

ZEITSCHRIFT FÜR DEN PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHT

53. JAHRGANG

1940

HEFT 3

Die Größengleichungen und das Gaußsche Maßsystem.

Von Fritz Emde in Stuttgart.

1. Während bei allen Messungen die Einheiten Volt, Ampere usw. benutzt werden, wird in den Lehrbüchern der theoretischen Physik meist das GAUSSSCHE Maßsystem vorausgesetzt, sei es in der ursprünglichen, von HELMHOLTZ und HERTZ gebrauchten irrationalen Form, sei es in der rationalen Form, die zuerst H. A. LORENTZ 1904 in der Enzykl. der math. Wiss. angewendet hat. In jedem Falle werden dabei als mechanische Grundeinheiten cm, g, sec angenommen, als Energieeinheit also das Erg. Wir wollen im folgenden als Energieeinheit durchweg das Joule wählen, um bequemer an die nicht namenlosen praktischen Einheiten Volt, Amp . . . anknüpfen zu können. Ferner werden wir uns an die LORENTZSCHE rationale Form des GAUSSSCHEN Maßsystems halten.

Wählt man als Längeneinheit das Zentimeter, so ist im LORENTZSCHEN Maßsystem die Einheit der elektrischen Ladung $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$, die Einheit der elektrischen Spannung $\sqrt{\text{Joule}/\text{cm}}$, daher die Einheit der Kapazität cm. Diese Einheiten haben eine andere Dimension als das Coulomb, das Volt, das Farad. Andererseits muß sich doch jede beliebige Ladungseinheit durch eine Anzahl Coulomb angeben lassen, jede Spannungseinheit durch eine Anzahl Volt, jede Kapazitätseinheit durch eine Anzahl Farad. Hier scheint ein unlösbarer Widerspruch vorzuliegen.

Das GAUSSSCHE Maßsystem hat noch eine andere befremdliche Seite. $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$ ist nicht nur eine Einheit der elektrischen Ladung Q , sondern auch eine Einheit des magnetischen Induktionsflusses Φ , während doch beide gewiß verschiedene Größen sind. Ebenso ist $\sqrt{\text{Joule}/\text{cm}}$ die Einheit sowohl der elektrischen Spannung U , wie der magnetischen Spannung V (Linienintegral, Potentialdifferenz); das cm ist sowohl eine Einheit für die Kapazität C , wie für die Induktivität L . Allerdings kommt es auch sonst vor, daß zwei verschiedene Größen mit derselben Einheit gemessen werden können, z. B. Arbeit und Drehmoment. (Die Einheit des Drehmoments müßte freilich besser kgm/Radiant heißen.)

Schließlich hat J. WALLOT bestritten, daß die GAUSSSCHEN Einheiten ein einheitliches Maßsystem bildeten. Sie seien vielmehr eine Mischung von zwei Maßsystemen¹.

2. Für den Übergang von den Buchstaben zu den Zahlenwerten hat J. WALLOT unter dem Stichwort „Größengleichungen“ das folgende Verfahren empfohlen: Man setze für den Buchstaben nicht nur die Maßzahl ein, sondern das „Produkt“ aus Maßzahl und Maßeinheit (die „Größe“) und ersetze darauf z. B. das „Produkt“ Volt \times Ampere durch Watt, den „Quotienten“ Volt/Ampere durch Ohm usw. Auf die Rechtfertigung dieses Verfahrens wollen wir hier nicht eingehen².

Insbesondere für die elektromagnetischen „Größengleichungen“ legt WALLOT die folgende HEAVISIDESCHE Form zugrunde, wobei die nicht erklärten Buchstaben die übliche Bedeutung haben.

¹ Elektrot. Zeitschr. (ETZ) 1922, 1332, Fußnote 19. — Handbuch der Physik von GEIGER und SCHEEL, Bd. II; Elementare Einheiten und ihre Messung, S. 36. 1926.

² Siehe außer WALLOT, a. a. O., noch H. DIESELHORST: ETZ 1927, 426—432. — Ferner ETZ 1930, 586 u. 622.

Energiedichte und Strahlvektor:

$$2 w_e = \mathfrak{E} \mathfrak{D}, \quad 2 w_m = \mathfrak{H} \mathfrak{B}_1, \quad \mathfrak{S} = [\mathfrak{E} \mathfrak{H}]. \quad (1)$$

Materialgleichungen:

$$\mathfrak{D} = \Delta \varepsilon \mathfrak{E}, \quad \mathfrak{M} - \mathfrak{B} = -\mathfrak{B}_1 = -\Pi \mu \mathfrak{H}. \quad (2)$$

OHMSches Gesetz:

$$\rho \mathfrak{G} - \mathfrak{E}^e = \mathfrak{E} \quad \text{oder} \quad R J - E = U. \quad (3)$$

Buchstaben für die Vektorflüsse:

$$\int \mathfrak{D} d\mathfrak{f} = \Omega, \quad \int \mathfrak{B} d\mathfrak{f} = \Phi, \quad \int \mathfrak{G} d\mathfrak{f} = \Theta. \quad (4)$$

POISSONsche Gleichungen:

$$\oint \mathfrak{D} d\mathfrak{f} = Q, \quad \oint \mathfrak{B} d\mathfrak{f} = 0, \quad \oint \mathfrak{B}_1 d\mathfrak{f} = m. \quad (5)$$

Durchflutungs- und Induktionsgesetz:

$$\text{rot } \mathfrak{H} = \mathfrak{G} + \frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t}, \quad \text{rot } \mathfrak{E} = -\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t} \quad (6)$$

oder in integrierter Form:

$$\frac{\nabla}{\circ} (P_\nu \Phi_\nu - M_\nu) = \dot{V} = \Theta + \frac{d\Omega}{dt}, \quad (7)$$

$$\frac{\nabla}{\circ} (R_\nu J_\nu - E_\nu) = \dot{U} = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad (8)$$

(P = „magnetischer Widerstand“, $M = \int \mathfrak{H}^e dr = \int \frac{\mathfrak{M}}{\mu} dr$; Π = magnetomotorische Kraft der permanenten Magnete, $P\Phi - M = V = \int \mathfrak{H} dr$ = magnetische Spannung.)

3. Wenn man in diesen Gleichungen die Buchstaben durch bloße Zahlen ersetzt, so darf man nicht die alten irrationalen, sondern muß die rationalen Einheiten HEAVISIDES benutzen. Wenn man dagegen die Buchstaben durch „Größen“ ersetzt („Produkte“ aus Zahl und Einheit), so darf man ganz beliebige Einheiten wählen. Dieses Verfahren ist als ein großer praktischer Fortschritt zu werten. Es ist die einzige schmerzlose Rettung aus dem nun einmal bestehenden Einheitenelend. Die „Größen“ sind keine neue Erfindung. Schon mit den ersten Worten seines vor 67 Jahren erschienenen Lehrbuches erklärt MAXWELL die Größen als Produkte aus den beiden Faktoren Zahl und Einheit.

Für unsere Größen ist diese HEAVISIDESche Schreibweise der Größengleichungen die einzig mögliche. Will man zu einer anderen Schreibweise der Größengleichungen gelangen, so muß man neue Größen definieren und statt der alten einführen. In dieser Weise habe ich vor fünf Jahren andere Größengleichungen vorgeschlagen, die der Forderung genügen, daß im leeren Raum $\mathfrak{D} = \mathfrak{E}$ und $\mathfrak{B} = \mathfrak{H}$ wird. Ich habe dies die didaktische Schreibweise genannt¹.

Indem wir in den angegebenen Größengleichungen die gebräuchlichen Größen durch neue ungebräuchliche ausdrücken, wird es uns jetzt gelingen, die scheinbaren Widersprüche und Wunderlichkeiten des GAUSSschen Maßsystems, auf die wir schon hingewiesen haben, in so einfacher Weise zu beseitigen, daß nachträglich alles fast selbstverständlich erscheinen wird.

4. Wir definieren neue, durch einen Strich gekennzeichnete Größen von anderer Dimension als die alten. Wir wollen sie die „GAUSSschen“ nennen und im Gegensatz dazu die Größen ohne Strich die „MAXWELLSchen“. In der Tat gehen die dafür entscheidenden Gleichungen (1), (2), (6) — abgesehen von Nebensachen — auf MAXWELL zurück.

$$\mathfrak{D}' = \frac{\mathfrak{D}}{\sqrt{\Delta}}, \quad \mathfrak{E}' = \mathfrak{E} \sqrt{\Delta}, \quad R' = R \Delta, \quad Q' = \frac{Q}{\sqrt{\Delta}} \quad (9)$$

$$\mathfrak{B}' = \frac{\mathfrak{B}}{\sqrt{\Pi}}, \quad \mathfrak{H}' = \mathfrak{H} \sqrt{\Pi}, \quad P' = P \Pi, \quad m' = \frac{m}{\sqrt{\Pi}} \quad (10)$$

¹ S. diese Z. 48, 149 (1935).

Wir ersetzen also \mathfrak{D} durch $\mathfrak{D}' \sqrt{\Lambda}$, \mathfrak{E} durch $\mathfrak{E}' / \sqrt{\Lambda}$, \mathfrak{B} durch $\mathfrak{B}' \sqrt{\Pi}$, \mathfrak{H} durch $\mathfrak{H}' / \sqrt{\Pi}$. Die übrigen Größen sind in leicht ersichtlicher Weise entsprechend zu behandeln. Dadurch nehmen manche unserer Gleichungen eine andere Form an, manche bleiben ungeändert, z. B.

$$2 w_e = \mathfrak{E}' \mathfrak{D}', \quad 2 w_m = \mathfrak{H}' \mathfrak{B}'_1, \quad \mathfrak{S} = [\mathfrak{E}' \mathfrak{H}'] : \sqrt{\Pi \Lambda}, \quad (1')$$

$$\mathfrak{D}' = \varepsilon \mathfrak{E}', \quad \mathfrak{M}' - \mathfrak{B}' = -\mathfrak{B}'_1 = -\mu \mathfrak{H}', \quad (2')$$

$$\overset{\circ}{V}' : \sqrt{\Pi \Lambda} = \mathcal{O}' + \frac{d\Omega'}{dt} \quad (7'), \quad \overset{\circ}{U}' : \sqrt{\Pi \Lambda} = -\frac{d\Phi'}{dt}. \quad (8')$$

Diese Gleichungen für die GAUSSSchen Größen stimmen genau überein mit den Zahlenwertgleichungen von LORENTZ in der Enzyklopädie. Für diese Gleichungen bilden also die LORENTZschen Einheiten ein Maßsystem und nicht eine Mischung von zwei Maßsystemen. Dasselbe gilt von den irrationalen GAUSSSchen Einheiten. Dagegen bilden z. B. die GORGISchen Einheiten gegenüber diesen Gleichungen kein Maßsystem.

Die Einheit $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$ gilt nicht für die MAXWELLSche Ladung Q und nicht für den MAXWELLSchen Induktionsfluß Φ , sondern für die GAUSSSche Ladung $Q' = Q / \sqrt{\Lambda}$ und für den GAUSSSchen Induktionsfluß $\Phi' = \Phi / \sqrt{\Pi}$. Die Einheit $\sqrt{\text{Joule} / \text{cm}}$ gilt nicht für die MAXWELLSche elektrische Spannung U und magnetische Spannung V , sondern für die GAUSSSche elektrische Spannung $U' = U \sqrt{\Lambda}$ und für die GAUSSSche magnetische Spannung $V' = V \sqrt{\Pi}$. In der Tat haben Q' und Φ' dieselbe Dimension, ebenso U' und V' . Der scheinbare Widerspruch, auf den wir eingangs hingewiesen haben, löst sich also dahin auf, daß die verschieden dimensionierten und daher aufeinander nicht zurückführbaren Einheiten Coulomb und $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$ nicht für dieselbe, sondern für verschiedene „Größen“ gelten. Ebenso gelten die Einheiten Volt und $\sqrt{\text{Joule} / \text{cm}}$ für verschiedene Größen.

Mit $c = 1 / \sqrt{\Pi \Lambda}$ (Lichtgeschwindigkeit) und $\Gamma = \sqrt{\Pi / \Lambda}$ (Wellenwiderstand) bestehen die Beziehungen:

$$\begin{array}{llll} \frac{Q}{U} = \Lambda \frac{Q'}{U'}, & \frac{V}{Q} = c \frac{V'}{Q'}, & \frac{\Phi}{Q} = \Gamma \frac{\Phi'}{Q'}, & \left| \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{D}} \right| = \Gamma \left| \frac{\mathfrak{B}'}{\mathfrak{D}'} \right| \\ \frac{\Phi}{V} = \Pi \frac{\Phi'}{V'}, & \frac{U}{\Phi} = c \frac{U'}{\Phi'}, & \frac{U}{V} = \Gamma \frac{U'}{V'}, & \left| \frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{H}} \right| = \Gamma \left| \frac{\mathfrak{E}'}{\mathfrak{H}'} \right| \end{array} \quad (11)$$

Bei einer fortschreitenden Welle ist $w_e = w_m$, daher $|\mathfrak{E}'| = |\mathfrak{H}'|$ und $|\mathfrak{E}| = \Gamma |\mathfrak{H}|$. An Stelle des Wellenwiderstandes Γ tritt im GAUSSSchen Maß die unbenannte Zahl 1. Der Begriff des Wellenwiderstandes ist in den Einheiten untergegangen.

Ebensowenig tritt in den GAUSSSchen Gleichungen die Kapazitätskonstante Λ und die Induktivitätskonstante Π explizit auf. Sie kommen nur in der Verbindung $\sqrt{\Pi \Lambda} = 1/c$ vor. Bei feststehenden Einheiten sind sie Gegenstand der Messung. Ihre Maßzahlen unterliegen einer beständigen Verbesserung mit fortschreitender Meßgenauigkeit. Daher ist es als ein Mangel der GAUSSSchen Schreibweise der Gleichungen zu beurteilen, daß die beiden Vakuumkonstanten nicht sichtbar werden.

Die schon erwähnte didaktische Schreibweise ist von diesen Mängeln frei. Die Vakuumkonstanten treten bei ihr an ihrem wahren Entstehungsort auf, nämlich die Kapazitätskonstante Λ in der POISSONSchen Gleichung, die Induktivitätskonstante Π im Durchflutungsgesetz. Die didaktische Schreibweise hat vor der GAUSSSchen den großen Vorzug, daß keine neuen ungebräuchlichen Einheiten eingeführt werden müssen, sondern daß alle praktischen Zahlenrechnungen genau so verlaufen wie bisher. Die Praxis wird ihre Zahlenrechnungen sicherlich nicht irgendeiner Schreibweise zuliebe ändern. Es bleibt aber wunderlich, wenn die Theorie anders rechnet als die Praxis.

Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß schon drei Grundeinheiten genügen, um alle übrigen Einheiten zu bestimmen, sofern man sich auf die GAUSSSchen Größen

beschränkt. Das drückt sich ja schon durch die Namen der Einheiten aus: $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}^{\pm 1}}$. Erst wenn man zu den MAXWELLSchen Größen übergeht und dazu die GAUSSSchen Größen in zwei Faktoren spaltet, muß man noch eine vierte Grundeinheit wählen. Eine fünfte Grundeinheit ist in keinem Fall erforderlich. Die Verringerung der Zahl der Grundeinheiten von 4 auf 3 ist jedoch nur auf dem Papier ein Gewinn. Denn die Unsicherheit, die auf den Vakuumkonstanten Δ und Π lastet, überträgt sich dadurch auf die Einheiten, die doch vernünftigerweise vollkommen fest sein sollten. Allerdings ist dieselbe Unsicherheit durch die letzten internationalen Beschlüsse über die Änderung der elektrischen Einheiten auch auf die Einheiten für die MAXWELLSchen Größen übertragen worden¹.

5. Wir wollen die Maßzahl einer Größe dadurch bezeichnen, daß wir die Größe zwischen zwei senkrechte Striche einschließen (wie man sonst den Betrag einer komplexen Zahl zu bezeichnen pflegt), z. B. $|Q|$, $|U|$ usw. Für die MAXWELLSchen Größen wollen wir an den Einheiten Volt, Ampere, Sekunde festhalten. Ihnen fügen wir als Längeneinheit zunächst das Zentimeter an, später das Kilometer.

Damit $|Q'| = |U'| = |\Phi'| = |V'| = 1$ werde, muß

$$|Q| = |\sqrt{\Delta}|, \quad |U| = 1 : |\sqrt{\Delta}|, \quad |\Phi| = |\sqrt{\Pi}|, \quad |V| = 1 : |\sqrt{\Pi}| \quad (12)$$

werden. Den alten Einheiten für die neuen (GAUSSSchen) Größen entsprechen also neue Einheiten für die alten (MAXWELLSchen) Größen, nämlich

$$|\sqrt{\Delta}| \text{ Coulomb}, \quad \frac{1}{|\sqrt{\Delta}|} \text{ Volt}, \quad |\sqrt{\Pi}| \text{ Voltsec}, \quad \frac{1}{|\sqrt{\Pi}|} \text{ Amp.} \quad (13)$$

(Die letzte Einheit gilt für die magnetische Spannung. Für den elektrischen Strom ist die Einheit natürlich $|\sqrt{\Delta}|$ Amp.) Die Maßzahlen erhalten wir als „Quotienten“ aus Größe und Einheit, z. B.

$$\frac{Q'}{\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}} = \frac{Q}{\sqrt{\Delta} \text{ Joule} \cdot \text{cm}}, \quad \frac{U'}{\sqrt{\frac{\text{Joule}}{\text{cm}}}} = \frac{U}{\sqrt{\frac{\text{Joule}}{\Delta \text{ cm}}}}, \dots \quad (14)$$

Auf den rechten Seiten stehen im Nenner die neuen Einheiten für die MAXWELLSchen Größen. Diese Einheiten lassen sich natürlich auch in Coulomb, Volt usw. ausdrücken. Das wollen wir jetzt tun.

6. Nach den letzten internationalen Festsetzungen soll die Maßzahl der Induktivitätskonstante Π gleich 4π mal einer ganzen Potenz von 10 sein:

$$\Pi = 1,256\,637\,06 \cdot 10^{-8} \frac{\text{sec}}{\text{cm}} \text{ Ohm} = 1,256\,637\,06 \cdot 10^{-3} \frac{\text{sec}}{\text{km}} \text{ Ohm.} \quad (15)$$

Nach den Messungen von PEASE und PEARSON in luftleeren Stahlröhren² ist die Lichtgeschwindigkeit

$$c = \frac{1}{\sqrt{\Pi \Delta}} = 2,997\,74 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec} = 299\,774 \text{ km/sec.} \quad (16)$$

Daraus folgt der Wellenwiderstand

$$\Gamma = \Pi c = 376,707 \text{ Ohm} \quad (17)$$

und die Kapazitätskonstante

$$\Delta = \frac{1}{\Pi c^2} = 0,885\,528 \cdot 10^{-13} \frac{\text{sec}}{\text{cm}} \frac{1}{\text{Ohm}} = 0,885\,528 \cdot 10^{-8} \frac{\text{sec}}{\text{km}} \frac{1}{\text{Ohm}}. \quad (18)$$

Mit dem Zentimeter als Längeneinheit ergeben sich daraus die folgenden Zahlen.

¹ In dem bekannten Lehrbuch „Das elektromagnetische Feld“ wird schon hervorgehoben, daß nur Kombinationen wie $Q/\sqrt{\Delta}$, $U/\sqrt{\Delta}$ in rein mechanischen Einheiten angegeben werden können. Doch wird dort eine solche Kombination noch nicht als Definition einer neuen Größe aufgefaßt. Siehe dort 1. Aufl. (Leipzig 1900 bei Hirzel) S. 165, 277, 430; 2. Aufl. (Berlin 1927 bei Springer) S. 63, 66, 188, 235.

² Astrophys. J. 82, 26—61 (1935).

Größe	Einheit für die GAUSSsche Größe	Entsprechende Einheit für die MAXWELLSche Größe	Größe	Einheit für die GAUSSsche Größe	Entsprechende Einheit für die MAXWELLSche Größe
Q	$\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$	$2,975\ 78 \cdot 10^{-7}$ Coulomb	Φ	$\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$	$1,120\ 998\ 26 \cdot 10^{-4}$ Voltsec
U	$\sqrt{\text{Joule} / \text{cm}}$	$0,336\ 064 \cdot 10^7$ Volt	V	$\sqrt{\text{Joule} / \text{cm}}$	$0,892\ 062\ 070 \cdot 10^4$ Amp.

Wir können demnach jetzt schreiben:

$$\frac{Q'}{\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}} = \frac{Q}{0,297\ 578 \text{ Mikrocoulomb}}, \quad \frac{U'}{\sqrt{\text{Joule} / \text{cm}}} = \frac{U}{3,360\ 46 \text{ Megavolt}}, \text{ usw.}$$

In Worten: Die GAUSSsche Ladung wird durch dieselbe Maßzahl in $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$ angegeben wie die MAXWELLSche Ladung in Einheiten von 0,297 578 Mikrocoulomb.

Nimmt man statt des Zentimeters das Kilometer gleich 10^5 cm als Längeneinheit, so ändern sich die Zahlen im Verhältnis $10^{\pm 2,5}$, wie die folgende Tabelle zeigt.

Für das ursprüngliche LORENTZsche cgs-System der mathematischen Enzyklopädie (Erg, cm) ergeben sich dieselben Ziffernfolgen wie für Joule und Kilometer. Nur sind die Einheiten entweder $10^{(7+5):2} = 10^6$ oder $10^{(7-5):2} = 10$ mal so klein.

Der GAUSSsche Leitwert hat die Dimension einer Geschwindigkeit. Seine Einheit cm/sec entspricht der Einheit $0,885\ 528 \cdot 10^{-13}$ Siemens für den MAXWELLSchen Leitwert. Oder umgekehrt: 1 Siemens entspricht $1,129\ 27 \cdot 10^{13}$ cm/sec. Um zu elektrischen Einheiten von einer praktischen Größenordnung zu gelangen, muß man also die Einheiten für Länge und Zeit so wählen, daß eine ungeheuer große Geschwindigkeitseinheit entsteht. Vor allem muß man die Zeiteinheit auf 10^{-10} Sek. und noch weiter herunter drücken. Dann rückt auch der Zahlenwert der Lichtgeschwindigkeit c , die in den GAUSSschen Gleichungen auftritt, in die Nähe von 1. Im GAUSSschen Maß werden also entweder die mechanischen oder die elektrischen Einheiten praktisch unbrauchbar. Hier rächt sich das Fehlen einer vierten Grundeinheit.

