

Newtons und Goethes Farbenlehre.

Von Universitätsprofessor Dr. Rich. Rinkel in Köln.

Obwohl ganz gewiß kein Physiker heute mehr bezweifelt, daß der Streit über die Farbenlehre GOETHE gegen NEWTON vollkommen zugunsten NEWTONS entschieden ist, finden sich doch immer wieder Veröffentlichungen von nichtphysikalischer Seite, die das Gegenteil behaupten oder jedenfalls die volle Beweiskraft der NEWTONSchen Lehre nicht anerkennen wollen. Wir können hier auf diese Veröffentlichungen nicht eingehen, da sie physikalisch ebensowenig substantiiert sind wie die ganze Farbenlehre GOETHES. Es soll vielmehr ein natürlich längst bekannter Zusammenhang aus den Polarisationserscheinungen etwas näher besprochen werden, der einen unanfechtbaren Beweis für die NEWTONSche Farbenlehre liefert und auch von Nichtphysikern in seiner Bedeutung leicht verstanden werden kann.

Läßt man ein farbiges Licht hintereinander durch 2 Nicol-Prismen gehen, so wird es für einen hinter den Nikols stehenden Beobachter verschwinden, ausgelöscht, wenn die gleichsinnigen Achsen der Nikols, z. B. die kurzen Diagonalen von Nicol 1 (Polarisator P_0) und Nicol 2 (Analysator An) einen rechten Winkel bilden (gekreuzte Stellung) (Fig. 1); dagegen erscheint das Licht, wenn sie parallel stehen, in unveränderter Farbe. Bringt man nun aber zwischen die zwei gekreuzt stehenden Nikols eine Quarzplatte, so wird das Blickfeld aufgehellt. Man muß einen der Nikols um einen gewissen Winkel α drehen um die Sechachse, damit das Feld wieder dunkel wird (Fig. 2). (Wir lassen P_0 stehen und drehen An .) Dieser Vorgang ist bekannt unter der Bezeichnung „Drehung der Polarebene durch den Quarz“. Die Größe des Drehwinkels ist verschieden für Lichter von verschiedenen Farben. Am kleinsten für rotes Licht, steigt der Winkel über orange, gelb, grün, blau, indigo und erreicht bei violettem Licht den größten Betrag bei gegebener Dicke der Quarzplatte. Mit wachsender Dicke der Platte steigt der Drehwinkel für alle Farben in gleichem Maße; die Drehung ist also der Plattendicke proportional. Für 1 mm Plattendicke beträgt die Drehung etwa bei rotem Licht 17° , bei violettem 42° .

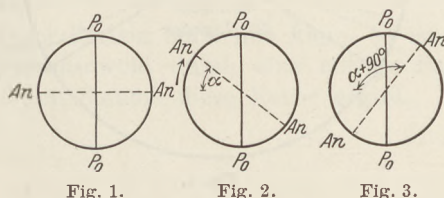


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Stellt man nun dieselben Versuche statt mit einfarbigem Licht mit sogenanntem weißem Licht an, z. B. Tageslicht, so tritt bei senkrecht gekreuzten Nikols durch die Quarzplatte einfach eine Aufhellung des Gesichtsfeldes ein; diese verschwindet aber nun nicht mehr, wenn man einen der Nikols dreht, sondern es zeigen sich Farben, die bei wachsender Drehung in der Reihenfolge auftreten: grün, blau, indigo, violett, rot, orange, gelb, also in der Reihenfolge des sogenannten negativen Spektrums. Diese Farben gehen stetig ineinander über; zur Vereinfachung der folgenden Erörterung wollen wir diese bei weißem Licht entstehenden Farben als B-Farben bezeichnen, während die einfarbigen Lichter A-Farben heißen mögen.

Die für unser Thema wichtige Frage lautet jetzt: Wie kommen die B-Farben aus dem verwendeten weißen Licht zustande?

Fig. 2 zeigte, daß bei einfarbigem Licht der 2. Nikol die Stellung An einnehmen muß, damit das Blickfeld, das durch das Quarz aufgehellt wurde, wieder dunkel wird. Bringt man An senkrecht zu dieser Stellung, so wird das Blickfeld die größte Helligkeit in der verwendeten A-Farbe zeigen (Fig. 3). In den Stellungen zwischen Fig. 2 und 3 treten daher verschiedene Helligkeiten auf, deren Größe proportional dem Sinusquadrat des Winkels β ist zwischen der untersuchten Stellung und der Stellung An in Fig. 2, kurzweg Dunkelstellung genannt. Da nun für die verschiedenen A-Farben der Winkel α wächst von rot über das ganze Spektrum weg bis violett, so wird auch der entsprechende β -Winkel für irgend eine bestimmte untersuchte An -Stellung verschieden sein für verschiedene A-Farben. Und damit ergibt sich eine einfache Beantwortung der oben gestellten Frage nach der Entstehung der B-Farben aus weißem Licht. Stellt man sich letzteres aus allen Farben zusammengesetzt vor, wie es die NEWTONSche Auffassung tut, so werden eben die verschiedenen Farbenanteile auch verschiedene β ergeben für irgend eine bestimmte untersuchte An -Stellung, und damit

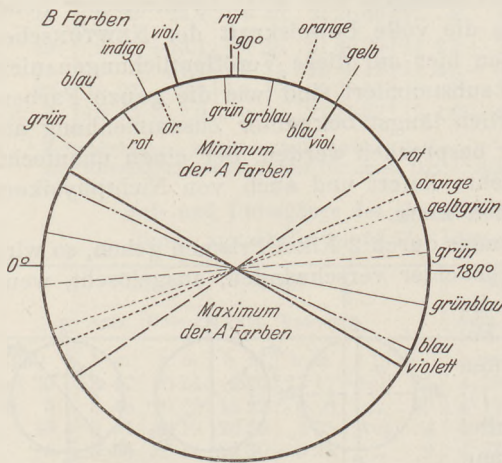


Fig. 4.

$\sin^2 \beta + \cos^2 \beta = 1$. Man kann auf diese Weise leicht alle einander zu weiß ergänzenden Farbennuancen, d. h. die zusammengehörenden Komplementärfarben feststellen.

Ein Beispiel für die Entstehung der B-Farben aus weißem Licht gibt Fig. 4, für welche wir die Daten selbst experimentell mit einer Quarzplatte von 3,1 mm Dicke ermittelt haben. Die inneren Diagonalen des Kreises zeigen die Drehung der Polarisationsebene gegen die Vertikale in Uhrzeigerichtung für die einzelnen A-Farben; letztere wurden durch entsprechende Lichtfilter¹ vor weißem Bogenlicht erzeugt. Der Analysator für Dunkelstellung bei weißem Licht ohne Filter und ohne Quarzplatte stand horizontal. Wie Fig. 4 zeigt, fällt die Mitte der durch die Quarzplatte erzeugten Drehung der A-Farbenanteile des weißen Lichtes ziemlich genau in die Horizontale. Sobald daher bei Dunkelstellung des Analysators und weißem Licht die Quarzplatte eingeschaltet wird, erfolgt praktisch vollkommene Aufhellung des Gesichtsfeldes zu weiß, da die in die Horizontale fallenden Komponenten ziemlich gleich groß sind. Dreht man nun den Analysator ebenfalls rechts herum, so entstehen die außen am Kreise angegebenen Farben grün, blau, indigo, violett, rot, orange, gelb nacheinander. An der inneren Peripherie des Kreises sind die Stellen angegeben, wo die einzelnen A-Farbenanteile ihr Minimum haben, nämlich senkrecht zu den A-Diagonalen. Für derartige Untersuchungen sollte man nicht über 3 bis höchstens 4 mm Plattendicke hinausgehen; die A-Farbenanteile verteilen sich dann auf etwa $\frac{1}{4}$ Kreis und ebenso die B-Farben; diese erhalten eine kräftige Sättigung. Bei größerer Plattendicke treten

¹ Von der Lichtfilterfabrik Augsburg.

Überdeckungen der A- und B-Bereiche ein, so daß die B-Farben stark weißlich werden; auch diese Erscheinung spricht zugunsten der NEWTONSchen Auffassung.

Fig. 5 ist auf Grund desselben Versuches entworfen und läßt erkennen, wie sich die B-Farben prozentual aus den A-Farbenanteilen des weißen Lichtes zusammensetzen, entsprechend $\sin^2 \beta$. Die stetige Veränderung der A-Anteile bewirkt die stetige Veränderung der B-Farben. Der im weißen Licht von vornherein enthaltene A-Betrag ist für jede Farbe gleich 1 gesetzt.

Wir nehmen an, daß diese Darstellung auch im Nichtphysiker die Überzeugung festigen wird, daß tatsächlich weißes Licht in sich alle Farben enthält und daß die farbigen Lichter eben durch das mehr oder weniger vollständige Fehlen einer oder mehrerer Farben hervorgerufen werden. Auch die Frage der Komplementärfarben ist dadurch restlos gelöst.

Da man jede Farbe durch Mischung verschiedener Farben herstellen kann, so ist die Ergänzung einer gegebenen Nuance zu weiß ebensowohl durch eine einzige Farbe wie auch durch eine Farbengruppe möglich, deren Summe diese Farbe ergibt.

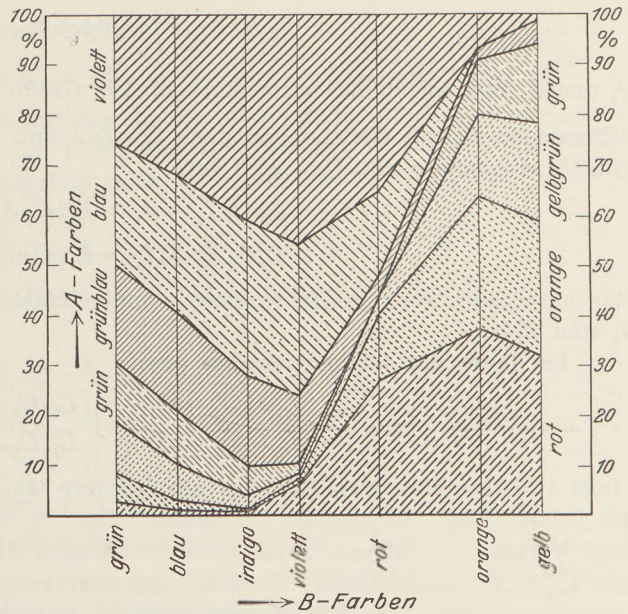


Fig. 5.

