaufsatz vollständig zertrümmert und der das Wasserbad tragende starke eiserne Stativring glatt abgebrochen wurde. Der Äther zeigte einen eigentümlichen „mauerpfefferartigen“ Geruch, der vielleicht von dem in ihm enthaltenen Äthylperoxyd herrührt, während die Natur der weißen Flocken zweifelhaft ist. Jeder zur Extraktion verwendete Äther sollte daher, namentlich wenn er zuvor lange aufbewahrt wurde, auf einen etwaigen Gehalt an Peroxyden untersucht werden. Diese erteilen bekanntlich dem Gemisch von Kaliumdichromat und Schwefelsäure eine blaue Färbung, und die sie hervorrufende Substanz löst sich beim Umschütteln in Äther mit derselben Farbe. Jodkaliumstärkekleister wird blau, die Lösung von Titanylsulfat, TiOSO_4 , durch Abrauchen von TiO_2 mit konzentrierter Schwefelsäure bis fast zur Trockne zu erhalten, gelb bis orange gefärbt. Man entfernt die Peroxyde dadurch, daß man den Äther mit einer konzentrierten Lösung eines Ferrosalzes (60 g krist. Eisenvitriol, 6 cem konz. Schwefelsäure, 110 g Wasser) wiederholt schüttelt. H. Böttger.

Vorsicht beim Experimentieren mit flüssiger Luft¹.

Ein schwerer Unglücksfall, der sich in der Vorlesung von Herrn Prof. Dr. W. BILTZ in der Technischen Hochschule in Hannover ereignete, und bei dem der den Versuch ausführende Vorlesungsassistent so schwer verletzt wurde, daß er einige Zeit später seinen Verletzungen erlag, ist die Veranlassung zu einer nachdrücklichen Warnung vor dem Eintropfen brennbarer Stoffe, wie Schwefelkohlenstoff, Alkohol, Aceton, Petroleumäther in flüssige Luft, um sie abzukühlen. Bei jenem Versuch handelte es sich um das Eintropfen von Schwefelkohlenstoff, um ihn

¹ W. BILTZ, (Chemiker-Zeitung 49, 1001; 1925).

zum Erstarren zu bringen und beim nachherigen Schmelzen als Kältebad von der einige Zeit konstant bleibenden Temperatur -63° zu benutzen. Beim Überfüllen des festen Schwefelkohlenstoffs aus dem Weinholdgefäß in eine Thermosflasche erfolgte die heftige und verhängnisvolle Explosion. Das Kühlmittel, die flüssige Luft, ist von dem zu kühlenden Stoff, falls dieser brennbar ist, stets durch eine Scheidewand zu trennen.

H. Böttger.

Die Quecksilberquarzlampen, die bisher nur zu Beleuchtungs- und Heilzwecken Verwendung fanden, werden neuerdings vielfach in der analytischen Chemie, namentlich in der Nahrungsmittel- und in der gerichtlichen Chemie benutzt, wobei man das von dem elektrisch erhitzten Quecksilberdampf in einer Quarzröhre ausgesandte Licht mittels Absorption durch Ultraviolettfiler von den auf das Auge wirkenden Strahlen befreit, so daß nur Licht übrig bleibt, dessen Wellenlänge

kleiner als 400μ ist, und die nicht absorbierten Anteile des ultravioletten Lichtes auf die zu untersuchenden Stoffe fallen läßt. Auf diesen erregen sie dann charakteristische Fluoreszenzerscheinungen, an denen die Stoffe erkannt werden können. Als Vorteile dieses Untersuchungsverfahrens heben Dr. S. BEIN und Dr. H. J. BRAUN (Chemiker-Zeitung 52, 317; 1928) die Schnelligkeit und die Empfindlichkeit des Verfahrens, sowie den Umstand hervor, daß das Untersuchungsobjekt unverändert bleibt. Das Verwendungsgebiet der Quarzlampen-Analyse ist sehr umfangreich; es erstreckt sich, um nur einiges anzuführen, auf die Untersuchung von Ölen, Fetten, Fleisch, Milch, Mehl, Faserstoffen u. a., Nahrungsmitteln und Rohstoffen, auf die Prüfung von Schriften und Banknoten, auf die Untersuchung von Briefmarken, Edelsteinen und Perlen auf ihre Echtheit, auf die Rekonstruktion von Palimpsesten, wozu noch das weite Gebiet der ärztlichen Diagnostik kommt. H. Böttger.

4. Unterricht und Methode.

Methodische Einführung in die Geologie.

Unter dem Titel: Methodische Einführung in die Grundbegriffe der Geologie hat O. SCHNEIDER im Verlage Ferd. Enke, Stuttgart, ein Buch erscheinen lassen, das vom Standpunkte des Schulunterrichts aus besondere Beachtung verdient.

Die Eigenart des Werkchens besteht nicht sowohl in der Neuartigkeit des Inhaltes, als vielmehr in der Art der Darstellung, die es dem Leser ermöglicht, in geschlossener Gedankenfolge vorschreitend eine lebendige Vorstellung von dem Wesen der geologischen Kräfte zu gewinnen, die in ihrem Ineinandergreifen das Oberflächenbild der Erde schaffen, es dauernd umgestalten und ihm vorübergehend den Ausdruck gegeben haben, den wir augenblicklich vor uns sehen. Indem der Verfasser die Geologie als geschichtliche Wissenschaft auffaßt, vermeidet er die systematische Behandlung der einzelnen Vorgänge, legt vielmehr Wert auf die Schilderung ihres Zusammenwirkens, ihrer gegenseitigen Bedingtheit und ihrer zeitlichen Folge. Es ist ihm nicht um die Zusammendrängung einer möglichst großen Fülle von Einzelwissen auf engem Raum zu tun, sondern — unter bewußter Vernachlässigung vieler an sich wichtiger Dinge — um die Bildung von Begriffen.

Ihren Ausgang nimmt die Betrachtung von einer bestimmten, einfach gebauten und klar durchschaubaren Landschaft. Hierfür ist das süddeutsche Stufenland mit seiner Fortsetzung jenseits des Rheines gewählt. An ihm werden schrittweise die Begriffe der Sedimentation, der Versteinerungsführung, der periodischen Erdbebewegung, der Altersbestimmung und der zeitlichen Aufeinanderfolge der Gesteine abgeleitet, um schließlich zu dem Begriffe der dem Alter nach bestimmbar geologischen Schicht, der Schichten-gruppe und der Formation zu gelangen. Wie in vertikaler Richtung wird danach — wiederum unter Zugrundelegung einer bestimmten Forma-

tion — die flächenhafte Verbreitung gleich-alteriger Schichten verfolgt. Über Höhen und Täler hinweg, unter Vervollständigung der durch spätere Erosion oder durch Untertauchen unter jüngere Bildungen entstandenen Lücken wird die ursprüngliche Gesamtverbreitung ermittelt und der Umriß der Meere zu den betreffenden Zeiten wieder hergestellt, wobei die faziellen Unterschiede in den verschiedenen Teilen des Ablagerungs-raumes gestreift werden.

Den Gegensatz zu der Schichtung der Sedimente bildet die nunmehr behandelte durchgreifende Lagerung der vulkanischen Gesteine, aber wie dort, so gelingt auch hier, wenn auch auf indirektem Wege, der Nachweis ihres geologischen Alters. Von der ungestörten Lagerung der Gesteine schreitet sodann die Darstellung zur Faltung und Bruchbildung fort, und zwar wiederum unter dem Gesichtswinkel ihres Alters.

An diese allgemeinen Darlegungen schließt sich die Übersicht über den Gang der Erdgeschichte. Unter Beschränkung auf deutsche Verhältnisse werden für die verschiedenen Erdperioden die jedesmalige Lage der Festländer und Meere, die Abtragungs- und Aufschüttungsgebiete — erläutert durch paläogeographische Kärtchen —, der klimatische Charakter, die Tier- und Pflanzenwelt, die Gebirgsbildungen, die Einebnungen, die vulkanischen Erscheinungen usf. erörtert. Eine kurze Zusammenfassung in Form einer Formationstabelle schließt den ersten Teil.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit den Stoffen. Auch hier ist der geschichtliche Weg innegehalten. Den Anfang machen die Erstarrungsgesteine als die ursprünglichsten festen Bildungen der Erdkruste. Es werden die Gesetze der Kristallisation, der Magmaspaltung usw. erörtert, aus denen sich die verschiedenen Mineralien und Gesteine im Laufe des Erstarrungsvorganges ergeben. Danach sieht man die Ver-

witterung auf die Gesteine wirken, lernt den Einfluß der physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren kennen, die zum Gesteinszerfall und schließlich zur Bildung des Ackerbodens führen, und verfolgt auf dem einen Wege die mechanische Abschwemmung, Weiterverfrachtung und Sonderung des lockeren Schuttes, auf dem anderen die Wanderung der gelösten Stoffe, bis beide als neue Gesteine, als Sedimente, zur Ruhe kommen. Doch ist die Ruhe nur eine vorübergehende, denn die Sedimente unterliegen wieder der Veränderung, der Diagenese, die sie zu festen Gesteinen macht, und zerfallen, wenn sie landfest geworden sind, wie die Erstarrungsgesteine, um in neue Formen umgeprägt zu werden. Gelangen die Gesteine aber in große Erdtiefen, dann erleiden sie eine durchgreifende Umwandlung, aus der sie auf dem Wege über die Tonschiefer und Phyllite als kristalline Schiefer, vor allem als Gneise hervorgehen. Als letztes Schicksal harret ihrer die Wiedereinschmelzung in der Tiefe, womit sie zu ihrem Ausgang zurückkehren, und der Kreislauf vom Magma zum Magma sich schließt.

Sind damit in kurzen Zügen die Gesetze aufgezeigt, die das Werden und Vergehen der Gesteine auf der Erde beherrschen, Festländer und Meere entstehen lassen, Gebirge auftürmen und abtragen, so erübrigt es sich noch, die tatsächlichen Ergebnisse dieser Vorgänge zu schildern. Dieser Aufgabe dient der dritte Teil des Buches, der sich mit den Formen befaßt; denn das heutige Bild der Erde ist das Ergebnis der langen Erdgeschichte mit ihren wechselvollen Ereignissen und spiegelt dem kundigen Auge die früheren Schicksale wider. In einer Reihe ausgewählter Beispiele werden in neuartiger Weise einige bezeichnende Landschaften des deutschen Sprachgebietes analysiert, indem ihr heutiger Bau und ihr Oberflächenbild aus ihrer geologischen Ver-

gangenheit erklärt werden. Als solche Beispiele dienen dem Verfasser: eine norddeutsche Diluvial- und Alluvial-Landschaft, ein mitteldeutsches Braunkohlengebiet, eine Triaslandschaft mit altpaläozoischem Sockel, ein Steinkohlengebiet, ein Granitstock mit seiner Umgebung und ein junges Kettengebirge. An jedem dieser Beispiele wird die ursprüngliche, durch erste Sedimentation oder, soweit es sich um vulkanische Gesteine handelt, durch erstmaliges Aufdringen bedingte Form wieder hergestellt, worauf jeweils die Faltungen und Gebirgsaufrichtungen, die Wiederebnungen und Überdeckungen mit neuen Schichten, die Verwitterungen und Erosionen behandelt werden, bis das bekannte Bild der heutigen Wirklichkeit entsteht. Nicht eine geologische Beschreibung der behandelten Landschaften wird gegeben, sondern, indem Zyklus auf Zyklus sich abrollt, zieht Erdgeschichte am Auge des Lesers vorüber. Es ist zu bedauern, daß der Umfang des Buches dem Verfasser keine Vermehrung dieser Beispiele bis zu einer abgerundeten Geologie von Deutschland gestattete.