Größe	Einheit für die GAUSSsche Größe	Entsprechende Einheit für die MAXWELLSche Größe
Q	$\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{km}}$	0,000 094 102 5 Coulomb
U	$\sqrt{\text{Joule} / \text{km}}$	10 626,7 Volt
Φ	$\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{km}}$	0,035 449 077 0 Voltsec
V	$\sqrt{\text{Joule} / \text{km}}$	28,209 479 1 Amp

Wir geben noch die irrationalen Einheiten für die GAUSSschen Größen an:

Es gibt zwei verschiedene Einheiten, die beide gewöhnlich kurz cm genannt werden, nämlich erstens die Einheit für die Kapazität $C = Q / U$:

1 irrat. el. cm = 4π rat. el. cm, entsprechend

$$1,112\ 79 \cdot 10^{-12} \text{ sec Ohm}$$

und zweitens die Einheit für die Induktivität $L = 4\pi \Phi / V$:

$$1 \text{ irrat. magn. cm} = \frac{1}{4\pi} \text{ rat. magn. cm, entsprechend } 10^{-9} \text{ sec} \cdot \text{Ohm.}$$

Das folgende Beispiel soll zeigen, daß man in eine rationale Größengleichung auch irrationale Einheiten einführen darf. — In einer Radiowelle sei der quadratische Mittelwert der magnetischen Feldstärke am Empfangsort $0,500 \cdot 10^{-8}$ Oersted = $0,398 \cdot 10^{-8}$ Amp/cm. Wie groß ist die mittlere Energiestromdichte am Empfangsort?

Größe	Einheit für die GAUSSsche Größe	Entsprechende Einheit für die MAXWELLSche Größe
Q	$\sqrt{\text{Erg} \cdot 4\pi \text{ cm}}$	$0,333\ 585 \cdot 10^{-9}$ Coulomb
Ω	$\sqrt{\text{Erg} \cdot \text{cm} / 4\pi}$	$2,654\ 58 \cdot 10^{-11}$ Coulomb
U	$\sqrt{\text{Erg} / 4\pi \text{ cm}}$	299,774 Volt
m	$\sqrt{\text{Erg} \cdot 4\pi \text{ cm}}$	$1,256\ 637\ 06 \cdot 10^{-7}$ Voltsec
Φ	$\sqrt{\text{Erg} \cdot \text{cm} / 4\pi}$	10^{-8} Voltsec = Gauß $\cdot \text{cm}^2$
V	$\sqrt{\text{Erg} / 4\pi \text{ cm}}$	$0,795\ 774\ 715$ Amp = Oersted $\cdot \text{cm}$

Lösung: In einer fortschreitenden Welle ist $|\mathcal{E}'| = |\mathcal{H}'|$, daher nach der rationalen Formel (1')

$$|\mathcal{E}| = c \mathcal{H}'^2 = 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \left(0,5 \cdot 10^{-8} \sqrt{\frac{\text{Erg}}{4 \pi \text{cm}^3}} \right)^2 = \frac{0,75}{4 \pi} 10^{-6} \frac{\text{Erg}}{\text{sec} \cdot \text{cm}^2} \\ = 0,597 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Erg}}{\text{sec} \cdot \text{cm}^2} = 597 \frac{\text{Erg}}{\text{sec} \cdot \text{cm}^2}.$$

Zur Prüfung berechnen wir

$$|\mathcal{E}| = I |\mathcal{H}| = 377 \text{ Ohm} \cdot 0,398 \cdot 10^{-8} \text{ Amp/cm} = 1,50 \cdot 10^{-6} \text{ Volt/cm}$$

und damit nach (1)

$$|\mathcal{E}| = 1,50 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Volt}}{\text{cm}} \cdot 0,398 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Amp}}{\text{cm}} = 0,597 \cdot 10^{-14} \frac{\text{Watt}}{\text{cm}^2},$$

was mit dem ersten Ergebnis übereinstimmt.

7. Rückblick. Die Einheiten $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$, Coulomb, Voltsec haben verschiedene Dimensionen und sind daher nicht aufeinander zurückführbar. Dasselbe gilt von den Einheiten $\sqrt{\text{Joule/cm}}$, Volt, Amp. Folgerichtig haben wir uns zu der Auffassung entschlossen, daß die Einheiten $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}^{\pm 1}}$ für andere Größen gelten als die vier übrigen Einheiten. Dadurch fiel zugleich die andere Schwierigkeit weg, daß die Einheit $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$ sowohl auf Ladungen wie auf Induktionsflüsse angewendet werden soll, die Einheit $\sqrt{\text{Joule/cm}}$ sowohl auf elektrische wie auf magnetische Spannungen. Sodann wird es begreiflich, daß man für die Klasse der GAUSSSchen Größen nicht ebensoviel Grundeinheiten braucht wie für die Klasse der MAXWELLSchen Größen. Endlich leuchtet ein, daß ein gegebener Satz von Einheiten für eine Klasse von Größen und für die zu diesen gehörigen Größengleichungen ein Maßsystem bilden kann, für eine andere Klasse von Größen und für die zu diesen gehörigen Größengleichungen aber nicht ¹.

Es liegt nahe, gegen unsere Darstellung einzuwenden, sie sei von der herkömmlichen nur im Ausdruck verschieden. Denn zuletzt komme es auf die Maßzahlen an, und es sei gleichgültig, ob man zur Maßzahl dadurch gelangt, daß man die MAXWELLSche Ladung durch die Einheit von (rund) $3 \cdot 10^{-7}$ Coulomb ausdrücke oder die GAUSSSche Ladung durch die Einheit $\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}}$. Das ist richtig. Immerhin werden bei der neuen Darstellung einige Härten vermieden, die die Zusammenhänge fast unverständlich machen.

Rechnerisch zeigt sich der Unterschied bei einem Wechsel der Grundeinheiten. Nehmen wir etwa an, daß für die MAXWELLSchen Größen an den Einheiten Coulomb, Volt, Sekunde festgehalten werde, daß aber die Längeneinheit geändert, z. B. das Zentimeter mit dem Meter vertauscht werde. Dann wird die Einheit für Q' zehnmal so groß, die Einheit für U' zehnmal so klein, während die Einheiten für Q und U ungeändert bleiben.

Die System-Ehre der GAUSSSchen Einheiten ist gerettet. Aber auch die Größengleichungen haben ihre Anpassungsfähigkeit gezeigt und sich aufs neue als ein vortreffliches Darstellungsmittel bewährt.

¹ Natürlich kann man auch für das elektromagnetische Maßsystem, aus dem die praktischen Einheiten hervorgegangen sind, rein mechanisch meßbare Größen einführen. Die magnetischen Größen sind dieselben wie beim GAUSSSchen Maß ($\Phi'' = \Phi'$, $V'' = V'$). Die elektrischen Größen sind dagegen andere, nämlich $Q'' = Q \sqrt{H} = Q'/c$ mit den rationalen Einheiten

$$\text{sec} \sqrt{\text{Joule/cm}} \text{ entsprechend } 0,892 \cdot 10^4 \text{ Coulomb für } Q,$$

$$\text{sec} \sqrt{\text{Erg/cm}} \text{ entsprechend } 2,82 \text{ Coulomb für } Q$$

und $U'' = U / \sqrt{H} = c U'$ mit den rationalen Einheiten

$$\sqrt{\text{Joule} \cdot \text{cm}} / \text{sec} \text{ entsprechend } 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ Volt für } U,$$

$$\sqrt{\text{Erg} \cdot \text{cm}} / \text{sec} \text{ entsprechend } 0,354 \cdot 10^{-7} \text{ Volt für } U.$$

Die irrationalen Einheiten sind

$$\text{sec} \sqrt{4 \pi \text{ Erg/cm}} \text{ entsprechend } 10 \text{ Coulomb für } Q,$$

$$\sqrt{\text{Erg} \cdot \text{cm} / 4 \pi} / \text{sec} \text{ entsprechend } 10^{-8} \text{ Volt für } U \quad \text{ usw.}$$

Kleine Mitteilungen.

Farbreaktionen zur Kennzeichnung von Kunststoffen.

Von Dr.-Ing. Kurt A. F. Schmidt in Brünn.

Die Untersuchung von Kunststoffen nach den bekannten Methoden der organischen Analyse stößt vielfach auf große Schwierigkeiten infolge der besonderen Eigenart dieser Verbindungen. Es liegen hier sehr große Moleküle vor, entstanden durch Kondensation oder Polymerisation aus verhältnismäßig einfachen Bausteinen. Bei der großen Anzahl von Kunststoffen mannigfacher chemischer Stoffklassen ist es aber schwer, durch einen systematischen Gang, schnell und sicher die zu untersuchende Kunststoffprobe ihrer chemischen Natur und Rohstoffgrundlage nach zu kennzeichnen¹.

Es soll hier der Versuch gemacht werden, die einfache und rasche Kennzeichnung der wichtigsten Kunststoffe durch Farbreaktionen, bei Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge, zu ermöglichen. Um zeitraubende Tastversuche zu vermeiden, wird zuerst eine Vorprüfung des zu untersuchenden Probestückes durchgeführt, wodurch die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Gruppe bereits ermittelt werden kann.

I. Vorprüfung.

2 bis 3 g der fein zerkleinerten Kunststoffprobe² werden in ein schwer schmelzbares Probeglas gebracht und vorsichtig stark erwärmt. Die sich hierbei entwickelnden Dämpfe werden geprüft:

1. Ein mit fuchsinschwefliger Säure frisch getränktes Filterpapier wird an die Reagensglasmündung gehalten: rote Färbung deutet auf Aldehydkondensationsprodukte³ hin.

2. Außerdem wird Merkurinitratpapier geschwärzt: Carbamid- und Thio-carbamidharze.

3. Beide Papiere bleiben farblos, jedoch tritt Abscheidung eines kristallinen Sublimates am oberen, kalten Ende des Proberohres auf: Phthaloplaste.

4. Es scheiden sich im kalten Rohrende Tröpfchen ab; a) mit Geruch nach Hyazinthen: Polystyrol. b) ohne diesen: Polymethacrylsäureester.

5. Die auftretenden Dämpfe riechen nach Schwefelwasserstoff und schwärzen Bleiacetatpapier: Thiokol.

6. Die Dämpfe färben Jodkalium-Stärkepapier blauviolett; als Begleiterscheinungen a) Geruch nach verbranntem Gummi: Chlorkautschuk; b) stechender Geruch: Polyvinylchlorid; c) kampferartiger Geruch, Verpuffung unter Entwicklung brauner Dämpfe: Zellulosenitrat.

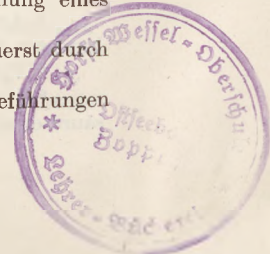
Nicht alle Kunststoffarten lassen sich durch stärkeres Erwärmen so zerlegen, daß ihre Dämpfe zu charakteristischen Reaktionen herangezogen werden können. Es ist daher manchmal notwendig, sich mit weniger guten Erscheinungen zur Vorprüfung zu begnügen.

7. Die untersuchte Probe zeigt keine der vorher beschriebenen Reaktionen, schmilzt jedoch zwischen 70° und 150°: fast immer Polymerisationsprodukte. In diesem Falle versetzt man die so bereits teilweise depolymerisierte Probe mit 2 bis 3 ccm Chloroform, erhitzt zum Sieden und filtriert. Man versetzt das Filtrat mit 1/2 ccm Essigsäureanhydrid und läßt vom Rande konz. H₂SO₄ zufließen. Gegen einen weißen

¹ Vgl. die Versuche von G. BANDEL, Z. angew. Chem. 51, 570 (1938), zur Aufstellung eines Analysenganges bei Kunststoffuntersuchungen.

² Ist auf das Vorhandensein eines Erweichungsmittels zu schließen, so muß dieses zuerst durch Behandeln mit Äther entfernt werden.

³ Unter Umständen kann hier Polyvinylacetal durch Aldehydabspaltung zu Irreführungen Anlaß geben.



Hintergrund wird beobachtet a) gelb bis orange: Polystyrolharze; b) olivbraun bis blaugrün: Polyvinylharze; c) violett (rasch in graubraun übergehend): Kollophonium.

8. Beim Erhitzen Geruch nach verbrannten Federn oder Haaren: Proteinoplaste.

9. Beim Erwärmen Verkohlungs; beim Betupfen einer frischen Probe mit Naphthol-Schwefelsäure¹ a) grüne Färbung: Zellulosenitrat; b) violette Färbung: alle anderen Zellulosemassen.

Nach dieser einfachen und rasch durchführbaren Vorprüfung ist es nun möglich, die zu untersuchende Kunststoffprobe einer bestimmten Grundstoffgruppe zuzuteilen². Die Kennzeichnung des Kunststoffes selbst kann dann innerhalb der so bestimmten Gruppe leicht erfolgen.

II. Kennzeichnung.

Die Vorprüfung deutet auf Aldehydkondensationsprodukte:

Man erhitzt nun 2 bis 3 g fein zerkleinerter Substanz mit ebensoviel Ätznatron, bis die ganze Masse geschmolzen ist. Dann läßt man etwas erkalten und fügt die 4- bis 5fache Menge Wasser hinzu, kocht kurz auf³, läßt erkalten und filtriert.

a) Ein Tropfen des klaren Filtrates wird hierauf zu der Lösung eines Diazoniumsalzes⁴ zugesetzt. Bei Anwesenheit von Phenolen entsteht ein roter bis gelber Azofarbstoff: Phenoplaste.

Steht kein Diazoniumsalz zur Verfügung, so kann für den in gleicher Weise auszuführenden Versuch auch diazotiertes p-Nitranilin verwendet werden, das man wie folgt darstellt⁵: 2 g p-Nitranilin werden in 10 ccm kochenden Wassers und 3 ccm HCl (35 %) gelöst; unter gutem Rühren läßt man rasch erkalten; 15 bis 20 g Eis werden eingetragen und 4 ccm einer Nitritlösung (30 %) oder die entsprechende Menge des Nitrits in fester Form auf einmal hinzugegeben.

Bei sehr hellen Produkten kann auch die Farbreaktion mit MILLON'schem Reagens angewendet werden, die aber manchmal, besonders bei Produkten, die mineralische Zusatzstoffe enthalten, auch versagen kann. Die Prüfung erfolgt dann in folgender Weise. Das alkalische Filtrat wird mit H_2SO_4 angesäuert, wenn notwendig filtriert und mit einigen Tropfen MILLON'schem Reagens⁶ versetzt. Bei Anwesenheit von Phenol tritt Rotfärbung auf (Phenoplaste).

b) Verläuft die erste Prüfung negativ, so werden weitere 2 bis 3 Tropfen des Filtrates mit der doppelten Menge konz. HCl und konz. H_2SO_4 versetzt und zum Sieden erhitzt. Tritt Rotfärbung der Flüssigkeit ein, so liegen Proteinoplaste vor.

c) Sind vorher beschriebene Reaktionen nicht eingetreten, so werden weitere 4 bis 5 Tropfen des Filtrates mit wenig Wasser verdünnt, mit wenig H_2SO_4 angesäuert und auf 0° abgekühlt. Nach Erzielung dieser Temperatur werden einige Tropfen Nitritlösung zugesetzt und das Ganze in eine vorher frisch bereitete, stark verdünnte alkalische Naphthol- oder R-Salz-Lösung gegossen. Bei Vorhandensein aromatischer Amine (Anilin) tritt Bildung eines gelbroten bis olivbraunen Niederschlages ein: Anilinharze (Aminoplaste).

¹ Hergestellt durch Lösen von etwa 1 g Naphthol in 20 ccm konz. H_2SO_4 .

² Es empfiehlt sich, sämtliche Versuche der Vorprüfung der Reihe nach durchzuführen, um so Zusätze oder Mischprodukte zu ermitteln.

³ Bei sehr stark gefärbten Produkten, deren Schmelze sehr dunkel ist, wird mit Vorteil vor dem Aufkochen etwas Tierkohle zugesetzt.

⁴ Am besten eignen sich hierzu die von der I. G. Farbenindustrie A. G. in den Handel gebrachten Echtrotsalze F3G, ITR, GL und Echorange GC.

⁵ Vgl. H. MEYER: Analyse und Konstitutionsermittlung, 5 Aufl., S 307.

⁶ Dieses stellt man her, indem man auf Quecksilber die gleiche Menge rauchender Salpetersäure einwirken läßt und nach beendeter Reaktion mit dem gleichen Volumen Wasser versetzt.

d) Verläuft auch diese Prüfung ohne Erfolg, so werden 4 bis 5 Tropfen des klaren, stark alkalischen Filtrates mit ungefähr 10 Tropfen NESSLERSCHEM Reagens¹ versetzt: eine gelbe bis braune Färbung, die oft erst nach einigen Minuten eintritt, zeigt NH_3 an, woraus auf das Vorhandensein von Carbamid- oder Thiocarbamidharzen geschlossen werden kann².

Zur Unterscheidung dieser beiden versetzt man einige Tropfen des ursprünglichen Filtrates mit der gleichen Menge einer kalt gesättigten, wäßrigen Lösung von Nitroprussidnatrium. Tritt Violett-färbung auf, so sind Thiocarbamidharze, mindestens als Beimengung, vorhanden.

Carbamid- und Thiocarbamidharze. Konnten diese bereits durch die Vorprüfung nachgewiesen werden, so bleibt nur festzustellen, welches von beiden Harzen vorliegt. Dazu eignet sich am besten der STORFERSCHE Thioharnstoffnachweis³.

Die fein zerkleinerte Substanz wird mit starker wäßriger Lauge durch Erhitzen aufgeschlossen und sorgfältig neutralisiert. Der Aufschluß kann auch mit sirupöser Phosphorsäure erfolgen. Das Filtrat wird mit einigen Körnchen Kupferchlorür 2 bis 4 Min. in gelindem Sieden erhalten und dann auf ein mit kalt gesättigter Kaliumferricyanidlösung getränktes Tüfelpapier gebracht. Bei Gegenwart von Thioharnstoff entsteht in der Mitte des Fleckens ein violetter bis blauer Farbton (Trithioharnstoffeuproferriocyanid).

Phthaloplaste. Diese sind durch nachstehende Reaktion leicht erkennbar. Etwa 0,1 g der pulverisierten Kunststoffprobe wird mit einigen Körnchen Resorcin und 1 ccm konz. H_2SO_4 erwärmt. Die Mischung wird dann in überschüssige Natronlauge eingetragen, wobei eine schöne, stark grüne Fluoreszenz (Fluorescein) auftritt.

Polymerisationsprodukte. Eine Unterscheidung der einzelnen Polymerisationsprodukte ist äußerst schwierig und kann daher nur, wie nachstehend beschrieben, in groben Umrissen durchgeführt werden. Meist kommen Mischpolymerisate in den Handel, vielfach unter Zusatz von Erweichungsmitteln, wodurch die Prüfung naturgemäß erschwert wird.

Etwa 1 g Bohrspäne oder Pulver der zu untersuchenden Probe werden in einem Proberohr erwärmt. Die hierbei entwickelten Dämpfe werden am oberen Ende des Reagensglases auf Glaswolle kondensiert. Ein Teil der Glaswolle wird mit heißem Wasser ausgekocht, die Flüssigkeit abgegossen und geprüft.

a) 2 bis 3 ccm der Flüssigkeit werden mit etwas HNO_3 angesäuert und mit Silbernitratlösung versetzt: ein weißer Niederschlag zeigt Chlor an, woraus auf die Gegenwart von Polyvinylchlorid oder Chlorkautschuk geschlossen werden kann.

b) Einige Tropfen der neutralen Lösung werden mit Bleiacetat- oder Nitroprussidnatriumlösung versetzt. Schwarze Fällung bzw. Violett-färbung zeigt Schwefelwasserstoff an, entstanden durch Zersetzung von Thiokol (Alkylpolysulfidharze).

c) Der Rest der Flüssigkeit wird mit einigen Tropfen einer Kaliumpermanganatlösung (etwa 1:1000) versetzt. Beim Erwärmen schlägt die hellrosa Farbe in hellgelb um, wenn ungesättigte Verbindungen vorhanden sind, entstanden durch Depolymerisation von Polystyrolharzen sowie Polyacryl- und Polymethacrylsäureprodukten. Einige Tropfen der so entfärbten Kaliumpermanganatlösung werden mit wenig Wasser verdünnt und mit je einem Tropfen stark verdünntem Wasserstoff-superoxyd und Eisenchlorid versetzt. Beim Kochen auftretende Salicylsäure-Reaktion⁴ zeigt Anwesenheit von Polystyrolharzen an.

¹ Man bereitet es, indem eine heiße Lösung von Quecksilberchlorid (2,5 g in 15 ccm) mit einer Jodkalilösung (6,2 g in 15 ccm) vermischt wird. Dieser Lösung werden 15 ccm KOH (50%) zugesetzt und das Ganze auf 60 ccm verdünnt.

² Carbamidharze geben meist gelbe bis braune, Thiocarbamidharze dunkelbraune bis schwarze Färbungen.

³ Mikrochim. Acta 1, 260 (1937).

⁴ Eine Spur Ferrosulfat als Katalysator beschleunigt die Reaktion: vgl. H. MEYER: Nachweis und Bestimmung organischer Verbindungen, 1933. S. 314.

Der zweite Teil der Glaswolle wird in einer Porzellanschale mit Essigsäureanhydrid übergossen; dann läßt man vom Rand einige Tropfen Schwefelsäure (1,53) zufließen (STORCH-MORAWSKI-Reaktion). Es gilt gelb-hellorange: Polystyrolharze; orange-rot-orange: Kumaronharze; olivbraun-blaugrün: Polyvinylharze; braunviolett: Kolophonium (als Zusatzstoff).

An Stelle der STORCH-MORAWSKI-Reaktion kann auch die LIEBERMANN-STORCH-Reaktion angewendet werden. In diesem Falle wird der zweite Teil der, wie oben beschrieben, zur Kondensation verwendeten Glaswolle mit Azeton ausgekocht und in einer Porzellanschale filtriert. Dann läßt man einige Tropfen konz. H_2SO_4 vom Rand aus zufließen. Es deutet an zitronengelb-orangegelb: Polystyrolharze; hellrot: Kumaronharze; grünbraun-blaugrün: Polyvinylharze; rötlichbraun: Kolophonium.

Die Art der Polyvinylharze kann annähernd durch nachstehende Prüfung ermittelt werden¹. Die zu untersuchenden Probespäne werden mit verdünnter H_2SO_4 einige Minuten gekocht.

a) Ein in die hierbei entstehenden Dämpfe gehaltenes, mit fuchsinschweflicher Säure frisch getränktes Filtrierpapier zeigt Rotfärbung: Aldehydabspaltung aus Polyvinylacetal oder Polyvinylacetat.

b) Einige Tropfen der die Spaltungsprodukte enthaltenden Lösung werden zu einer wäßrigen Jodlösung gefügt. Blaufärbung: Polyvinylalkohol oder Polyvinylacetal.

c) 1 bis 3 ccm der oben erhaltenen neutralisierten Lösung² werden nacheinander mit 1 ccm einer 5%-Lanthannitratlösung, 1 ccm n/50-Jodlösung und einigen Tropfen Ammoniak versetzt und langsam zum Sieden erwärmt. Blauviolettffärbung zeigt Essigsäure an³, gebildet durch Aufspaltung von Polyvinylacetat.