Über Vereinfachungen in der Lehre von den elektrischen Schwingungen.

Von Studienrat Karl Roth in Schäßburg (Rumänien).

Die folgenden Ausführungen bringen in einem ersten, wesentlich größeren Teil ein Rezept dafür, wie man aus einem System simultaner Differentialgleichungen die Eliminationsgleichung rasch und einfach ableitet. Diese Ausführungen gelten naturgemäß mehr dem Physiklehrer als dem eigentlichen Physikunterricht. Im zweiten, äußerlich kürzeren Teil möchte ich andeuten, wie ich mir eine Vereinfachung und doch auch gleichzeitige Vertiefung dieser Lehre denke.

Beschäftigt man sich theoretisch mit dem Transformatorproblem, so stößt man immer wieder auf die Aufgabe, aus einem System von simultanen Differentialgleichungen eine uns wichtige Größe derart herauszustellen, daß wir sie praktisch auswerten können. Gelingt das nicht rasch und übersichtlich genug, so verliert die mathematische Theorie sehr leicht ihren Wert und wird durch eine zweckdienlichere ersetzt werden müssen. Diesem in der theoretischen Physik schon sehr stark gewordenen Bedürfnis nach Beseitigung rein formaler rechnerischer Schwierigkeiten diene die folgende Abhandlung.

Gegeben seien zwei induktiv gekoppelte elektrische Schwingungskreise. Ihre Gleichungen – von aufgedrückten Schwingungen wollen wir vorläufig absehen – sind diese:

$$L_1 \dot{J}_1 + \frac{1}{C_1} \int J_1 dt + L_{12} \dot{J}_2 = 0$$

$$L_2 \dot{J}_2 + \frac{1}{C_2} \int J_2 dt + L_{12} \dot{J}_1 = 0$$

J_1 und J_2 sind Augenblicksstromstärken. Die Größe \dot{J}_1 bedeute dasselbe wie $\frac{dJ_1}{dt}$. Wir differenzieren beide Gleichungen nach der Zeit und multiplizieren die obere Gleichung mit C_1 , die untere mit C_2 . Es folgt:

$$L_1 C_1 \ddot{J}_1 + \dot{J}_1 + L_{12} C_1 \ddot{J}_2 = 0$$

$$L_2 C_2 \ddot{J}_2 + \dot{J}_2 + L_{12} C_2 \ddot{J}_1 = 0$$

Wie entwickeln wir nun am raschesten und einfachsten die Eliminationsgleichung für J_1 und J_2 ?

Ich führe das folgendermaßen aus:

$$\begin{array}{l} L_1 C_1 \ddot{J}_1 + \dot{J}_1 + L_{12} C_1 \ddot{J}_2 = 0 \\ L_2 C_2 \ddot{J}_2 + \dot{J}_2 + L_{12} C_2 \ddot{J}_1 = 0 \end{array}$$

Links von der lotrechten Geraden multipliziere ich jedes Glied der ersten Gleichung mit jedem Glied der zweiten Gleichung. Dem so erhaltenen Produkt gebe ich positives Vorzeichen. Ebenso „multipliziere“ ich auch die beiden rechten Glieder $L_{12} C_1 \ddot{J}_2$ und $L_{12} C_2 \ddot{J}_1$ miteinander. Diesem letzteren Produkt gebe ich jedoch das negative Vorzeichen. Zur Vervollständigung füge ich noch hinzu, daß die Glieder links vom lotrechten Strich mit solchen rechts vom senkrechten Strich nicht multipliziert werden dürfen. Wir erhalten:

$$L_1 C_1 L_2 C_2 (\ddot{J}_1 \ddot{J}_2) + L_1 C_1 (\dot{J}_1 \dot{J}_2) + L_2 C_2 (\dot{J}_2 \dot{J}_1) + (J_1 J_2) - L_{12}^2 C_1 C_2 (\ddot{J}_2 \ddot{J}_1) = 0$$

Statt $(\dot{J}_1 \cdot \dot{J}_2)$ schreiben wir jetzt — weil insgesamt 4 Punkte oben liegen — „ \ddot{J} “, statt $(\ddot{J}_1 \cdot \ddot{J}_2)$ — weil jetzt 2 Punkte oben liegen — „ \ddot{J} “, usw. Es folgt:

$$L_1 C_1 L_2 C_2 \ddot{J} + L_1 C_1 \ddot{J} + L_2 C_2 \ddot{J} + J - L_{12}^2 C_1 C_2 \ddot{J} = 0$$

oder geordnet:

$$(L_1 C_1 L_2 C_2 - L_{12}^2 C_1 C_2) \ddot{J} + (L_1 C_1 + L_2 C_2) \ddot{J} + J = 0.$$

Damit haben wir die gewünschte Eliminationsgleichung erhalten. Sie gilt gleicherweise für J_1 wie für J_2 . Selbstverständlich schreibt man dann:

$$L_1 C_1 = \frac{1}{w_{10}^2} \quad L_2 C_2 = \frac{1}{w_{20}^2} \quad k^2 = \frac{L_{12}^2}{L_1 L_2}$$

setzt diese Größen ein und erhält:

$$(1 - k^2) \ddot{J} + (w_{10}^2 + w_{20}^2) \ddot{J} + w_{10}^2 w_{20}^2 = 0.$$

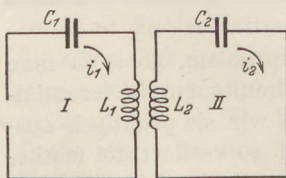


Fig. 1.

Diese letzteren Beziehungen sind ja bekannt und gehören auch schon eigentlich nicht mehr in den Rahmen meiner Ausführungen.

Ich nehme nun ein zweites Beispiel, um zu zeigen, wie außerordentlich einfach das angegebene Verfahren ist. Es handelt sich um den technischen Resonanztransformator (Fig. 1).

$$L_1 \dot{J}_1 + R_1 J_1 + L_{12} \dot{J}_2 = 0$$

$$L_2 \dot{J}_2 + R_2 J_2 + \frac{1}{C_2} \int J_2 dt + L_{12} \dot{J}_1 = 0.$$

Wir differenzieren die zweite Gleichung nach der Zeit und multiplizieren sie mit C_2 . Es folgt:

$$\begin{array}{l} L_1 \ddot{J}_1 + R_1 \dot{J}_1 \\ L_2 C_2 \ddot{J}_2 + R_2 C_2 \dot{J}_2 + J_2 \end{array} + \begin{array}{l} L_{12} \dot{J}_2 = 0 \\ L_{12} C_2 \ddot{J}_1 = 0 \end{array}$$

Unser Rezept führt zu der Eliminationsgleichung:

$$L_1 L_2 C_2 \ddot{\ddot{J}} + (L_2 C_2 R_1 + L_1 R_2 C_2 - L_{12}^2 C_2) \ddot{\ddot{J}} + (L_1 + R_1 R_2 C_2) \dot{\ddot{J}} + R_1 \ddot{J} = 0$$

Wieder gilt die Eliminationsgleichung sowohl für J_1 als auch für J_2 .

Die analytische Ableitung der Eliminationsgleichung soll die Richtigkeit des angewandten Rezeptes dartun. Gegeben seien zwei allgemeine simultane homogene Differentialgleichungen:

$$\begin{array}{l} a_2 \ddot{J}_1 + a_1 \dot{J}_1 + a_0 J_1 + b_2 \ddot{J}_2 + b_1 \dot{J}_2 + b_0 J_2 = 0 \\ \bar{a}_2 \ddot{J}_1 + \bar{a}_1 \dot{J}_1 + \bar{a}_0 J_1 + \bar{b}_2 \ddot{J}_2 + \bar{b}_1 \dot{J}_2 + \bar{b}_0 J_2 = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \bar{b}_0 \\ (-b_0) \end{array}$$

Wir differenzieren:

$$\begin{array}{l} a_2 \ddot{\dot{J}}_1 + a_1 \dot{\dot{J}}_1 + a_0 \dot{J}_1 + b_2 \ddot{\dot{J}}_2 + b_1 \dot{\dot{J}}_2 + b_0 \dot{J}_2 = 0 \\ \bar{a}_2 \ddot{\dot{J}}_1 + \bar{a}_1 \dot{\dot{J}}_1 + \bar{a}_0 \dot{J}_1 + \bar{b}_2 \ddot{\dot{J}}_2 + \bar{b}_1 \dot{\dot{J}}_2 + \bar{b}_0 \dot{J}_2 = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \bar{b}_1 \\ (-b_1) \end{array}$$

Wir differenzieren nochmals:

$$\begin{array}{l} a_2 \ddot{\ddot{J}}_1 + a_1 \dot{\ddot{J}}_1 + a_0 \ddot{J}_1 + b_2 \ddot{\ddot{J}}_2 + b_1 \dot{\ddot{J}}_2 + b_0 \ddot{J}_2 = 0 \\ \bar{a}_2 \ddot{\ddot{J}}_1 + \bar{a}_1 \dot{\ddot{J}}_1 + \bar{a}_0 \ddot{J}_1 + \bar{b}_2 \ddot{\ddot{J}}_2 + \bar{b}_1 \dot{\ddot{J}}_2 + \bar{b}_0 \ddot{J}_2 = 0 \end{array} \quad \begin{array}{l} \bar{b}_2 \\ (-b_2) \end{array}$$

Multiplizieren wir die Gleichungen mit den rechts hingeschriebenen Größen und addieren, so erhalten wir die gesuchte Eliminationsgleichung:

$$\begin{aligned} & (a_2 \bar{b}_2 - \bar{a}_2 b_2) J_1^{(4)} + (a_2 \bar{b}_1 + a_1 \bar{b}_2 - \bar{a}_2 b_1 - \bar{a}_1 b_2) J_1^{(3)} + \\ & (a_2 \bar{b}_0 + a_1 \bar{b}_1 + a_0 \bar{b}_2 - \bar{a}_2 b_0 - \bar{a}_1 b_1 - \bar{a}_0 b_2) J_1^{(2)} + \\ & (a_1 \bar{b}_0 + a_0 \bar{b}_1 - \bar{a}_1 b_0 - \bar{a}_0 b_1) \dot{J}_1 + (a_0 \bar{b}_0 - \bar{a}_0 b_0) J_1 = 0. \end{aligned}$$

Schreiben wir die Ausgangsgleichungen zweckdienlicher in der Form:

$$\begin{array}{l} a_2 \ddot{J}_1 + a_1 \dot{J}_1 + a_0 J_1 + b_2 \ddot{J}_2 + b_1 \dot{J}_2 + b_0 J_2 = 0 \\ \bar{a}_2 \ddot{J}_1 + \bar{a}_1 \dot{J}_1 + \bar{a}_0 J_1 + \bar{b}_2 \ddot{J}_2 + \bar{b}_1 \dot{J}_2 + \bar{b}_0 J_2 = 0 \end{array}$$

und wenden unser Rezept an, so erhalten wir dieselbe Eliminationsgleichung, und zwar unmittelbar. Hätten wir bei der analytischen Ableitung statt mit den „b“-Koeffizienten, mit den entsprechenden „a“-Koeffizienten gearbeitet, so hätten wir die genau gleichlautende Eliminationsgleichung für J_2 erhalten.