Das sehr lesenswerte Buch kann allen denen empfohlen werden, die als Laien das Streben haben, in die so unnahbar scheinende Welt geologischen Denkens einzudringen und die so phantastisch anmutenden Begriffe von geologischen Zeiten und geologischen Räumen zu erfassen. Jeder, der sich berufsmäßig mit der Erde zu beschäftigen hat, jeder Tiefbautechniker, Eisenbahn- und Kanalfachmann, jeder Brunnenbauer und Hydrologe, jeder Landwirt oder Archäologe wird, wenn er das Buch aus der Hand legt, mit anderen Augen auch sein engeres Arbeitsgebiet betrachten; vor allem aber wird es dem Schüler, wenn er ins Leben tritt, das mitgegeben haben, was zu einer breiteren Bildung gehört und ihn befähigt, mit verständnisvollerem Blick seine Heimat und fremde Länder zu durchwandern. *Mth.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einführung in die praktische Nomographie. Von H. SCHWERDT. Berlin 1927, Otto Salle. (Math.-naturw.-techn. Bücherei. Bd. 6.) 122 Seiten, geb. RM 3.—.

Das Buch führt in klarer Darstellung, die durch 62 Figuren unterstützt wird, in Theorie und Praxis des nomographischen Verfahrens ein. Die Beispiele sind der Physik und Elementarmathematik entnommen, so daß eine erfolgreiche Verwendung des Buches in Arbeitsgemeinschaften möglich ist. *Eugen Stock.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XI: Anwendung der Thermodynamik. Redigiert von F. HENNING. Berlin 1926, Julius Springer. VIII und 454 Seiten, 198 Abbildungen. Geh. RM 34.50; geb. RM 37.20.

Der Band enthält 8 Kapitel. W. JAEGER (Charlottenburg) behandelt die Thermodynamik

der Erzeugung des elektrischen Stromes, und zwar zunächst bei gleichmäßig, dann bei ungleichmäßig temperierten Systemen. Zu den ersten gehören vor allem die Hydroketten (Konzentrationsketten erster und zweiter Gattung, Akkumulatoren; Theorie von HELMHOLTZ, osmotische Theorie von NERNST); zur zweiten Gruppe gehören die Thermolemente.

Das zweite Kapitel, von M. JAKOB (Charlottenburg), ist der Wärmeleitung gewidmet. Verf. bespricht zunächst die Differentialgleichung der Wärmeleitung, sodann die Messung der Wärmeleitung in den verschiedensten Körpern (in Metallen, Kristallen, anderen festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen). Nach dem Versagen der Regel von WIEDEMANN und FRANZ ($\lambda/\eta = \text{Quotient aus thermischer und elektrischer Leitfähigkeit} = \text{Const.}$) und der Regel von LORENZ ($\lambda/\eta \cdot T = \text{Const.}$) ist man sich über den Mechanismus der Wärmeleitung keineswegs klar. (Bemerkens-

wert ist, daß es zwar eine elektrische, aber keine thermische Supraleitfähigkeit gibt.) A. WEGENER (Graz) gibt die Thermodynamik der Atmosphäre; er teilt das Kapitel in drei Teile: die vertikale Druckabnahme, die vertikale Temperaturabnahme, die Kondensationsprozesse. Da der Partialdruck eines Gases in der Atmosphäre um so langsamer abnimmt, je leichter das Gas ist, so müssen der Rechnung nach in 70 bis 80 km Höhe Wasserstoff und Helium vorherrschen. Ob die Zone der leichten Gase wirklich existiert, ist nicht sicher; aber eine Reihe von Tatsachen sprechen dafür (Luftproben aus großen Höhen; Dämmerungsbögen; Höhe der Polarlichter und der Meteore). Die vertikale Temperaturabnahme hört in Europa in etwa 11 km (in anderen Breiten zwischen 8 und 17 km) Höhe auf (Grenze zwischen der unteren „Troposphäre“ und der oberen „Stratosphäre“). Über die Art des Gleichgewichts in der Atmosphäre ist noch nichts Sicheres bekannt. Wichtig sind die Inversionen, das sind ausgedehnte, nahezu horizontale Grenzflächen zwischen zwei Luftschichten verschiedener Temperatur, Feuchtigkeit und Bewegung; die untere Schicht ist dabei stets die kältere und meist die relativ feuchtere. Die ältere Theorie, die die Wolkenbildung durch Mischung verschieden temperierter Luftmassen erklärt, ist völlig aufgegeben; die wirkliche Ursache der Wolken- und Niederschlagsbildung ist fast ausschließlich die adiabatische Abkühlung der Luftmassen beim Aufsteigen. Die Natur der Kondensationskerne ist noch nicht zweifellos bekannt. Die Entstehung der verschiedenen Arten von Niederschlägen wird ausführlich erörtert. M. ROBITZSCH (Lindenberg) setzt die hygrometrischen Meßmethoden (Taupunktbestimmung, Absorptionsmethode, Psychrometer, Haarhygrometer usw.) und die dabei zu beachtenden Bedingungen auseinander. Recht interessant und lehrreich ist das 5. Kapitel: Thermodynamik der Gestirne von E. FREUNDLICH (Neubabelsberg). Die beiden Hauptteile sind die Thermodynamik der Sternatmosphäre und die des Sterninnern. Die verschiedene Lage des Intensitätsmaximums im kontinuierlichen Spektrum der Sterne ermöglicht eine Einteilung nach den effektiven Oberflächentemperaturen; man unterscheidet 6 Hauptgruppen: die B-Sterne sind die heißesten (Oberfläche 20000 bis 30000°), die roten M-Sterne die kältesten (3000°). In den Spektren der einzelnen Gruppen treten verschiedene Spektrallinien in charakteristischer Intensität auf. Die Erklärung für diese Erscheinung liefert die Theorie, die zuerst von dem Inder M. N. SAHA aufgestellt, dann durch RUSSEL, DARWIN, FOWLER und MILNE vervollkommen worden ist. Sie sieht die Ursache für die Entstehung der verschiedenen Spektren in der Verschiedenheit der Anregungsverhältnisse der Atome unter den verschiedenen Temperaturen und Drucken in den Sternatmosphären. Wesentlich ist, daß die in der Thermodynamik bekannte Reaktionsgleichung auf die Ionisation angewandt wird, z. B. im einfachsten Fall auf den Vorgang $\text{Ca} \rightleftharpoons \text{Ca}^+ + e - U$ (hier ist Ca das neutrale, Ca^+

das ionisierte Kalziumatom, e das Elektron, U die Ionisationsarbeit). Die Theorie vermag die Erscheinungen gut zu erklären. Der zweite Teil des Kapitels bringt im wesentlichen die Theorie von EDDINGTON; sie besagt: der Energieaustausch im Innern eines Sternes geschieht durch Strahlung; die Energiequellen im Sterninnern sind radioaktiver Natur; neben dem Gasdruck spielt im Gleichgewicht der Kräfte der Strahlungsdruck eine entscheidende Rolle. (Es ist früher über die Theorie von EDDINGTON in dieser Zeitschrift ausführlich berichtet worden.) O. MEYERHOF (Berlin-Dahlem) gibt die Thermodynamik der Lebensprozesse. Verf. hält, gegenüber den Vitalisten, an der Kantischen Grundannahme fest, daß es naturphilosophische Grundsätze nicht geben kann, die in der Biologie keine Anwendung finden, noch solche, die sich ausschließlich auf das Lebendige beziehen. Der Organismus ist keine Maschine, sondern ein Mechanismus, ähnlich wie eine Molekel. Verf. behandelt die Thermochemie und die Thermodynamik im Tierkörper und in den Pflanzen (Stoffwechsel und Energielieferung, Gesetze des Stoffwechsels, Umwandlung der chemischen Energie in andere Formen usw.). Auch dieses Kapitel wird, wie das vorhergehende, des allgemeinen Interesses aller naturwissenschaftlich Interessierten sicher sein. W. MEISSNER (Berlin) behandelt die Erzeugung tiefer Temperaturen und die Gasverflüssigung, und zwar Theorie und Praxis: Sieden bei vermindertem Druck, Kältemischungen, Prozesse ohne Gegenströmer (Ammoniakältemaschinen), Kaskadenmethoden, Verfahren mit Gegenströmer (vor allem die Methode von LINDE). Es werden die Einzelheiten über die Maschinen besprochen, über die Trennungsmethoden (z. B. für die Bestandteile der Luft), Verflüssigung des Wasserstoffs (die schweren Explosionsgefahren werden besonders betont), Verflüssigung des Heliums (hierfür gibt es bekanntlich zur Zeit nur 3 Laboratorien: Leiden, Toronto in Kanada und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg; das deutsche Helium ist aus der Luft gewonnen, da die Amerikaner ein Ausfuhrverbot für Helium erlassen hatten). Im nächsten Kapitel führt uns CARL MÜLLER (Charlottenburg) in das Gebiet der hohen Temperaturen. Der Bunsenbrenner und andere Brenner, die Gebläseflammen werden besprochen; das Acetylen-Sauerstoff-Gebläse führt uns bis zu Temperaturen von 3400°. Die Anwendung der Gebläse zur Herstellung künstlicher Edelsteine (Rubine) und beim Metallspritzverfahren wird erörtert. Rostfeuerung, Kohlenstauffeuerung (der Kohlenstaub besteht zu 82% aus Körnchen von höchstens 2 μ Durchmesser), autogenes Schweißen, Aluminothermie bezeichnen weitere Punkte dieses Kapitels. Bei der Temperaturerzeugung durch elektrische Energie werden besprochen Glühlampen, Widerstandsschweißung, Lichtbogen, Beck-Kohlen (Kohlenanode mit Docht aus Metallsalz oder Metalloxyd, brennt stark überlastet mit etwa 300 Amp., erzeugt mittlere Temperaturen von 5100° K.), Kathodenstrahlöfen, Kryptolöfen (Heizwiderstand besteht aus Schichten

gekörnter Kohle), Induktions- und Hochfrequenzöfen. Überall wird Gewicht auf die Anwendungen gelegt; eine umfangreiche Tabelle gibt die physikalischen und chemischen Eigenschaften feuerfester Materialien (Niobkarbid und Tantalkarbid schmelzen bei etwa 3800°). Im letzten Kapitel endlich behandelt K. NEUMANN (Hannover) den Wärmeumsatz bei Maschinen, und zwar bei Maschinen mit Dampf als Energieträger (Dampfmaschinen) und bei Maschinen mit Auslösung chemischer Energie (Verbrennungs-Kraftmaschinen).

Alles in allem ist der vorliegende Band des Handbuchs ganz außerordentlich reichhaltig; das allermeiste seines Inhalts ist auch für den Physiklehrer an höheren Schulen von so großem und unmittelbarem Interesse, daß ich allen Kollegen seine Lektüre auf das wärmste empfehlen möchte.

E. Lamla.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XIV: Elektrizitätsbewegung in Gasen. Redigiert von W. WESTPHAL. Berlin 1927, Julius Springer. VII und 444 Seiten, 189 Abbildungen. Geh. RM 36.—; geb. RM 38.10.