Zellulosemassen. Man erhitzt einige Splitter oder Bohrspäne der zu prüfenden Substanz mit Natronlauge (33%).

a) Die Lösung wird abgegossen, mit wenig Wasser verdünnt und, wenn notwendig, filtriert. Einige ccm dieser Lösung werden in einem Reagensglase vorsichtig mit Diphenylamin-Schwefelsäure⁴ unterschichtet. Eine tiefblaue Färbung der unteren Schicht zeigt Zellulosenitrat an.

b) Die von der überstehenden Lauge befreien und mit Wasser ausgewaschenen Späne werden mit Lanthannitrat, Jod und Ammoniak, wie beim Polyvinylacetat beschrieben, versetzt und erwärmt. Hierbei auftretende Blauviolettffärbung zeigt Zelluloseacetat an.

Einige größere Späne werden angefeuchtet⁵ und in eine Jod-Jodkaliumlösung⁶ oder Chlorzinkjodlösung⁷ gebracht, nach einigen Sekunden herausgenommen und gut gespült.

a) Schwarzblaue Färbung der Späne, die sich nur allmählich bei andauerndem Waschen verliert: Hydratzellulose;

b) keine oder sofort zerstörbare Färbung: Hydrozellulose.

¹ Nach L. METZ: Kunststoffe 27, 267—71 (1937).

² Es empfiehlt sich, die Schwefelsäure durch Ausfällung als $BaSO_4$ zu entfernen und das Filtrat erst dann, wie beschrieben, weiter zu behandeln.

³ Nachweis nach KRUEGER-TSCHIRCH: Ber. Deutsch. Chem. Ges. 62, 2776 (1929); 63, 826 (1930).

⁴ Hergestellt durch Lösen von 3 g Diphenylamin in 50 ccm nitratfreier konz. H_2SO_4 unter Zusatz von 1 bis 2 Tropfen Wasser.

⁵ Stark gefärbte Proben können mit Vorteil vor dem Versuche mit Oxalsäure oder Natriumbisulfit behandelt werden.

⁶ Es werden hierzu 2 g Jod in 10 ccm einer gesättigten Jodkalilösung gelöst und das Ganze auf 100 ccm mit Wasser verdünnt.

⁷ Nach C. G. SCHWALBE, Die Chemie der Cellulose, 1911. S. 602, löst man 93,3 g Chlorzink in 100 ccm Wasser und versetzt vor dem Versuche mit 10 bis 15 Tropfen einer Jod-Jodkaliumlösung, enthaltend 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 100 ccm Wasser.

Andere weiße oder farblose Zellulosemassen, welche vorher durch Extraktion von den Erweichungsmitteln befreit wurden, zeigen bei Behandlung mit Jod-Jodkaliumlösung und nachfolgendem Auswaschen auch Farbreaktionen¹.

- c) Gelbe Färbung (nicht auswaschbar): Zellulosenitrat;
- d) hellgelbe Färbung: Äthylzellulose;
- e) orangerote Färbung: Zelluloseacetat;
- f) braun in verschiedenen Farbschattierungen: Zellulosemischester (auch Zellulosebutyrat).

Einige Probestücke werden längere Zeit mit verdünnter H_2SO_4 gekocht und die entstehenden Dämpfe auf Glaswolle kondensiert. Diese wird dann in einem Reagensglase mit je einem Tropfen Wasserstoffsuperoxyd und Ferrichlorid, sowie einigen ccm Wasser, aufgekocht. Violett färbung tritt bei Anwesenheit von Benzoesäure ein: Benzylzellulose.

III. Stückprüfung.

Einige gangbare Kunststoffe können durch einfache Reaktionen ohne Bedarf an Versuchsmaterial nachgewiesen werden. Zum Teil sind diese Prüfungsverfahren auch mikrochemisch auswertbar. Die hier angeführten Methoden sind geeignet, da angewendet zu werden, wo Fertigstücke geprüft, aber durch Herstellung von Bohrspänen oder auch anderweitig nicht beschädigt werden sollen (z. B. Zoll- und Übernahmepfungen).

1. Man bringt auf eine aufgerauhte Stelle des zu untersuchenden Gegenstandes aus einer fein ausgezogenen Kapillare oder mit Hilfe einer Glasnadel 1 bis 2 Tropfen konz. H_2SO_4 . Die Stelle färbt sich rot: Phenoplaste, und mit Zusatz von Phenoplasten gearbeitete Preßmassen; rotbraun: Kolophonium (als Zusatzstoff); gelb: Polystyrolharze.

2. Bei Ausbleiben der Reaktion fügt man zu der Schwefelsäure weitere 1 bis 2 Tropfen konz. HNO_3 . Die Prüfstelle färbt sich sodann orange gelb: Proteinoplaste²; gelb (mit heftiger Gasentwicklung): Carbamidharze.

3. Tritt keine dieser Farbreaktionen ein, so bringt man auf eine frische oder die alte, aber gut gereinigte Prüfstelle einen Tropfen Salzsäure und ein kleines Körnchen Kalium- oder Natriumnitrit. Letzteres wird nach einigen Sekunden vorsichtig entfernt und ein Tropfen einer alkalischen Naphthol- oder R-Salzlösung³ zugefügt; rötlich: Anilinharze (Aminoplaste), auch Kumaronharze.

4. Man bringt auf eine neue, von der Glasur befreite Stelle 1 bis 2 Tropfen Naphthol-Schwefelsäure; rotviolett (beim Verdünnen mit Wasser hellviolett): Zellulosemassen; grün: Zellulosenitrat.

5. Durch Aufbringen eines Tropfens einer Jod-Jodkalilösung auf eine aufgerauhte Probestelle und nachfolgendes Abspülen mit Wasser kann eine weitere Unterscheidung der Zellulosemassen, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, durchgeführt werden.

Nicht versäumen möchte ich, dem Institutsvorstand Herrn Prof. Dr. L. ANSCHÜTZ für die Ermöglichung dieser Arbeit und der Kunststoff-Verkaufsgesellschaft m.b.H. VENDTOR, Troisdorf, für die Überlassung von Untersuchungsmaterial meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Brünn, Deutsche Technische Hochschule, Organisch-chemisches Institut.

¹ Hier ist aber erforderlich, Vergleichsversuche mit bekannten Zellulosemassen durchzuführen.

² Proteinoplaste lassen sich auch durch die violette Tryptophanreaktion mit Salzsäure und Ferrichlorid direkt am Probestück nachweisen; vgl. A. BOHANNES: Chem. Obzor. 11, 9—12 (1936).

³ R-Salz ist 2-Naphthol-3,6-disulfosaures Natrium.

Molekulargewichtsbestimmung durch Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung mit einfachsten Mitteln.

Von W. Trautmann in Potsdam.

Molekulargewichtsbestimmungen, die früher nur gelegentlich als Schülerarbeiten ausgeführt wurden, dürften jetzt als ein Regelbestandteil der neuen Arbeitsgemeinschaften angesehen werden, weil sie, wie sonst kaum etwas, tiefere Einblicke in die chemische Atomlehre gestatten. Wenn in dieser Beziehung zwar die Verfahren der Verdampfung wegen ihrer großen Anschaulichkeit an der Spitze stehen, wird man doch die Methoden, die sich auf die RAOULTSchen Gesetze gründen, auch nicht vernachlässigen wollen, schon weil sie in der chemischen Praxis eine größere Rolle spielen als erstgenannte. Die vielfach verbreitete Meinung, daß für Molekulargewichtsbestimmungen nach der Siede- und Gefriermethode besondere Apparate und Thermometer erforderlich seien, trifft für die Schulpraxis bestimmt nicht zu. Es gelingt vielmehr, wie hier gezeigt werden soll, mit erstaunlich einfachen Mitteln das Ziel bei recht befriedigender Genauigkeit zu erreichen.

1. Das Thermometer.

Die RAOULTSchen Gesetze gelten in zuverlässiger Weise bekanntlich nur für nicht sehr starke Lösungen, weshalb die Temperatureffekte nur klein ausfallen, so daß die erforderlichen Thermometer empfindlich sein müssen. Da eine recht beträchtliche Zahl Stoffe auch bei stärkeren Konzentrationen durchaus einwandfreie Ergebnisse liefert, so besteht für die Schule die Möglichkeit, sich auf diese zu beschränken, wodurch die Anforderungen an das Thermometer entsprechend geringer werden. Das letztere geht so weit, daß man mit einem Thermometer mit $\frac{1}{1}$ Gradeinteilung, bei dem die Grade etwa 2 mm auseinanderliegen, mit Hilfe einer Lupe, um Zehntelgrade sicher schätzen zu können, vollständig brauchbare Ergebnisse erzielen kann. Von einem solchen Instrument wird lediglich Gleichmäßigkeit der Kapillare verlangt, während die absoluten Zahlenangaben nicht einmal richtig zu sein brauchen. Ganz billige Thermometer erfüllen nun diese Bedingung vielfach nicht, wohl aber etwas bessere, wie etwa die neuen Instrumente mit rot leuchtendem Faden, die, wie es scheint, aus besserem Material hergestellt werden. Ein Gerät dieser Art mit dem Bereiche -10° bis $+130^{\circ}$ kann als recht brauchbares Universalgerät angesehen werden. Mit Hilfe einer allerdings unentbehrlichen Lupe gelingt es ohne weiteres, Zehntelgrade, ja halbe Zehntel und daneben natürlich auch Drittel und Viertel zu schätzen. Diese Genauigkeit reicht um so mehr aus, als viel empfindlichere Fehler durch Überhitzung oder, wenn auch weniger, durch Unterkühlung der Lösungen zu befürchten sind. Trotzdem ist es natürlich angenehm, statt dieser einfachen genauere Instrumente mit unterteilten Graden zu besitzen. Für Siedeversuche sind recht brauchbar sog. Kochthermometer mit dem Bereiche 90° bis 120° , falls man sich auf Flüssigkeiten beschränkt, deren Siedepunkte in diesem Bereiche liegen. Für Gefrierversuche scheinen Instrumente mit ähnlich beschränktem Bereiche nicht am Markte zu sein. Die käuflichen Thermometer mit Zehntelteilung und dem Bereich -5° bis $+50^{\circ}$ sind etwas unhandlich; der Bereich -7° bis $+20^{\circ}$ würde völlig genügen. BECKMANN-Thermometer sind für Schulen Luxus. Die unten mitgeteilten Ergebnisse sind alle zunächst mit einem $\frac{1}{1}$ -Gradthermometer erhalten worden. Einzelne Wiederholungen mit einem Kochthermometer waren zwar bei den Ablesungen bequemer, lieferten aber nicht wesentlich genauere Ergebnisse.

2. Das Lösungsmittel.

Beschränken wir uns auch bei den Lösungsmitteln auf einige besonders geeignete, so können wir zugleich auch auf die mehr oder weniger verwickelten Vorrichtungen des Handels verzichten. Wasser, Benzol und Essigsäure genügen für alle Bedürfnisse der Schule. Für Siedeversuche kommt in erster Linie Essigsäure und erst an zweiter

Stelle Wasser in Frage, während für Gefrierpunktsbestimmungen mit gleich gutem Erfolge Benzol und Eisessig verwendbar sind. Die molekularen Gefrierpunktserniedrigungen und Siedepunktserhöhungen sind bekanntlich recht verschieden, und man sollte meinen, daß die Lösungsmittel, bei denen diese Konstanten groß sind und wo infolgedessen entsprechend große Temperatureffekte zu erwarten sind, vorzugsweise geeignet seien. Doch ist dem nicht so. Namentlich bei Siederversuchen scheiden besser alle Flüssigkeiten mit niedrigem Siedepunkt aus, weil bei ihnen einerseits die Gefahr der Überhitzung besonders groß ist und andererseits infolge ihrer leichten Verdampfbarkeit viel leichter Verluste zu befürchten sind. Hoch siedende Flüssigkeiten, wie Anilin oder Nitrobenzol, wird man wieder aus anderen Gründen vermeiden. Wasser ist wegen seiner kleinen Konstanten auch nicht besonders gut geeignet; nur wenn es sich darum handelt, den Dissoziationsgrad eines Elektrolyten zu ermitteln, ist es unentbehrlich. Bei Gefrierversuchen ist eine günstige Lage des Erstarrungspunktes erwünscht, um gegebenenfalls ohne Eiskühlung auskommen zu können. Eisessig und an zweiter Stelle Benzol entsprechen dieser Forderung weitgehend. Durch Auflösen von Ammoniumchlorid oder Ammoniumnitrat in Wasser bekommt man auch im Sommer eine für diese Lösungsmittel ausreichende Kühlflüssigkeit. Die Essigsäure ist bei Gefrierversuchen in hochprozentiger Form (Eisessig) vorzuziehen, während bei Siederversuchen 96%ige Säure mit dem Siedepunkt etwa 113° dem Bereiche des Kochthermometers besser entspricht. Ihre Siedekonstante ist dann etwas kleiner, ungefähr 25 statt 25,3.

3. Die Lösungen.

Die Formeln, die zur Berechnung der Molekulargewichte führen, lauten für Siede- und Gefrierversuche übereinstimmend $M = \frac{p \cdot C}{\tau}$, worin p die auf 100 g Lösungsmittel gerechnete gelöste Substanzmenge, τ den Temperatureffekt und C die Siede- bzw. Gefrierkonstante bedeutet. Um die Arbeiten der Schüler besser überwachen zu können, empfiehlt es sich, alle zugleich mit einer Lösung von bestimmtem Prozentgehalt arbeiten zu lassen. Man hat dann für die Rechnung nicht nur schon die Größe p , sondern kann für sich die von den Schülern zu findende Größe vorher ermitteln, so daß man in der Lage ist, gröbere Fehler weniger geschickter Schüler rechtzeitig zu bemerken.

Folgende Konzentrationen haben brauchbare Werte ergeben.

A. Für Siederversuche.

Borsäure in Wasser	20%
Traubenzucker in Wasser	40%

Der Zucker ist vorher im Trockenkasten bei 100° vom Kristallwasser zu befreien.

Naphthalin in Benzol	6 bis 8%	Benzoessäure in 96%-iger Essigsäure . . .	6%
Naphthalin in 96%-iger Essigsäure . . .	6%	Traubenzucker, entwässert	9%
		Harnstoff in 96%-iger Essigsäure	6%

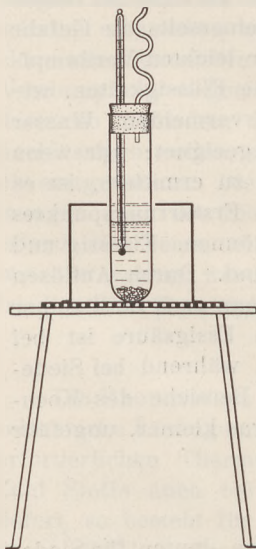
Der im Schrifttum vielfach angegebene Rohrzucker ist weniger geeignet; in Wasser gelöst, gibt er wegen seines hohen Molekulargewichtes einen nur sehr schwachen Temperatureffekt, der von den unvermeidlichen Ablesungsfehlern verhältnismäßig stark betroffen wird. Für Borsäure ist Essigsäure als Lösungsmittel nicht geeignet, da hier die Säure vermutlich wasserentziehend wirkt. Gleichfalls nicht geeignet sind Phenole (Brenzkatechin usw.). Harnstoff, in Wasser gelöst, erleidet beim Sieden Zersetzung und gibt daher schlechte Werte. Weinsäure in Wasser ist für die Dissoziationsversuche recht geeignet (10, 20, 30%).

B. Für Gefrierpunktsbestimmungen.

Naphthalin in Benzol	5%	Benzoessäure (besonders geeignet)	5%
Harnstoff in Eisessig	6%	Oxalsäure (wasserfrei)	5%

4. Die Geräte.

A. Siedeversuche. Unsere Apparatur ist denkbar bescheiden. Als Siedegefaß dient, je nach der Lage des Siedepunktes auf dem Thermometer, ein Reagensglas mit 10 oder 16 cm Länge und 2 cm Durchmesser aus gewöhnlichem Glase. Die dazugehörige Armatur besteht aus einem passenden Korken, durch den leicht verschiebbar das Thermometer und, etwas fester eingefügt, das Kühlrohr geführt ist. Für Essigsäure genügt zur Kühlung schon ein gerades 7-mm-Rohr zu etwa 20 cm Länge. Für Benzol muß die Kühlung intensiver sein, weshalb man für diesen Fall dem Kühlrohre besser Schlangenform gibt (Sinusform). Ein solches Rohr läßt sich über einem Schnittbrenner leicht herstellen, nur beachte man, daß nach Fertigstellung einer Krümmung das Glas erst wieder ganz erkalten muß, ehe man eine neue Biegung herstellt. Die teuren wendelförmigen Kühler werden so entbehrlich. Das verwendete Glasrohr sei nicht zu eng (7 mm). Die Heizung erfolgt in einem Luftbade, dessen wesentlicher Teil aus einer sauber geöffneten $\frac{1}{2}$ -Kilo-Konservendose besteht. Ihr Boden wird mit einer für das Siedegefaß gerade passenden Öffnung versehen. Zum Gebrauche wird die Dose mit der Mündung nach unten auf eine Asbestplatte oder zwei aufeinander gelegte Drahtnetze mit Asbesteinlage gestellt, die ihrerseits auf einem Dreifuß ruhen (s. Fig.). Eine Ableselupe ergänzt die Einrichtung. Hat man das Papier von der Büchse abgelöst und sonst alles gesäubert, so macht die gewiß bescheidene Anordnung einen ansprechenden Eindruck.



Anordnung der Geräte
für die Ausführung der
Versuche.

B. Das Gerät für Gefrierversuche. Auch hier ist alles so einfach wie möglich, doch ist die Anordnung von der für Schülerarbeiten sonst üblichen kaum verschieden. Als Gefriergefäß dienen wieder Reagensgläserchen mit 2 cm Durchmesser und 10 bzw. 16 cm Länge. Der zweifach durchbohrte Kork trägt das Thermometer und den für diese Zwecke unerläßlichen Rührer der üblichen Form. Die Kühlflüssigkeit befindet sich in einem passenden Glase. Bei Arbeiten mit einem $\frac{1}{10}$ -Grad-Thermometer kommt noch eine Ableselupe dazu. Bei Verwendung von Essigsäure genügt in den meisten Fällen kaltes Wasser als Kühlflüssigkeit.

5. Der Arbeitsgang.

Über die Beschaffenheit der verwendeten Lösungen wurde das Erforderliche bereits gesagt. Um bei ihrer Herstellung eine Beschmutzung der Waagen zu vermeiden, werden für die Reagensgläserchen Untersätze benötigt, die man sich aus einem Flachkorken mit Hilfe einer passenden Durchbohrung leicht herstellen kann. Auch Weihnachtskerzenhalter aus Blech, die zur Aufstellung auf dem Tisch gedacht sind, können sehr gut verwendet werden. Bei den Wägungen stehen die Gläserchen immer aufrecht in ihren Haltern. Die zu lösenden Substanzen, deren Mengen aus dem vorgeschriebenen Prozentwert für die jeweils genommene Flüssigkeitsmenge vorher zu berechnen sind, werden auf Glanzpapier gewogen. Das Papier, auf dem das ermittelte Gewicht vermerkt wird, kann für ähnliche Zwecke oftmals Verwendung finden.

Für Gefrierpunktsbestimmungen gelten auch für unsere Versuche die bekannten Anweisungen, die im wesentlichen darin bestehen, daß man die Flüssigkeit zuerst etwas unterkühlt, um dann durch Betätigung des Rührers ein plötzliches Erstarren herbeizuführen, wobei die Temperatur auf den Gefrierpunkt ansteigt. Da trotz aller Vorsicht Abweichungen von $\pm \frac{1}{10}^{\circ}$ vorkommen, so sind aus allen in Frage kommenden Werten die Durchschnitte zu bilden. Bei Wasser, seltener bei Benzol, gelingt die Unterkühlung nicht immer. In diesem Falle muß man den Rührer dauernd betätigen,

um ihn nicht anfrieren zu lassen. Die Bestimmung des Gefrierpunktes gelingt trotzdem mit guter Sicherheit.

Wesentlich schwieriger ist es bekanntlich, den Siedepunkt genau zu erfassen. Die anfangs abgelesenen Werte sind wohl immer erheblich zu hoch, da Überhitzungen unvermeidlich sind. Um diese zu verhindern, gibt man meistens Tariiergranaten in das Siedegefäß. Bei diesen Versuchen standen solche nicht zur Verfügung, dafür aber Kügelchen aus Biskuitporzellan, wie sie zum Tariieren benutzt werden. Infolge ihrer rauhen Oberfläche sind sie ebenfalls vorzüglich für diese Zwecke geeignet. Bei allen Siedeversuchen nimmt man davon mindestens eine etwa 1 cm hohe Schicht in das Siedegefäß. Im einzelnen verfährt man wie folgt. Nachdem das Siedegefäß in das Loch des Luftbades gesteckt wurde, wird mit einem Brenner erhitzt. Ist die Temperatur bis etwa 30° unter dem Siedepunkt angekommen, so nimmt man die Flamme weg und wartet, bis der Siedepunkt nunmehr langsam erreicht wird. Damit das Thermometer sich erst richtig durchwärmen kann, warten wir mit den Ablesungen zunächst noch etwas. Dann aber notieren wir fortlaufend alle Temperaturen, bei denen noch ein deutliches Sieden festzustellen ist. Die Temperaturen, bei denen nur noch wenig Dampf entwickelt wird und nur gelegentlich noch Blasen aufsteigen, berücksichtigen wir nicht. Nach Aufhören des Siedens setzen wir auf Augenblicke den Brenner wieder unter. Sobald das bis dahin zu beobachtende Fallen der Temperatur aufgehört hat, entfernen wir ihn jedoch sofort wieder und suchen durch vorsichtiges Herausheben des Siedegefäßes die Temperatur festzustellen, bei der das Sieden deutlich wieder beginnt, und zwar in dem Maße, wie wir es bei der ersten Versuchsreihe als untere Grenze angenommen hatten. Wir werden jetzt meist einen tieferen Punkt finden, der dem wahren Werte schon sehr nahe kommt. Durch mehrere Beobachtungsreihen dieser Art bei fallender und steigender Temperatur gelingt es, ziemlich eindeutige Werte auf $\frac{1}{10}^{\circ}$ genau zu erhalten. Sollten mehrere gleichwertige, aber abweichende Ergebnisse vorliegen, so ist wieder der Durchschnitt zu nehmen. Das Ganze erfordert natürlich einiges Geschick und Erfahrung. Deswegen ist es unerlässlich, vorher am Lösungsmittel allein die Methodik der Siedepunktsbestimmung regelrecht zu üben, ehe man zu der Molekulargewichtsbestimmung selbst übergeht. Die Zusammenarbeit zweier Schüler ist vorteilhaft; während der eine beobachtet, notiert der zweite die ihm zugerufenen Ablesungen. Trotz aller Vorsicht werden die Werte für die Siedepunkts-erhöhung nicht immer übereinstimmen. Man lasse aber zunächst jede Gruppe ihre Beobachtungen auswerten, wobei Plus- und Minusabweicher gleich häufig zu erwarten sind. Dann lasse man aus allen Werten für τ den Durchschnitt bilden und die Rechnung mit diesem Werte wiederholen. Man wird jetzt normalerweise recht gute Ergebnisse erzielen. Haben die Schüler Lösungen mit verschiedenem Gehalt gehabt, was aber nicht zu empfehlen ist, so kann der Durchschnitt nur aus den Ergebnissen genommen werden. Auf diese Art in ein verhältnismäßig sicheres Geleis gestellt, sind Molekulargewichtsbestimmungen nach der Siedemethode eine sehr belehrende und befriedigende Schülerarbeit.