Wollen wir nun auch die eingepprägten Spannungen berücksichtigen, wie etwa in den beiden folgenden Gleichungen:

$$\begin{array}{l} a_2 \ddot{J}_1 + a_1 \dot{J}_1 + a_0 J_1 + b_2 \ddot{J}_2 + b_1 \dot{J}_2 + b_0 J_2 = K_1 \\ \bar{a}_2 \ddot{J}_1 + \bar{a}_1 \dot{J}_1 + \bar{a}_0 J_1 + \bar{b}_2 \ddot{J}_2 + \bar{b}_1 \dot{J}_2 + \bar{b}_0 J_2 = K_2, \end{array}$$

so führt genau derselbe analytische Weg zur gewünschten Eliminationsgleichung, z. B. für J_1 . Die rechte Seite lautet dann:

$$K_1 \cdot \bar{b}_0 + \bar{K}_1 \cdot b_1 + \ddot{K}_1 \cdot \ddot{b}_2 - K_2 b_0 - \bar{K}_2 b_1 - \ddot{K}_2 b_2.$$

Welches wäre nun das Rezept, das auch in diesen Falle zum Ziele führt?

$$\begin{array}{l} a_2 \ddot{J}_1 + a_1 \dot{J}_1 + a_0 J_1 + b_2 \ddot{J}_2 + b_1 \dot{J}_2 + b_0 J_2 = K_1 \\ \bar{b}_2 \ddot{J}_2 + \bar{b}_1 \dot{J}_2 + \bar{b}_0 J_2 + \bar{a}_1 \dot{J}_1 + \bar{a}_0 J_1 = K_2 \end{array}$$

Um die linke Seite der Eliminationsgleichung zu erhalten, geht man genau so vor wie in unserem Rezept, und zwar ganz unabhängig davon, ob es sich um J_1 oder J_2 handelt. Um die rechte Seite der J_1 -Eliminationsgleichung zu erhalten, multipliziert man K_1 mit den J_2 -Koeffizienten der zweiten Gleichung zu einem positiven Produkt, K_2 mit den J_2 -Koeffizienten der ersten Gleichung zu einem negativen Produkt.

Gleichzeitig versieht man die K_1 und K_2 mit den entsprechenden Punkten. Will ich die rechte Seite der J_2 -Eliminationsgleichung erhalten, so multipliziere ich das K_2 mit den J_1 -Koeffizienten der ersten Gleichung positiv usw.

Ich habe dieses alles der Vollständigkeit wegen hingeschrieben. Ich persönlich gebrauche zur Untersuchung freier Schwingungen das differentielle, zur Untersuchung erzwungener Schwingungen das symbolische Verfahren. Ein Beispiel soll das zeigen.

Freie Schwingungen (Fig. 2):

$$L_1 \ddot{J}_1 + R_1 \dot{J}_1 + \frac{1}{C_1} \int J_1 dt + L_{12} \dot{J}_2 = 0$$

$$L_2 \ddot{J}_2 + R_2 \dot{J}_2 + \frac{1}{C_2} \int J_2 dt + L_{12} \dot{J}_1 = 0$$

$$L_1 C_1 \ddot{J}_1 + R_1 C_1 \dot{J}_1 + L_{12} C_1 \ddot{J}_2 = 0$$

$$L_2 C_2 \ddot{J}_2 + R_2 C_2 \dot{J}_2 + L_{12} C_2 \ddot{J}_1 = 0$$

Die Eliminationsgleichung lautet:

$$(L_1 C_1 L_2 C_2 - L_{12}^2 C_1 C_2) J^{(4)} + (L_1 C_1 R_2 C_2 + L_2 C_2 R_1 C_1) J^{(3)} + (L_1 C_1 + L_2 C_2 + R_1 C_1 R_2 C_2) \ddot{J} + (R_1 C_1 + R_2 C_2) \dot{J} + J = 0$$

Setze ich statt $J^{(4)}$ die Größe α^4 , statt $J^{(3)}$ die Größe α^3 usw., dann erhalte ich die charakteristische Gleichung zur Untersuchung der freien Schwingungen. Schreibe

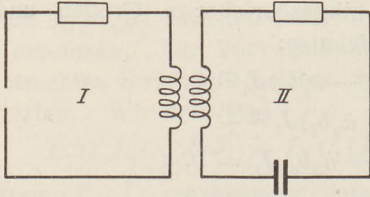


Fig. 2.

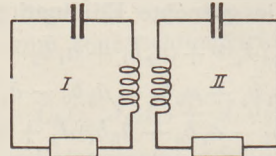


Fig. 3.

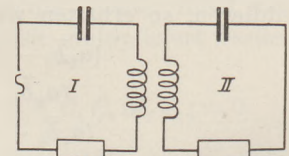


Fig. 4.

ich jedoch statt $J^{(4)}$ die Größe $(j\nu)^4$, wo j die imaginäre Einheit, ν die aufgedrückte Schwingung bedeutet, so habe ich den bekannten Operator, der zur Darstellung der erzwungenen Schwingungen führt.

Erzwungene Schwingungen (Fig. 3):

$$\left(R_1 + j\nu L_1 + \frac{1}{j\nu C_1} \right) J_1 + j\nu L_{12} J_2 = K$$

$$j\nu L_{12} J_1 + \left(R_2 + j\nu L_2 + \frac{1}{j\nu C_2} \right) J_2 = 0$$

Umgeformt:

$$[1 - \nu^2 L_1 C_1 + \nu R_1 C_1] J_1 - \nu^2 L_{12} C_1 J_2 = j\nu C_1 K$$

$$- \nu^2 L_{12} C_2 J_1 + [1 - \nu^2 L_2 C_2 + \nu R_2 C_2] J_2 = 0$$

Die Determinantenrechnung ergibt:

$$J_1 = \frac{D_{J_1}}{D} \qquad J_2 = \frac{D_{J_2}}{D}$$

Werden die rechten Seiten unserer Ausgangsgleichungen Null, so verwandeln sich die ν von selbst in die freien Schwingungen (Koppelschwingungen) w_1 und w_2 . Die Ausrechnung zeigt auch, daß D nichts anderes ist als die linke Seite der obigen charakteristischen Gleichung, aber ebensogut der Operator der erzwungenen Schwingungen.

Mit dieser Gegenüberstellung der differentiellen und der symbolischen Behandlung der elektrischen Schwingungslehre habe ich auch mittelbar darauf hingewiesen, wohin sich der spätere Physikunterricht wenden wird. Denn daß der Physikunterricht in die mathematische Behandlung der elektrischen Schwingungen — und zwar wesentlich

systematischer als es heute geschieht — sehr stark eintreten wird, erscheint mir sicher. Die Frage ist nur, ob man sich für die differentielle oder für die symbolische Methode entscheiden wird. Ich glaube, man wird sich für ein gemischtes Verfahren entschließen. Die differentielle Art ist nämlich begrifflich klarer. Sie wird einem bei der Einführung des FARADAYSchen Induktionsbegriffes förmlich aufgenötigt. Hier ist sie also die naturgegebene. Bei der weiteren Verfolgung zeigt sich jedoch, daß die differentielle Art mit nicht geringen formalen mathematischen Schwierigkeiten verknüpft ist. Gleichzeitig erfährt man hier, daß die Größen LJ und $\frac{1}{C} \int J dt$ sehr wohl durch $jvLJ$ sowie $\frac{J}{jvC}$ abgelöst werden können. Hier ist dann der Augenblick gegeben, wo man die differentielle Methode verläßt und zur formal viel einfacheren komplexen Methode übergeht. Die komplexe Methode bietet dann ein dankbares Gebiet zur praktischen Anwendung gewisser Begriffe der GAUSSSchen Zahlenebene. Gleichzeitig bringt sie uns den Anschluß an die graphische Darstellungsart des Elektrotechnikers. Was ich hier angeführt habe, liegt heute derart nahe, daß man nur zuzugreifen braucht. Von der grundsätzlichen Auseinandersetzung damit, ob das differentielle, ob das komplexe oder ob die einander ablösenden Verfahren den besten Ausweg bieten, habe ich in der gegenwärtigen Schulbuchliteratur — soweit sie mir zugänglich ist — nicht viel bemerkt.

Wesentlich rüstiger geht die experimentell-didaktische Eroberung der elektrischen Schwingungslehre von statten. Auch hier fehlt jedoch noch mancherlei. Während die Lehrbücher — ich gebe gern zu — aus tiefliegenden weltanschaulichen Gründen bis zur Quantenlehre (E. MOSCH), ja sogar bis zur Relativitätslehre (B. BAVINK) vordringen, muß man feststellen, daß wesentlich „frühere“ Dinge wie die Behandlung der elektrischen Schwingungslehre noch immer nicht ausgebaut sind. Vor 30 Jahren erforderte es die Elektrotechnik, daß sich die Schule mit dem OHMSchen Gesetz ganz gründlich auseinandersetzte, nicht bloß begrifflich. Heute verlangt dieselbe Technik und vor allem der häuserdurchdringende Rundfunk, daß man die elektrischen Schwingungen möglichst einfach und doch stark eingehend und erschöpfend behandle.