In den ersten drei Kapiteln (insgesamt enthält der Band deren 9) behandelt HILDEGARD STÜCKLEN (Zürich) die unselbständige Entladung zwischen kalten Elektroden, die Ionisation durch glühende Körper und die Flammenleitfähigkeit. Nach einem Überblick und nach Angabe zusammenfassender Literatur betrachtet Verf. zunächst Vorgänge bei Drucken von mindestens 100 mm Hg und solchen Potentialen, daß keine Stoßionisation eintritt. Die Ionisation kann auf verschiedene Arten erfolgen: der Gasraum ist homogen ionisiert (Röntgenstrahlen), die Ionisation geht von der Oberfläche einer Elektrode aus; Kolonnenionisation (durch α - oder β -Strahlen längs der Flugbahn; wichtig für die Messung der Stärke radioaktiver Präparate). Bei der unselbständigen Entladung sind die Elektrizitätsträger positive und negative Ionen, häufig Komplexe von Molekeln, selten nur (z. B. in reinen Edelgasen) Elektronen; bei der selbständigen Entladung (Stoßionisation) sind es fast nur positive Ionen und Elektronen. — Bei glühenden Elektroden treten als Versuchsvariable zu Stromstärke und Spannung noch die Temperatur und die chemische Beschaffenheit der Elektrode. Ein gasbeladener Körper sendet bei Rotglut positive Gasatome aus, daneben Elektronen, die bei höherer Temperatur den Hauptteil ausmachen. Die Temperaturabhängigkeit des Thermionenstromes wird eingehend behandelt, ebenso die Austrittsarbeit und die Raumladungserscheinungen. Ein Abschnitt ist dem Schrot-Effekt gewidmet. Der Austritt der Elektronen aus dem Glühdraht erfolgt nicht kontinuierlich, sondern unregelmäßig nach den Gesetzen des Zufalls. Ihr Auftreffen auf die andere Elektrode ist mit dem Aufprallen von Schrotkörnern zu vergleichen, die ausgeschüttet werden (SCHOTTKY). Es gibt daher Schwankungen in der Stromstärke.

SCHOTTKY und später auch andere haben den Vorgang theoretisch verfolgt: aus den Wirkungen der Entladungsschwankungen auf einen parallel geschalteten Resonator von bekannter Eigenperiode kann man die Größe des Elementarquantums errechnen. Die Versuche haben recht gute Ergebnisse geliefert. Schließlich berichtet Verf. über die komplizierten Vorgänge bei der Flammenleitung. Unter allen Fällen der unselbständigen Entladung ist dieses Gebiet am wenigsten geklärt. Verf. gibt eine historische Übersicht, beschreibt die Meßmethoden und Versuchsergebnisse und erörtert die verschiedenen Hypothesen über die Entstehung der Ionisation.

EMIL WARBURG (Berlin) behandelt die stille Entladung in Gasen. Sie entsteht durch die Entladung aus stark gekrümmten Leiteroberflächen (Korona-Entladung) oder durch Entladung aus dielektrischen Oberflächen. Besonders genau untersucht worden sind die Entladungen aus metallischen Spitzen und Drähten. Interessant ist die Anwendung zur elektrischen Gasreinigung. Ein Draht von 2 mm Stärke und etwa 3 m Länge befindet sich in der Achse eines leitenden Zylinders von 15 cm Radius. Zwischen Draht und Zylinder liegt eine Spannung von etwa 60 Kilovolt (Draht negativ). Die zu reinigende Luft streicht mit 1 m/sec Geschwindigkeit durch den Zylinder. Sie kann etwa kalkhaltigen Zementstaub, Eisenoxyd bei der Schwefelsäurefabrikation, Zinkoxyd u. a. enthalten, im allgemeinen sind es Teilchen von 10^{-3} bis 10^{-5} cm Radius. Diese werden fast quantitativ aus der Luft entfernt, teils durch den elektrischen Wind, teils durch die Geschwindigkeit, welche die negativ sich aufladenden Staubteilchen durch das elektrische Feld erlangen. Auch die chemischen Wirkungen der stillen Entladung (Ozon) werden eingehend besprochen. — Das fünfte Kapitel, die Glimmentladung, von R. BÄR (Zürich) ist das bei weitem umfangreichste des Buches. Hier findet der Leser eine genaue Beschreibung und ausführliche Erörterung aller hierher gehörigen Erscheinungen, sowie eine Besprechung der Theorien: die kathodischen und die anodischen Entladungsteile, die Erscheinungen im Rumpf, geschichtete und ungeschichtete Säulen, Konvektion des Füllgases usw. Wegen der Einzelheiten muß auf das ausgezeichnete Kapitel selbst verwiesen werden, handelt es sich doch um eine Fülle von Erscheinungen von zum Teil recht kompliziertem Charakter, deren Theorien noch nicht überall geklärt sind. Besonders auch der Lehrer an höheren Schulen dürfte hier viel Interessantes finden. — A. HAGENBACH (Basel) behandelt den elektrischen Lichtbogen, die Charakteristik, den Einfluß des Druckes, die Gleichrichterwirkung des Quecksilberbogens, die Temperaturverhältnisse (Anode bei Kohle etwa 4000°, bei Wolfram 4200°). Stromträger sind Elektronen und positive Atomionen, den ersteren fällt wegen ihrer größeren Beweglichkeit der Hauptteil an der Leitung zu. — Im nächsten Kapitel bespricht E. WARBURG (Berlin) die Funkenentladung. Sie entsteht, wenn man die Spannung z. B. einer Leidener Flasche

so steigert, daß zwischen den Polen ein Funke überspringt. Die Luft wird dabei verhältnismäßig gut leitend. Interessant ist, daß für den Flaschenfunken die Gesamtstrahlung im Ultraviolett energiereicher ist als im Sichtbaren und Ultraroten, während für den Lichtbogen diese Strahlung vieltausendmal stärker ist als jene. Verf. erörtert die Eigenschaften des Funkens, Bogen- und Funkspektrum, Einflüsse des Gasdruckes, des Elektrodenmetalls, der Feuchtigkeit, der Natur des Gases u. a. Auch der Durchschlag durch tropfbare Flüssigkeiten und feste Dielektrika wird besprochen.

KARL PRZIBRAM (Wien) gibt eine recht gute Zusammenstellung über die Geschichte, Erzeugung, Systematik und die ionentheoretische Deutung der elektrischen Figuren. Man versteht unter elektrischen Figuren die von der elektrischen Entladung auf ihrer Bahn zurückgelassenen, auf irgend eine Weise sichtbar gemachten, mehr oder weniger dauerhaften Spuren von charakteristischer Gestalt. Der Hauptentdecker ist LICHTENBERG (1777). — Den Beschluß des Bandes macht der Abschnitt über atmosphärische Elektrizität von G. ANGENHEISTER (Potsdam). Die Erdoberfläche besitzt eine negative Ladung, deren Größe sich aus dem Potentialgefälle unmittelbar am Boden (im Durchschnitt 120 Volt/m) errechnen läßt; die Gesamtladung beträgt durchschnittlich rund $\frac{1}{2}$ Million Coulomb. Das Potentialgefälle hängt von der geographischen Breite sowie von der Tages- und Jahreszeit ab. Es nimmt mit der Höhe schnell ab, woraus folgt, daß die Luft eine positive Raumladung besitzt, ihr Betrag ist bis 1500 m Höhe bereits $\frac{2}{3}$ der gesamten Oberflächenladung. Die Luft besitzt Leitfähigkeit; es handelt sich teils um Konvektion der Ladung bei vertikaler Luftbewegung und bei Niederschlägen, vor allem aber um Ionenstrom. Ursachen für die Ionisation sind die Strahlung radioaktiver Substanzen in der Atmosphäre, in der Bodenluft, in den Gesteinen, endlich die durchdringende Höhenstrahlung, deren Herkunft noch nicht gesichert ist (vielleicht aus der Milchstraße). Während die Ionenbilanz der Atmosphäre im großen und ganzen verständlich ist, ist das Hauptproblem, die Aufrechterhaltung der negativen Erdladung, noch ungeklärt. Infolge des Leitungstromes müßte die Erdladung praktisch schon in $\frac{1}{4}$ Stunde verschwinden. Möglicherweise kommt eine dauernde Neuaufladung durch Kathodenstrahlen in Frage, die von der Sonne stammen und fast Lichtgeschwindigkeit besitzen.

Der Band enthält so viel Wertvolles und Anregendes und in so ansprechender und guter Form, daß die Lektüre jedem Physiker und jedem Physiklehrer warm zu empfehlen ist.

E. Lamla.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XV: Magnetismus; Elektromagnetisches Feld. Redigiert von W. WESTPHAL. Berlin 1927, Julius

Springer. VII und 532 Seiten, 291 Abbildungen. Geh. RM 43.50; geb. RM 45.60.

Der Band zerfällt in zwei Teile, Magnetismus und elektromagnetisches Feld, von denen der erste 5, der andere 4 Kapitel enthält. P. HERTZ (Göttingen) behandelt die Magnetostatik und die magnetischen Felder von Strömen. Schreibt man die Beziehung zwischen den Vektoren \mathfrak{B} und \mathfrak{H} der magnetischen Induktion und der magnetischen Feldstärke in der Form $\mathfrak{B} = \mu \cdot \mathfrak{H}$, so kann $\mu = 1$ sein (Feld permanenter Magnete im Vakuum; Coulombsches Gesetz), oder μ ist eine andere Konstante (induzierter Magnetismus; schwache Felder), oder μ ist eine eintellige Funktion von \mathfrak{H} , oder endlich μ hängt von der Vorgeschichte von \mathfrak{H} ab (Hysteresis). Damit ist zugleich das Einteilungsprinzip für die Darstellung gewonnen. Das Kapitel bietet eine vorzügliche Übersicht über die Erscheinungen und die Theorien magnetostatischer Felder; die Darstellung ist klar und übersichtlich und beleuchtet die Erscheinungen sowohl vom Standpunkt der Nahwirkungen wie von dem der Fernwirkungstheorie. Angenehm ist es, daß eine große Reihe historischer Hinweise und Anmerkungen Platz gefunden haben. Im zweiten Kapitel bespricht Verfasser die von Strömen erzeugten magnetischen Felder, insbesondere das Elementargesetz (BIOT-SAVART), die axiale Natur des Feldvektors \mathfrak{H} , die Äquivalenz der neuen Felder mit den von Magneten herührenden, den magnetischen Kreis. — W. STEINHAUS (Berlin) behandelt die magnetischen Eigenschaften der Körper. Außer den dia-, para- und ferromagnetischen Körpern gibt es auch solche, die scheinbar paramagnetisch sind, deren Permeabilität aber mit steigender Feldstärke oder Temperatur so weit abnimmt, daß sie schließlich diamagnetisch werden; man nennt sie metamagnetisch. Verfasser gibt die hauptsächlichsten Experimente über das Verhalten dia- und paramagnetischer Körper im Feld und die Gesetzmäßigkeiten an und behandelt dann die Theorien. Nach LANGEVIN, der die ursprüngliche Theorie von VOIGT modifiziert hat, bewegt sich ein Teil der Elektronen im Atom in festen Bahnen, die an das Atom gebunden sind; je nach der Anordnung können sich die magnetischen Momente aufheben oder nicht (Dia- bzw. Paramagnetismus). Bei den ferromagnetischen Körpern werden ebenfalls die experimentellen Befunde, insbesondere auch die Wirkung mechanischer Eingriffe und die Theorien (WEBER, MAXWELL, WEISS, GANS) besprochen. — Das vierte Kapitel, von E. GÜMLICH (Berlin) in ausgezeichnet klarer Weise geschrieben, ist den ferromagnetischen Stoffen gewidmet. Im ersten Teil gibt Verfasser eine vorzügliche Übersicht über die Umwandlungen des Eisens (mit 0 bis 1,7% Kohlenstoffgehalt) mit der Temperatur, unterstützt durch Diagramme und gute Ätzbilder. Reinstes Eisen (doppelt elektrolysiert, im Vakuum ausgeglüht) hat fast keine Hysteresis; Remanenz und Koerzitivkraft (0,1 GAUSS) sind äußerst klein. Das technische weiche Eisen ist meist Flußeisen aus Siemens-Martinöfen, die hohe Gleichmäßigkeit