6. Ergebnisse.

A. Siedeversuche. a) Traubenzucker, von Kristallwasser befreit, in 96%iger Essigsäure. Lösung 9%ig. Als Schülerversuch in gleicher Front ausgeführt.

Gruppe 1	$\tau = 1,3$
„ 2	$\tau = 1,2$
„ 3	$\tau = 1,2$
„ 4	$\tau = 1,3$
Durchschnitt 1,25	

Mit Siedekonstante 25,3 wird $M = 182,2$; mit Konstante 25 wird $M = 180$.

Die benutzten Thermometer hatten teils $\frac{1}{1^{\circ}}$, teils $\frac{1}{10^{\circ}}$ -Gradteilung.

- b) Naphthalin in 96%iger Essigsäure. Lösung 6%. Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,1$ und $1,2$. Durchschnitt $1,15$; ergibt $M = 130,5$ statt 128 . Konstante $= 25$.
- c) Benzoesäure in 96%iger Essigsäure. Lösung 9%. Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,8$ und $1,9$; Durchschnitt $1,85$. $M = 123$ statt 122 .
- d) Harnstoff in 96%iger Essigsäure. Lösung 6,6%. Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 2,65$; $2,7$; $2,75$; $2,8$; Durchschnitt $2,75$. $M = 60,6$ statt 60 .
- e) Borsäure in Wasser 22%ig. Konstante $5,2$; Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,85$ (Durchschnitt). $M = 61,8$ statt 62 .
- B. Gefrierversuche. a) Naphthalin in Benzol 5%ig. Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 2,2$; $2,15$; $2,2$; Durchschnitt $2,18$; Konstante 51 . $M = 127$ statt 128 .
- b) Harnstoff in 96%iger Essigsäure. Lösung 6%ig. Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 3,6$; Konstante $= 38$. $M = 63,3$ statt 60 .
- c) Harnstoff in 96%iger Essigsäure. Lösung 3%ig. Thermometer $\frac{1}{10}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,85$ (Durchschnitt); $M = 61,6$.
- d) Benzoesäure in Eisessig. Lösung 5%ig. Als Schülerübung durchgeführt. Thermometer $\frac{1}{1}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,55$ (Durchschnitt); $M = 122,6$ statt 122 .
- e) Oxalsäure, wasserfrei in Eisessig 4%ig. Thermometer in $\frac{1}{10}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,67$ (Durchschnitt); $M = 91$ statt 90 .
- f) Resorcin in Eisessig 4%ig. Thermometer $\frac{1}{10}$ -Gradteilung.
 $\tau = 1,37$ (Durchschnitt); $M = 110,9$ statt 110 .
- g) Traubenzucker in Wasser 6%ig. Thermometer $\frac{1}{10}$ -Gradteilung.
 $\tau = 0,65$ ergibt mit Konstante $= 18,4$ (KOHLRAUSCH) $M = 170$ statt 180 .
 " " " $= 18,9$ (RICHTER-ANSCHÜTZ) $M = 174,5$.

In diesem Fall ist $0,65$ ein Einzelwert und kein Durchschnitt. Letzterer hätte bessere Ergebnisse gezeitigt, da neben $0,65$ auch $0,60$ für τ ermittelt worden war. Auch bei den übrigen Beispielen würden Einzelwerte durchaus nicht immer so günstige Ergebnisse geliefert haben, aber der Durchschnitt gleicht die Unebenheiten weitgehend aus.

Im ganzen dürften die mitgeteilten Ergebnisse erkennen lassen, daß hier mit wirklich ganz einfachen Mitteln recht brauchbare Ergebnisse erzielt werden können. Der Grund für diese bemerkenswerte Erscheinung liegt bei einem Teile der gewählten Substanzen offenbar darin, daß sie in Lösung schwach dissoziieren, wodurch die Tendenz stärkerer Lösungen, zu große Molekulargewichte zu liefern, in willkommener Weise ausgeglichen wird. Es dürfte dies wohl der einzige Weg sein, um die RAOULT'schen Gesetze auch an stärkeren Lösungen, für die sie sonst nicht unbedingt Gültigkeit haben, vorzuführen.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die weichen und die harten Schauer der Höhenstrahlung¹. Von R. PYRKOSCH in Breslau.

Die Deutung der Luft-Pb-Übergangskurve oder Rossischen Kurve im Lichte der Kaskadentheorie der gewöhnlichen Schauer, von der bereits im Bericht über diese Theorie die Rede war, ist auch von H. GEIGER und Mitarbeitern in einer Reihe neuerer Arbeiten behandelt worden. Die Kaskadenlehre wird dabei so dargestellt, daß

energiereiche Quanten oder B-Strahlen bei ihrem Durchgange durch Materie Elektronenpaare oder C-Strahlen erzeugen [vgl. diese Zeitschr. **49**, 171 (1936)], die unter Aussendung einer starken Bremsstrahlung auf kurzer Strecke ihre Energie verlieren. Viele dieser Bremsquanten haben genug Energie, um weitere Elektronenpaare hervorzubringen; in der Hauptsache aber werden sie durch Photo- und Comptonvorgänge absorbiert. Die früher geäußerte und von der üblichen abweichende Ansicht (l. c.), daß der rasche Anstieg der ROSSI-Kurve durch die Absorption der B-Strahlen

¹ Weiterführung des Berichts über die Höhenstrahlungsforschung in den Jahren 1937 und 1938.

und der langsamere Abfall von der größeren Durchdringungskraft der C-Elektronen bedingt sei, ist von GEIGER wieder aufgegeben worden. Der Abfall mißt also die Absorption der B-Strahlung, und die Ordinaten der Kurve nehmen nicht deshalb ab, weil die Schauer infolge der Absorption der C-Strahlen immer strahlenärmer werden, sondern weil die auslösenden B-Strahlen mit wachsender Pb-Dicke immer mehr an Stärke einbüßen.

Bei der weitergehenden Erklärung der ROSSI-Kurve hat die von GEIGER und ZEILLER eingeführte Treffwahrscheinlichkeit eines Zählrohrs [vgl. diese Zeitschr. 49, 173 (1936)] besondere Bedeutung erlangt, die in 2 seitdem veröffentlichten Arbeiten von GEIGER und ZEILLER (1) und von GEIGER und M. HEYDEN (2) hervortritt. w_i sei die Treffwahrscheinlichkeit für das i -te Zählrohr einer Dreikantkoinzidenzanordnung, d. h. die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein aus der Pb-Schicht über den Rohren kommender Schauer einen ionisierenden Strahl durch das Rohr i sendet und es entlädt. Die w_i hängen von der Größe und Lage der Rohre einerseits, von der Zahl und Verteilung der Schauerstrahlen andererseits ab. Wenn die w_i voneinander unabhängig sind und N Schauer je Stunde aus dem Pb kommen, sind in 1. Näherung je Stunde $n_2 = N \cdot w_1 w_2$ gleichzeitige Entladungen der Rohre 1 und 2 und $n_3 = N \cdot w_1 w_2 w_3$ der Rohre 1, 2, 3 zu erwarten, so daß w_3 durch das Verhältnis $n_3:n_2$ bestimmt werden kann.

Wenn im Pb über den Rohren eine Vervielfältigung der Schauerstrahlen stattfindet, ist eine Zunahme der Treffwahrscheinlichkeiten mit der Pb-Dicke zu erwarten. Zur Bestätigung wurde eine weniger einfache Koinzidenzanordnung gewählt, bei welcher der Nulleffekt, d. h. die Zahl der gleichzeitigen Entladungen ohne die Pb-Schicht erheblich kleiner war: Unter einer Pb-Platte mit $20 \cdot 40 \text{ cm}^2$ Oberfläche befanden sich 5 Zählrohre, von denen 4 zu einer Gruppe zusammengestellt waren, während das fünfte seitwärts allein stand. Kein Strahl aus der Pb-Schicht, der dieses Rohr durchsetzte, konnte noch durch eines der anderen 4 Rohre gehen; dagegen konnten 5fache Koinzidenzen schon durch 3 Schauerstrahlen und 4fache durch 2 ausgelöst werden. w_5 wurde sowohl aus dem Verhältnis der Koinzidenzzahlen (1, 2, 3, 4, 5) und (1, 2, 3, 4) wie aus dem der Koinzidenzzahlen (1, 2, 3, 5) und (1, 2, 3) bestimmt. Es ergab sich, daß w_5 bei den beiden ersten Zentimetern der Pb-Dicke stark mit ihr anwuchs und sich zwischen 0,5 und 1,1 cm verdoppelte, woraus geschlossen wird, daß auch die Zahl der im Mittel bei einem Schauer austretenden Strahlen in der Zwischenschicht von 0,6 cm doppelt so groß geworden ist. Der Höchstwert 0,32 von w_5 wurde bei etwa 3 cm Pb erreicht, so daß bei dieser Schichtdicke bereits die Neubildung von Strahlen durch die Absorption ausgeglichen wird. Die Zahl der im Mittel unter diesen Umständen austretenden Strahlen eines Schauers wird nach früheren Messungen zu 8 geschätzt. Bei größeren Pb-Dicken sinkt w_5 auf den nahezu gleichbleibenden Wert 0,23, der einer mittleren Zahl 6 von Strahlen eines Schauers zugeschrieben wird. Dies sei so zu erklären, daß sich

dann die Zahl und räumliche Verteilung der Schauerstrahlen nicht mehr merklich ändert.

Die von ROSSI zuerst entdeckte Tatsache, daß bei einer Dreikantanzordnung mit Streuschicht die Koinzidenzzahl bis zu etwa 1,6 cm Pb steil ansteigt, um dann langsamer abzufallen, sei also nicht, wie üblich, so zu deuten, daß die Koinzidenzzahl in einer bestimmten Zeit der Zahl der austretenden Schauer proportional ist, sondern die Koinzidenzzahl werde wesentlich mit durch die Beschaffenheit der Schauer bedingt. Z. B. steige die Wahrscheinlichkeit dafür, daß ein Zählrohdreikant einen Schauer aus Pb vermerkt, auf das 8fache an, wenn die Pb-Dicke von 0,2 auf 1,2 cm zunimmt.

Um die Abhängigkeit der stündlichen Schauerzahl N von der Pb-Dicke zu gewinnen, wurde eine andere 5fache Koinzidenzanordnung benutzt, bei der sich w_1 bis w_4 durch w_5 ausdrücken lassen, und dann aus $n_5 = N \cdot w_1 w_2 w_3 w_4$, wo n_5 die stündliche Zahl der 5fachen Koinzidenzen bedeutet, N als Funktion von w_5 und damit von der Pb-Dicke dargestellt. Die so erhaltene Kurve hat nicht mehr den Gipfel der ROSSI-Kurve, sondern fällt von Anfang an mit wachsender Pb-Dicke ab. Dieses Verhalten wird so gedeutet: Aus der Luft fallen gebündelte und einzelne Schauerstrahlen auf das Pb. Die energiereichen vervielfältigen sich stark mit wachsender Schichtdicke, so daß sich erst von etwa 3 cm Pb an die Absorption im Pb bemerkbar macht. Bei den energiearmen Strahlen dagegen ist die Vervielfältigung nur gering und die Absorption schon bei dünnen Schichten vorwiegend. Folglich nimmt die Zahl der Schauer mit wachsender Pb-Dicke schon bei dünnen Schichten ab, während die mittlere Zahl der Strahlen eines Schauers bis zu beträchtlichen Pb-Dicken ansteigt.

Daß die Kurve der stündlichen Zahl von Schauern von 6 cm Pb an bis zur größten verwandten Dicke von 11 cm so gut wie parallel zur Achse der Schichtdicken verläuft, läßt sich dadurch erklären, daß die aus Schichten von mehr als 6 cm Pb noch austretenden Schauer von den harten Höhenstrahlen unmittelbar im Pb ausgelöst werden, während die aus dünnen Schichten kommenden im wesentlichen als verstärkte Luftschauer zu betrachten seien. Sowohl die harten Schauer wie die Luftschauer werden im Laufe dieses Berichtes eine größere Rolle spielen.

Die Zahl der harten Schauer, die bei den GEIGERSCHEN Untersuchungen je Stunde aus der Schichtfläche 800 cm^2 austraten, war rund 100. Da in Seehöhe etwa 1 harter Höhenstrahl je Minute auf ein Quadratcentimeter fällt, kann danach von 500 harten Strahlen, die eine dicke Pb-Schicht durchsetzen, nur etwa einer von einem harten Schauer begleitet sein. Da die Ordinate der N-Kurve für $x=0$ die Zahl der gewöhnlichen weichen Schauer ohne Pb angibt und etwa 10mal so groß ist wie für $x=6$, wird geschlossen, daß die weichen Schauer etwa 10mal so häufig sind wie die harten.

Jüngst ist auch von GEIGER und ZEILLER (3) der Anteil näher untersucht worden, den die früher

von GEIGER und FÜNFER als D-Strahlen bezeichneten Bremsquanten neben den C-Elektronen an der Zusammensetzung eines Schauers haben. Sie maßen dazu das Zahlenverhältnis der ionisierenden und nichtionisierenden Strahlen eines Schauers, indem die ersteren durch Koinzidenzzählung, die letzteren durch das Ausbleiben zu erwartender Koinzidenzen festgestellt wurden, und fanden, daß auf 1 C-Strahl etwa 50 D-Strahlen kommen, die wesentlich diffuser verteilt sind als die C-Strahlen, so daß die Rückstrahlungseffekte von GEIGER und FÜNFER (l. c.) als Folge ihrer Streuung erklärt werden können.

Die harten Schauer sind von verschiedenen Seiten in der letzten Zeit eingehend erforscht worden. Dabei spielt der 2. Gipfel der ROSSI-Kurve [vgl. diese Zeitschr. 49, 170 (1936)] eine Rolle. H. MAASS hat seine früheren Untersuchungen über die von der Höhenstrahlung in Fe-Schichten verschiedene Dike ausgelösten Sekundärstrahlen fortgesetzt (4), indem er ähnlich wie AUGER eine Koinzidenzanordnung von mehreren Zählrohren benutzte, über oder zwischen die das Fe gebracht wurde. Die hierbei sich ergebende Differenz für dieselbe Schichtdicke gibt die Stärke der im Absorber gebildeten Sekundärstrahlung an. Diese besitzt außer dem bekannten Gipfel bei etwa 2 cm Fe einen zweiten bei etwa 30 cm Fe, der von einer durchdringenden Sekundärstrahlung mit einer Höchstreichweite von etwa 35 cm Fe hervorgerufen wird. Die Absorption dieser Teilchenstrahlung kann als exponentiell betrachtet werden mit der Schwächungszahl $0,08 \text{ cm}^{-1}$ Fe, während die der auslösenden Strahlung zu $(9 \pm 4) \cdot 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ Fe bestimmt wird, übereinstimmend mit der Absorption der harten Strahlung von AUGER, so daß die von ihr verursachten Sekundärstrahlen als die von harten Schauern anzusehen wären.

In Verfolgung der Untersuchungen von BOTHE und HILGERT [vgl. diese Zeitschr. 51, 168 (1938)] fand K. SCHMEISER (5), daß die Absorption von Schauerstrahlen nahe der Haupttrichtung des Schauers auffallend klein und bis zu etwa 10^0 von ihr entfernt stark von dem Streuwinkel abhängig war. Dagegen war diese Abhängigkeit oberhalb 10^0 gering und die Absorption von der bei Schauern üblichen Größe. Es wurde vermutet, daß die Strahlen innerhalb des 10^0 -Kegels von einem harten Höhenstrahl ausgelöst seien und Schauer dieser Art den 2. Gipfel der ROSSI-Kurve bei 17 cm Pb-Dicke verursachen. Neuere Versuche haben diese Vermutung bestätigt (6). Nimmt man die Kurve für Schauer verschiedener Streuung aus Pb auf, so tritt der 2. Gipfel bei kleinen Streuwinkeln am deutlichsten hervor. Dabei ist nach SCHMEISER und BOTHE (7) die starke Absorption überraschend, welche mit 17 cm Pb als Schauerquelle bei großen Streuwinkeln beobachtet und von ihnen so gedeutet wird, daß die harten Schauer imstande sind, gewöhnliche weiche zu erzeugen. Dies geschieht in der Pb-Platte, doch kommen die weichen Schauer nur aus ihren untersten Schichten zum Austritt und zur Messung. Bei großen Wirkungswinkeln der Versuchsanordnung können die harten Schauer wegen ihrer kleinen

Streuung zwar nicht mehr unmittelbar Koinzidenzen hervorrufen, wohl aber auf dem Umweg über die von ihnen erzeugten weichen Schauer, deren ROSSI-Kurve dann auch den 2. Gipfel aufweisen müßte. Bei einem Versuche wurde die Schauer auslösende Strahlung vorgefiltert, so daß der weiche Bestandteil stark, der harte nur wenig geschwächt wurde, mit dem Ergebnis, daß sich der 1. Gipfel der Kurve viel stärker erniedrigte als der zweite. Dies bedeute, daß die gewöhnlichen weichen Schauer von dem weichen, die harten von dem harten Bestandteil der einfallenden Strahlung verursacht werden.

Ähnliche Ergebnisse hat K. BARSCHAUSKAS (8) mit einer Koinzidenzanordnung von 2 nebeneinanderliegenden Zählrohren unter einer als Schauerquelle dienenden Betondecke erhalten. Wurde unmittelbar über den Rohren eine Pb-Schicht angebracht, so beeinflusste diese die Koinzidenzzahl verschieden, je nach dem mittleren Winkel, unter dem die Rohre von der Decke aus erschienen. War dieser nicht größer als etwa 7^0 , so wurden die Koinzidenzen durch das Pb vermehrt, was den energiereichen inneren Schauerstrahlen zugeschrieben wird, die selbst wieder im Pb Schauer erzeugen. Bei größerem Winkel aber wurden die Koinzidenzen vermindert, weil die weichen äußeren Schauerstrahlen vom Pb absorbiert werden, ohne selbst Schauer hervorzubringen.

Bei seinen Versuchen zur durchdringenden Höhenstrahlung benutzte EHRENFEST jr. (9) 2 Nebelkammern, die in einem Magnetfeld von 10000 bis 15000 Gauß übereinander aufgestellt waren und von 3 Zählrohren gesteuert wurden, 2 über und 1 zwischen den Kammern. Zwischen den oberen Rohren befanden sich 5 cm Pb, zwischen dem untersten und der unteren Kammer 9 cm Pb. Außer der Aufnahme mit dem schweren Elektron, von der schon früher die Rede war, und dessen Spur sich durch dichte Ionisation auszeichnete, war eine bemerkenswert, die in der oberen Kammer nach Durchsetzung der 5 cm Pb einen negativ geladenen Strahl mit etwa $7,5 \cdot 10^9$ eV Energie aufweist, der darauf die 9 cm Pb durchquert und beim Eintritt in die untere Kammer mit etwa $5 \cdot 10^9$ eV von 2 positiven und 3 negativen Elektronen begleitet wird. Daraus ging hervor, daß ein harter Strahl einen Schauer erzeugen kann, ohne seine ganze Energie zu verlieren. In der oberen Kammer traten mehrmals Schauer auf, die zumeist aus vielen enggedrängten Strahlen großer Energie bestanden, also von der Art der harten Schauer von SCHMEISER waren.

Einen besonders schönen Schauer dieser Art hat H. MAIER-LEIBNITZ (10) auf einer Nebelkammeraufnahme erhalten, der in den Cu-Massen der Magnetspule entstanden war und dessen Strahlen in einem Streugebiet von nur etwa 10^0 verliefen. Ihre große Energie ergab sich daraus, daß bei keinem eine merkliche Ablenkung im Magnetfeld zu erkennen war. Die Strahlenszahl war 10 und damit größer als bei irgendeinem der von EHRENFEST beobachteten harten Schauern.

Dagegen hat CH. HAENNY (11) bei seinen Versuchen über die von harten Strahlen verursachten

Schauer nur gewöhnliche weiche erhalten. Er benutzte dabei in einem der unterirdischen Pariser Arbeitsräume eine Nebelkammer mit einer Querwand von 5 mm Pt, die als Schauerquelle diente. Die mittlere Zahl der Strahlen der so erhaltenen Schauer war 7,6 und etwa dieselbe, wie AUGER und HAENNY auf dem Jungfrauojoch gefunden hatten.

Auch J. MORGAN und W. NIELSEN (12) sind der Ansicht, daß zwischen den Schauern aus dünnen und dicken Schichten keine wesentlichen Unterschiede bestehen und die letzteren durch ähnliche Vervielfältigungsvorgänge wie die ersteren zustande kommen, wenn man noch annimmt, daß Teilchen, die Schauer erzeugen können, in größeren Tiefen des Streustoffs durch den harten Bestandteil der Höhenstrahlung ausgelöst werden, eine Auffassung, die der von BOTHE und SCHMEISER ähnlich ist, daß harte Schauer imstande sind, weiche hervorzubringen.

Zur Untersuchung der räumlichen Verteilung der gewöhnlichen Schauer haben GEIGER und ZEILLER (13) 2 Zählrohre in Koinzidenzschaltung benutzt, deren Achsen längs eines Zylindermantels verschoben werden konnten. Den oberen Teil des Mantels nahm ein Pb-Blech als Schauerquelle ein, und je nach dem Abstand der beiden Rohre voneinander mußten 2 von einer Stelle im Blech ausgehende Strahlen einen kleineren oder größeren Winkel einschließen, um eine Koinzidenz zu bewirken. Dabei ergab sich, wie bei den großen Schauern oder Stößen von Nebelkammeraufnahmen her bekannt ist, auch bei wenigstrahligen eine beträchtliche Streuung. Der mittlere Winkel der Strahlen solcher Schauer mit ihrer Hauptrichtung wurde zu etwa 20° bestimmt. Zu einem entsprechenden Winkel von etwa 15° gelangte H. ADAM (14) mit einer gleichen Koinzidenzanordnung, doch war das Pb-Blech durch einen Pb-Stab längs der Achse des Zylinders ersetzt.