Kleine Mitteilungen.

Meßtechnische Sonderfälle.

Von F. Trey in Riga.

Man unterscheidet einfache (direkte) und zusammengesetzte (indirekte) Messungen. Eine zusammengesetzte Messung besteht aus zwei oder mehr einfachen Teilmessungen, nach deren Ergebnissen das Endresultat berechnet wird. Sind die Teilmessungen voneinander unabhängig, so gelangt man in bekannter Weise zu einer Beurteilung der Messung durch Berechnung der Partialfehler, d. h. der Teilfehler des Resultats, die durch den Beobachtungsfehler je einer der Teilmessungen hervorgerufen werden. Der maximale Fehler des Resultates ist dann einfach die Summe der absoluten Werte der Partialfehler. Sind die Teilmessungen aber voneinander abhängig, so tritt damit eine neue Beziehung hinzu, die unbedingt bei der Beurteilung der Messung berücksichtigt werden muß. Die meßtechnischen Hinweise, die sich aus der Berücksichtigung der Abhängigkeit der Teilmessungen voneinander ergeben, sollen hier an einigen Sonderfällen dargelegt werden.

Die Bestimmung der Brennweite (f) einer Linse aus Gegenstandsweite (a) und Bildweite (b) erfolgt nach der Formel:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad \text{oder} \quad f = \frac{ab}{a+b}$$

Man findet a und b , wenn man durch Verschieben der Linse diese auf Bildschärfe einstellt und ihre Entfernungen vom Gegenstand und dem Bild mißt. Da die Einstellung der Linse nie absolut genau sein wird, werden a und b um einen gewissen Betrag da bzw. db falsch sein. Sind diese Fehler bestimmt, so kann man wohl durch partielle Differentiation zu den ihnen entsprechenden Partialfehlern des Resultates gelangen; die Addition der absoluten Werte der Partialfehler ist aber in diesem Fall unzulässig, da die Teilmessungen a und b voneinander abhängig sind: ein Beobachtungsfehler bei der Einstellung der Linse, der a verkleinert, vergrößert b und umgekehrt, so daß hier stets $da = -db$ ist und eine Addition der absoluten Werte der Partialfehler einen viel zu großen Fehler des Resultates, also eine falsche Beurteilung der Messung ergeben würde. Die Abhängigkeit der Teilmessungen kommt in der Formel $a + b = c$ zum Ausdruck, denn der Abstand des Bildes vom Gegenstand (c) bleibt ja bei einer Verschiebung der Linse konstant. Man berücksichtigt diese Beziehung am einfachsten dadurch, daß man mit der Formel $a + b = c$ eine der abhängigen Variablen eliminiert und erhält so:

$$f = \frac{a \cdot (c - a)}{c}$$

und für den Gesamtfehler des Resultates (F):

$$F = \left| \frac{\partial f}{\partial a} \cdot da \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial c} \cdot dc \right| = \frac{c - 2a}{c} \cdot da + \frac{a^2}{c^2} \cdot dc.$$

Man erkennt leicht, daß der von a , also von der Einstellung der Linse abhängige Partialfehler, mitunter kleiner sein kann, als der von c abhängige Partialfehler, denn für $c - 2a = 0$ oder $a = b$ verschwindet er sogar ganz. In einem solchen Fall wird also die Genauigkeit des Resultates durch die Messung von c bestimmt. Daraus ergeben sich folgende meßtechnischen Hinweise: Man wähle den Abstand des Gegenstandes vom Bilde ungefähr so, daß $a = b$ wird oder — falls der Wert der gesuchten Brennweite bereits annähernd bekannt ist — so, daß c dem Wert $4f$ nahe kommt, und führe die Messung von c besonders sorgfältig aus. Jedenfalls wäre es verfehlt, c aus 2 Teilstreckenmessungen a und b zu bestimmen, wenn die direkte Messung möglich ist.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn die Einstellung nicht durch Verschieben der Linse, sondern des Schirmes, auf dem das Bild aufgefangen wird, geschieht. Allerdings ist dieses viel ungünstiger, da das Auge dann bei der Einstellung immer von neuem akkomodieren muß, was besonders auffällt, wenn man die Einstellung mit Hilfe einer Lupe ausführt. Erfolgt die Einstellung durch Verschieben des Schirmes, so sind die Teilmessungen a und b voneinander unabhängig und die Fehlerberechnung hat im Anschluß an die erste Formel zu erfolgen. Sie liefert:

$$F = \frac{b^2}{(a + b)^2} \cdot da + \frac{a^2}{(a + b)^2} \cdot db.$$

Hier sind also da und db voneinander unabhängig, so daß der Addition der absoluten Werte der Partialfehler nichts im Wege steht. Die Messung besteht wieder aus 2 verschiedenartigen Teilmessungen: einer konstanten Strecke a und einer zweiten Strecke b , deren Größe bei Wiederholung der Messungen innerhalb der von der Genauigkeit der Einstellung abhängigen Grenzen variieren kann. Wie man aus dem Vergleich der Fehlerausdrücke leicht erkennt, sind die Partialfehler, die von der Messung der konstanten Strecken in beiden Fällen herrühren, fast die gleichen. Der

Unterschied liegt also bei den Einstellungen: der Faktor $\frac{c - 2a}{c}$ des Partialfehlers bei der Einstellung der Linse ist immer kleiner als der entsprechende Faktor $\frac{a^2}{(a + b)^2}$ bei der Einstellung des Schirmes; der erste Faktor kann sogar Null werden, der zweite nicht. Da es sich in beiden Fällen doch nur um eine geringfügige Variation einer und derselben Messung handelt, muß der resultierende Gesamtfehler

in beiden Fällen wenigstens angenähert der gleiche sein, und daraus folgt, daß da im ersten Fehler-Ausdruck bei gleicher Versuchsanordnung größer sein muß, als db im zweiten. Das bedeutet physikalisch oder meßtechnisch, daß die Einstellung des Schirmes empfindlicher ist, als die der Linse oder, daß eine kleine Verschiebung des Schirmes eine größere Unschärfe des Bildes erzeugt, als eine gleichgroße Verschiebung der Linse. Daß dem tatsächlich so ist, kann durch eine kleine Überschlagsrechnung an einem Beispiel leicht gezeigt werden. Es sei $f = 10$ cm; $a = b = 20$ cm. Gesucht wird die Entfernung: Gegenstand Bild, also $a + b$, wenn die Linse um 1 cm verschoben wird.

Setzen wir $a = 19$ in $a + b = a + \frac{af}{a-f} = \frac{a^2}{a-f}$, so erhalten wir $a + b = 40,1$ cm,

statt 40 bei der Ausgangsanordnung. Einer Verschiebung der Linse um 1 cm entspricht also eine Verschiebung des Bildes um 0,1 cm und umgekehrt. Dieser Unterschied ist bei der Ausführung einer Einstellung so augenfällig, daß man geneigt ist, die Einstellung des Schirmes als genauer anzunehmen und daher vorzuziehen. Dabei würde man außer acht lassen, daß die Feinheit der Einstellung durch die Größe des Faktors im Partialfehler wieder aufgehoben wird, so daß doch keine Erhöhung der Genauigkeit des Resultates erzielt wird. Die obigen Betrachtungen zeigen also, daß sowohl der Zahlenwert des Resultats, als auch dessen Fehler bei beiden Variationen der Messung die gleichen sind, die Fehlerberechnung aber verschieden ist, je nachdem man die Linse oder den Schirm verschiebt.

Es scheint mir von großem didaktischen Wert zu sein, bei Ausführung von Brennweitenbestimmungen, die wohl zu den gebräuchlichsten Praktikumsaufgaben gehören, auf die Korrektheit der Fehlerberechnung besonders zu achten. Geschieht das nicht, so bleibt die Forderung der Unabhängigkeit der Teilmessungen, obgleich auf sie in den Übungsbüchern, z. B. auch bei KOHLRAUSCH, ausdrücklich hingewiesen wird, unberücksichtigt und auch wohl unverständlich, weil in den mir bekannten Büchern keine Beispiele, die diese Forderungen erläutern könnten, durchgenommen werden. Die Gelegenheit, auf diese Forderung bei der Bestimmung von Brennweiten aufmerksam zu machen, ist auch in dem vorzüglichen und mit vielen eingehenden die Fehlerberechnung betreffenden Zahlenbeispielen ausgestatteten Übungsbuch von BERNDT, „Physikalisches Praktikum“ Ausgabe 1922 nicht ausgenutzt worden, ja die Art der auf S. 203 angewandten Fehlerberechnung im Anschluß an die gewöhnliche Linsenformel bei ausdrücklicher Betonung, daß die Einstellung durch Verschieben der Linse erfolgt, muß als irreführend, wenn nicht sogar als falsch bezeichnet werden. Dieser Umstand veranlaßt mich, diese an sich so elementaren Ausführungen zu veröffentlichen.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß sich ganz ähnliche Betrachtungen auch bei der Messung der Lichtstärke mit dem Photometer anstellen ließen, desgleichen bei der Widerstandsbestimmung mit der WHEATSTONEschen Brücke. In diesem letzten Fall ist bei BERNDT und BOLDT, „Physikalisches Praktikum“ II. Teil, die ursprüngliche Formel in der hier verlangten Art und Weise bei der Fehlerbetrachtung verändert worden, der Grund der Substitution der Gesamtlänge des Meßdrahtes an Stelle eines seiner beiden Teilstücke ist aber nicht angeführt, und die Veränderung erscheint daher willkürlich. Sie wird, meines Erachtens, auch nur eingeführt, um leichter ableiten zu können, daß die Brückenordnung am empfindlichsten ist, wenn der Kontakt sich in der Mitte befindet. In jedem Fall wäre es didaktisch nutzbringender in allen hier erwähnten und ähnlichen Fällen auf den gemeinsamen Grund der Substitution im Falle der Abhängigkeit der Teilmessungen hinzuweisen, denn die Addition der absoluten Werte der Partialfehler hat nur dann einen Sinn, wenn die Fehler der Teilmessungen sowohl dem Wert, als auch dem Zeichen nach voneinander gänzlich unabhängig sind. Es wird dadurch auch klargestellt, daß es meßtechnisch nicht einerlei ist, welche von 3 durch eine Beziehung verknüpften Größen, von denen man zur Berechnung des Resultates nur 2 bedarf, durch direkte Messungen erhalten werden: die Messungen sollen voneinander unabhängig sein. Man erkennt die Unabhängigkeit unter anderem

daran, daß man bei Wiederholung der Messungen bei beiden getrennt eine Mittelwertberechnung vornehmen kann, die ja übrigens auch am sichersten zur Bestimmung der mittleren bzw. maximalen Fehler der Teilmessungen führt.