verbürgen. Für permanente Magnete braucht man hohe Koerzitivkraft und große Remanenz. Vor dem Kriege benutzte man daher vor allem Wolframstahl, später auch Chromstahl. Die besten Magnetstähle sind Kobalt-Mangan-Stähle. Der Zusatz von Kobalt geht auf eine japanische Erfindung zurück (1918). Diese Stähle haben nicht nur eine hohe wahre Remanenz und Koerzitivkraft, sondern infolge der besonderen Form der Hysteresisschleife und der geringen Permeabilität vor allem auch bei kurzen Stäben und Hufeisen eine weit größere scheinbare Remanenz als Wolfram- und Chrom-Stähle. Nur der hohe Preis des Kobalts, der seit 1918 Spekulationsobjekt geworden ist, ist noch ein Hindernis. Auch Legierungen des Eisens mit Aluminium und Silizium finden technische Verwendung. Die Frage, ob Mangan als ferro- oder paramagnetisch zu bezeichnen ist, ist noch nicht entschieden. Der letzte Teil des Kapitels beschäftigt sich mit verschiedenen Legierungen, insbesondere Eisen-Nickel- und Eisen-Kobalt-Legierungen und mit den sog. HEUSLERSchen Legierungen, die als magnetisch wesentlichen Bestandteil eine Verbindung von der Form $Al(Mn, Cu)_3$ enthalten. [Erwähnt werden möge hier, daß ULFILAS MEYER auf dem Physikertag in Kissingen 1927 über Stahllegierungen berichtet hat, die ganz eigentümliche, in der Mitte schmale Hysteresiskurven zeigen (50 Ni, 30 Co, 20 Fe).] In das interessante Gebiet des Erdmagnetismus führt das 5. Kapitel, von G. ANGENHEISTER (Potsdam). Die magnetischen Elemente werden in etwa 50 Observatorien dauernd registriert, außerdem werden sie an vielen anderen Stellen mehr oder weniger oft gemessen. Der Gesamteindruck der magnetischen Weltvermessung (veranlaßt von der Carnegie-Institution; 5000 Land- und 3000 Seestationen) führt zu der Vorstellung, daß das Magnetfeld der Erde in seinem größten Anteil ($\frac{2}{3}$) durch eine homogene Magnetisierung der Erde längs der Rotationsachse hervorgerufen ist; hierzu tritt ($\frac{1}{3}$) eine Quermagnetisierung (daher die Abweichung der magnetischen Pole von den Erdpolen um $11\frac{1}{2}^\circ$). Hierüber lagern sich regionale Störungsfelder von kontinentalem Ausmaß, und auf sie sind die lokalen Störungen aufgesetzt (Einbettungen). Die stärksten lokalen Störungen in Mitteleuropa zeigt Ostpreußen. Es scheint, daß die Masse der Erde (und der Sonne) sich bei der Rotation wie eine elektrische Ladung verhält (Achsenneigung ist ungeklärt). Dem so entstehenden permanenten Feld, das nur säkularen Änderungen großer Periode (480 Jahre) unterliegt, überlagert sich ein Variationsfeld, das von Mond und Sonne abhängt. Dazu kommen starke Störungsfelder. In den tieferen Schichten der Sonne liegen die Störungszentren, die jahrelang unbeweglich sind. Von Zeit zu Zeit erfolgen Ausbrüche; die strahlende Substanz kommt in die Höhe (Sonnenflecke). Von hier geht die Strahlung aus, die sich im Magnetfeld der Erde in 2 polnahe, bis auf 90 km Höhe heruntergehende, horizontale Ringe (Polarlichtzone) und einen Ring in der Äquatorebene (Höhe 10 km) anordnet. Die

eindringende Strahlung ist die Ursache der Störungen.

Das erste Kapitel des zweiten Teils, elektromagnetische Induktion, stammt von S. VALENTINER (Clausthal). Nach einer Übersicht über die grundlegenden Tatsachen und die allgemeine Theorie behandelt Verfasser die Induktion in linearen und in körperlichen Leitern sowie die interessanten Versuche über Induktion bei Bewegung von Nichtleitern im Magnetfeld. Den Schluß machen mechanische Modelle von RAYLEIGH und von BOLTZMANN zur Veranschaulichung der Induktion. R. SCHMIDT (Berlin) bespricht die Erscheinungen bei Wechselströmen, und zwar einwilligen, mehrwelligen und Mehrphasenströmen sowie die Ausgleichsvorgänge in quasistationären Stromkreisen. E. ALBERTI (Berlin) behandelt elektrische Schwingungen, zunächst in geschlossenen Kreisen (Kondensatorkreisen), dann in offenen Kreisen, bei denen Kapazität und Selbstinduktion über den ganzen Leiter verteilt sind. Besonders einfach sind Theorie und Erscheinungen, wenn die Ladung zwischen 2 Querschnitten stets Null ist (z. B. bei Paralleldrahtsystemen und Kabeln). Die SOMMERFELDSche Theorie für die Schwingungen in nichtquasistationären Kreisen wird kurz skizziert. Den Abschluß macht das Kapitel über Dispersion und Absorption elektrischer Wellen von W. ROMANOFF (Moskau). Wie in der Optik spricht man von normaler Dispersion in dem Fall, daß n mit steigender Wellenlänge abnimmt, obwohl dieser Fall hier seltener ist als der umgekehrte. Verfasser beschreibt die experimentellen Methoden; die Messungen mit gedämpften Wellen sind unter sich wenig vergleichbar, da n von der Dämpfung abhängt. Darum mißt man jetzt lieber mit ungedämpften Wellen. Die Ergebnisse zeigen mit den Theorien (von DRUDE und von HERTZ) keine sehr befriedigende Übereinstimmung.

Eine Äußerlichkeit mag erwähnt werden: in dem Aufsatz von VALENTINER werden die Widerstände nicht mit R , wie gewöhnlich, sondern mit W bezeichnet. Man mag das als unerheblich ansehen, und doch wäre es gut, wenn in einem Standard-Werk wie dem Handbuch der Physik überall, wo es möglich ist, die vom AEF festgesetzten Bezeichnungen gebraucht werden.

Auch der vorliegende Band ist sehr reichhaltig. Er ist für den Physiker als Nachschlagewerk von höchster Bedeutung; er enthält auch sehr viel, was den Physiklehrer an höheren Schulen interessiert.

E. Lanla.

Einführung in die theoretische Aerodynamik. Von C. EBERHARDT. Berlin 1927, R. Oldenbourg. 138 Seiten, 118 Abbildungen. Preis RM 9.50.

Wenn auch der flugtechnisch tätige Ingenieur heute vor allem tüchtiger Statiker und Mechaniker sein muß, um konstruktiv Hervorragendes zu leisten, so muß er doch natürlich über grundlegende aerodynamische Kenntnisse verfügen. „Das Aerodynamische versteht sich von selbst“, kann man hier wohl in Abänderung eines bekannten Ausspruches sagen, aber diese gründliche-

Beurteilung flugtechnischer Fragen ist doch nur bei genauer Kenntnis des Gebietes möglich. Leider ist manchem tüchtigen Ingenieur das Einarbeiten in das den meisten gänzlich fremdartige Gebiet deswegen schwierig, weil die bisher vorhandene Literatur gewöhnlich zu viel mathematischen Ballast enthält, oder weil in manchen Büchern die Aerodynamik nur als Teilstück zu finden ist und diese Bücher sonst zu umfangreich und teuer sind. Da ist es nun erfreulich, daß das vorliegende Buch, von einem Ingenieur geschrieben, das unbedingt Notwendige bringt und zwar in einer Form, die jeder gebildete Ingenieur leicht und, wie ich hinzufügen will, auch mit Genuß lesen wird.

Der Inhalt des Buches läßt sich kennzeichnen als eine gute Darstellung der aerodynamischen Grundlagen des Fluges, die gerade so weit ausgeführt sind, als sie der Flugtechniker braucht, um die Literatur zu verstehen und selbst Untersuchungen durchführen zu können. Betrachten wir Einzelheiten, so muß es recht praktisch bezeichnet werden, daß in einem Eingangskapitel „Darstellungsmittel der Hydrodynamik“ (zugleich mit der Einleitung) dem Leser sogleich über verschiedene begriffliche und formelmäßige Schwierigkeiten hinweggeholfen wird. Die weiter folgende Ableitung der Hauptgleichungen der Potentialströmung bietet nicht viel Bemerkenswertes, nur daß der alte LANCHESTERsche Beweis für die Widerstandsfreiheit der Potentialströmung wieder einmal hervorgeholt ist, weil er auch eine wertvolle Anwendung für den Impulssatz gestattet. Didaktisch gut ist die Darstellung des Widerstandes und der PRANDTLschen Gedankengänge durch stete Verbindung mit anschaulichen Versuchsergebnissen, ja sogar mit der Einrichtung der Versuchsapparate, wobei auch dankenswerterweise der Verdienste gedacht wird, die Professor AHLBORN um die experimentelle Flugtechnik sich erworben hat. Die Begriffsbildung der „fließenden“ Grenzschicht unter dem Einfluß der Drücke und das Entstehen der Ablösung ist anschaulich geschildert; man hat nirgends das Gefühl einer gekünstelten Erklärung.

Auch die dem Anfänger oft nicht leicht verständlichen Wirbelsätze sowie die Sätze von GAUSS und STOCKES und ihre zweckmäßige Anwendung versteht EBERHARDT recht klar zu machen. Daran schließt er die Darstellung der Zirkulationsströmung und ihrer Überlagerung mit anderen Strömungen sowie den Satz von JUKOWSKI. Es folgt ein kurzer Abriss der Lehre von der konformen Abbildung mit der komplexen Darstellung der Strömungsgrößen. Es sind hier freilich nur die wichtigsten allgemeinen Sätze und eine Reihe einfacher Beispiele gezeigt, die aber für den Gebrauch des Ingenieurs sicherlich genügen. Der Referent hält es auch für eine Selbsttäuschung, wenn geglaubt wird, daß hier viel mehr für die Praxis Brauchbares herausgeholt werden könnte. Allerdings wird man die Ableitung und die Zeichnung der JUKOWSKI-Flächen vermissen, die neuerdings manchmal verwendet werden. Doch ist dafür ein hübscher allgemeiner Beweis

hervorzuheben, den der Verfasser im Anschluß an PRANDTLsche Gedankengänge für den JUKOWSKI-schen Satz mitteilt.

Im letzten Jahre haben Angriffe insbesondere von AHLBORN auf die PRANDTLsche Theorie wiederum die Frage nach der realen Existenz sowie der Entstehung der Zirkulation aufgerollt. Diese Erörterungen werden hier auch gestreift, freilich nur durch den kurzen Hinweis darauf, daß in reibungsfreier Atmosphäre Zirkulationen nicht entstehen und ein Flug nicht zustande kommen kann. Hier wäre ein etwas weiteres Eingehen auf die physikalische Seite der Angelegenheit, besonders auch auf die zeitliche Entwicklung der Umströmung, wünschenswert gewesen. Einen gewissen Ersatz dafür bietet die angeschlossene Energiebetrachtung für die überlagerten Wirbelsysteme, weil damit bekanntlich der Nachweis geführt werden kann, daß die Tragflächenzirkulation ihren Ursprung aus den abgehenden Wirbeln nimmt.