Eine Koinzidenzanordnung von 2 Zählrohren mit 430 cm^2 wirksamer Oberfläche und parallelen Achsen in horizontaler Ebene wurde auch von W. KOLHÖRSTER, J. MATHES und E. WEBER zur Untersuchung von Luftschauern verwandt (15). Diese machten sich dadurch bemerkbar, daß die Zahl der zunächst als zufällig betrachteten Koinzidenzen erheblich größer war als zu erwarten und von dem Abstände zwischen den Rohren abhing. Nahm dieser zu, so verminderte sich zuerst die Koinzidenzzahl und wurde von etwa 10 m an konstant, so daß der Überschuß bei kleinerem Abstände nicht von zufälligen Koinzidenzen herrühren konnte. Ein zwischen den Rohren angebrachter Pb-Block, der den Durchgang eines Strahls durch beide Rohre verhinderte, änderte daran nichts; wohl aber verschwanden die überschüssigen Koinzidenzen, wenn die Rohre allseitig mit 10 cm Pb gepanzert wurden. Sie mußten also von Strahlen herrühren, die von 10 cm Pb absorbiert werden, und wurden als einem Schauer angehörig gedeutet. Ihre Absorptionszahl wurde zu $0,12 \text{ cm}^{-1} \text{ Pb}$ bestimmt. Unter der Decke des Versuchsraumes waren diese Strahlenbündel über mindestens 60 m² sicher nachweisbar, und der Umfang eines solchen

Schauers wurde auf etwa 1000 Strahlen geschätzt. Derselbe Versuch wurde im Freien ausgeführt, wo die zusätzlichen Koinzidenzen noch zahlreicher auftraten und über mindestens 500 m^2 festgestellt werden konnten. Es wird daraus geschlossen, daß die sie bewirkenden Schauer überwiegend in der Atmosphäre entstehen und die Decke des Versuchsraumes nur als Absorber für sie in Betracht kommt. Aus der kleinen Absorptionszahl folgt, daß selbst Schauerstrahlen, die 2 km über dem Erdboden ausgelöst werden, diesen noch erreichen. Nach den vorliegenden Messungen über Abstände der Zählrohre bis zu 75 m würde die Streuung der Strahlen eines Schauers mit dem Ursprung in 1 bis 2 km Höhe noch nicht 1° betragen und zur Folge haben, daß sich die Strahlen am Erdboden bis über 1000 m^2 ausbreiten.

Unabhängig von diesen Versuchen und sehr eingehend sind die großen atmosphärischen Schauer von P. AUGER und seinen Mitarbeitern R. MAZE und TH. GRIVET-MEYER untersucht worden (16). Auch sie finden, daß diese Schauer etwa 1000 m^2 bedecken und mehrere 10 000 Teilchen enthalten können, von denen etwa die Hälfte 5 cm Pb zu durchdringen vermag. Wenn man diese Teilchen als schwere Elektronen mit einem Energieverlust von $5 \cdot 10^7 \text{ eV}$ je Zentimeter Pb annimmt, ergibt sich für die Gesamtenergie des Schauers und folglich auch des ihn erzeugenden Teilchens der Rekordbetrag 10^{12} bis 10^{13} eV . Absorptionsversuche zeigen die Anwesenheit eines durchdringenden Bestandteils dieser Schauer an, dessen Durchdringungsfähigkeit aber 15 cm Pb nicht sehr überschreitet. Danach läßt sich als Höhe des Ursprungs der Schauer etwa 1 km annehmen. Von den Sekundärteilchen, die von Teilchen sehr großer Energie in noch größeren Höhen erzeugt werden, können nur die schweren Elektronen mit mehr als 10^9 eV Energie die untere Atmosphäre erreichen und bilden dort den harten Bestandteil der Höhenstrahlung. Diese atmosphärischen Schauer seien von der Art der harten Schauer von SCHMEISER und BOTHE, denn wegen der großen Höhe ihres Ursprungs ergebe sich ihre Streuung als sehr gering, und die größte Reichweite ihrer Teilchen von etwa 15 cm Pb sei dieselbe wie die der Teilchen, welche den 2. Gipfel der Rossi-Kurve verursachen. SCHMEISER und BOTHE hatten bereits auf Grund ihrer Absorptionsbestimmungen von Schauer-Teilchen (s. oben) bemerkt, daß die atmosphärischen Schauer teils weicher und teils harter Art seien.

Die Untersuchungen sind im Sommer letzten Jahres von AUGER und MAZE auf dem Pic du Midi (17) und dem Jungfrauojoch (18) in 2900 und 3500 m Höhe fortgesetzt worden. Die Zahl der Koinzidenzen je Stunde wurde in diesen Höhen viel größer als in Seehöhe gefunden. Die dabei benutzte Zählrohranordnung war dieselbe wie früher und bestand aus 3 Rohren, von denen 2 in 21 cm Abstand übereinanderlagen, während das dritte von dem unteren der beiden um eine beträchtliche veränderliche Strecke d in waagerechter Ebene entfernt war. Bei $d = 4 \text{ m}$ war die stündliche Zahl der Koinzidenzen in Paris 1,4, auf dem

Pic du Midi 8 und auf dem Jungfrauoch 13, so daß zwischen 2900 und 3500 m Höhe ein Zuwachs stattfindet, der sogar den der weichen Höhenstrahlung und den der Zahl gewöhnlicher Schauer übertrifft. Die mittlere Oberflächendichte der Strahlen war etwa 50 je Quadratmeter. Es wurden auch Nebelkammeraufnahmen der großen Schauer erhalten. Die Kammer hatte etwa 400 cm² Querschnitt und wurde von 3 Zählrohren gesteuert, von denen das eine 4 m, die andern 1 m von der Kammer entfernt waren. Es wurden 210 Aufnahmen gewonnen, aus denen hervorgeht, daß die Koinzidenzladungen der voneinander so weit entfernten Rohre mit dem Auftreten von Schauern in der Kammer zusammenfallen, wie auch von JANOSSY und LOVELL in Seehöhe festgestellt wurde (19).

Um die Häufigkeit von Schauern verschiedener Winkelöffnung zu vergleichen, benutzte HU CHIEN SHAN (20) nach dem Vorgange von FOLLET und CRAWSHAW ein Fünfkant von Zählrohren in Koinzidenzschaltung, deren Achsen auf einem Zylindermantel lagen, dessen Radius von 5 bis 22,5 cm verändert werden konnte. Die Schauerquelle war eine mit dem Zylinder gleichachsige halbzylindrische Pb-Schicht von 1,4 cm Dicke, deren mittlerer Radius 54 cm betrug. Als Vorzug dieser Anordnung wird angeführt, daß bei den 5fachen Koinzidenzen die zufälligen zu vernachlässigen sind und bei halbzylindrischer Streuplatte die Teilchen, welche die Koinzidenzen bewirken, im Pb gleiche Wege zurücklegen. Die Zahl der Schauer ergab sich am größten, wenn die Rohre am nächsten beieinander lagen, und hatte ihren Höchstwert vielleicht bei einer Winkelöffnung von nur wenigen Graden.

Die Abhängigkeit der Schauerhäufigkeit von dem Stoffe der Schauerquelle ist von einer Reihe Forscher untersucht worden, so von MORGAN und NIELSEN (21) mit einem Zählrohrdreikant unter Schichten von Kohle, Al, Cu, Sn und Pb, deren Massen je Quadratzentimeter denen von 0,29 und 0,58 cm Pb gleichkamen. Dabei folgte aus beiden Versuchsreihen, daß der Überschuß der stündlichen Koinzidenzzahl mit Streuschicht über die Zahl ohne sie annähernd proportional dem Quadrat der Ordnungszahl Z des Stoffes war. Da es sich hier um dünne Schichten handelte, würden die Schauer vorwiegend weiche sein. Dagegen wurde mit dicken Schichten aus Pb, Fe, Kohle und Holz die Häufigkeit der harten Schauer als ungefähr proportional zu Z erhalten.

Die Proportionalität der Häufigkeit von Schauern aus dünnen Schichten zu Z^2 wurde von HU CHIEN SHAN mit seinem Zählrohrfünfkant für Pb, Sn, Zn und Al in Seehöhe bestätigt und außerdem von ihm und seinen Mitarbeitern für die genannten Stoffe sowie für Kohle, Mg, Fe und Cu auf dem 4000 m hohen Kazbek im Kaukasus geprüft (22). Wenn die Zahl der Schauer je Stunde gegen das Produkt nZ^2 aufgetragen wurde, wo n die Dicke der Streuschicht durch die Zahl der unter 1 cm² ihrer Oberfläche vorhandenen Atome mißt, so ergab sich für alle Stoffe im wesentlichen dieselbe Kurve. Da es sich so in Seehöhe wie

4000 m über ihr verhielt, sei zu schließen, daß die relativen Schauerhäufigkeiten verschiedener Stoffe von der Höhenstufe unabhängig seien. Nach GEIGER sind Versuche dieser Art schwierig, da die Wirkungen von leichten Stoffen als Schauerquellen klein sind und für gewöhnlich nur einen geringen Teil der Schauer ohne Streuschicht ausmachen. Deshalb seien die Ergebnisse von HU CHIEN SHAN besonders vertrauenswürdig, da in 4000 m Höhe die senkrechte Strahlungsstärke 2,5mal und die Schauerhäufigkeit 4,5mal so groß war wie in Seehöhe.

Wegen der sehr abweichenden Ergebnisse, die bisher für die Absorption der Schauerstrahlen erhalten worden waren, wurden auf dem Kazbek neue Messungen ausgeführt, die auch für Seehöhe gelten sollten, da nach den Beobachtungen von STEARNS und WOODWARD [vgl. diese Zeitschr. 51, 171 (1938)] die Durchdringungskraft der Schauerstrahlen sich mit der Höhe nicht merklich ändert. Dabei wurde wie schon von MORGAN und NIELSEN dafür gesorgt, daß der Absorber nur ein Zählrohr der Koinzidenzanordnung bedeckt, was auch von GEIGER als wesentlich betont wird. Ferner wurden die Breite und Weite des Absorbers möglichst beschränkt, um die Wirkung in ihm selbst ausgelöster Schauer zu vermindern. Als Schauerquelle wurde Pb genommen und die Absorption durch Pb, Sn, Zn, Al und Kohle untersucht. Sie wurde annähernd proportional Z gefunden und folglich von der Elektronenhülle des Atoms herrührend. Für die ersten 5 mm Pb der Streuschicht war die Schwächungszahl 0,68 cm⁻¹ Pb, zwischen 1 und 2,5 cm gleich 0,23 cm⁻¹ Pb, woraus auf die Energieverschiedenheit der Schauerstrahlen geschlossen wird. Wie bei WOODWARD nimmt die Absorption in den ersten Millimetern Pb schnell und darauf nur langsam zu. Es wird vermutet, daß die Reichweite der Schauerstrahlen sich von einigen Millimetern bis mehrere Zentimeter Pb erstreckt und die Reichweitenverteilung die Absorptionskurve bestimmt. Jedenfalls gäbe es keine einheitliche Reichweite für die Schauerstrahlen aus Pb und die Ansicht, daß die Dicke der Streuschicht, bei der die Rossr-Kurve ihren Gipfel erreicht, zugleich die Reichweite der Schauerstrahlen ist, sei unhaltbar.

Außer den Schauerstrahlen aus Pb wurden auch solche aus Zn und Al in bezug auf ihre Absorption in Pb untersucht mit dem Ergebnis, daß die Strahlen aus diesen leichteren Elementen stärker durchdringend sind [vgl. die Versuche von AUGER zur Kaskadentheorie, diese Zeitschr. 53, 29 (1940)]. Im besonderen war die durchschnittliche Reichweite der Strahlen aus Al fast 2mal so groß wie die der Strahlen aus Pb.

Als Grund von Unstimmigkeiten bei den verschiedenen Forschern wird in erster Linie die geometrische Verschiedenheit der von ihnen benutzten Zählrohranordnungen vermutet, deren Meßergebnisse bei der verwickelten Natur der Schauer schwer zu deuten seien. Daß nur ein Rohr vom Absorber bedeckt wird, sei notwendig, um die Absorption einzelner Schauerstrahlen messen zu können. Deshalb sei auch die Rossische Kurve

schwer zu erklären. Denn bei ihrer Aufnahme wirkt jede neu hinzugefügte Streuschicht zugleich als Absorber, der aber alle Zählrohre bedeckt. Auf diese Weise werde also die Absorption ganzer Schauer gemessen, die sehr zusammengesetzt sind, da in jeder neuen Schicht weitere Schauer erzeugt, vorher erzeugte absorbiert und dabei wieder sekundäre, also im ganzen tertiäre Strahlen ausgelöst werden.

Eine vielleicht noch größere Rolle als die Rossi-Kurve spielt in dem jüngsten Schrifttum der Höhenstrahlung die Kurve, welche den Übergangseffekt der Höhenstrahlung in der Atmosphäre darstellt, und von REGENER und PROTZER, MILLIKAN und Mitarbeitern so erfolgreich aufgenommen worden ist. Zu den Zählrohrmessungen der senkrechten Strahlung von PROTZER unter der Breite 49° magn. N sind solche von CARMICHAEL und DYMOND (23) unter 88° magn. N hinzugekommen. Nach PROTZER hat diese Kurve ihren Gipfel bei etwa 8 cm Hg-Tiefe unter Atmosphärenscheitel, und wie BHABA und HEITLER (24) feststellen, folgt daraus nach ihrer Theorie $\log \frac{E_0}{E} = 2,5$ bis 3 [vgl. diese Zeitschr. 53, 29 (1940)]. Setzt man also für die untere Energiegrenze E den Luftwert $1,5 \cdot 10^6$ eV ein, so folgt $E_0 = 2 \cdot 10^9$ bis $3 \cdot 10^9$ eV als Energie der auf die Atmosphäre fallenden Primärstrahlung, was der Größenordnung nach mit der Mindestenergie übereinstimmt, die ein Elektron haben muß, um das magnetische Erdfeld unter 49° zu überwinden. Es scheint also, daß wenigstens ein großer Teil der primären Teilchen aus positiven und negativen Elektronen mit etwa $3 \cdot 10^9$ eV Energie besteht, die sich gemäß der Strahlungstheorie verhalten.

In einer besonderen Arbeit hat HEITLER die atmosphärische Kurve auf Grund der Kaskadenlehre behandelt (25), indem er die weiche Strahlung als aus gewöhnlichen positiven und negativen Elektronen, die harte dagegen als aus Teilchen bestehend betrachtet, die der Strahlungstheorie nicht gehorchen, sondern exponentiell absorbiert werden. Aus den Verhältniszahlen der beiden Bestandteile, die von AUGER und LEFRINCE in Seehöhe und auf dem Jungfraujoch ermittelt worden sind, gewinnt er dann die Verhältniszahlen für den Atmosphärenscheitel auf Grund der exponentiellen Absorption der harten Strahlung zu 25 hart und 60 weich in Übereinstimmung mit Messungen der harten Strahlung, die von verschiedenen Forschern mit gepanzerten Ionisierungskammern in der hohen Atmosphäre ausgeführt worden waren. Wird entsprechend für beliebige Höhen verfahren und die so erhaltene Stärke der harten Strahlung von der Gesamtstärke abgezogen, die durch die gemessene Kurve gegeben ist, so findet man die Kurve der weichen Strahlung, und HEITLER kann jetzt eine Energieverteilung der letzteren angeben, nach der diese Kurve aus der Kaskadenlehre innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Messung folgt. Aus der für den Atmosphärenscheitel aufgestellten Energieverteilung läßt sich nach der Kaskadenlehre diejenige für Seehöhe berechnen, was nach den MONTGOMERYs angenähert zu $F(E_0)$ pro-

portional zu $E^{-2,5}$ führt in guter Übereinstimmung mit der von ihnen auf ganz verschiedenem Wege erhaltenen (26).

Sehr eingehend ist die Höhenstrahlungskurve von J. S. BOWEN, R. A. MILLIKAN und H. V. NEHER untersucht worden (27). Sie benutzen die Ergebnisse ihrer Ballonflüge unter 0° , $38,5^\circ$ und 53° magn. N, um die atmosphärische Absorption für bestimmte Elektronenenergien zu bestimmen. So sind etwa $10 \cdot 10^9$ eV als Mittel zwischen der Energie $6,7 \cdot 10^9$ eV, die unter $38,5^\circ$ zur Überwindung des magnetischen Erdfeldes mindestens nötig ist, und der Mindestenergie $17 \cdot 10^9$ eV für den Äquator zu nehmen. Folglich wird die Absorptionskurve für Elektronen mit der Energie $10 \cdot 10^9$ eV gewonnen, indem von je 2 entsprechenden Ordinaten der Kurven unter $38,5^\circ$ und 0° die Differenz gebildet wird. Ebenso gibt der Unterschied zwischen den Kurven unter 53° und $38,5^\circ$ die Absorptionskurve für Elektronen der mittleren Energie $4 \cdot 10^9$ eV. Diese beiden Kurven konnten nun mit denen verglichen werden, die nach der Kaskadentheorie für dieselben Energien der auslösenden Elektronen in Luft berechnet werden. Dabei ergab sich zwar in großen Höhen Übereinstimmung, aber nicht in kleinen und in Seehöhe, wo viel mehr Teilchen beobachtet werden, als aus der Rechnung folgt. Diese Unstimmigkeit sei eben den von der Theorie nicht berücksichtigten schweren Elektronen zuschreiben, die in Seehöhe weit überwiegen. Diese seien auch sekundärer Art und dadurch zu erklären, daß außer der Bremsstrahlung und Paarbildung noch ein dritter seltenerer Vorgang existiere, bei dem ein Photon sich in ein schweres Elektron verwandelt.

Schrifttumsverzeichnis.

1. Z. Physik 105, 517 (1937). — 2. Z. Physik 110, 310 (1938). — 3. Z. Physik 108, 212 (1938). — 4. Ann. Physik V 27, 507 (1936). — 5. Naturwiss. 25, 173 (1937). — 6. Physik. Z. 38, 964 (1937). — Z. Physik 110, 443 (1938). — 7. Ann. Physik V 32, 161 (1938). — 8. Z. Physik 107, 713 (1937). — 9. C. r. Acad. Sci. Paris 206, 428 (1938). — 10. Naturwiss. 26, 217 (1938). — 11. C. r. Acad. Sci. Paris 206, 177 (1938). — 12. Physic. Rev. 52, 564 (1937). — 13. Z. Physik 105, 517 (1937). — 14. Physik. Z. 38, 824 (1937). — 15. Naturwiss. 26, 576 (1938). — 16. C. r. Acad. Sci. Paris 206, 1721; 207, 228 (1938). — 17. C. r. Acad. Sci. Paris 207, 671 (1938). — 18. C. r. Acad. Sci. Paris 207, 907 (1938). — 19. Nature (Lond.) 142, 716 (1938). — 20. Proc. Roy. Soc. A 158, 581 (1937). — 21. Physic. Rev. 50, 882 (1936). — 22. Proc. Roy. Soc. A 161, 95 (1937). — 23. Nature (Lond.) 141, 910 (1938). — 24. Proc. Roy. Soc. A 159, 432 (1937). — 25. Proc. Roy. Soc. A 160, 261 (1937). — 26. Physic. Rev. 53, 955 (1938). — 27. Physic. Rev. 52, 80 (1937); 53, 217 (1938).

Die Entstehung der Großen Nebel. Mit dem Ursprunge der Großen Nebel befaßt sich eine interessante Arbeit von G. GAMOW und E. TELLER¹.

Die „Nebel“, mit denen wir es hier zu tun haben, sind bekanntlich Ansammlungen von Milliarden Sternen, die meist die Form einer Spirale bilden. Unser eigenes Sternsystem ist ein Beispiel für eine solche Spirale. Die Zahl der heutzutage erreichbaren Nebel geht bereits hoch in die Millionen. Die entferntesten unter ihnen

¹ Physic. Rev. (2) 55, Nr 7, 654—657 (1939).

mögen etwa 500 Millionen Lichtjahre Abstand von uns haben, doch ist diese Grenze lediglich durch die Leistungsfähigkeit der zur Zeit verfügbaren Instrumente bedingt. Abgesehen von der Tendenz, in kleineren Gruppen und „Nebelsternen“ aufzutreten, ist ihre räumliche Verteilung im großen anscheinend gleichmäßig. Der mittlere Abstand zweier Nebel beträgt dabei 1,7 Millionen Lichtjahre. Ihre Massen konnten ebenfalls bestimmt werden, und zwar dynamisch aus der Rotationsgeschwindigkeit der Nebelsterne um den Massenschwerpunkt. Sie ist meist von der Größenordnung 10^9 Sonnenmassen. Von gleicher Ordnung sind auch die Leuchtkräfte. Zu diesen Beobachtungsdaten kommt noch die rätselhafte „Fluchtbewegung“, proportional zur Entfernung, die aus der Rotverschiebung der Spektrallinien gefolgert wird. Die Fluchtgeschwindigkeit v beträgt etwa 200 km/sec für einen Abstand von 10^6 Lichtjahren. Für den Abstand R von uns gilt also die Gleichung $v = \alpha R$, wobei $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-17}$ in cgs-Einheiten ist.

Ist die Fluchtbewegung reell, so müssen die Nebel früher einmal bedeutend näher beieinander gestanden haben als heute. War α in der Vergangenheit konstant, so erhält man für den Zeitpunkt, zu dem ihre Zwischenräume verschwindend waren, nur wenige Jahrtausende.

GAMOW und TELLER nehmen nun in der Tat an, daß die jetzigen Nebel ursprünglich ein homogenes Stratum bildeten. Dieses ist zunächst gasförmig zu denken. In dem Gase bildeten sich bekanntlich Kondensationen, aus denen später die Sterne entstanden sind. Das gesamte Stratum ist nunmehr wiederum mit einem „Gas“ zu vergleichen, dessen Moleküle aber jetzt die Sterne sind. Nach der Theorie von J. JEANS muß nun jedes Gas, dessen Dichte ρ einen gewissen kritischen Wert ρ_0 übersteigt, in Kondensationen zerfallen. ρ_0 hängt im wesentlichen von der Ge-

schwindigkeit der Gaspartikel, aber auch von dem Radius des Stratoms ab. GAMOW und TELLER nehmen an, daß die Konstante α in der Vergangenheit ihren jetzigen Wert gehabt hat und setzen die kinetische Geschwindigkeit der „Gaspartikel“ gleich der Fluchtgeschwindigkeit v . In unserem Falle ($v \sim R$) hebt sich R gerade heraus, so daß die kritische Dichte unabhängig vom Radius des Stratoms wird. Für ρ_0 liefert die Theorie den Wert $\rho_0 = \frac{3\alpha^2}{8\pi G}$; G ist die Gravitationskonstante.