Riga, Physikalisches Institut der Universität.

Elektrische Resonanzversuche mit Hilfe des technischen Wechselstromes.

Von Professor J. Eicher in Kaposvár (Ungarn).

Es ist häufig versucht worden, die elektrische Resonanz mit Hilfe des stets verfügbaren Starkstromnetzes von 50 Hertz herzustellen und in der Schule vorzuführen. Ich will nur auf einen Aufsatz von E. HENSEL in dieser Zeitschrift hinweisen¹. Es wird dort aufs genaueste die ganze Apparatur beschrieben, mit welcher man die Resonanz mit ihren mannigfachen, sinnfälligen Merkmalen zeigen kann.

Man benötigt dazu eine Kapazität von etwa 5 Mikrofarad in Form der teuren Paraffinkondensatoren für die Hochspannung 2000 Volt und eine Selbstinduktion von der Größe einiger Henry. Diese letztere ist von etwas zu groß, unbequemer Form.

Nun zwingt eben nur die hohe Netzspannung 220 Volt zur Anwendung der teuren Kondensatoren und der großen, dickdrähtigen Spulen, weil die an den Belegungen der Kondensatoren herrschende Spannung der Netzspannung proportional ist. Es liegt daher nahe, mit Hilfe eines Transformators die Netzspannung herabzudrücken.

Es wird wohl heute in jeder besseren Sammlung ein Transformator vorhanden sein. Ich besitze in meiner Sammlung einen Transformator mit der Primärspannung 220 Volt und der regelbaren Sekundärspannung 1 bis 40 Volt, die abnehmbare Leistung beträgt 800 Watt; ein kleinerer Transformator würde auch genügen. Ferner besitze ich eine nach meinen Angaben gefertigte Induktionsspule mit einschiebbarem Eisenkern von etwa 200 Ohm Gleichstromwiderstand bei einer Induktivität von ungefähr 0,7 bis 4 Henry. Die Induktionsspule war angefertigt worden, um mit Hilfe einer Kohlefadenlampe von 16 Kerzen, 110 Volt den Wechselstrom- und Gleichstromwiderstand der Spule leicht demonstrieren und messend verfolgen zu können. Die Spule hat die bewickelte Länge 10 cm, der unterteilte Eisenkern ist 12 cm lang bei einem Durchmesser von 3 cm. Die Spule verträgt dauernd 0,15 Amp., auf kurze Zeit 0,6 Amp. Sie kann bei ganz eingeschobenem Eisenkern dauernd an die Netzspannung 220 Volt angeschlossen werden. Die Spule hat einen großen Verlustwiderstand, weil sie nicht für Resonanzversuche gebaut worden ist. Indessen hat dieser große Verlustwiderstand auch einen Vorteil.

Bekanntlich ist in einem schwingungsfähigen Gebilde ($r^2 C \angle 4 L$) die Stromstärke

$$i = A e^{-\frac{r}{2L}t} \sin(2\pi\nu t - \alpha) + \frac{E}{\sqrt{r^2 + \left(\frac{1}{2\pi n C} - 2\pi n L\right)^2}} \sin(2\pi n t - \beta),$$

wo ν die Eigenfrequenz des Schwingungskreises und n die aufgezwungene Frequenz ist.

Bei großem Verlustwiderstand r fließt im Stromkreis praktisch ein Strom entsprechend der Frequenz n Hertz, in unserem Falle also 50 Hertz. Zur Strommessung benutze ich das vorzügliche Weicheisen-Amperemeter von Hartmann & Braun für 0,2 und 1 Ampere.

Man bedarf zur Herstellung einer Resonanzschwingung von 50 Hertz bei der Induktivität etwa 2,5 Henry eine Kapazität von etwa 4 Mikrofarad. Bei Berechnung der Resonanzspannung unter Verwendung der erwähnten Apparate bei der Spannung 40 V ergibt sich, daß bei der nichterreichbaren Stromstärke von 0,3 Amp. die Spannung am Kondensator unterhalb 250 Volt bleibt.

¹ E. HENSEL, Die Verwendung des technischen Wechselstromes zu Resonanzversuchen, 39, 21; 1926.

Daraus folgt, daß für unsere Versuche ein Papierkondensator mit einer Prüfspannung von 350 Volt genügt, der im Handel billig zu erhalten ist. Ich habe mir 4 Stück dieser Art von der Größe 0,2, 2×1 und 4 Mikrofarad angeschafft. Zwei μF besaß ich bereits. Auf diese Weise läßt sich die gewünschte Kapazität leicht herstellen. Es genügt indessen ein 4 Mikrofaradkondensator allein.

Mit dieser Apparatur läßt sich die elektromagnetische Resonanz gut demonstrieren. Der Zeiger des Amperemeters rückt von 0,07 Amp. bis 0,15 Amp. vor, kehrt dann um, das Maximum wird bei 7,2 cm eingeschobener Kernlänge erreicht (siehe Figur, Kurve 1.) Auch akustisch ist die Resonanz deutlich und sinnfällig zu demonstrieren wegen des bei Resonanz auftretenden Brummtton-Maximums. Ein Maximum der auf den Eisenkern ausgeübten mechanischen Kraft spürt man freilich nicht, weil die Kräfte zu gering bleiben.

Vergrößert man die Kapazität, so läßt sich zeigen, daß die Resonanz bei kleinerer Induktivität eintritt.

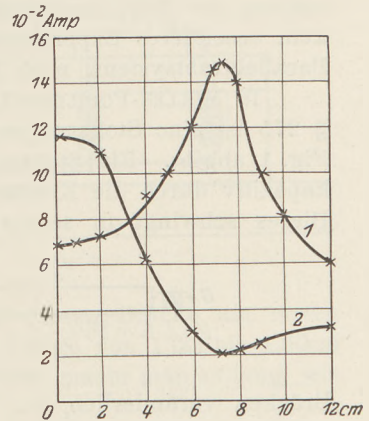
Da ich kein elektrostatisches Voltmeter habe, konnte ich leider die sehr interessanten Spannungsverhältnisse nicht zeigen.

Ich möchte noch kurz darauf hinweisen, daß sich auch die Wirkungsweise des Sperrkreises mit den erwähnten einfachen Mitteln zeigen läßt. Es wird stets mehrere Primaner geben, die die Frage stellen: „Was ist ein Sperrkreis?“

Vollzieht man in der ursprünglichen Zusammenstellung die Abänderung, daß man Spule und Kondensator parallel schaltet, so hat man den Sperrkreis und erhält bei einer Änderung der Induktivität einen Stromverlauf, wie ihn Kurve 2 der Figur darstellt. Das Stromminimum im Resonanzpunkte ist infolge des großen Verlustwiderstandes nicht scharf und unsymmetrisch.

Wie aus diesen Ausführungen ersichtlich ist, wird in fast jeder Sammlung dieses oder jenes vorhanden sein, was zur Demonstration der Resonanzerscheinung bei 50 Hertz verwendet werden kann. Ein kleiner Transformator, ein gutes Weicheiseninstrument wird heute auch bei manchen anderen Versuchen, wenn nicht unentbehrlich, so doch nicht gern entbehrt sein. Papierkondensatoren und Spule verursachen keine großen Ausgaben. Wo ein überflüssiger Transformator vorhanden ist, könnte man auch mit einer Anordnung von J. ZENNECK¹ den Wechselstrom auf doppelte Wechselzahl zu transformieren versuchen, wodurch man mit einer viermal so kleinen Induktivität auskommen könnte. Die Weicheisenstrominstrumente versagen allerdings schon bei diesen höheren Frequenzen, und man muß zu elektrodynamischen oder Hitzdrahtinstrumenten greifen, die viel teurer und auch gegen Überlastung empfindlicher sind. Dies gilt auch bei Versuchen mit Mittelfrequenz-Maschinen, zu deren Anschaffung sich meines Erachtens heute noch wenig Schulen entschließen werden.

Anmerkung der Schriftleitung: Die vorstehende Arbeit ist eine Ergänzung zu den Versuchen von HENSEL und zeigt jedenfalls, daß man zur Not auch mit geringen Mitteln mit Hilfe des technischen Wechselstromes das Eintreten der Resonanz zeigen kann. Indessen bleibt, wie bereits zu der HENSELSCHEN Arbeit bemerkt worden ist, ein Resonanzversuch mit 50 Perioden immer nur ein Notbehelf. In einem der nächsten Hefte wird die Zeitschrift eine Arbeit bringen, die einige niederfrequente Resonanzversuche (500 bis 1500 Perioden) mittels eines kleinen Röhrengenerators zeigt, eine Anordnung, die ebenfalls nur geringe Mittel erfordert.



Das durch Rundfunkröhren erregte Paralleldrahtsystem als Kurzwellengenerator.

Von K. Polenske in Pr. Holland.

In letzter Zeit ist das Interesse für sehr kurze, durch Rundfunkröhren erzeugte Schwingungen stark gestiegen. Mit gewöhnlichen Empfangsröhren kann man solche

¹ Annalen der Physik, Bd. 69, 1899.