Den Schluß des Buches bildet die Theorie des induzierten Widerstandes in der Hauptsache nach den PRANDTLschen Ansätzen, und auch hier sind die Ergebnisse recht geschickt durch Strömungsbilder veranschaulicht worden.

Das letzte Zahlenbeispiel auf Grund der Formel für den induzierten Widerstand und die Flugmöglichkeit durch Menschenkraft muß freilich als etwas irreführend bezeichnet werden, weil es den Eindruck erweckt, als könne man mit höherer Geschwindigkeit die erforderliche Flugleistung beliebig herabsetzen. Dies ist natürlich falsch, da der ungefähr ebenso große Profil- und schädliche Widerstand in dem Beispiel nicht berücksichtigt wurde. Es ist auch an sich zu bedauern, daß die hierher gehörende Berechnung des Profilwiderstandsbeiwertes bzw. ihre experimentelle Bestimmung nach BETZ keine Erwähnung gefunden hat.

Im ganzen muß man sagen: Das Buch, das als gute Einführung in die flugtechnische Literatur und für das Studium sowie weiter zum mindesten als erster Teil eines „flugtechnischen Handbuchs“ betrachtet werden kann, wird darum für viele Ingenieure und Studierende sehr willkommen sein und verdient volle Beachtung.

A. Proll.

Linienpektren und periodisches System der Elemente. Von Dr. F. HUND, Privatdozent an der Universität Göttingen. VI und 221 Seiten mit 43 Abbildungen und 2 Zahlentafeln. Berlin 1927, Verlag von Julius Springer. (Struktur der Materie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von M. BORN und J. FRANCK, Bd. IV.) Geh. RM 15.—; geb. RM 16.20.

Die Beziehungen zwischen dem periodischen System und den Linienpektren ist ein Stütz- und Baupfeiler der BOHRschen Atomtheorie. Ein weiterer Ausbau geschah durch SOMMERFELDS Systematik der Serienspektren und die Analyse der ZEEMANN-Effekte durch LANDÉ. CATALÁN begann dann Ordnung in die verwickelten Spektren in Multiplets zu bringen, und PAULI und HEISEN-

BERG geben dann Regeln über die Mannigfaltigkeit der Terme an, wodurch eine Systematik auch der verwickeltsten Spektren möglich wurde. In vorliegendem Buch ist nun eine ausgezeichnete zusammenfassende und einheitliche systematische Darstellung dieser ganzen Entwicklung gegeben. Verf. betrachtet zunächst die groben Eigenschaften und dann die feineren und schreitet so allmählich in der Verfeinerung des Atommodells fort. So entwickelt er nach Darlegung der Grundlagen das einfache Modell eines Leuchtelektrons, das sich als Kreiselektron entpuppt und bei dem man dann auch auf das Zusammenwirken aller Elektronen eines Atoms, d. h. auf die Kopplungsverhältnisse Rücksicht nehmen muß. So werden die Spektren der Elemente mit normaler Termordnung gewonnen und schließlich allgemeinere Kopplungsverhältnisse bei nicht normaler Termordnung in Rechnung gesetzt, um auch komplizierten Spektren Rechnung zu tragen. Ausführliche Literaturangaben, die besonders zur Auffindung der umfangreichen Originalliteratur von Wert sind, und ein Sachverzeichnis beschließen diesen wichtigen Band der „Struktur der Materie“. Jeder, der einen gründlichen Einblick in die moderne Theorie der Materie haben will, — und welcher Physiker wollte das nicht! — wird dieses Buch mit großem Nutzen studieren.

A. Wenzel.

Das elektromagnetische Feld. Ein Lehrbuch von EMIL COHN, ehemals Professor der theoretischen Physik an der Universität Straßburg. 2. völlig neubearbeitete Auflage. VI, 366 S. mit 41 Textabbildungen. Berlin 1927. Julius Springer. Geb. RM 24.—

Von den 1900 erstmalig erschienenen Vorlesungen des Verfassers liegt nunmehr die völlig neubearbeitete zweite Auflage vor, worin der Stoff bis auf den neuesten Stand der Theorie des elektromagnetischen Feldes verarbeitet ist. Drei Abschnitte weist die Entwicklung der Theorie der Elektrizität auf; im ersten, der mit den Arbeiten von WILHELM WEBER und FRANZ NEUMANN abschließt, sieht man alle Vorgänge an als bestimmt durch Lage und Bewegung von Elektrizitätsmengen, von denen die Wirkungen zeitlos ausgehen. In der zweiten, die mit HEINRICH HERTZ endet, sind die Elektrizitätsmengen nur mathematische Symbole von untergeordneter Bedeutung; alles Geschehen wird aus dem Zustand in unendlich benachbarten Raum- und Zeitpunkten hergeleitet. In dem dritten sind die Elektrizitätsmengen wieder in die Grundlagen der Theorie aufgenommen mit der Änderung, daß die Vorgänge sich von ihnen nunmehr mit endlicher Geschwindigkeit ausbreiten. Dieser letzte Abschnitt ist heute noch im Fluß. Die Theorie der zweiten Periode, d. h. die MAXWELL-HERTZsche Theorie, bildet den ersten Teil des Buches. Nachdem gezeigt worden ist, wo diese Theorie versagt, wird sie im letzten Teil des Buches in der Richtung weiter verfolgt, in der sie eine Fortbildung der Kontinuumstheorie bildet (aus der Einleitung). Dabei werden zunächst die

Begriffe, deren sich die MAXWELLSche Theorie bedient, aus den Erfahrungen, die zu ihrer Ausbildung geführt haben, hergeleitet. Dann folgen die MAXWELLSchen Gleichungen nebst allen Folgerungen, ein Weg zur Einführung in die Theorie, der ebenso logisch wie verständlich ist. So wird die Theorie bis zur Relativitätstheorie und ihren Folgerungen fortgeführt. Jeder, der in die Theorie der Elektrizität eingeführt werden will und mit dem nötigen mathematischen Rüstzeug — einschließlich der Vektoranalysis — gewappnet ist, wird mit großem Gewinn das Buch studieren.

A. Wenzel.

Atombau und periodisches System der Elemente. Von KARL MAHLER. Berlin 1927, Otto Salle. (Aus math.-naturw.-techn. Bücherei. Bd. 9.) 123 Seiten, geb. RM 3.20.

Es ist dem Verfasser gut gelungen, einen einführenden und übersichtlichen Bericht über die neuere Atomtheorie und die damit zusammenhängenden experimentellen Tatsachen zu geben, deren theoretische Klärung ja vorläufig noch manchen Widerspruch mit klassischen Auffassungen zeigt. Daß trotzdem das Gewicht der in der Atomtheorie gebrauchten Hypothesen groß genug ist, um nicht an jenem Widerspruch zugrunde zu gehen, wird aus der Darstellung durchaus klar. Ein Literaturverzeichnis weist den Weg zu ausführlicherer Belehrung, so daß der Wert des Buches in jeder Beziehung den Erwartungen entspricht, die der Verfasser daran knüpft.

Eugen Stock.

Das Weltreich der Technik. Entwicklung und Gegenwart. Von ARTUR FÜRST.

Dritter Band: Der Verkehr auf dem Wasser; der Verkehr in der Luft. 522 S. Text nebst 798 Abbildungen und 30 zum Teil farbigen Tafeln. Berlin 1926, Ullstein Verlag. Geb. RM 36.—

Vierter Band: Lastenförderung; Kraftmaschinen; der elektrische Starkstrom. 528 S. Text nebst 963 Abbildungen und 26 zum Teil farbigen Tafeln. Berlin 1927, Ullstein Verlag. Geb. RM 36.—

Das groß angelegte Werk ist nunmehr abgeschlossen. Sein inzwischen verstorbener Verfasser hat es nicht mehr völlig zu Ende bringen können. Der 163 Textseiten umfassende letzte Abschnitt über den elektrischen Starkstrom im 4. Bande ist von HANS DOMINIK hinzugefügt.

Die beiden Hauptabschnitte des vorletzten Bandes sind in folgender Weise unterteilt: Flüsse und Kanäle (68 S.); die Häfen (24 S.); das Schiff (139 S.); Schiffslenkung — Seezeichen (60 S.). — Der Ballon (55 S.); das lenkbare Luftschiff (55 S.); das Flugzeug (112 S.). Was innerhalb der einzelnen Kapitel geboten wird, sei durch das Beispiel des Inhalts von S. 138 bis 153 belegt: Wie ein Schiff entsteht; vorbereitende Arbeiten; Paraffinmodell; Schleppversuche; Festigkeits- und Gewichtsberechnung; Schwerpunkt und Metazentrum; Baurisse; Schnür-

bodenrisse; Halbmodell. — Kiel; Steven; Wrangen; Spanten; Deckbalken; Außenhaut; Beplattung des Decks. — Helling; Stapel; Zusammennieten des Schiffskörpers; Stapellauf. Diese Darlegungen werden durch 26 Figuren im Text und 2 Tafeln mit 20 Abbildungen erläutert.

Der Schlußband behandelt die Lastenförderung in den Kapiteln: Stetige Förderer (29 S.); Hebezeuge (28 S.); Rohr- und Seilpost (15 S.); Aufzüge (16 S.). Die Kraftmaschinen umfassen: Muskel-, Wind- und Wasserkraftmaschinen, Talsperrn (64 S.); die Kolbendampfmaschine (98 S.); die Dampfturbine (24 S.); Dampfkessel (42 S.); die Gas- und Ölmaschine (46 S.). Endlich findet man: die Entwicklung der Starkstromtechnik (36 S.); die technische Beherrschung der elektrischen Energie (77 S.); die Anwendungsgebiete des Starkstroms (36 S.); das Großkraftwerk der Gegenwart (14 S.). Liest man z. B. von S. 253 an, so bringen die nächsten 5 Textseiten: Dampfkolbenmaschine und Dampfturbine; Anwendungsgebiete und Leistungen der Dampfturbine; Unterschiede gegenüber der Kolbenmaschine; die Dampfüberhitzung bei der Turbine; Umdrehungszahlen; Vorläufer der Dampfturbine; Wasserturbine und Dampfturbine; Dampfausnutzung. Diesen Text veranschaulichen 10 Bilder und Figuren.

In beiden Bänden erleichtern ausführliche und geschickt zusammengestellte Stichwörterverzeichnisse von etwa je 10 Druckseiten Umfang das Zurechtfinden.

Schon der Titel „Weltreich der Technik“ drückt aus, daß ein unerschöpfliches Thema gewählt ist. Es konnte nur darauf ankommen, solche Stücke herauszugreifen, die allgemeiner Teilnahme sicher sind. Die Darstellung war dem Verständnis weiter Schichten anzupassen; denn alle benutzen technische Errungenschaften auf Schritt und Tritt, und sehr viele haben das Verlangen, wenigstens einen ungefähren Einblick zu gewinnen in das verwirrende Getriebe der von der Technik geschaffenen Wunderwerke. Die getroffene Auswahl und die Formgebung verraten eine Meisterhand. Leicht, im Sinne eines unterhaltsamen Lesestoffes, ist das Werk keineswegs geschrieben, und es war auch nicht so „populär“ abzufassen, sollte ein seichtes Gerede vermieden werden. Das Eindringen in die Begriffswelt des Technikers bleibt mühsam, trotz der unleugbaren Vorzüge der an Flüßr bekannten einfachen und klaren Schreibweise. Mit großem Geschick versteht es der Verfasser, den Stoff lebendig zu gestalten. Ehe noch rein sachliche Erörterungen das Interesse des im technischen Denken Ungeübten zu ersticken vermögen, geben wertvolle geschichtliche Mitteilungen Aufschluß über die Frage, wie das Beschriebene so geworden ist. Einzelheiten, die für sich ermüden könnten, werden in große Zusammenhänge hineingestellt. Man begegnet guten Bekannten aus der Weltliteratur, und öfter übt ein köstlicher Humor seine erfrischende Wirkung aus. Kurz, die Gefahrenzonen sind deutlich erkannt und bewußt gemieden.