Unter der Annahme der zeitlichen Konstanz von α erhält man $\rho_0 = 0,6 \cdot 10^{-27}$ g/cm³. Das liegt weit oberhalb der jetzigen Dichte, die 10^{-30} betragen mag. Die Verfasser berücksichtigen dann noch die durch die Expansion bedingte Änderung der räumlichen Metrik und gelangen so zu dem Ergebnis, daß zu der Zeit, als sich die Nebel bildeten, alle Lineardimensionen nur 1/600 der jetzigen betragen haben. Auf so engen Raum waren also damals die Sterne, die wie gesagt ein gleichmäßiges Stratum bildeten, verteilt.

Die Stadien in der Entwicklung des Weltalls waren also hiernach folgende:

1. Entstehung der Materie, theoretisch vorläufig nicht erfassbar.
2. Bildung von Kondensationen im Stratum der Gasatome, Entstehung der Sterne.
3. Bildung von Kondensationen im Stratum der Sterne, Entstehung der „Nebel“.

Hätten sich die Sterne erst unterhalb der kritischen Dichte gebildet, so hätte es zur Bildung von Sternsystemen nicht mehr kommen können, und die Sterne wären noch heute gleichmäßig im Raume verteilt. Ihr gegenseitiger Abstand wäre dann allerdings so groß, daß wir mit bloßem Auge wohl kaum einen Stern zu sehen bekämen.

B. Jung †.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Welchem Anlasse verdankt das Gesetz von der Erhaltung der Energie die Pionierarbeit der Mediziner? Die Schweizerische Gesellschaft für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften hat aus Anlaß des 16. Internationalen Physiologenkongresses, der vom 14. bis 19. August 1938 in Zürich stattfand, eine Festschrift über ALBRECHT VON HALLER erscheinen lassen. Als Nachtrag ist ein Bericht angefügt, der die in der Überschrift gestellte Frage so überraschend beantwortet, daß die Wiedergabe der Ausführungen gerechtfertigt ist. Es heißt dort:

„Die kritische Geschichte der Physik ist nur spärlich vertreten in der physikalischen Literatur, denn nur ein besonderer Anlaß konnte einen schaffenden Physiker dazu bewegen, sein Wirken der Geschichte der Physik — d. h. der Geschichte seines eigenen Arbeitsgebietes — zuzuwenden anstatt der Physik selber. Ein anderer als ein ideenreicher, selber schaffender Physiker kommt aber als Verfasser hier nicht in Frage; er könnte wohl bibliographisch oder biographisch brauchbare Arbeit leisten, niemals aber die Ideen kritisch

würdigen, oder gar zur Erkenntnis ihrer inneren Zusammenhänge vordringen. Daher behaupten Werke wie PLANCKS Prinzip der Erhaltung der Energie (1887), MACHS Prinzipien der Wärmelehre (1896), DÜHRINGS Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik (1873) ihren besonderen Platz in der physikalischen Literatur — nicht nur um der Verfasser willen, sondern weil es Geschichtswerke sind, die vor dem Urteil des Historikers ebenso bestehen, wie vor dem des Physikers. Schon dieser Seltenheit wegen ist jeder einzelne von zuständiger Seite herbeigebrachte neue Baustein zur Geschichte der Physik wertvoll — um wieviel mehr, wenn er einem Gebiet angehört, dessen Geschichte vollkommen durchforscht zu sein schien. Die von P. S. EPSTEIN veröffentlichte Thermodynamik enthält zur Geschichte des ersten Hauptsatzes einen Abschnitt, durch den sich jeder daran Interessierte bereichert finden wird.

Nach den Arbeiten von RUMFORD und von DAVY um die Wende des 18. Jahrhunderts zum 19. vergingen fast 40 Jahre, bis die planmäßige

Erforschung der mechanischen Natur der Wärme ersetzte. Es waren außer einem Ingenieur (SÉGUIN) zwei Ärzte, die die Frage aufnahmen — HELMHOLTZ war damals Arzt, wie JULIUS ROBERT MAYER es war. Den Ingenieurging die Umwandlung von Wärme in Arbeit und umgekehrt unmittelbar an; woher aber kam das Interesse der Ärzte? EPSTEIN ist dieser Frage nachgegangen und dabei auf bisher unbekannte geschichtliche Zusammenhänge geraten.

Der Ursprung der tierischen Wärme war das große Problem für die Ärzte und die Physiologen. Da die Warmblüter andauernd Wärme an ihre kältere Umgebung abgeben, so kann ihr Körper nur dann seine fast konstante Temperatur behalten, wenn jeden Augenblick ebensoviel Wärme in ihm entsteht, wie er nach außen abgibt. Die Frage ging also um die Ursache der Temperaturkonstanz der Warmblüter. In einer seiner Abhandlungen (1843) schreibt JOULE: „Dr. JOHN DAVIES sagte mir, er habe vor einigen Jahren versucht, jenen Teil der tierischen Wärme, den CRAWFORDS Theorie unerklärt gelassen habe, aus der Reibung des Blutes in den Venen und den Arterien zu erklären, er habe aber eine ähnliche Hypothese in HALLERS Physiologie gefunden und habe darum die Frage nicht weiter verfolgt.“ (Der englische Arzt CRAWFORD hatte die Verbrennungstheorie der Atmung aufgestellt, unabhängig von PRIESTLEY). Das heißt also: JULIUS ROBERT MAYER und HELMHOLTZ haben einen gewaltigen Vorgänger gehabt: ALBRECHT VON HALLER, 15 Jahre lang (1738—1753) der Stolz der Universität Göttingen, der Begründer der Göttingischen Gelehrten Gesellschaft, war Anatom, Physiolog, Botaniker und Arzt. Seine *Elementa physiologiae corporis humani* (1757 bis 1766) waren sehr bald auch französisch und englisch erschienen, und zweifellos haben sie etliche Generationen von Medizinern beeinflusst; noch 1822 erschien eine deutsche Ausgabe und noch 1843 zitiert man sie als Quelle, wie JOULE schreibt. HALLER analysiert dort die Tätigkeit der Lunge und kommt zu dem Schlusse, daß die tierische Wärme hier entsteht. Nach seiner Hypothese wird sie erzeugt „durch die abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung, Entspannung und Zusammendrückung der Lungengefäße, wodurch die festen Teile des Blutes während der Ausatmung eng zusammengedrückt und dauernd aneinander gerieben werden und beim Einatmen schneller bewegt und gerieben werden“. Und es sei kein Einwand hiergegen, daß Wasser nicht durch Reibung erwärmt werden könne; diese Behauptung sei tatsächlich unrichtig, denn durch heftige Bewegung könne Wasser ebenso wie Milch einen gewissen Wärmegrad annehmen. HALLERS Theorie der Atmung beruht wesentlich auf dem Gedanken, daß Wärme durch mechanische Arbeit erzeugt werden kann, und das jeden Augenblick, solange die Kraft („die Lebenskraft“) wirkt — eine Erkenntnis 50 Jahre vor RUMFORDS Aufsehen erregenden Versuchen! Die Ärzte und die Physiologen hielten an diesem Gedanken fest trotz PRIESTLEYS Verbrennungstheorie der Atmung und

trotz deren Unterstützung durch die Messungen von LAVOISIER und LAPLACE (um 1781); sie sahen in RUMFORDS und in DAVYS Arbeiten nur Stützen von HALLERS Theorie.

LAVOISIER und LAPLACE hatten gefunden, daß die Verbrennung der Kohlehydrate im Blute nicht ausreicht, die entwickelte Wärmemenge zu erklären und hatten vermutet, daß die Verbrennung von Wasserstoff zu Wasser den Restbetrag ergeben würde. Aber erst ein Preisausschreiben der Académie des Sciences im Jahre 1821 führte zur Aufnahme der hierzu nötigen Arbeiten. Die von DESPRETZ der Akademie 1823 mitgeteilten (1824 veröffentlichten) Ergebnisse ließen immer noch etwa 20% unerklärt, für die er auf HALLERS Theorie zurückgriff. Erst die im Jahre 1843 posthum veröffentlichte Arbeit von DULONG setzte den Schlußstein und besiegelte die Richtigkeit der Verbrennungstheorie der Atmung. DULONG hatte seine Ergebnisse, die mit denen von DESPRETZ übereinstimmten, bereits 1822 der Akademie vorgelegt, hatte sie aber nicht veröffentlicht, weil er die Richtigkeit der thermochemischen Angaben über die Bildung von Kohlensäure und von Wasser bezweifelte. Die Zahlen für die Bildungswärme der Kohlensäure hatten sich schließlich als richtig erwiesen, die entsprechenden für das Wasser aber als viel zu klein. Erst die hierdurch möglich gewordene Verbesserung hatte den Fehlbetrag beseitigt und so den Beweis für die Richtigkeit der Verbrennungstheorie des Atmens erbracht. Aber die Physiologen und die Ärzte waren die letzten 20 Jahre von deren Unzulänglichkeit überzeugt gewesen. Auf der Suche nach damaliger Literatur hierüber geriet EPSTEIN auf ein sechsbändiges Handbuch der Physiologie, herausgegeben von KARL FRIEDRICH BURDACH (1776 bis 1847), Professor der Anatomie und Physiologie in Königsberg. Der letzte Band des Handbuchs vom Jahre 1840 enthält eine Geschichte der beiden Theorien von ERNST BURDACH. Sie bringt zunächst HALLERS Theorie und dann die „Lehre von der Ähnlichkeit zwischen Atmung und Verbrennung“. Sie zeigt, daß zwischen 1820 und 1840 die an der Theorie der Atmung interessierten Mediziner voreingenommen waren durch den aus der Verbrennungstheorie nicht erklärbaren Teil. Die meisten hielten sich an HALLER und erklärten den Fehlbetrag aus der Reibung des Blutes in den Arterien. Diese Anschauung teilten nicht nur die führenden Physiologen, sondern weite Kreise der praktischen Ärzte, wie zwei Arbeiten aus den Jahren 1830 und 1839 zeigen. Überall handelt es sich nur um Abwandlungen der HALLERSCHEN Theorie. BURDACH selber sympathisiert nicht mit diesen Erklärungen, er bezweifelt nicht, daß Wärme durch Arbeit erzeugt werden kann, betrachtet das vielmehr als allgemein bekannt, wofür er RUMFORD und DAVY zitiert; er zweifelt nur daran, daß quantitativ alles in Ordnung ist.

Hiernach spielt also die Medizin eine viel größere Rolle in der Geschichte des Prinzips von der Erhaltung der Energie, als bisher angenommen wurde. Sie beginnt in der Mitte des 18. Jahrhunderts und setzt sich ununterbrochen fort bis

in die Mitte des 19. Die Physiologen waren ein halbes Jahrhundert die Hüter des Gedankens der Gleichwertigkeit von Wärme und Arbeit. JULIUS ROBERT MAYER und HELMHOLTZ haben ihn in die Physik hinübergeführt. Es lag ein weiter Weg zwischen dem ungefähren Wissen der Ärzte um die Erzeugung von Wärme durch Arbeit und der Formulierung ihrer Äquivalenz. JULIUS ROBERT MAYER war der Erfolg versagt, weil er

noch keinen strengen Beweis für die Richtigkeit seiner Anschauungen geben konnte, und das in einer Zeit, die durch das Versagen von SCHELLINGS Naturphilosophie gegen alle Spekulation ohne durchschlagenden Beweis gestimmt war. HELMHOLTZ war erfolgreicher, weil JOULES Arbeiten mittlerweile eine auf der Erfahrung beruhende Grundlage für das Prinzip von der Erhaltung der Energie geschaffen hatten.“

4. Unterricht und Methode.

Zum Andenken an Erich Waetzmann. Von PAUL HAHN in Breslau.

Als am 7. Juli 1938 ERICH WAETZMANN auf der Reise zu einem Kuraufenthalt in Berlin durch einen tückischen Anfall seiner Krankheit dahingerafft wurde, vollendete sich ein Gelehrtenleben von großer wissenschaftlicher Strenge, Eigenart und Gründlichkeit, und ein Menschendasein voll herber Güte und bewundernswerter Lauterkeit. Menschen solcher Art haben es meist nicht leicht in der Welt: die hohen Forderungen, die sie durch ihr ganzes Wesen an den Ernst des einzelnen stellen, empfindet so mancher als bedrückend; die Vorsicht ihres Urteils wird nur zu oft als Zweifelsucht gedeutet, und ihr geradliniges Rechtsempfinden dünkt viele unbequem und wenig weltläufig. Wenn aber zu einer solchen Haltung sich — wie bei WAETZMANN — eine lösende Heiterkeit und Hilfsbereitschaft gesellt, so wirken solche Charaktere mit sanfter, aber zwingender Gewalt tief erzieherisch auf ihre gesamte Umgebung; und dieser stille Einfluß ist oftmals fast noch bedeutender, als ihre große wissenschaftliche Leistung.

In dem Posenschen Ort Weißensee wurde ERICH WAETZMANN am 2. Januar 1882 als Sohn des Pastors ROB. WAETZMANN geboren. Bis zu seinem 14. Lebensjahre vom Vater privat unterrichtet, verbrachte er seine erste Jugend in freier ländlicher Umgebung und mag dort wohl den Grund gelegt haben zu seiner ausgeprägten Beobachtungsgabe für alle Naturscheinungen, die — ständig geübt — im späteren Leben sich eher noch verstärkte als abnahm, und ihn in besonderen Augenblicken wie mit einem sechsten Sinne begabt erscheinen ließ.

Nach den kleinen Anekdoten, die er aus seinem Leben im elterlichen Pfarrhaus erzählte, muß er eine fröhliche, ungebundene Kindheit verlebt haben. Ihr schloß sich seine Gymnasialzeit in Nakel an, wo er ein glänzender Schüler war und bereits 1900 die Reifeprüfung bestand. Darauf bezog er die Universität Berlin, zunächst als Student der Theologie, wandte sich dann aber bald den Naturwissenschaften und der Philosophie zu. Nach weiteren Studiensemestern in Marburg und Breslau promovierte er 1904 mit einer experimentellen Arbeit über die Spektren von Gasgemischen und wurde sogleich am Physikalischen Institut der Universität Breslau Assistent, zuerst bei O. E. MEYER, dann bei O. LUMMER. Im Jahre 1908 ließ er sich beurlauben, um für 6 Monate zu

Siemens & Halske zu gehen, wo man ihn zu einer führenden Stellung ausersah; allein er trat diesen einflußreichen und wohl dotierten Posten nicht an, sondern zog es vor, zu seiner bescheideneren rein wissenschaftlichen akademischen Tätigkeit zurückzukehren, für die er sich schon 1907 habilitiert hatte. Das war mit einer Arbeit geschehen, deren Thema ihm zum Leitmotiv für etliche Jahre werden sollte: Über die HELMHOLTZsche Resonanztheorie.

Er wandte sich damit einem Gebiete zu, das in jenen Tagen, da man sich vornehmlich mit Temperaturstrahlung, radioaktiven Prozessen oder elektrischen Schwingungen beschäftigte, wenig aktuell war. Ihm aber lag es vortrefflich, denn seine Behandlung erforderte physikalische Versuche im gleichen Maße wie theoretische Überlegungen und physiologische Beobachtungen, betraf also den gesamten Bereich naturwissenschaftlichen Denkens, und zwar in einem überschaubaren „natürlichen“ Objekt.

Seit dem Erscheinen von HELMHOLTZENS klassischer „Lehre von den Tonempfindungen“ war mehr als eines der dort behandelten Probleme neu zur Diskussion gestellt worden. Vor allem die Frage nach dem Grade der Dämpfung der Ohrresonatoren war von HELMHOLTZ zu keiner sicheren Lösung gebracht worden; sie hatte mehrere Forscher veranlaßt, ganz neue Wege zur Erklärung der Hörvorgänge einzuschlagen. Hier nun wandte sich WAETZMANN mit aller Entschiedenheit der alten HELMHOLTZschen Grundannahme der Resonanz wieder zu und zeigte ihre „Unentbehrlichkeit“ — unter Vorbehalt einzelner Ergänzungen — auf.

Den Inhalt seiner Habilitationsschrift und zahlreicher anderer das Thema behandelnden Arbeiten faßte er 1912 in dem Buche „Die Resonanztheorie des Hörens“ zusammen und schuf damit das Grundwerk für alle weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiete. Darin steckt ein wahrer Schatz geistreicher Überlegungen und Experimente. Allen aber, die WAETZMANN selbst kannten, erweckt das eigenwillige Werk bei der Lektüre ein lebhaftes Bild seiner besonderen Art zu argumentieren, Versuche einzuleiten, Schlüsse zu ziehen, und bringt dem, der etwa in jenen Jahren am Breslauer Physikalischen Kolloquium teilgenommen hat, WAETZMANNs höchst persönlichen Anteil daran wieder in greifbare Erinnerung: Sein gründliches Vorgehen, Unklarheiten in scheinbar schon verstandenen Zusammenhängen auf-

zudecken, anschauliche Vorgänge seiner Akustik heranzuholen zur Belebung so mancher allzu mathematischen Theoreme, und sein großes pädagogisches Geschick.

In diese Jahre fällt auch die Hauptarbeit WAETZMANNs an einem zweiten mit der Resonanztheorie eng verknüpften, von HELMHOLTZ hinterlassenen Problem, dem der Kombinations-töne. HELMHOLTZ hatte gelehrt, es müsse zu ihrem Entstehen gefordert werden, daß die Primärtöne sich nicht ungestört überlagern; er hatte diese Forderung formal erfüllt durch Hinzufügung eines quadratischen Gliedes im Ansatz der elastischen Kraft. Allein diese rein mathematische Behandlung des physikalischen Problems erschien nicht nur unbefriedigend, sie gab auch die Erscheinungen in der Natur quantitativ nicht richtig wieder. Die Schwierigkeiten wuchsen, als Versuche von K. L. SCHÄFER und andern zeigten, daß auch der Entstehungsort der Kombinations-töne nicht klar erkannt sei.

In alle diese Schwierigkeiten brachten die umfassenden Untersuchungen WAETZMANNs über die Schwingungen belasteter Membranen — Gummihäutchen, Mikrophon- und Telefonmembranen, Trommelfell — überraschende Ordnung und weitreichende Aufklärung. Sie haben aber nicht nur unsere Kenntnis von den Kombinationstönen auf ein neues Niveau gehoben, sondern gaben auch, unmittelbar und mittelbar, der Technik Anweisung zu umfassenden Verbesserungen aller Anlagen zur Schallübertragung und Schallverstärkung bis auf den heutigen Tag.

Beim Ausbruch des Weltkrieges wurde WAETZMANN, dem 1912 der Professortitel verliehen worden war, als einfacher Soldat eingezogen und kurze Zeit als Schreiber bei einem Bezirkskommando beschäftigt; dann aber leistete er als Oberingenieur beim Chef der Feldtelegraphie verantwortungsvolle und zeitweise sehr schwere und gefahrenreiche Arbeit; von 1917 ab war er bei der Artillerieprüfungskommission in Berlin tätig und leitete die militärwissenschaftliche Versuchstation in Friedrichshagen.

War seinem Schaffen in Friedenszeit schon der Stempel preußischen Ernstes aufgedrückt, so zeigte der Krieg seine wahrhaft Kantische Pflichtauffassung in hellem Licht.

In Frankreich und Rußland kontrollierte er die Abhorchstationen vor der vordersten Linie in nächtlichen Patrouillengängen selbst, überwachte Anlage und Wirkungsweise der von ihm konstruierten Erdtelefone (Geophone) in den durch Untermunition gefährdeten Frontabschnitten und sammelte praktische Erfahrungen über das von ihm geschaffene und an allen Fronten erfolgreich eingesetzte Horchgerät zur Fliegerbeobachtung. Seine Erkenntnisse und Beobachtungen über den Flugzeugschall, die er später in einer besonderen Arbeit zusammenfaßte, halfen die wesentliche Unterlage für unser heutiges Flugabwehrwesen schaffen.

Im Bürodienst an der Artillerieprüfungskommission, zu dem er von seinen Frontaufenthalten immer wieder für längere oder kürzere Zeit zu-

rückkehrte, war er auf Grund seiner eingehenden und weitreichenden Personal- und Sachkenntnis für eine Unzahl von Dienststellen ein außerordentlich erwünschter Berater — aber ein nicht minder gefürchteter Mitarbeiter, wegen seines scharfen Blickes für Lässigkeiten und Fehler. Seine Arbeitskraft war erstaunlich; wie oft gönnte er sich kaum Zeit zum Mittagessen, das ihm auf eine frei gemachte Ecke seines Schreibtisches gestellt und achtlos von ihm eingenommen wurde, während seine Gedanken an den vorliegenden Geschäften weiter arbeiteten.

Seine Besorgnis um den Ausgang des Krieges war unheimlich früh wach geworden. In Breslau hatte der Historiker KAUFMANN im Herbst 1914 den kriegsfreiwilligen Studenten eine begeisterte Ansprache gehalten und gerufen: Dieser Krieg wird lange dauern, aber wir werden ihn gewinnen. WAETZMANN, der die Rede mit anhörte, entrüstete sich zornig über dieses Wort und bemerkte dazu kurz und knapp beim Hinausgehen: Entweder wir siegen im ersten Anlauf, oder der Krieg ist für uns verloren. — Während der 4 Jahre, die ihm durch seine düstere Ahnung wahrlich nicht leichter gemacht wurden, stand er bis zum letzten Augenblick auf seinem Posten. Als die Flut der Revolution Deutschland überschwemmte, kehrte er zu seiner akademischen Tätigkeit mit schweigendem Ernste zurück; gesundheitlich stand es um ihn nicht mehr glänzend.

Ende 1917 war er Abteilungsvorsteher am Physikalischen Institut geworden, 1920 ernannte ihn das Ministerium zum persönlichen ordentlichen Professor, und diese Stelle bekleidete er, bis ihn die Technische Hochschule Breslau 1926 mit der Leitung ihres Physikalischen Instituts betraute. Der Universität blieb er als Honorar-Professor verbunden. Im Jahre 1935 wurde er korrespondierendes Mitglied der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften, 1936 korrespondierendes Mitglied der Warschauer Akademie der technischen Wissenschaften; im Jahre 1933 erhielt er die GAUSS-WEBER-Denk Münze von der Göttinger Universität „für seine Verdienste um die Weiterentwicklung des elektrischen Nachrichtenwesens“.