Schwingungen, wie sie z. B. L. BERGMANN (diese Zeitschr. 41, 209; 1928) beschrieben hat, erzeugen, ohne die hohen Spannungen nötig zu haben. Der erreichte Effekt ist natürlich nicht so schön, wie bei den von L. BERGMANN angegebenen Versuchen. Sie sind zur Demonstration lange nicht so geeignet, dagegen für Übungen sicher

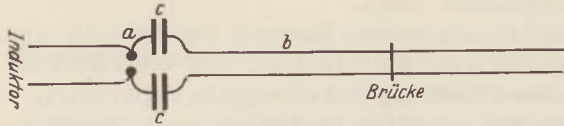


Fig. 1.

empfehlenswert wegen der geringeren Anodenspannung. Sehr praktisch ist das Arbeiten mit der gewöhnlich 220 Volt betragenden Netzspannung.

Ich beschreibe eine Anordnung, die so einfach ist, daß man die Herstellung der Teile den Schülern selbst überlassen kann. Die Versuche damit erfordern kein besonderes Experimentiergeschick. Das Prinzip ist die direkte Erregung eines Paralleldrahtsystems nach LECHER durch Empfangsröhren.

In MÜLLER-POUILLETS Lehrbuch der Physik und Meteorologie 1914, Bd. IV, 2, 3. § 275 ist eine Stoßerregung eines solchen Systems geschildert, deren Schaltschema Fig. 1 angibt. Ein Stoßkreis, stark gedämpft (Fig. 1, a), überträgt elektrische Stöße kapazitiv durch die Kondensatoren (Fig. 1, c) auf das Paralleldrahtsystem (Fig. 1, b). Dieses schwingt in seiner Eigenwelle, die in ziemlich weitgehendem Maße durch

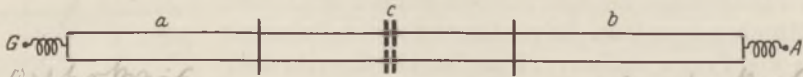


Fig. 2.

Brücken veränderlich ist. Die Frequenz des Stoßkreises braucht nur der Größenordnung nach mit der des Paralleldrahtsystems übereinzustimmen.

Bei der zu schildernden Anordnung (Fig. 2) treten an die Stelle der Kondensatoren (Fig. 1, c) die Kapazitäten zwischen Gitter und Anode von zwei gleichen Empfangsröhren (Fig. 2, c). An Stelle des stark gedämpften Stoßkreises (Fig. 1, a) tritt ein abstimmbares Paralleldrahtsystem (Fig. 2, a), das zu dem eigentlichen Paralleldrahtsystem (Fig. 2, b) symmetrisch liegt. Die Schwingungserzeugung erfolgt durch die Steuerfähigkeit der Röhren, wenn beide Systeme in Resonanz sind. Die Zuführung der

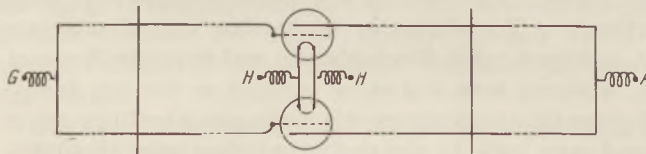


Fig. 3.

Gitter- und Anodenspannung bewirkt man am besten über kleine Drosseln an den Enden der Paralleldrähte. Fig. 3 gibt das vollständige Schaltschema des Systems an. Wie man sieht, handelt es sich um eine Art der Gegentaktschaltungen.

Bei der normalen Gegentaktschaltung liegen allerdings im Anoden- und Gittersystem zwei vollständige Schwingungskreise, bei denen die Pole der veränderlichen Kondensatoren zu den Anoden bzw. Gittern führen. Die Gitter-Anodenkapazität dient nur zur Steuerung. Bei der geschilderten Schaltung ist die Gitter-Anodenkapazität ein wesentliches Element der Schwingungskreise. Gegenüber der Prinzipschaltung in Fig. 2 sind noch in Wirklichkeit infolge der Konstruktion der Rundfunkröhren die Kapazitäten nach dem Heizfaden hinzuzufügen. Die Wirkung dieser kann man dadurch verringern, daß man die Leitungen zu den Heizfäden über Drosseln führt.

Die Abstimmung erfolgt durch Verschieben von Brücken mit der Hand. Da die Brücken bei Abstimmung auf Resonanz an den Stellen liegen, die keine Spannung führen, stört die Berührung durch die Hand gar nicht. Die Abstimmung ist also einfach.

Nun seien noch Vorschläge für die praktische Ausführung des Gerätes gegeben. Die Herstellung des Röhrenbrettes mit Hilfe zweier Röhrensockel kann nach Fig. 4

erfolgen. Fig. 4a stellt die Aufsicht des Sockelbrettes, Fig. 4b die Montierung und Zuführung der Heizleitung dar. Um Symmetrie zu wahren, sind die inneren Heizpole gleich zusammengeführt und dann über Drosseln mit dem Anschluß verbunden, die äußeren Heizpole dagegen einzeln, zunächst durch Drosseln geleitet und dann vereinigt. Ein erforderlicher Heizwiderstand muß außerhalb angebracht werden.

Die zur Abstimmung dienenden Brücken kann man nach Fig. 5 herstellen. Man zieht, um sie später zur Verfügung zu haben, schon vor dem Ausspannen der Paralleldrähte die nötigen Drahtklemmen auf diese auf. An Stelle des Verbindungsdrahtes Fig. 5, a kann man später eine nach Fig. 6 hergerichtete Taschenlampenbirne in die Brücke einschalten. Man wird die Versuche gern mit einer Untersuchung von stehenden Wellen verbinden und darum die Paralleldrähte möglichst lang machen. Es ist dabei zweckmäßig, das Gittersystem so zu wählen, daß dessen Brücke am ersten Spannungsknoten vor den Gittern liegt. Dann gibt eine Länge von 1,00 bis 1,50 m genügend Spielraum für die Abstimmung. Das Anodensystem macht man so lang, wie der Übungsraum es zuläßt. Man sägt sich, um die Drähte auszuspannen, zwei Holzklammern nach Fig. 7 mit einem Ansatz (Fig. 7, a), über den das Ende der Paralleldrähte gespannt werden kann und einem Einschnitt (Fig. 7, b), der ein Aufschieben der Klammern auf die Tischplatte gestattet. Das Aufstellen kann erfolgen, wie Fig. 8 angibt. Die Gitterklammer sitzt an dem Tisch, der auch das Röhrenbrett aufnimmt, die Anodenklammer befindet sich an einem zweiten Tische. Das Spannen der Drähte kann durch Auseinanderrücken der Tische erfolgen. Die Gitter- und Anodenspannung wird zugeleitet, wie in Fig. 2 vorgeschlagen ist. Die isolierten Zuleitungen müssen in einigem Abstand von dem System zu den Stromquellen geführt werden.

Schaltet man bei den Versuchen in den Zuführungsdraht der Anodenspannung ein Milliamperemeter, so beobachtet man beim Einsetzen der Schwingungen gewöhnlich eine Änderung der Anodenspannung. Durch Verschieben einer Brücke im Anodensystem kann man bei festgeklemmter Gitterbrücke schon die Spannungsknoten auf diese Art feststellen. Es sei aber bemerkt, daß bei längeren Wellen die Knotenpunkte auf diese Art nicht scharf zu definieren sind, weil Schwingungen hier schon eintreten, wenn nur ungefähre Abstimmung in beiden Kreisen vorhanden ist. Dagegen gelingt es leider nicht, das System zum Schwingen zu bringen, wenn man mit der Gitterbrücke zu nahe an die Gitter herankommt. Das wäre an sich wünschenswert, weil dann gerade die kürzesten Wellen sich ergeben müßten. Ich vermute, daß in diesem Falle die Trägheit der Elektronen bereits wirksam wird. Die Zeit des Elektronen-

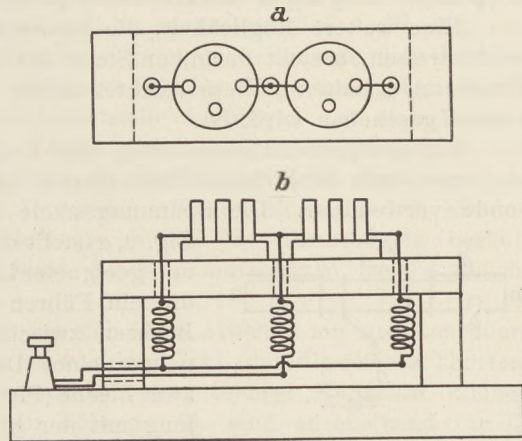


Fig. 4.

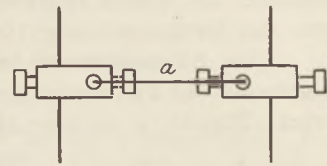


Fig. 5.

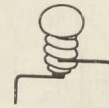


Fig. 6.

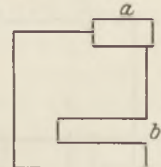


Fig. 7.

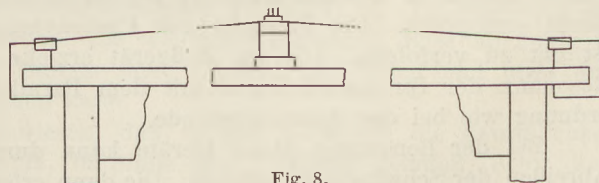


Fig. 8.

wird.

fluges vom Gitter nach der Anode wird vergleichbar mit der Zeit einer halben Schwingung. Infolge der dadurch bedingten Verzögerung tritt eine Phasenverschiebung des Elektronenstromes ein. Die bei der geschilderten Spaltung obwaltenden Rückkopplungsbedingungen werden daher gestört.

Eine weitere Möglichkeit, die Spannungsknoten, die ja Stromstärkebüche sind, nachzuweisen, besteht darin, an Stelle des Drahtes (Fig. 5, *a*) eine Osramlampe in die Brücke zu schalten. Diese leuchtet immer dann, wenn die Brücke über Spannungsknoten geschoben wird.

Zur genaueren Untersuchung der Verhältnisse am erregten Paralleldrahtsystem sind zwei auch leicht herstellbare Geräte, eine Spannungssonde und eine Stromstärke-sonde verwendbar. Die Spannungssonde ist in Fig. 9 im Querschnitt angegeben.