Die Ausstattung der beiden Bände ist ganz hervorragend. Schon das Durchmustern der Bilder macht großen Eindruck. Überall sieht man technische Hilfsmittel und umfangreiche Anlagen dargestellt, vor denen man bereits irgendwo in der Wirklichkeit gestanden hat. Die Erinnerung reizt dann zum Nachlesen der durch die Bildbeigaben illustrierten Abschnitte an. Überhaupt verfolgt das ganze Werk kaum den Zweck, daß es in einem Zuge durchgelesen werden soll. Es bietet vielmehr eine recht geschickt zusammengestellte Stoffsammlung, zu der man wie zu einem viel gebrauchten Nachschlagebuch oft greifen wird, um sich Aufklärung zu verschaffen.

Der Fachmann auf einem Teilgebiet wird in einem solchen Riesenwerk immer Stellen aufzeigen können, an denen etwas zu bemängeln ist. Solange Kritik am einzelnen die Freude am Ganzen nicht verdirbt, mag die Aufzählung von Unvollkommenheiten hingehen. Hier soll darauf aber verzichtet werden, weil das Werk auf jeden Fall einer warmen Empfehlung wert ist.

Die Lehrer der Naturwissenschaften, die ihren Unterricht durch Hineinarbeiten praktischer Anwendungen beleben wollen, finden in diesem Weltreich der Technik zahllose Anregungen. Viele Bilder und Textstellen eignen sich unmittelbar zur Wiedergabe mittels des Episkops.

Unsere Schüler sind für alles Technische stark interessiert. Ihr Wunsch, einzudringen in das Innere der Vorrichtungen, deren Gebrauch sie allenthalben sehen, läßt sich erfüllen, wenn man ihnen diese Bände zu eigener Beschäftigung damit in die Hand geben kann. Unterlagen für Schülervorträge bietet das Werk in Hülle und Fülle, und auch Arbeitsgemeinschaften werden bei seiner Benützung auf ihre Rechnung kommen. Daher sollten Schulen, denen das Aufbringen der erforderlichen Mittel möglich ist, dieses Weltreich der Technik für ihre Büchereien beschaffen.

Mth.

Die Methodik des Physikunterrichts in der Volksschule. Von Dr. HEINRICH KLEINERT. 48 Seiten. Bern 1927, Paul Haupt. Geheftet RM 1.50.

Der Verfasser versucht in dem Werkchen die Grundlagen aufzudecken, worauf er sein „Physikbuch für Sekundarschulen“ aufgebaut hat. Das Ziel dieser Unterrichtslehre ist: den Lehrer mit den Hauptfragen des Unterweizens vertraut zu machen und damit die Unterlagen zu schaffen, die ein sinngemäßes Darbieten des Stoffs ermöglichen. Der Verfasser gliedert den Inhalt folgendermaßen: 1. Zielsetzen. 2. Das Entwickeln des Physikunterrichts. 3. Die Wege des Physikunterrichts. A. Der Schauunterricht. B. Die Schülerversuche. C. Der Werkunterricht. 4. Das Verwenden physikalischer Stoffe in anderen Schulfächern. A. Die Physik im Rechenunterricht. B. Die Physik im gewerblichen Zeichnen. C. Die Physik im Sprechunterricht. D. Allgemeines. 5. Der Begleitstoff der Physik. 6. Das Lehrbuch. 7. Das Verwenden der Hypothese im Physikunterricht. — Schriftenverzeichnis.

Der Verfasser hat eine Menge Bücher gelesen und verknüpft die so erhaltenen Eindrücke auf vielerlei Weisen. Auch verbindet er mannigfaltig die Physik und ihre Wege mit anderen Lehrfächern und Lehrverfahren. Ein Lehrer, der dem ganz modernen Führer zu folgen vermag, empfängt eine Fülle von Anregungen, und wenn er auch nur einen Teil davon mit kluger Auswahl in seinem Unterricht verwirklichen kann, so wird der Gewinn für die Schüler nicht gering sein. Das knapp drei Bogen starke Büchlein enthält auch manche Auffassungen, worüber man sich eigentlich mit dem Verfasser auseinandersetzen müßte; dazu würde aber ein Werk von dreißig Bogen nicht ausreichen. *Hermann Hahn.*

Einführung in die Himmelsmechanik. Von F. R. MOULTON. 2. Aufl. Deutsche Ausgabe von Dr. W. FENDER. Leipzig 1927, B. G. Teubner. 412 Seiten mit 60 Figuren. Geb. RM 20.—

Das Erscheinen dieser bündigen Himmelsmechanik in deutscher Sprache ist mit Freuden zu begrüßen. Verfasser, Professor an der Universität Chicago, versteht es in hervorragender Weise, das schwierige Gebiet in präziser Sprache übersichtlich darzustellen. Reichlich sind Aufgaben, denen vielfach die Lösung beigelegt ist, angefügt. In geschichtlichen Rückblicken wird am Schluß der Kapitel der Werdegang der Forschung klargestellt und auf die klassischen Werke zum tieferen Eindringen in einzelne Fragen hingewiesen. Für deutsche Leser befremdet es allerdings, daß beim Prinzip der Erhaltung der Energie die Verdienste von R. MAYER und HELMHOLTZ gegenüber denen von SPENCER und JOULE verschwiegen bleiben. Da die zahlreichen Beweise durch mehrere bewährte Fachgenossen genau nachgeprüft wurden und gegenüber der ersten Auflage auch sonst zahlreiche Verbesserungen Platz griffen, kann der Jünger der Wissenschaft vertrauensvoll diesem Führer seiner Studien folgen, wengleich die Kürze der Darstellung erhebliche Anforderungen an den Leser stellt, wenn er den Ableitungen mit vollem Verständnis folgen will. Ein besonders ausgearbeitetes Kapitel behandelt die Potentialtheorie. Die Bahnbestimmung wird sowohl nach LAPLACE, als auch nach GAUSS gelehrt. Das Mehrkörperproblem wird sowohl allgemein als auch für besondere Fälle behandelt. Den Abschluß des Werks bildet die Lehre von den Störungen, wobei der Mondtheorie ein besonderer Abschnitt gewidmet ist. *F. Kbr.*

Anfangsgründe der Chemie. Ein Leitfadens für Haushaltungs- und Gewerbeseminare, höhere Mädchen- und Fortbildungsschulen, Chemieschulen und ähnliche Anstalten. Von MAX MÜLLER. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage. Berlin 1927, Julius Springer. V und 159 Seiten mit 41 Abbildungen im Text. Geh. RM 4.20; geb. RM 5.—

Dem Zweck des Buches entsprechend ist unter Verzicht auf Theorie eine große Fülle besonders technologischer Tatsachen gegeben. Man erfährt viel über die Verwendung einzelner Stoffe, so daß man das Buch für rasche Orientierung

zum Einstellen in die Laboratoriumsbücherei empfehlen könnte, wenn nicht bei Stichproben auffallende Mängel festgestellt worden wären. Auf Seite 9 werden als technische Verfahren für Sauerstoffgewinnung das aus Luft über BaO und die Elektrolyse des Wassers (!) genannt; für Wasserstoff fehlt die technische Darstellung ganz; das wohl kaum noch verwendete Kalklicht ist beschrieben, aber kein Wort über autogenes Schweißen und Schneiden steht da (S. 11 f.). Bei Chlor wird nur der Deaconprozeß genannt (S. 21), bei Ammoniak (S. 39) nur die Gasanstalt als Quelle bezeichnet; der Haberprozeß ist erst Seite 42 bei Salpetersäure erwähnt, er soll „mit Hilfe eines starken elektrischen Stromes“ gelingen. Aber auch größere Entgleisungen sind vorhanden: „der in der Luft enthaltene Stickstoff stammt aus Tier- und Pflanzenkörpern“ (S. 38); die Eigenschaften des Aluminiums „sind einer allgemeinen Einführung in die Küchenpraxis hinderlich“ (S. 119); auf S. 61 ist die Diastasewirkung als Gärung bezeichnet; S. 76 ist Stearin einmal als Name für den Ester der Fettsäuren, dann wieder für die Säuren allein gebraucht. Am meisten wundert man sich über die ungleichmäßige Behandlung des Organischen. Verhältnismäßig unbedeutende Stoffe wie Amylalkohol, Bernstein-, Apfel-, Benzoesäure sind mit Formeln erwähnt, aber die Zucker nur bei der Gärung kurz genannt, die Fette nur bei Stearin (Abschnitt Beleuchtung) und bei Seife (3 Seiten unter Natrium). Von Eiweiß, Milch usw. kein Wort. Ob diese Mängel und ob die ganze halb systematische, halb technologische Einteilung (Nichtmetalle, Kohlenstoffverbindungen, Heizung und Beleuchtung, Metalle) sich mit dem Zweck des Buches vertragen, kann ich nicht voll beurteilen, da mir der Unterrichtsbetrieb an den genannten Anstalten unbekannt ist. Für höhere Schulen aber — auch von Mädchen — kommt es als Lehrbuch bestimmt nicht in Frage. *Schneider-Plauen.*

Anleitung für das organisch-chemische Praktikum. Von Dr. F. W. HENLE. Mit einer Vorrede von Prof. Dr. J. THIELE. Mit 55 Figuren im Text. Dritte verbesserte Aufl. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Preis geb. RM 14.—

Die Anleitung von HENLE wird heute an zahlreichen Hochschulen dem organischen Praktikum zugrunde gelegt. Alle wichtigeren organischen Operationen werden an gut gewählten Beispielen durchgeführt. Die zahlreichen Literaturangaben sorgen dafür, daß die Präparate nicht einfach rezeptmäßig hergestellt werden.

Kaum ein Gebiet der praktischen chemischen Übungen ist so geeignet, die Fertigkeit im Experimentieren zu fördern, wie die Darstellung organischer Präparate, denn fast jedes neue Präparat erfordert eine neue und recht oft eine verwickelte Apparatur, an der der Studierende seine experimentelle Geschicklichkeit erproben kann. Leider werden auf der Hochschule von

den künftigen Lehramtskandidaten der Chemie, für die die Fertigkeit im Experimentieren unerlässlich ist, nur ganz wenige und meist auch noch möglichst einfache organische Präparate gefordert.

Kommen von den Präparaten des HENLE für den Unterricht an höheren Schulen auch nur ganz wenige in Frage, so stellen die überaus zahlreichen Versuche, die sich an jedes Präparat anschließen und charakteristische Reaktionen des Präparates, seiner Ausgangsstoffe und seiner Verwandten umfassen, eine wahre Fundgrube für Demonstrations- und Schülerversuche dar, so daß sich schon ihretwegen die Anschaffung des HENLE für die Schule reichlich lohnt. *Dm.*

Kleines Praktikum der Kolloidchemie. Von Prof. Dr. WOLFGANG OSTWALD, mitbearbeitet von Dr. P. WOLSKI und Dr. A. KUHN. 174 S. 6. Auflage. Dresden und Leipzig 1926, Th. Steinkopff. Geh. RM 3.60.