Mit der Höhe seiner Stellung nahm seine Verwaltungstätigkeit den üblichen bedrohlichen Umfang an und erreichte während seines Rektorates eine Gipfelhöhe, die noch gerade Frist ließ zum Halten der Kollegien. Daß er in den übrigen Jahren kostbare Zeit für seine wissenschaftlichen Arbeiten und die seiner Assistenten und Doktoranden gewinnen konnte, verdankte er seiner nüchtern-einfachen Lebensführung, die sich — wenigstens späterhin — gewiß um der Gesundheit willen als tunlich erwies, aber im Grunde vornehmlich seinem Charakter gemäß war. Theater und Konzerte besuchte er hin und wieder — nur Symphonieaufführungen schätzte er nicht sehr; sein in Klanganalysen meisterhaft geschultes Ohr hörte so wilde Kombinationstöne gellen und so schneidende Geräusche die Galerien entlangpfeifen, daß ihm von der eigentlichen Musik nicht mehr viel übrigblieb. — Und in der Tat, wer eine größere Übung im Zerlegen von Klängen hat, muß ihm recht geben.

Zu den naiven Genüssen des Tonfilms oder Varietés ließ er sich hin und wieder einmal durch die Familie oder einen Besuch verlocken, meinte aber schmunzelnd hinterher, für einige Jahre sei sein Bedarf nun wieder gedeckt. Dem Zusammensein im engeren Kreise war er nicht abhold; am meisten liebte er wohl den Spaziergang im Freien, wo er die Mäuse, Rehe, Kaninchen und Vögel belauschte, ihre Sinne mit den seinen maß und mit ihnen ein sinnvolles Spiel trieb. Welcher Art dieses sein konnte, davon hat er in dem Büchlein: „Die Schule des Horchens“ andeutungsweise einiges berichtet.

In der Nachkriegszeit entstanden zwei neue Weltmächte: das Radio und der Tonfilm. Beide waren in ihren Leistungen unausweichlich auf den wissenschaftlichen Stand der Akustik angewiesen — und mit einem Schlage waren deren Fragen entscheidungsvolle Probleme und ihre Lösungen Forderungen einer riesenhaften Spezialtechnik geworden. Indem aber die Akustik die neuen Fragen in sich aufnahm, zog sie sich erweiterte Grenzen: sie wurde „technischer“ und „elektrischer“.

Wie überlegt und weitschauend WAETZMANN beim Ausbau der Akustik von jeher vorgegangen war, zeigte sich jetzt: die Fragen, denen er sich seit langem gewidmet hatte, erwiesen sich als wichtig und aktuell. In diesen Jahren führte er die Lehre von den Kombinationstönen und vom Schalldruck weiter aus; hinzu kamen Untersuchungen, die Meßgenauigkeit auf akustischem Gebiete mit neuen Geräten zu steigern; eine davon bestand in der absoluten Messung der Temperaturänderung in stehenden Schallwellen mittelst Wollaston-Drähten (Mitarbeiter FRIESE), die nebenbei noch zu einer Untersuchung der Struktur dieser Drähte führte. Mit K. SCHUSTER wurde eine wichtige Arbeit über den Nachhall in geschlossenen Räumen durchgeführt. Die eindeutige Bestimmung der Hörschwelle als Ausgangsgröße für eine große Reihe technischer Messungen erforderte eine gründliche Untersuchung; sie wurde von WAETZMANN und seinen Schülern erfolgreich durchgeführt.

Von 1906 bis 1925 leitete OTTO LUMMER als Direktor das Breslauer Physikalische Institut der Universität; E. WAETZMANN war die ganze Zeit sein Weggenosse. Ein größerer Temperamentsunterschied als der zwischen diesen beiden Männern war schlecht denkbar, aber Gegensätze ziehen sich an; zudem verband beide neben der gleichen Liebe zur Physik noch eine besondere, verwandte Auffassung von den Aufgaben, die sie der Theorie und dem Experimente stellten, so daß zwischen ihnen eine Art „praestabilisierte Harmonie“ in den meisten wissenschaftlichen Fragen bestand. Dazu kam, daß LUMMER als Schüler und ehemaliger Assistent von HELMHOLTZ für Fragen aus der Physiologie der Sinnesorgane reges Interesse und umfassende Kenntnisse mitbrachte und nun für WAETZMANN selbst zum einsichtigen Anreger in diesem Gebiete wurde.

Dies alles trug dazu bei, die beiden deutschen Männer zu einer überaus herzlichen Freund-

schaft zu führen, die auf das ganze Institut zurückstrahlte und ihm eine Eigenart verlieh, die keiner seiner Angehörigen je wird vergessen können. Sie bewirkte aber auch, daß ihre Arbeitsgebiete sich zuweilen kollegialisch überschritten, und so finden wir WAETZMANN längere Zeit mit optischen Arbeiten aus dem LUMMERSchen Problemkreise beschäftigt. Eine Abhandlung „über neue Interferenzkurven gleicher Neigung“ gaben sie 1911 gemeinsam heraus; nach dem Krieg arbeitete WAETZMANN mehrere Interferenz-Anordnungen zur Prüfung optischer Systeme aus (zum Teil unter Mitarbeit von E. BRATKE).

Das umfassendste Programm aber, das sie gemeinsam durchführten, war die Neuherausgabe von MÜLLER-POUILLETS Lehrbuch der Physik, an dessen Redaktion als dritter A. EUCKEN teilnahm. In diesem Werke hat WAETZMANN fast die gesamte Akustik selbst neu geschrieben und uns damit ein gründliches, umfassendes modernes Lehrbuch über sein Hauptfach geschenkt.

Daneben redigierte er für das „Handbuch der Experimentalphysik“ noch die zweibändige „technische Akustik“, die über die Fülle neuzeitlicher Errungenschaften und Probleme der Elektroakustik im weitesten Bereich eingehende Auskunft bringt.

Eine zweite engere akademische Freundschaft verband WAETZMANN mit dem nur wenige Jahre älteren CL. SCHAEFER; er hatte WAETZMANN dereinst zum Assistenten vorgeschlagen und nahm auf seine Untersuchungen über Kombinations-töne von der theoretischen Seite her Einfluß, indem er den HELMHOLTZischen Ansatz für die elastische Kraft allgemeiner faßte und für eine ganze Klasse von Erscheinungen aufstellte, zugleich auch das damit verknüpfte Problem des Schalldrucks wesentlich förderte.

Wer WAETZMANN auch nur aus seinen Lehrbüchern kennenlernt, bekommt schon eine Vorstellung von seiner eindringlichen pädagogischen Kraft. Aber den rechten Eindruck übte doch erst der Lehrer in seinem ganz persönlichen Wirken als Dozent. Sein Kolleg war — in Wort und Versuch — bis ins letzte überlegt und befreit von allem Helldunkel gelahrten Beiwerks. Es trachtete nur danach, durchaus verständlich zu sein und ließ die Hörer nicht locker. Durch eingestreute Fragen überzeugte sich WAETZMANN schnell einmal, ob eine Sache verstanden sei — zum anfänglichen Schrecken der Hörschaft, bald aber mit immer zunehmender Zustimmung aller Lernbegierigen. Später richtete er Wiederholungskurse ein, in welchen die freiwilligen — oft sehr zahlreichen — Teilnehmer ihr Erlerntes festigen und anwenden konnten. So blieb er nie im unklaren über den Erfolg selbst seiner allgemeinen Vorlesung und war auch vom jeweiligen Bildungsstand seiner Hörer sehr genau unterrichtet. Ja, er wußte sogar recht gut über die mathematisch-physikalischen Unterrichtserfolge etlicher schlesischen Studienräte Bescheid, zumal viele seine Vorlesungen besucht und den Zusammenhang mit ihm nicht verloren hatten.

Er wußte ihre Tätigkeit zu schätzen, nahm teil an ihren Sorgen und Nöten und wurde nur verdrießlich, wenn einer mit seinem Unterrichte zu hoch hinauswollte. Da betonte er denn gern — mit leichter Übertreibung —, daß etwa die Verwendung des OHMSchen Gesetzes ihnen in der Elektrizitätslehre so viel Lehrstoff böte, daß sie froh sein könnten, wenn sie ihn einigermaßen bewältigten — zumeist allerdings geschähe dies keineswegs!

Seinen Doktoranden und Assistenten war er herzlich zugetan und unermüdlich bereit, sie zu fördern. Er half ihnen, in Wissenschaft und Leben vorwärts zu kommen und hielt darauf, daß sie möglichst hohe, in jedem Fall aber saubere Leistungen von sich verlangten, sei es beim Aufbau eines einfachen Versuches, sei es bei der

Abfassung einer großen Arbeit — und jeder wußte, daß er die gleichen Forderungen an sich richtete und vorbildlich erfüllte.

Ein Mensch, der so streng aufs Wesentliche in Denken und Leistung bedacht ist, wie WAETZMANN, fällt leicht schließlich der Vereinsamung anheim. Denn die Menschen im Beisammensein gehen, nach einem Goethewort, alsbald daran, sich gegenseitig ihre Künste vorzumachen, und an denen lag WAETZMANN nicht im geringsten.

So blieb er denn mehr und mehr im späteren Leben allein; aber das quälte ihn nicht sehr. Er horchte gern in die Stille, hat darüber auch eine — rein physikalische — Abhandlung geschrieben und ist nun von uns genommen worden aus einer Fülle neuer Probleme und angefangener Arbeiten über die Akustik, die wir mit *Fug* die seine nennen dürfen.

5. Technik und mechanische Praxis.

Versuchs- und Prüffelder in der Elektrotechnik.

Von W. JAEKEL in Berlin-Wilmersdorf.

Die in den letzten Jahren ständig gestiegene Zuverlässigkeit der elektrischen Energieversorgung, die sich für den Benutzer darin äußert, daß ein Aussetzen des Stromes zu den größten Seltenheiten gehört und sogar Reparaturen an elektrischen Geräten nur in größeren Zeitabständen vorzunehmen sind, ist darauf zurückzuführen, daß der Elektrotechniker seine Werkstoffe und seine Apparate in jeder Phase des Fertigungsganges sorgfältig prüft. Kein Glied in der Stromversorgung darf versagen, wenn der Energiefluß vom Kraftwerk zum Verbraucher ununterbrochen fließen soll. Jeder Stab der Maschinenwicklung bei den großen Turbogeneratoren muß richtig isoliert sein, jede Wicklung des Umformers muß die oft sehr hohe Spannung aushalten können, jeder Schalter im Kraftwerk muß ununterbrochen arbeitsbereit sein, jeder Isolator muß den an ihm befestigten Leiter sicher isolieren — kurz, jeder Bauteil muß den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen gewachsen sein. Dabei muß er eine gewisse Leistungsreserve haben, denn Überlastungen treten leicht ein. Die Prüfungen werden deshalb grundsätzlich mit dem Mehrfachen der Betriebsbelastung vorgenommen. Ein Schalter z. B., der betriebsmäßig die Spannung 10 000 V zu schalten hat, wird mit einer Spannung von 40 000 V geprüft.

An den Gesamtkosten der Fabrikation hat der Aufwand für die Prüfungen, also für die Errichtung und Unterhaltung der Prüffelder sowie für das nötige Personal, einen erheblichen Anteil. Jedes elektrotechnische Gerät besteht also nicht nur aus Werkstoff und Fertigungsarbeit, sondern muß auch zahlreichen Prüfungen unterworfen werden. Die Tatsache, daß bei der Prüfung die betriebsmäßigen Beanspruchungen um das Mehrfache übertroffen werden, bedingt ein Arbeiten mit oft außerordentlich hohen Strömen und Spannungen. Man denke nur daran, daß z. B. die Bauteile von Hochspannungsanlagen nicht nur durch die betriebsmäßigen Überspannungen, sondern

sogar durch Einwirkungen von Gewittern und direkten Blitzeinschlägen beansprucht werden. Man ist gegenwärtig in der Lage, in besonders hierzu bestimmten Prüffeldern die Einwirkungen des Blitzes in allen Einzelheiten nachzuahmen. Die Nürnberger Stoßprüfanlage der Siemens-Schuckertwerke kann bei einer Spannung von 3 Millionen Volt Stromstärken bis zu 25 000 A erzeugen und in der Sekunde die Leistung 42 000 W abgeben. Das Arbeitsvermögen der Anlage reicht aus, um selbst starke Baumstämme vollständig zu zersplittern. Bei Hochspannungskabeln kann die Höhe der Prüfspannung bis zur Größenordnung 500 000 V anwachsen, da man gegenwärtig z. B. Ölkabel für Spannungen von über 100 000 V auslegt. Weil die Kabel auch nach der Verlegung noch geprüft werden müssen, baut man die Prüfeinrichtungen in Lastwagen ein, die man nach Belieben an die Prüfstellen heranfahren kann. Durch geschickte Konstruktionen glückte es, solche hohen Spannungen in fahrbaren Aggregaten unterzubringen. Das gelang hauptsächlich durch Verdoppelungsschaltungen, welche die ursprünglichen Spannungen verdoppeln. Da diese Prüfungen meistens mit Gleichspannung vorgenommen werden, sind ferner noch Ventilröhren vorhanden, die eine Halbwelle des Wechselstromes unterdrücken. Sogar Hausgeräte, wie Staubsauger, Haartrockner, Kochtöpfe u. dgl., werden mit Spannungen von tausend und mehr Volt geprüft. Die Prüfplätze sind hier in den Fertigungsgang eingefügt und so gestaltet, daß sie ein schnelles, einfaches und sicheres Arbeiten gestatten.

Häufig muß bei der Prüfung auch darauf Rücksicht genommen werden, in welcher Umgebung das elektrische Gerät später arbeiten soll. Besonders sorgfältig sind die Prüfungen bei solchen Geräten vorzunehmen, die in explosionsgefährdeten Betrieben ihre Pflicht erfüllen sollen. Derartige Betriebe gibt es gerade gegenwärtig sehr viel, weil z. B. die chemische Großindustrie recht oft mit Gasen arbeitet, die zusammen mit Luft explosive Gemische bilden können. Um auch hier die im Betriebe vorkommenden Verhältnisse genau nach-

ahmen zu können, haben sich die Siemenswerke ein Explosions-Versuchsfeld eingerichtet, in dem die Geräte unter dem Einfluß hochexplosibler Gas-Luftgemische geprüft werden. Selbstverständlich sind alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, damit Personen nicht zu Schaden kommen können, wenn hier in dem Versuchsfeld Explosionen willkürlich ausgelöst werden. In großen Behältern stehen die für die Prüfung benötigten gefährlichen Gase bereit. Durch Rohrleitungen gelangen sie in die Prüfräume, wobei durch Sicherheitsventile dafür Sorge getragen ist, daß die Explosionen sich nicht in die Vorratsbehälter fortsetzen. Besonders gefährlich ist übrigens Azetylen, weil es in beinahe jedem Mischungsverhältnis mit Luft explosibel ist. Aber auch Wasserstoff, Benzol und Leuchtgas sind sehr gefährlich. Vielfach werden die Versuche so vorgenommen, daß man das Gehäuse des zu prüfenden Gerätes mit explosiblem Gemisch füllt und dieses Gehäuse dann in eine mit dem gleichen Gase gefüllte Kammer bringt. Nunmehr löst man durch eine elektrische Zündung die Explosion im Innern des Gehäuses aus. Voraussetzung für die Brauchbarkeit des Gerätes ist es jetzt, daß es den Explosionsdruck aushält und die Explosion sich nicht in die Umgebung fortpflanzt.

Hohen Ansprüchen müssen die elektrischen Einrichtungen von Flugzeugen genügen, da sie in großer Höhe und bei entsprechend niedrigem Luftdruck sowie bei Temperaturen, die oft 30° und 40° unter Null liegen, genau so zuverlässig arbeiten müssen wie unter normalen Verhältnissen. Für derartige Prüfungen werden Kälteräume errichtet, in denen sich jede Temperatur und jeder Luftdruck einstellen läßt. In diesen Kälteräumen sind sämt-

liche elektrischen Anschlüsse vorhanden, um das betriebsmäßige Arbeiten nachahmen zu können. Durch Glasscheiben kann man das Arbeiten der Instrumente und Apparate beobachten. Im Gegensatz zu diesem Kälteraum muß ein Tropenprüfraum die in den Tropen vorkommenden Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade nachahmen. Man hat in den Tropen zwischen dem sog. Wüstenklima zu unterscheiden, das sich durch hohe Temperatur und geringen Feuchtigkeitsgehalt der Luft auszeichnet, und dem Urwaldklima, das gleichzeitig hohe Temperaturen und einen Feuchtigkeitsgehalt von über 90% hat. Ferner ist bei der Nachahmung des Tropenklimas zu bedenken, daß die tagsüber sehr hohen Temperaturen während der Nacht bis in die Nähe des Nullpunktes absinken. Dabei wird die Feuchtigkeit der Luft frei und schlägt sich in Gestalt von feinen Taupföpfchen auf die Geräte nieder. Handelt es sich um porige oder hygroskopische Stoffe, so dringt die Feuchtigkeit auch in das Innere der Geräte ein und übt hier ihre zerstörende Wirkung aus. Im Tropenprüfraum wird dieses Absinken der Temperatur mit seinen gefährlichen Folgen genau nachgeahmt. Temperatur und Feuchtigkeit werden sogar über die tatsächlich vorkommenden Werte hinaus gesteigert, um in abgekürzten Prüfzeiten die Verhältnisse der Wirklichkeit zu erreichen. Man kann somit schon in wenigen Wochen Ergebnisse erhalten, wie sie im tatsächlichen Betrieb erst in monatelanger Benutzung sich zeigen würden. Nicht zuletzt ist es diesen scharfen Prüfungen zu verdanken, daß sich die Erzeugnisse der deutschen Elektroindustrie in solchem Maß in allen Ländern der Welt bewährt haben.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Physik ohne Zahlen. Von EMIL BRAUNWEILER. Mit 254 Seiten und 183 Abbildungen im Text. München: Knorr & Hirth 1939. Preis in Leinen RM. 5,50.

Das Buch ist eine Physik für Laien. Es ist für die Vielen geschrieben, die nicht beruflich mit Physik zu tun haben, trotzdem aber ein ernstes Interesse daran besitzen und ihr bruchstückhaftes, ungeordnetes und oberflächliches Wissen in physikalischen Dingen klären und mehren möchten. Solche Leser erfahren aus dem Buch, um ein paar Beispiele herauszugreifen, die physikalischen Grundlagen der Himmelsfarbe und der Warmwasserheizung, der Tauchfähigkeit der U-Boote, der Ultrarotphotographie, der Höhensonne und der Dezimeterwellen, der Röntgenstrahlen und des Kreiselkompasses. Das Buch lehrt, von diesen Dingen zu begreifen, was davon ohne Mathematik zu erfassen ist. Es setzt keine physikalischen Kenntnisse voraus, die dem Leser, an den es sich wendet, ja doch nicht geläufig wären, und es vermeidet jegliche Mathematik. In Form von Lehrgesprächen zwischen einem pädagogisch geschickten und für seinen Stoff begeisterten Lehrer und einem gelehrigen Schüler wird im

Plauderton, fern von einer bloßen Buchgelehrsamkeit, erreicht, daß nicht nur physikalisches Wissen vermittelt wird, sondern auch die Methode physikalischer Forschung Leben gewinnt. Der Leser, der sich ohne physikalische Vorkenntnisse mit diesem Buch aufmerksam beschäftigt, hat ein gewisses Verständnis für die Grundlagen der Physik gewonnen; er kann danach mit Erfolg an das Studium von Schriften gehen, die irgendwelche spezielleren physikalischen oder technischen Fragen behandeln. Ich kann das Buch warm empfehlen.

Ernst Zimmer.

Luftfahrt. Eine Einführung in das Gesamtgebiet. Herausgeg. vom Reichsinstitut für Berufsausbildung in Handel und Gewerbe (DATSCH). 2. Aufl., X und 255 Seiten mit rund 300 Abbildungen, Tafeln und Übersichten. Leipzig u. Berlin: B. G. Teubner 1939. Preis kart. RM 3,20.

In 18 Abschnitten und einem Anhang wird die ganze Luftfahrt behandelt. Der Umfang der einzelnen Abschnitte ist sehr verschieden und schwankt zwischen 2 und 47 Seiten. Um von der außerordentlichen Reichhaltigkeit des Inhaltes eine Vorstellung zu geben, seien hier folgende Überschriften der Abschnitte genannt:

I. Biologische und physikalische Grundlagen; II. Luftfahrzeuge leichter als Luft; III. Modellflug; IV. Gleit- und Segelflug; V. Motorflug; VI. Ausrüstung des Flugzeuges; VII. Werkstoffe im Luftfahrzeugbau; VIII. Bodenorganisation und Flugsicherung; IX. Die deutsche Luftwaffe; X. Luftgefahr und Luftschutz; XII. Der deutsche Luftverkehr; XIV. Höhenflug; XV. Luftbildwesen; XVI. Luftfahrtmedizin.

Gegenüber der 1. Auflage, die 1935 erschien und weite Verbreitung gefunden hat, zeigt die 2. Auflage eine erhebliche Vermehrung des Inhaltes und Umfanges. Diese war nötig mit Rücksicht auf das inzwischen erfolgte gewaltige Fortschreiten der deutschen Luftfahrt. Aus demselben Grund ist auch das Bildmaterial zum großen Teil erneuert worden.

Das Buch ist jedem zu empfehlen, der eine erste Einführung in das gesamte Gebiet sucht und außerdem ein billiges Nachschlagewerk besitzen will. Es eignet sich gut für Schülerbüchereien. Bei der Reichhaltigkeit des Inhaltes kann aber der Schüler das Buch nicht auf einmal durchlesen, sondern muß es zum Lesen und Nachschlagen dauernd zur Verfügung haben, wenn er den vollen Nutzen davon haben soll. Daher ist das Buch auch für Geschenkzwecke zu empfehlen. *P. Henckel.*

Grundlagen des Flugwesens. Von Dipl.-Ing. KARL WOLFRAM. 1. Schulungsheft der „Volksbücherei der Luftfahrt“. 112 Seiten mit 120 Abbildungen. Potsdam: Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion 1939. Preis RM 1,40.

Die Zahl der in den letzten Jahren erschienenen Schriften, die eine Einführung in Fluglehre und Flugwesen geben, ist recht groß. Man kann von einem Verfasser deshalb auch nicht mehr verlangen, daß er wesentlich Neues bringt. Das vorliegende Bändchen behandelt die üblichen Gebiete in geschickter Form. Der Aufgabe, die es sich gestellt hat, weitesten Kreisen eine sachgemäße, leicht verständliche Einführung zu geben, wird es durchaus gerecht. *O. Brandt.*

Flugzeugberechnung. Von R. JAESCHKE. Bd. I: Grundlagen der Strömungslehre und Flugmechanik. 2. verbesserte Auflage; 174 Seiten mit 88 Abbildungen und 21 Zahlentafeln. Bd. II: Bearbeitung von Entwürfen und Unterlagen für den Festigkeitsnachweis. 202 Seiten mit 64 Abbildungen und 21 Zahlentafeln. München u. Berlin: R. Oldenbourg 1939. Preis je Band RM 6,—, beide Bände in einem Band geb. Leinen RM 13.