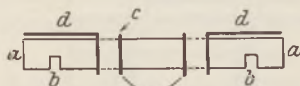


Fig. 9.

Fig. 9, *a* stellt eine Hartgummiplatte von etwa 3 cm Breite und geeigneter Länge dar. Sie enthält zwei Kerben (Fig. 9, *b*), die ein Führen auf den Paralleldrähten gestatten. Zwei Buchsen zwischen den Kerben (Fig. 9, *c*) sind zur Aufnahme eines Detektors bestimmt. Mit den Buchsen sind zwei Bleche (Fig. 9, *d*) verbunden, die eine kapazitive Kopplung mit der betreffenden Stelle der Drähte hervorrufen.

Von den Buchsen führt eine leichte Doppellitze zu einem Milliampereometer. Spannungsschwankungen auf den Drähten erzeugen dann Wechselströme, die der Detektor gleich richtet. Die Gleichströme fließen durch das Milliampereometer. Der Ausschlag dieses Instrumentes läßt also auf die vorhandene Wechselspannung schließen. Beim Verschieben auf den Paralleldrähten bekommt man durch dieses Gerät ein Bild vom Spannungsverlauf. Bei einem Innenwiderstand des Strommessers von 50Ω erhält man Ströme von der Größenordnung 10 Milliampere.

Die Stromstärke-sonde benutzt den wechselnden magnetischen Kraftfluß zum Nachweis der Stromstärke. Man kann sie etwa bauen, wie in Fig. 10 vorgeschlagen wird. Fig. 10, *a* ist eine Hartgummiplatte mit Buchsen für den Detektor, von denen

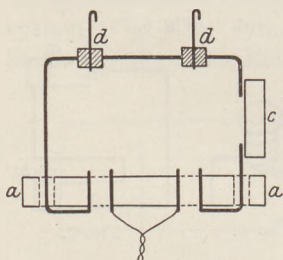


Fig. 10.

eine Doppellitze zum Meßgerät führt. Fig. 10, *b* ist ein steifer rechteckig gebogener Draht. Ein Ende führt von der einen Buchse durch ein Loch der Hartgummiplatte zu einem Pol eines käuflichen Kondensators (Fig. 10, *c*). Vom anderen Pol des Kondensators geht ein Draht weiter durch die Hartgummiplatte zur zweiten Detektorbuchse. Der obere Teil des Drahtes trägt zwei von ihm isolierte Ösen, mit denen man das Gerät auf einem der Paralleldrähte verschiebbar aufhängen kann. Sind in dem Paralleldraht Wechselstromstärken vorhanden, so erzeugt der magnetische Kraftfluß in der Stromstärke-sonde Wechselströme, die der Detektor gleich richtet. Der Ausschlag

des angeschlossenen Milliampereometers läßt also auf die Stromstärke im Paralleldrahtsystem schließen. Die Untersuchung des Stromstärkeverlaufs wird daher durch dieses Gerät ermöglicht. Die Tatsache der Phasenverschiebung gegenüber der Spannung ist gut zu verfolgen. Die im Meßgerät erzielte Stromstärke hat, falls nicht etwa Resonanz der Stromstärke-sonde mit dem Parallelsystem vorliegt, dieselbe Größenordnung wie bei der Spannungssonde.

Bei der Benutzung dieser Geräte kann durch zu starke Energieentnahme ein Abreißen der Schwingung eintreten. Die dann erforderliche losere Kopplung ist durch Abbiegen der Platten (Fig. 8) und durch Änderung der Ösen (Fig. 9, *d*) leicht erreichbar.

Hat man einen Kurzwellenkondensator von geringer Anfangskapazität, so kann man den Verlauf der Stromstärke noch anders zeigen. Man stellt sich einen Schwingungskreis her, indem man eine kleine Drahtschleife, in die eine Taschenlampenbirne eingeschaltet ist, mit den Polen des Drehkondensators verbindet. Im Falle der Resonanz leuchtet die Birne schon in größerer Entfernung von den Paralleldrähten auf, wenn

man die Schleife des Schwingungskreises so hält, daß der magnetische Kraftfluß sie durchdringt. Führt man den Kreis an den Drähten entlang, so ändert sich die Leuchtstärke der Birne und verschwindet in der Nähe der Spannungsbäuche. In diesem Falle zeigt das Leuchten der Birne den Stromstärkeverlauf. Man kann die Schleife auch so halten, daß der magnetische Kraftfluß sie nicht beeinflusst. Berührt man dann mit der Drahtschleife einen der Paralleldrähte an einer Stelle nahe dem Kondensator des Schwingungskreises, so fließen auf galvanischem Wege unter dem Einfluß der Spannung an der betreffenden Paralleldrähtstelle Ladungen auf eine Kondensatorplatte im Rythmus der Schwingung. Auch diese erregen den Kreis so, daß das Lämpchen glüht. Beim Verschieben längs des Drahtes zeigt die Glühstärke der Lampe jetzt die Spannungsänderung an. Dadurch, daß man eine von dem Kondensator des Schwingungskreises weiter entfernte Stelle des Drahtbügels berührt, verringert man die Energieentnahme und kann daher in einfacher Weise die Leuchtstäbe passend regulieren¹.

Anregungen zu weiteren Übungen werden sich beim Arbeiten mit der Anordnung von selbst ergeben. Zur Wahl der Röhren sei noch bemerkt, daß die älteren Thoriumröhren mit zylindrischer Anode wohl wegen kleinerer innerer Kapazität kleinere Wellenlängen ergeben, als die moderneren Röhren. Sie sind anscheinend für die Versuche am besten geeignet. Bei den Röhren, die noch einen Metallsockel haben, erhitzt sich dieser beim Vorhandensein von Schwingungen, wodurch natürlich Dämpfungen entstehen. Im übrigen habe ich bis jetzt noch kein Rohr gefunden, mit dem sich nicht kurze Wellen auf die geschilderte Art erzeugen ließen. Die erreichbare kürzeste Wellenlänge war aber bei den einzelnen Typen verschieden.

Der amorphe Zustand und die molekulare Bewegung.

Von Dr. Bernhard Batscha in Olmütz.

Im naturwissenschaftlichen Unterrichte ergibt sich öfter die Notwendigkeit, den amorphen Zustand zu besprechen und seine charakteristischen Merkmale festzustellen. Mit Recht wird ihm eine Mittelstellung zwischen dem flüssigen und kristallinen Zustand zuerkannt, indem er wesentliche Merkmale beider in sich vereinigt. Diese Zwischenstellung bringt es mit sich, daß der amorphe Zustand — zumindest bei Stoffen von einfacher chemischer Zusammensetzung — in seinem Wesen unbeständig ist und einem stabilen Zustand zustrebt, der mit dem Übergang in die kristallinische Struktur schließlich erreicht wird. Diese Umwandlung erfolgt bei verschiedenen Körpern innerhalb sehr weiter Grenzen, bei einem und demselben aber scheint sie unter gewöhnlichen Bedingungen, beispielsweise, wenn der Stoff sich selbst ruhig überlassen bleibt, immer mit der gleichen Geschwindigkeit zu verlaufen. Davon wird noch später genauer die Rede sein.

Es braucht wohl nicht erst hervorgehoben zu werden, daß die genannte Erscheinung aufs innigste mit der Molekularbewegung verknüpft ist. Im folgenden soll vor allem die Frage behandelt werden, von welchen Umständen diese abhängig ist und inwieweit ein experimenteller Beweis ihrer Existenz gewonnen und etwa dem Unterrichte dienstbar gemacht werden kann.

Vorerst sei aber darauf hingewiesen, daß es sich nicht um die Beweglichkeit der Moleküle nach einer Richtung hin, im Sinne des „Fließens“ handelt, denn diese Tatsache ist schon lange bekannt z. B. am Glase —, sondern um die ungeordnete

¹ Als Kurzwellenkondensatoren geeignet sind die billig zu erhaltenden veränderlichen Neutrodynplattenkondensatoren. Das geschilderte Verfahren gestattet übrigens auch, einem größeren Kreise neben dem Stromstärkeverlauf den Spannungszustand eines Dipols anschaulich zu zeigen, den man mit Empfangsröhren und normalen Spannungen betreibt. In diesem Falle erreicht man bekanntlich nicht die Wechselspannungsamplitude, die ein Neonröhrchen erleuchten kann. (Siehe den Kunstgriff von H. E. HOLLMANN, diese Zeitschrift 39, 265; 1926.)

Bewegung, die in Gasen und Flüssigkeiten ohne jeden Zweifel besteht und in den Flüssigkeiten unter der Erscheinung der BROWNSchen Bewegung, wenn auch nicht unmittelbar, so doch in der Weise zur sinnlichen Wahrnehmung gebracht werden kann, daß durch die Stöße der Moleküle größere Teilchen eines anderen Stoffes in eine regellose Bewegung geraten, die unter dem Mikroskop beobachtet werden kann.

Es ist ohne weiteres klar, daß die molekulare Bewegung im amorphen Zustand schon wegen des großen Reibungswiderstandes eine beträchtliche Verlangsamung erfährt; dazu kommt gewöhnlich noch ein anderer hemmender Faktor hinzu, der an einer späteren Stelle erörtert werden soll; ferner kann es als selbstverständlich angesehen werden, daß die Umstände, welche die Geschwindigkeit der molekularen Bewegung in einer Flüssigkeit beeinflussen, im gleichen Sinne auch in einem amorphen Körper wirken; dazu gehören vor allem das Molekulargewicht und die Temperatur.