Der um die Förderung der Kolloidchemie verdiente Verfasser hat in seinem kleinen Praktikum der Kolloidchemie eine Fülle von meist einfachen Versuchen beschrieben, die in ganz ausgezeichneter Weise in die Grundlagen der Kolloidchemie einführen. Viele der beschriebenen Versuche können auch im chemischen Unterricht höherer Schulen ausgeführt werden; der Umstand, daß das kleine Praktikum bereits 6 Auflagen erlebt hat, macht eine besondere Empfehlung überflüssig. *Dm.*

Grundbegriffe der Kolloidchemie und ihrer Anwendung in Biologie und Medizin. Einführende Vorlesungen von Dr. HANS HANDOVSKY. 2. durchgesehene Auflage. Berlin 1927, Julius Springer. V und 64 Seiten mit 6 Abbildungen. Geh. RM 2.70.

Dem Titel entsprechend zerfällt das Büchlein in zwei fast gleiche Teile, deren letzter für uns am wichtigsten scheint. Denn der Schulchemiker — auch wenn er zugleich Biologe ist — wird meist der physiologischen Forschung ferner stehen und deshalb dankbar sein für eine solche Zusammenfassung, die einen guten Begriff davon gibt, wie immer tiefer physicochemische Anschauungen und Methoden in Medizin und Biologie eindringen. Darüber hinaus wird er manche neue Betrachtungsweise als fruchtbar auch für rein chemische Systeme erkennen: z. B. den scharfen Unterschied zwischen „freiem“ und Hydratations- oder Quellungswasser. Der erste Teil, die „Einführung in die Grundbegriffe“ wird den meisten von uns nichts Neues bieten; ich möchte sogar den Kollegen, die eine solche suchen, lieber einen mehr von chemischer Seite herkommenden Lehrmeister wünschen. Auf Seite 15/16 steht der Satz: „Heute nimmt man an, daß sie (die Elektrolyte) vollständig dissoziiert sind“. In dieser allgemeinen Form ist das nie von DEBYE und HÜCKEL in ihrer erweiterten Theorie der Elektrolyte ausgesprochen worden, vielmehr nur für die „starken“ Elektrolyte. Übrigens wer die laufenden Berichte in den „Fortschritten der exakten Naturwissen-

schaften“ verfolgt, hat nicht den Eindruck, daß diese Sache schon so weit spruchreif ist, um auch einführende Schriften wie vorliegende zur Rücksichtnahme darauf zu zwingen. Auf Seite 17 ist die Zurückdrängung der Dissoziation durch gleichnamiges Ion als „wichtige Abweichung von den Gesetzen der elektrolytischen Dissoziation“ bezeichnet, was mindestens als schiefer Ausdruck erscheint; denn sie ist vielmehr eine Folgerung des Massenwirkungsgesetzes.

M. Schneider-Plauen.

Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. Von Prof. Dr. RUDOLF HÖBER. 6. neubearbeitete Auflage. 955 Seiten. Leipzig, Wilhelm Engelmann. Geb. RM 42.—.

Der erste Teil des bekannten HÖBERSchen Werkes, dessen frühere Auflagen in dieser Zeitschrift besprochen worden sind, behandelt die physikalische Chemie der homogenen und heterogenen Systeme mit besonderer Berücksichtigung der Erscheinungen, die, wie Osmose und Diffusion, elektrolytische Dissoziation, Grenzflächenvorgänge, Kolloide, Reaktionsgeschwindigkeit, für die Zellvorgänge von besonderer Wichtigkeit sind. — Der zweite Teil bringt dann die Anwendungen der physikalischen Chemie auf Körpersäfte, Zellen und Gewebe. Die neueren Arbeiten über die Bedeutung der Wasserstoff-Ionenkonzentration in den Körpersäften, z. B. im Blut, die Reaktionsregulierung des Blutes durch die Atmung, die Pufferwirkung der Salzlösungen werden ebenso wie die Lehre von den bioelektrischen Erregungsprozessen, z. B. nach NERNST und nach BETHE und TOROPOFF, eingehend berücksichtigt. Zu den interessantesten Abschnitten gehört das Schlußkapitel über die physikalische Chemie des Stoff- und Energiewechsels, deren energetische Verhältnisse noch immer nicht recht durch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu erfassen sind.

Während die bekannten Lehrbücher der physiologischen Chemie das Hauptgewicht auf die Darstellung der Tatsachen legen, versucht das HÖBERSche Buch mit Hilfe der physikalischen Chemie die Tatsachen und Vorgänge in ihrem gesetzmäßigen Verlauf zu erfassen.

Das ausgezeichnete Werk bietet den Chemie- und Biologielehrern an höheren Schulen eine Fülle von Anregungen für ihren Unterricht.

Dm.

Aus Leben und Beruf. Aufsätze, Reden, Vorträge von FRITZ HABER. Mit einem Bildnis. VII und 173 Seiten. Berlin 1927, Julius Springer. Preis geh. RM 4.80; geb. RM 5.70.

Die aus den Jahren 1921—1925 stammenden Aufsätze, Reden und Vorträge HABERS gestatten einen tiefen Einblick in die geistige Vielseitigkeit des genialen Chemikers, der hier aus seiner eigenen Lebensarbeit heraus über die Fortschritte der Chemie berichtet, die Notwendigkeit der Pflege der Wissenschaft durch ihre Bedeutung für Wirtschaft und Staat begründet, oder über Eindrücke seiner Reisen nach Amerika oder Japan berichtet

und daraus die Folgerungen für die Art der Pflege unserer ausländischen Beziehungen zieht.

Der Verfasser erweist sich ferner als ein Meister in der anschaulich-gemeinverständlichen Darstellung selbst schwieriger chemischer Fragen, z. B. in dem Vortrag über die Grenzgebiete der Chemie vor den amerikanischen Ärzten, wo er die neueren Probleme des Atom- und Molekülbauens entwickelt.

Wo es gilt, für die Pflege und Förderung der Wissenschaften neue Mittel zu werben, kann es kaum einen besseren Anwalt geben als HABER, der ja durch seine Lebensarbeit selbst den eindruckvollsten Beweis dafür erbracht hat, daß die wissenschaftliche Forschung einem Lande von größtem wirtschaftlichen Nutzen sein kann. Seine Reden über Wissenschaftspflege, über Staat und Wissenschaft und über die Notgemeinschaft deutscher Wissenschaft werden daher noch lange ihre allgemeine Bedeutung behalten. Von ganz besonderem Interesse sind auch alle Reden und Vorträge, die er im Zusammenhang mit seiner Japanreise, teils in Japan, teils in Deutschland, gehalten hat und die uns den großen Gelehrten

als theoretischen und praktischen Volkswirtschaftler schätzen lehren, der die Fäden von Land zu Land geschickt zu spinnen weiß.

Die Lektüre des Buches stellt einen hohen Genuß dar; kein Lehrer der Chemie wird sie versäumen dürfen. *Dm.*

Der Naturwissenschaftler im Unterrichtswesen. Von TIMERDING und JORDAN. Merkblätter für Berufsberatung. Herausgegeben von der Zentralstelle für Berufsberatung der Akademiker e. V. Berlin S. W. 48, Verlag Trowitsch & Sohn. Preis des Heftes 40 Pfennig.

Neben der fachlichen wird sehr mit Recht von allen, die Lehrer werden wollen, pädagogische Begabung, Liebe zur Jugend und Temperament gefordert. Nach der Besprechung der Fächerkombinationen werden die Forderungen der Prüfungsordnung mitgeteilt, Fortbildungsmöglichkeiten, Promotion, Fach- und Berufsverbände und einige Literatur besprochen. Was die Studierenden am meisten vermissen, sind Studienpläne, die leider nicht mitgeteilt werden. *Dm.*

Vereine und Versammlungen.

Bericht über die 30. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts vom 10. bis 14. April 1928 in Stuttgart.

In der ersten allgemeinen Sitzung sprach Ministerialrat Dr. LÖFFLER-Stuttgart über „Denkmittel der Mathematik im Dienste anderer Wissenschaften“. Der Redner zeigte, wie die axiomatische Methode außer in der Mathematik auch in anderen Wissenschaften (Naturwissenschaften, Rechtswissenschaft, Philosophie usw.) Verwendung findet, ebenso wie die von subjektiven Einflüssen freien Zeichen und Symbole, die oft zu neuen Erkenntnissen verholfen haben. Er untersuchte sodann noch das in der Mathematik entwickelte Gesetz der formalen Ähnlichkeit in seiner Bedeutung für andere Wissensgebiete und das in der Mathematik gebräuchliche Verfahren der Adjunktion, d. h. der Ausdehnung gewisser Begriffe und Sätze auf Gebiete, denen sie ursprünglich fremd waren.

Prof. Dr. GRAMMEL-Stuttgart hielt darauf eine Gedenkrede zum Gedächtnis ROBERT MAYERS. Nach einer Schilderung des Lebensganges des großen schwäbischen Naturforschers zeigte er, wie ROBERT MAYER bereits den axiomatischen Charakter des Satzes von der Erhaltung der Energie erkannt hatte. „Wer den ROBERT MAYERSchen Fundamentalsatz leugnet, ist verpflichtet, unverzüglich ein Perpetuum mobile vorzuzeigen, oder er muß sich durch die Logik geschlagen bekennen.“

Prof. Dr. GERLACH-Tübingen zeigte in seinem Vortrag „Die Bedeutung des Energiegesetzes in der modernen Physik“, wie man

das Energiegesetz durch die neuesten Forschungen der Atomphysik auf Grund der PLANCKSchen Energiequanten, durch das lichtelektrische Gesetz von EINSTEIN und den Compton-Effekt und nach dem Versagen der Mechanik in der Atomtheorie nicht mehr unmittelbar zeitlich und räumlich im Elementarprozeß gelten läßt, sondern nur als statistisches Mittelwertgesetz ansieht. Soweit aber der Elementarakt unserer Beobachtung zugänglich ist, scheint auf Grund neuerer Versuche das Energiegesetz streng zu gelten. Auch in der allgemeinen Wellenkorpuskelvorstellung von DE BROGLIE und SCHRÖDINGER, die sich als eine ganz neue Grundlage der Physik darstellt, spielt das Energiegesetz, wie es sich aus der Relativitätstheorie ergab, eine grundlegende Rolle.

In Vertretung des erkrankten Prof. Dr. WILKE-Dörfurt las Dr. KISSLING-Böblingen dessen Gedenkrede auf FRIEDRICH WÖHLER vor, worin WÖHLER als genialer Forscher, Entdecker und als unvergleichlicher Lehrer gefeiert wurde.

Prof. Dr. EWALD-Stuttgart sprach über „Die Strukturlehre der Kristalle im Schulunterricht“. An einigen Beispielen (isotrope und anisotrope Eigenschaften, Röntgeninterferenzen, Doppelbrechung, elastische und thermische Eigenschaften, Struktur und chemische Eigenschaften) stellte er dar, was nach seiner Ansicht im Schulunterricht, ohne Schwierigkeit für das Verständnis der Schüler, gebracht werden könne.

Der Vortrag von Prof. R. WINDERLICH-Oldenburg „Über das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht“ ist in Heft 4 des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift ausführlich wiedergegeben.