Die Ausführungen sind in erster Linie für Studierende des Flugzeugbaues bestimmt, darüber hinaus aber für alle technisch Vorgebildeten, die sich mit der Flugzeugberechnung bekannt machen wollen. Das Studium des Buches erfordert nur allgemeine physikalische Kenntnisse, keine speziellen Fachkenntnisse. Diese empfängt der Leser durch das Buch selbst. Der Verfasser beginnt in Band I den ersten Hauptteil „Strömungslehre“ mit einem Abschnitt über Grundbegriffe und Grundgesetze, in welchem er eine anschauliche,

elementare Herleitung der BERNOULLISCHEN Gleichung gibt, den Begriff des Staudruckes erörtert und das PRANDTLSCHE Staurohr ebenso wie das Venturirohr behandelt. Es folgen die Abschnitte: Strömung in einer Ebene, Strömung im Raum, Messungsergebnisse und ihre Anwendungen. Hier werden die Versuchsmethoden, das Ähnlichkeitsgesetz und die REYNOLDSSCHE Zahl behandelt. Wesentlich ist, daß der Verfasser sich nicht damit begnügt, die Formeln zu entwickeln, sondern stets in klarer Ausdrucksweise die leitenden Gedanken ausspricht und sich überall bemüht, den Leser zum Verständnis der Sache zu führen und ihn vor Irrtümern zu bewahren, die erfahrungsgemäß hier leicht möglich sind. Im zweiten Hauptteil „Kräftegleichgewicht und Flugleistungsberechnungen“ werden der Gleitflug und der Motorflug behandelt, und es wird für jeden ein Berechnungsbeispiel durchgeführt. Der dritte Hauptteil handelt vom Momentengleichgewicht und von der Stabilitätsberechnung und schließt mit einem Berechnungsbeispiel.

Band II enthält drei Hauptteile: Flugzeugbauarten, Entwürfe von Flugzeugen, Belastungsannahmen. Hier werden viele Fragen behandelt, die gerade den Physiker interessieren. Es seien nur folgende Kapitelüberschriften genannt: Schwingenflug, Schaufelrad, Hub- und Tragschrauber, Schwanzlose Maschinen, Entenbauweise, Tandemanordnung, Schnellflug, Hochflug, Weitflug, Werkstoff und Fertigung. Auch hier wird, wie im ersten Bande, der Nachdruck nicht auf die Gewinnung von Formeln gelegt, sondern auf klare, gut verständliche Darstellung.

Zusammenfassend ist zu sagen: Das zweibändige Werk ist sehr gut für den Physiker geeignet, der sich mit dem Gegenstande beschäftigen will. Insbesondere kann der Physiklehrer, der eine flugwissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft seiner Schüler zu leiten hat, aus dem Buche viel Belehrung und Anregung erhalten. *P. Henckel.*

Antennen, ihre Theorie und Technik. Von H. BRÜCKMANN (V. Band der Physik und Technik der Gegenwart, herausgeg. von H. FASSBENDER). 339 Seiten mit 169 Abb. im Text und 2 Tafeln. Leipzig: S. Hirzel 1939. Preis geh. RM. 20,50, geb. RM 22,—.

Es ist eigentlich merkwürdig, daß bisher im Schrifttum der drahtlosen Telegraphie ein zusammenfassendes Werk über Antennen fehlte, obwohl gerade die Antenne für jede Sende- und Empfangsstation ein unentbehrliches Element darstellt. Hinzu kommt noch, daß man in den letzten 20 Jahren auf diesem Gebiete z. B. durch die Entwicklung der modernen Richtsendsanlagen außerordentliche Fortschritte erzielte. Dem Verfasser gebührt das große Verdienst, hier Abhilfe geschaffen und in dem vorliegenden Buch eine umfassende, wissenschaftlich begründete und den neueren Stand berücksichtigende Darstellung gegeben zu haben, die jedem, der nur irgendwie mit den Fragen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung zu tun hat, ein wirklich unentbehrliches Hilfsmittel sein wird.

Der Inhalt des Buches gliedert sich in folgende Abschnitte: I. Theorie und allgemeine Technik. 1. Physikalische Grundlagen der elektromagnetischen Strahlung. 2. Strom- und Spannungsverteilung. 3. Strahlungsverteilung. 4. Horizontal-Strahlungsmaß (wirksame Höhe). 5. Feldstärke im Nahfeld. 6. Strahlungsleistung und Strahlungswiderstand. 7. Strahlungskopplung. 8. Blindwiderstand von Einzelantennen. 9. Antennenverluste. 10. Spannungsbeanspruchung. II. Technische Antennenformen. 11. Ausbreitungsverteilung. 12. Antennen zur Nachrichtenübermittlung innerhalb der Nahzone. 13. Nahschwundmindernde Antennen für Rundfunksender. 14. Antennen zur Nachrichtenübermittlung in die Fernzone. 15. Antennen zur Ortsbestimmung (Funkpeilung). III. Antennenmessungen. 16. Stromverteilung. 17. Strahlungsmaß. 18. Strahlungsverteilung. 19. Strahlungswiderstand. 20. Scheinwiderstand. 21. Antennenleistung, Wirkungsgrad, Verlustwiderstand. 22. Eigenwellen, Resonanzwellen. 23. Wellenwiderstand, Endkapazität.

Der erste Teil behandelt sehr ausführlich die Theorie der Antennen und ihrer Strahlung. Es ist dies bekanntlich eines der schwierigeren Gebiete der Physik, da es zu seiner exakten Behandlung ein gewisses Rüstzeug an Mathematik und theoretischer Elektrizitätslehre verlangt. Denn es ist ja notwendig, neben den elektrischen Erscheinungen im Antennendraht selbst auch die verwickelten Vorgänge der elektromagnetischen Strahlung zu betrachten. Der Verfasser hat es verstanden, diese Dinge in möglichst übersichtlicher Form darzustellen und die Ergebnisse an Hand zahlreicher Kurven und graphischer Darstellungen zu veranschaulichen. Viel trägt hierzu die vom Verfasser in aller Strenge durchgeführte einheitliche Benutzung von Bezeichnungen und Formelzeichen bei.

Der zweite Teil des Buches behandelt die verschiedenen technisch ausgeführten Antennenformen sowohl für ungerichtetes als auch gerichtetes Senden. Auch hier ist der Text durch zahlreiche Diagramme und gute Aufnahmen von praktisch ausgeführten Antennenanlagen ergänzt.

Schließlich bringt der letzte Teil eine Zusammenstellung der wichtigsten Anordnungen und Geräte, die für Messungen an Antennen gebräuchlich sind. Ein Literaturverzeichnis der bei der Abfassung des Buches benutzten Originalarbeiten beschließt das drucktechnisch gut ausgestattete Werk, dessen Erscheinen nicht nur vom Fachmann, sondern auch vom Studierenden und Lehrer sehr begrüßt werden wird.

L. Bergmann.

Einführung in die Chemie für Studierende technischer Berufe. Von Prof. Dr. JULIUS MEYER. 220 Seiten mit 13 Abbildungen. Leipzig: S. Hirzel 1939. Preis Ganzleinen RM 7,80.

Diese Einführung entspricht in ihrem Wollen etwa dem bekannten Buche „Chemie für Techniker“ von Dr. OSKAR SCHMIDT, nur daß sie eine Stufe weiter geht und sich in ihren Anforderungen an die studierenden Ingenieure wendet. Es ist

gewiß nicht zweckmäßig, von einem Ingenieur zu verlangen, daß er seine Chemiekennnisse aus einem Werke schöpft, das seine Belange nicht ausreichend vertritt. Hier hilft ihm die Neuerscheinung in vorzüglicher Weise. Das Werk gliedert sich in 3 Teile: Allgemeine Chemie, Chemie der Nichtmetalle und Chemie der Metalle. Innerhalb dieser Teile sind einzelne Abschnitte, die für den Ingenieur wichtig sind, zusammengefaßt worden, z. B. Explosivstoffe, Treib- und Schmiermittel, Baustoffe, Korrosion. Durch diese Anordnung unterscheidet sich das vorliegende Lehrbuch vor allem von anderen, es wird für den angehenden Ingenieur brauchbarer, aber auch für den Lehrer an einer höheren Schule, der nach den neuen Richtlinien, vor allem an den höheren Mädchenschulen, derartige Zusammenfassungen außerhalb der systematischen Anordnung behandeln soll und hier findet. Es empfiehlt sich also eine Anschaffung für die Bücherei, besonders da dieses hervorragend ausgestattete Werk im Preise kaum teurer ist als ein Schullehrbuch der Chemie. G. Mangliers.

Anorganische Chemie. Von Prof. Dr. KARL A. HOFMANN und Prof. Dr. ULRICH R. HOFMANN. 8. Aufl. 796 Seiten mit 95 Abbildungen, 7 Spektrotafeln. Braunschweig: Friedrich Vieweg u. Sohn 1939. Preis geh. RM 19,—, Leinenband RM 22,—.

Ich verweise auf die Besprechung der 6. Auflage in dieser Zeitschrift 43, 46 (1930).

Dieses Werk, nunmehr auch von U. HOFMANN mitbearbeitet, kann wohl als „klassisches“ Lehrbuch der anorganischen Chemie bezeichnet werden, denn es hat schon einer sehr großen Reihe von Studierenden als Ratgeber gedient. Auch jetzt ist es den Verfassern wieder gelungen, unter Beibehaltung der übersichtlichen Anlage in das Buch die neuesten Errungenschaften der anorganischen Chemie einzubeziehen. Vielleicht wäre es aber auch möglich, bei einer der folgenden Auflagen neuere statistische Angaben über die Produktion der verschiedensten Stoffe, wie z. B. Diamant, Platin, Silber usw., zu berücksichtigen. Das Lehrbuch läßt sonst dem Fachchemiker kaum Wünsche offen, vor allem, weil auch die physiko-chemischen Schlußabschnitte über das Periodische System, über den Bau der Kristalle, der Moleküle sowie der Atome neu geformt wurden. Erwähnenswert und fesselnd ist der von A. v. GROSSE bearbeitete Teil über die metallorganischen Verbindungen (22 S.). Der „Hofmann“ gehört nach wie vor in jede Bücherei, mit der ernsthaft chemisch gearbeitet werden soll.

G. Mangliers.

Kurzes Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von Prof. Dr. HERMANN ULICH unter Mitarbeit von Dr. KURT CRUSE. 315 Seiten mit 79 Abbildungen. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1938. Preis geb. RM 12,—.

Nachdem kürzlich die „Physikalische Chemie“ von W. KUHN erschien, bringt dieses neue Werk eine weitere Bereicherung des Fachschrifttums durch ein „kurzes“ Lehrbuch der physikalischen Chemie. Gewiß ist die Kürzung eines ihm ver-

trauten Stoffgebiets für den Verfasser immer eine saure Arbeit. Kürzung bedeutet Fortlassen, und von der Art, wie und was fortgelassen wird, hängen sehr wesentlich Wert und Erfolg des betreffenden Werkes ab. H. ULLICH erreicht nun sein Ziel, ohne Abstraktheit und Telegrammstil vielseitiges, anwendbares und modernes Wissen zu vermitteln, einmal dadurch, daß er gewisse Grundlagen thermodynamischer Art (z. B. die Kenntnis von der Ableitung des 1. und 2. Hauptsatzes und den CARNOTSchen Kreisprozeß) voraussetzt, soweit man sie eben auf der höheren Schule gelernt haben müßte. Ferner fallen alle Apparaturbeschreibungen fort, die in ein Werk über physiko-chemische Übungen hineingehören. Ein Teil des hierdurch gewonnenen Raumes wird für geschichtliche Zahlen und zu Worterklärungen verwandt. Dankenswerterweise ist dem Werk eine Tabelle mit den gebräuchlichsten Formelzeichen vorangestellt, die im Zweifelsfall eine rasche Unterrichtung gestattet.

Die Einteilung des Stoffes ergab 4 Abschnitte. Im Einführungsabschnitt sind die stofflichen Zustände beschrieben, in den drei folgenden die physiko-chemischen Vorgänge, und zwar ergeben sich je nach der Betrachtungsweise die Abschnitte: II. Thermodynamik, III. Kinetik und IV. Atomistik. Jeder dieser Abschnitte wird in dem gestellten Rahmen ausführlich behandelt. Anregend ist der an jeden Paragraphen — das ganze Werk enthält deren 24 — sich anschließende Schriftenhinweis. Für den Chemielehrer der Oberstufe ist das Lehrbuch empfehlenswert wegen der regelmäßig eingeschalteten rechnerischen Übungsaufgaben, die hier wirklich einen betont „chemischen“ Charakter haben.

In der nächsten Auflage empfiehlt es sich, die Abbildungen auf S. 65 wieder zu vertauschen.

G. Mangliers.

Kohle, Luft und Wasser. Ein Rundgang durch die neu erschlossenen Gebiete der Kohlechemie. Von Prof. ROBERT WIZINGER. Bücherei der Technik für Alle, Band 1. 77 Seiten mit 40 Abbildungen. Stuttgart: Franckhsche Verlagshandlung 1939. Preis RM 2,50.

Die Chemie der Kohle hat in den letzten 10 bis 20 Jahren eine alle Erwartungen weit übertreffende Bedeutung erlangt.

Wie Kohle, Luft und Wasser die Rohstoffe für eine umfassende neue industrielle Betätigung geworden sind, und was für eine Fülle von neuen Stoffen und neuen Verfahren die Kohlechemie geschaffen hat, das weiß der Verfasser der „Chemischen Plaudereien“ dem Leser überaus fesselnd und anschaulich klar zu machen. Das Historische und das Technische, die Erfindungen auf Grund mühevollster Arbeit wie gelegentliche Zufallstreffer, das Wirtschaftliche wie die großen außenpolitischen Zusammenhänge, alles das kommt in einer zwanglosen, aber spannenden Art zur Darstellung. Ausgezeichnete Werkphotos und gut übersichtliche Stoffstammbäume und schematische

Fabrikanlagen erhöhen die Anschaulichkeit und erleichtern das Verständnis.

Das Schriftchen zerfällt in die drei Abschnitte: I. Von den Anfängen der Kohleveredlung zur modernen Teerverwertung; II. Die Kohleveredlung durch Druckhydrierung; III. Großtechnische Totalsynthesen. In diesen 3 Abschnitten ist aus der neueren Kohlechemie eigentlich nichts vergessen. Wir erfahren das Wesentliche von der Erhöhung der Benzol- und Phenolausbeute aus dem Teer, über die Versuche von BERGIUS und das BERGIUS- und FISCHER-TROPSCH-Verfahren, die Gewinnung von Flüssiggas und Schwefel als hochwertige Nebenerzeugnisse, ferner über den Krackprozeß, über Methanol, Formaldehyd und Kunststoffe. Recht ausführlich ist das Azetylen mit seinen in einem übersichtlichen Azetylenstammbaum eingetragenen Abkömmlingen dargestellt; auch die Buna-Synthese nimmt einen breiten Raum ein. Die kleine Schrift wird schnell einen großen Leserkreis finden.

L. Doermer.

Chemisches über Nahrungsmittel, Gärung und Fäulnis. Von Dr. HANS LÜTHJE und Dr. MARGRET STURM. Chemische Arbeitshefte, Heft 3. 40 Seiten mit 3 Abbildungen. Dresden: Hermann Püschel 1939. Preis kart. RM —,60.

Ein sehr kurzgefaßter Leitfaden der organischen Chemie mit besonderer Betonung der Nahrungsmittelchemie wird hier vorgelegt. Eine nicht ganz logische, aber doch brauchbare Einteilung liefert die Abschnitte I—V: Fette, Kohlenhydrate, Eiweiß, Nahrungsmittel, Gärungen. Den Abschluß bildet ein Paragraph über die Bedeutung der Hausfrau in der Volkswirtschaft. Wie in den anderen chemischen Arbeitsheften ist auch hier in erster Linie auf das Experimentelle Wert gelegt worden. Gerade die Behandlung des Themas „Nahrungsmittel“ läßt ja die Kluft zwischen praktischem Wollen und theoretischem Können bei Schülern besonders deutlich werden. So wird es für viele Schüler sicher sehr angenehm sein, wenn sie außerhalb des Unterrichts ein solches Büchlein zu Rate ziehen können.

G. Mangliers.

Deutsches Eisen. Von Dr. HANS LÜTHJE. Chemische Arbeitshefte, Heft 7. 40 Seiten mit 27 Abbildungen. Dresden: Hermann Püschel 1939. Preis kart. RM —,60.

Die acht Abschnitte dieses Arbeitsheftes behandeln im wesentlichen die Eisengewinnung und Veredelung, und zwar rein theoretisch, aber mit guten Abbildungen und schematischen Zeichnungen. Der Stoff ist bis in die jüngste Gegenwart hinein verarbeitet worden. Die drei ersten Abschnitte bringen, ohne Neues zu bieten, experimentelle Grundlagen über den Kohlenstoff und seine Oxyde, wobei allerdings eine genaue Beschränkung auf das Thema nicht erkennbar wird. Der Wert des Büchleins liegt darin, daß es im Zusammenhang etwa mit gezeigten Filmen als Grundlage einer Arbeitsgemeinschaft dienen kann, vor allem, wenn Besichtigungsmöglichkeiten von Eisenwerken vorliegen.

G. Mangliers.

Erd- und Lebensgeschichte. Eine Einführung in die historische Geologie. Von Dr. KARL BEURLEN. 474 Seiten mit 227 Abbildungen und 29 Tabellen. Leipzig: Quelle & Meyer 1939. Preis in Leinen RM 15,—.

Dieses neue grundlegende Lehrbuch der Geologie gibt ein einheitliches Gesamtbild von dem geschichtlichen Werden der Erdrinde. Der Verfasser hat, um die verwirrende Vielheit der Einzel-tatsachen in eine Ordnung zu bringen, nicht das hergebrachte, künstliche und abstrakte Formationenschema gebracht, sondern er gibt die Stoffgliederung nach historischen Gesichtspunkten; dadurch erfüllt das Werk eine dringende Forderung im deutschen geologischen Schrifttum und unterscheidet es sich von älteren geologischen Lehrbüchern. In dieser Hinsicht nimmt das Kapitel über die geologische Zeitrechnung eine Schlüsselstellung in dem Werk ein. Das Buch gliedert sich in zwei Teile, von denen der erste den Leser in die Grundlagen und Methoden erdgeschichtlicher Forschung einführt; in ihm werden der stoffliche Aufbau des Erdkörpers, die Tiefen- und Sedimentärgesteine behandelt. Der zweite Teil stellt die Erd- und Lebensgeschichte selber dar; der Verfasser geht dabei von einzelnen Schichtenfolgen aus und entwickelt in einer pädagogisch musterhaften Art unter Hinweisen auf die jeweilige Entfaltung der organischen Natur den erdgeschichtlich-paläogeographischen Gesamtcharakter der großen Erdformationen. In geschickter Weise werden zahlreiche Tabellen zur Verkürzung des Textes und zur Zusammenfassung umfangreichen Stoffmaterials benutzt. Die anschauliche, klare und übersichtliche Darstellung machen die Lektüre des Buches zu einem Vergnügen.

Ein Kapitel des Buches verdient, in einer Zeit, in der das deutsche Volk eine einheitliche Weltanschauung gewinnt, besonders hervorgehoben zu werden; es sind die Ausführungen, in denen der Verfasser Ursprung, Geschichte und Wesen geologischer Forschung im Rahmen der anderen und älteren Naturwissenschaften darlegt. Geologie als

Erdgeschichte umfaßt die Frage nach der Entstehung der uns umgebenden Welt; sie ist also Kosmogonie. Verfasser stellt nun zwei große kosmogonische Konzeptionen, die die geistige Entwicklung des Abendlandes bestimmen, einander gegenüber; die jüdisch-orientalische und die nordisch-germanische; jene gekennzeichnet durch ihre Gebundenheit an eine einmal den Menschen gegebene Offenbarung des Schöpfers aller Dinge, die sich zur theologischen Wissenschaft entwickelt; diese ist erlebte Wirklichkeit, ein allmählich durch Erforschung immer weiteres Eindringen in die Vielfalt dieser den Menschen umgebenden Welt, die zur erfahrungsgebundenen Naturwissenschaft wird. Die Kluft zwischen den beiden gegensätzlichen Standpunkten ist die Ursache des Kampfes, der unter den Formen des Paulinischen Christentums und der auf Forschung aufgebauten Naturwissenschaft die Geschichte des Abendlandes in so verhängnisvoller Weise bestimmt.

Verfasser schildert den Verlauf dieses Kampfes zwischen der Autorität der Kirche und einer durch germanische Forscher in fortschreitender Entwicklung aufgebauten freien Wissenschaft. Da die Weltanschauung des Nationalsozialismus eine natürliche und zwangfreie Entwicklung eines gegebenen nordisch-germanischen Volkscharakters ist, so läßt sich dieses Kapitel des Werkes als muster-gültiges Beispiel für den Unterschied zwischen artgemäßem und artfremdem Denken hinstellen.

Das Werk von BEURLEN kann zur Einführung in die Erdgeschichte wegen seiner klaren, übersichtlichen, kurzgefaßten und zusammenschauenden Darstellung, seiner sprechenden Bilder und des natürlichen Ordnungsschemas des Vorher und Nachher aufs beste empfohlen werden. Es dient dem Studenten als Lehrbuch, dem Lehrer der Heimatkunde, der Vorgeschichte und der Biologie als Hilfsbuch, den Männern der Lagerstätten- und Bodenkunde für die Rohstoffversorgung des Reiches als wissenschaftliches Hilfswerk.

W. Bahrdt.

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien. Bericht über die Vereinstätigkeit im 45. Vereinsjahr (Schuljahr 1938/39).

A. Vorträge.

6. Mai 1939. Universitätsdozentin Dr. FRANZISKA SEIDL: Die Beugung des Lichtes an Ultraschallwellen.

11. Mai 1939. Prof. Dr. ALPHONS JOHNSCHER: Ein einfacher Weg zur annähernden schulmäßigen Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten des

Wassers. — Magnetische Kraftlinien räumlich dargestellt. — Auswertung eines photographischen Belichtungsmessers zu physikalischen Versuchen.

3. Juni 1939. Prof. Dr. KARL IPPISCH: Versuche über elektrische Schwingungen und Wellen mit selbstgebauten Generatoren und Schwingkreisen.

B. Besichtigungen.

30. Mai 1939: Neues Funkhaus des Reichsenders Wien, unter Führung von Prof. Dr. G. SCHWAIGER.

K. Müllner.