In der physikalischen Fachgruppe hielt Prof. Dr. REGENER-Stuttgart einen Vortrag über „Neuere Versuche über die sog. durchdringende Höhenstrahlung in der Atmosphäre“. Diese mit der Höhe über dem Erdboden zunehmende, durch ionisierende Wirkung auf den Gasinhalt eines luftdicht verschlossenen Gefäßes meßbare Strahlung vom Charakter der Gamma-Strahlung der radioaktiven Substanzen (HESSsche Strahlung) stammt aus der Sternwelt, und zwar scheinbar von den gelbroten veränderlichen Sternen vom Miria-Typus. Die Entstehungshypothesen dieser Strahlung wurden dargelegt.

Über „Das Gezeitenproblem der Atmosphäre“ trug Prof. Dr. KLEINSCHMIDT-Stuttgart vor. Durch Mond und Sonne erzeugte Gezeitenkräfte, kombiniert mit einer durch den täglichen Temperaturgang hervorgerufenen halbtägigen Luftdruckwelle, erzeugen, unter der Voraussetzung annähernd gleicher Amplituden der beiden Druckwellen, eine Wellenresultante, deren Maximum zeitlich mit der halbtägigen Barometerschwankung zusammenfällt. Unter der Voraussetzung, daß außerdem noch die Vergrößerung der Welle durch die Resonanzfähigkeit der Atmosphäre auf etwa das Vierhundertfache für möglich gehalten wird, wäre demnach das Problem der halbtägigen Barometerschwankung gelöst.

In einem Vortrag „Die Bedeutung der physikalischen und Elektrochemie für den Schulunterricht“ demonstrierte Prof. Dr. GRUBE-Stuttgart eine Anzahl anschaulicher Versuche aus den verschiedensten Gebieten der physikalischen Chemie, um zu zeigen, wie die physikalische Chemie ihrer heutigen Bedeutung entsprechend auch mit den einfachen Mitteln eines Schullaboratoriums stärker im Schulunterricht herangezogen werden kann.

„Die Entstehung Europas“ war das Thema eines Vortrages von Prof. Dr. HENNING-Stuttgart, in dem der Vortragende die erdgeschichtliche Entwicklung Europas in kurzen Zügen darlegte.

In der mathematischen Fachgruppe sprachen Prof. Dr. PFEIFFER-Stuttgart über „Mathematische Methoden bei speziellen Problemen der Elastokinetik“, Prof. Dr. KNOPP-Tübingen über „Das Gewichtsproblem des Leonardo von Pisa und verwandte Probleme in der modernen Zahlentheorie“. Dr. ROSE-Hagen i. W. behandelte in seinem Vortrag „Psychologie und mathematischer Unterricht“ hauptsächlich die Frage: Welche geistigen Kräfte können neben der Übermittlung von Wissensstoff durch den Mathematikunterricht geweckt und gefördert werden? Neben den bewußten geistigen Kräften will er auch die unbewußten, das Instinktiv-Schöpferische, geweckt wissen.

In der biologischen Fachgruppe wurden folgende Vorträge gehalten: Regierungsrat Dr. LOTZE-Stuttgart „Über die Bedeutung der Zwillingsforschung für die menschliche Erblichkeitslehre“. Prof. Dr. HARDER-

Stuttgart über „Die Rolle von Protoplasma und Kern bei der Übertragung von Eigenschaften“. Dr. RÖMMERT-München: „Mikroprojektionsversuche mit niederen Organismen“.

Neben den Ausstellungen der Lehrmittelfirmen und der Ausstellung alter mathematischer und naturwissenschaftlicher Werke der Württembergischen Landesbibliothek interessierte vor allem die Ausstellung von Lehrmitteln der Württembergischen Landesanstalt für Erziehung und Unterricht (Musterbücherei, Aquarien, Terrarien, chemische Industrie und Bodenschätze Württembergs, Schülerzeichnungen aus der Geometrie und Schülerarbeiten aus dem biologischen Unterricht). Die Vorführung von Schulversuchen in der Württembergischen Landesanstalt für den Physikunterricht unter Leitung von Dr. WILDERMUTH war nicht nur durch die zum Teil in dieser Zeitschrift beschriebenen Schülerübungsapparate lehrreich, sondern gewährte auch einen erfreulichen Einblick in die Großzügigkeit, mit der die Landesanstalt mit Hilfsmitteln (Drehbänken, Werkzeugmaschinen und Räumen) ausgestattet worden ist; möchten sich doch die Unterrichtsverwaltungen anderer, auch größerer deutscher Länder an Württemberg ein Beispiel nehmen.

Der Tagung voraus ging eine geologisch-morphologische Exkursion am Lichtenstein unter der sachkundigen Führung von Prof. Dr. WAGNER-Stuttgart; an die Tagung schloß sich ein zweiter geologischer Ausflug in den Schwarzwald und das Heckengäu und ein dritter nach Holzmaden und auf die Rauhe Alp an. Botanische, landes- und kulturkundliche Wanderungen sowie ein Besuch der Zeppelinwerke in Friedrichshafen schlossen die Tagung ab.

Auf der Tagung wurde die folgende Entschliebung gefaßt:

Eine Reform des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen ist im Sinne der neueren Richtlinien nur dann mit Erfolg durchzuführen, wenn neben ausreichenden Mitteln für die Beschaffung der Einrichtungen und Lehrmittel größere Summen als bisher für die Fortbildung der Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften zur Verfügung gestellt werden. Durch den Besuch von Fortbildungskursen, durch die Gewährung von Studienurlaub, durch Besuch von Kongressen, sowie durch Reisen im In- und Auslande müssen sich die Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften auf den höheren Schulen dauernd mit den Fortschritten ihrer Wissenschaften, der Technik und der Pädagogik vertraut machen, wenn ihre Bildungs- und Erziehungsarbeit nicht erstarren und die Frische und Lebensnähe nicht verlieren soll. Der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts richtet daher an die Unterrichtsverwaltungen der deutschen Länder die Bitte, dieser Frage ihre besondere Aufmerksamkeit zuwenden und größere Mittel für diese Zwecke einzusetzen zu wollen.

Dm.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 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.	Januar							Februar					März 2	
	0h	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20		25
♃	AR	19h 19m	19.54	20.29	21.0	21.26	21.42	21.43	21.27	21.4	20.47	20.43	20.50	21.5
	D	-24,3°	-23,0	-21,0	-18,5	-15,6	-13,0	-11,4	-11,5	-13,0	-14,7	-16,0	-16,6	-16,6
♂	AR	21h 46m	22.8	22.30	22.51	23.11	23.30	23.49	0.8	0.26	0.43	0.59	1.15	1.29
	D	-15,3°	-13,1	-10,8	-8,4	-5,9	-3,4	-0,8	+1,7	+4,2	+6,6	+9,0	+11,2	+13,3
♁	AR	18h 44m	19.6	19.28	19.49	20.11	20.32	20.52	21.13	21.33	21.52	22.12	22.31	22.50
	D	-23,1°	-22,6	-21,9	-21,1	-20,1	-18,9	-17,6	-16,1	-14,6	-12,9	-11,2	-9,3	-7,5
♄	AR	5h 40m	5.33	5.28	5.24	5.21	5.20	5.20	5.22	5.25	5.29	5.34	5.40	5.46
	D	+26,8°	+26,8	+26,7	+26,6	+26,5	+26,5	+26,4	+26,3	+26,3	+26,3	+26,2	+26,2	+26,2
♃	AR	1h 55m		1.57		1.59		2.3		2.8		2.14		2.20
	D	+10,5°		+10,7		+11,0		+11,4		+11,8		+12,4		+13,0
♂	AR	17h 33m				17.42				17.51				17.57
	D	-22,1°				-22,2				-22,3				-22,3

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

Δ	6h	7.	7.	7.	7.	8.	8.	8.	9.	9.	9.	10.	10.
	40m 38s	0.20	20.3	39.46	59.29	19.12	38.54	58.37	18.20	38.3	57.45	17.28	37.11
Zeitgl.	+3m 19s	+5.38	+7.46	+9.39	+11.15	+12.31	+13.28	+14.5	+14.22	+14.19	+13.57	+13.19	+12.25

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. M. E. Z.

Aufg.	8h 14m	8.12	8.10	8.6	8.0	7.54	7.47	7.38	7.29	7.20	7.9	6.59	6.48
Unterg.	15h 54m	16.0	16.7	16.15	16.23	16.32	16.41	16.51	17.0	17.10	17.20	17.29	17.38

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

Aufg.	23h 9m	3.58	8.59	10.44	12.15	17.58	(24.31)	5.12	8.21	9.33	12.40	19.39	0.40
Unterg.	11h 38m	12.47	16.11	22.30	4.4	9.5	10.21	12.13	17.42	(24.23)	5.41	8.0	9.12

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Jan. 11. 0h 28,2m Febr. 9. 17h 55,1m	Jan. 18. 15h 15,1m Febr. 17. 0h 22,5m	Jan. 25. 7h 9,1m Febr. 23. 18h 58,6m

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

I		II		III		IV	
Jan. 1. 16h 5,7m A	Febr. 7. 20h 12,8m A	Jan. 4. 17h 4,3m A	Jan. 1. 20h 29,9m E				
„ 6. 23h 32,4m A	„ 14. 22h 8,3m A	„ 11. 17h 25,5m E	„ 1. 22h 20,7m A				
„ 8. 18h 1,3m A	„ 23. 18h 32,6m A	„ 11. 19h 41,7m A	„ 9. 0h 32,7m E				
„ 15. 19h 57,0m A	März 2. 20h 28,0m A	„ 18. 20h 3,0m E	Febr. 6. 16h 39,9m E				
„ 22. 21h 52,7m A		„ 18. 22h 19,2m A	„ 6. 18h 30,5m A				
„ 24. 16h 21,6m A		„ 25. 22h 40,7m E	„ 13. 20h 42,0m E				
„ 31. 18h 17,2m A		Febr. 5. 16h 53,9m A	„ 13. 22h 32,7m A				
		„ 12. 17h 15,6m E					
		„ 12. 19h 31,9m A					
		„ 19. 19h 53,7m E					
		„ 19. 22h 10,1m A					

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

M. E. Z.	♃	♂	♄	♁	♂
Jan. 1.	—	Da 16,3h U 19,8h	Da 16,8h Dm 7,3h	Da 16,9h U 2,2h	(7,0h)
„ 11.	—	Da 16,5h U 20,3h	Da 17,0h U 6,9h	Da 17,1h U 1,6h	A 6,3h Dm 7,0h
„ 21.	Da 17,4h U 18,1h	Da 16,8h U 20,8h	Da 17,3h U 6,1h	Da 17,4h U 1,0h	A 5,7h Dm 6,8h
„ 31.	Da 17,7h U 18,0h	Da 17,1h U 21,2h	Da 17,6h U 5,4h	Da 17,7h U 0,4h	A 5,2h Dm 6,6h
Febr. 10.	—	Da 17,4h U 21,5h	Da 17,9h U 4,9h	Da 18,0h U 23,9h	A 4,6h Dm 6,3h
„ 20.	—	Da 17,7h U 21,8h	Da 18,2h U 4,4h	Da 18,3h U 23,4h	A 4,0h Dm 6,0h
März 2.	—	Da 18,0h U 22,1h	Da 18,5h U 3,9h	Da 18,6h U 22,9h	A 3,4h Dm 5,6h

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

W. Z. Venus in Konjunktion mit dem Mond 14. 20h; Merkur in gr. östl. Elongation 18° 35', Jan. 22. 15h;
Mars stationär Jan. 27. 10h, Venus in gr. östl. Elongation 46° 48' Febr. 7. 18h. A. Weill.