Was nun die andere Frage betrifft, ob und wie die molekulare Bewegung im amorphen Zustand durch das Experiment bewiesen werden kann, so ist es von vornherein klar, daß man, wenn auch weit entfernt, an eine unmittelbare Beobachtung zu denken, nicht einmal eine indirekte, der Wahrnehmung zugängliche Bewegung (BROWNSche Bewegung) hervorrufen könnte; es kann sich demnach hier nur um anders geartete Auswirkungen jener Bewegung handeln. Eine solche Auswirkung tritt in manchen Fällen in der Erscheinung der Photolumineszenz zutage, die beispielsweise Präparate von Weinsäure und Zitronensäure aufweisen, in denen Spuren von Fluorescein gelöst wurden. Näheres über die Darstellung dieser Präparate wurde in einer früheren Mitteilung dieser Zeitschrift (Jahrg. 38, S. 25; 1925), und auch an anderem Orte (Ber. d. deutsch. chem. Gesch. 58, S. 187, 1925) berichtet. Es sei daher nur in aller Kürze wiederholt, daß beim Zusammenschmelzen von Weinsäure (Schmp. 170°) mit sehr geringen Mengen von Fluorescein im Reagenzrohre oder von Zitronensäure (Schmp. der wasserfreien Säure 153°) mit Fluorescein Präparate von glasiger Beschaffenheit erhalten werden, die nicht nur fluoreszenz- sondern auch phosphoreszenzfähig sind. Die Bedingungen aber, unter denen die Phosphoreszenzerscheinung hervorgerufen werden kann, haben zu der Folgerung geführt, daß die Grundlage der Leuchterscheinung die molekulare Bewegung ist (sowohl der Fluorescein- als auch der Säuremoleküle); daher ist für den Phosphoreszenzeffekt das Tempo der aufeinander wirkenden Moleküle von größter Bedeutung. Bedarf es für diese Annahme einer stärkeren Stütze, als es die Tatsache ist, daß das Weinsäurepräparat durch Abkühlung an Leuchtkraft gewinnt, im entgegengesetzten Falle aber, bei Temperaturzunahme, daran verliert, bis der Effekt bei etwa 45° überhaupt ausbleibt? Und auch das abweichende Verhalten des Zitronensäurepräparates ist nur vom Standpunkte einer kinetischen Betrachtungsweise aus zu verstehen und zu erklären. Dieses Präparat zeigt nämlich nach vorausgehender Belichtung bei gewöhnlicher Temperatur keinen Leuchteffekt, sondern erst nach dem Abkühlen unter 0° . Die Beweglichkeit der Moleküle ist allem Anschein nach bei gewöhnlicher Temperatur zu groß, weil die erstarrte Zitronensäureschmelze eine zu geringe Zähigkeit besitzt, weshalb erst durch Abkühlung das dem Leuchteffekt günstige Tempo der Molekularbewegung hervorgerufen werden muß.

Es wäre noch darauf hinzuweisen, daß die Darstellung dieser Präparate nur wenig Mühe und Zeit kostet, ein Umstand, welcher ihre Eignung im Unterrichte sowohl für den Zweck, die Gleichzeitigkeit der Fluoreszenz- und Phosphoreszenzerscheinung zu zeigen, als auch für den anderen, nämlich die molekulare Bewegung in amorphen Körpern nachzuweisen, noch stärker unterstreicht.

Eine andere Auswirkung der molekularen Bewegung im amorphen Zustande kann man in der Umwandlung desselben in die kristallinische Struktur erblicken. Gelegentlich der Aufbewahrung der eben besprochenen Präparate wurde beobachtet, daß die amorphen Weinsäurepräparate — das gleiche gilt auch von der Zitronensäure — in ungefähr gleichen Zeitabständen den Beginn der Kristallisation erkennen

ließen, ja sogar, daß auch das Fortschreiten derselben fast in dem gleichen Tempo erfolgte. Es wurden daher die Beobachtungen an Proben unvermengter, reiner Wein- bzw. Zitronensäure fortgesetzt. Behufs ihrer Darstellung wird fast in gleicher Weise vorgegangen wie bei jener der lumineszenzfähigen Präparate, selbstverständlich mit Ausschluß des Fluoresceins: Weinsäure wird im Glasrohre auf 170° im Glycerinbade bis zur klaren Schmelze erhitzt — event. auftretende Feuchtigkeitsbeschläge müssen entfernt werden —, sodann durch Drehen und Neigen des Rohres in dünner Schicht auf der Glaswand verteilt, wobei sie rasch zu einer glasigen, farblosen Masse erstarrt. Mit der Zitronensäure wird in ähnlicher Weise verfahren; sie wird auf 153° erhitzt, bis das ganze Kristallwasser ausgetrieben und entfernt ist. Der heiße Schmelzfluß wird sodann, um eine vorzeitige Kristallbildung hintanzuhalten, durch „Abschrecken“ mit kaltem Wasser in eine amorphe, farblose Masse verwandelt.

Es seien zunächst die Beobachtungen mitgeteilt, die an den Zitronensäurepräparaten gemacht wurden, weil die Verhältnisse hier einfacher lagen als bei der Weinsäure. An ihnen konnten bei Zimmertemperatur in der Regel nach etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde die ersten „Kristallisationskerne“ mit freiem Auge oder unter der Lupe wahrgenommen werden. Nach und nach setzten sich neue Kriställchen an, die sich um diese „Kerne“ wie um Mittelpunkte rosettenförmig gruppierten; daneben entstanden neue Kerne, bis das ganze nach etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunden kristallinisch und trüb wurde. Wurde aber ein Präparat sogleich nach der Herstellung im Wasserbade auf etwa 45° erwärmt, so konnten schon nach ungefähr 5 Minuten eine größere Zahl von Kristallisationskernen beobachtet werden; auch das Fortschreiten der Kristallisation wurde durch die Temperaturerhöhung beschleunigt, denn sie war schon nach etwa $\frac{3}{4}$ Stunden beendet. Wurde ein Präparat auf der Temperatur 65° gehalten, so konnten die ersten Kriställchen in noch kürzerer Zeit bemerkt werden, und der Übergang in den kristallinen Zustand war schon nach etwa 25 Minuten vollzogen. Andererseits aber bewirkte eine Temperaturerniedrigung eine Verlangsamung der Kristallisation. Es genügte die Herabsetzung der Temperatur um einige wenige Grade, um eine merkliche Verzögerung hervorzurufen. Bei der Temperatur 0° konnte das Präparat zuweilen durch mehrere Stunden unverändert erhalten werden.

Aus diesen Beobachtungen kann gefolgert werden, daß der Übergang des amorphen Zustandes in den kristallinen durch das Tempo der molekularen Bewegung, welche einer kristallgittermäßigen Anordnung zustrebt, wesentlich beeinflußt wird. Selbstverständlich wirkt die Temperaturzunahme im beschleunigenden Sinne. Vielleicht wird auch die Bemerkung nicht überflüssig sein, daß die Einfachheit der Darstellung des amorphen Zitronensäurepräparates und der rasche Übergang in den kristallinen Zustand seine Verwendung, zumindest im praktischen naturwissenschaftlichen Unterricht, empfehlenswert machen.

Was nun die Weinsäurepräparate betrifft, so konnten bei Zimmertemperatur in der Regel erst nach 3 bis 4 Tagen die ersten Kriställchen mit freiem Auge oder unter der Lupe wahrgenommen werden; die weitere Kristallisation, bzw. Entstehung neuer „Kristallisationskerne“ ging sehr langsam vonstatten und erstreckte sich oft über viele Tage. Versuche aber, die Kristallisation zu beschleunigen, indem frisch dargestellte amorphe Präparate durch 2 Stunden auf höhere Temperaturen — bis zu 60° — erwärmt wurden, blieben ohne Erfolg. Wurde dagegen das Präparat erst in einem späteren Zeitpunkte auf 60° erwärmt, sobald die ersten „Kerne“ sichtbar wurden, dann konnte schon nach etwa $\frac{1}{2}$ Stunde ein, wenn auch nur unbedeutendes Wachstum derselben festgestellt werden, bisweilen auch das Auftreten neuer Kerne.

Wenn man nun das Verhalten der Weinsäure mit dem der Zitronensäure vergleicht, so drängt sich die Frage auf, warum die Umwandlung jener in den kristallinen Zustand verhältnismäßig sehr lange dauert, und warum die Temperaturerhöhung erst nach Beginn der Kristallisation eine sichtbare und auch dann nur beschränkte Wirkung hervorruft. Diese auffällige Erscheinung läßt sich wohl nicht durch die

größere Zähigkeit der amorphen Weinsäure allein erklären. Dazu kommt noch der Umstand, daß ihr größerer Reibungswiderstand in bezug auf die molekulare Bewegung, wenigstens teilweise, durch ihr keineres Molekulargewicht paralyisiert wird.

Ein Versuch, diese Frage auf Grund von theoretischen Erwägungen in befriedigender Weise zu beantworten, würde den Rahmen dieser Abhandlung überschreiten. Dennoch sei auf einen Umstand hingewiesen, der eventuell einen Anhaltspunkt zu ihrer Lösung bieten könnte. Nach HABER (Die Naturw., 16. Jhrg., Heft 50, S. 1066) kommen amorphe Massen dadurch zustande, daß sich in der Lösung, bezw. in der unterkühlten Schmelze, Molekülhaufen bilden, die unter Verlust von freier Energie einer gittermäßigen Anordnung zustreben; doch bleibt diese „Ordnungsgeschwindigkeit“ hinter der „Häufungsgeschwindigkeit“ zurück. In der unterkühlten Schmelze haben wir einen Zustand höchster Häufung. „Bei der Bildung von Niederschlägen wird die Ordnung leichter zustande kommen als bei den unterkühlten Schmelzen, weil die große Masse leicht beweglicher Moleküle des Lösungsmittels zugegen ist.“

In Anlehnung an die Annahme HABERS liegt der Gedanke nahe, daß die „Molekülhaufen“ — vielleicht könnte man sogar von Molekülkomplexen sprechen — auch innerhalb der erstarrten amorphen Schmelze unbeständig sind und einem Zustande zustreben, in welchem die Moleküle eine gitterförmige Anordnung besitzen oder, einfacher gesagt, daß jene sich allmählich lockern, bezw. zerfallen, wodurch erst die günstige Bedingung zur Kristallisation geschaffen wird. Die Zeit, in welcher dieser Vorgang und zwar selbsttätig vor sich geht, wird für gewöhnlich als das „Altern der Präparate“ bezeichnet. Es ist nun natürlich, daß diese Zeit bei den einfachen chemischen Stoffen verschieden ist und innerhalb weiter Grenzen schwankt.

Auf Grund dieser Annahme wird nunmehr das Verhalten der amorphen Weinsäure verständlich. Ihre „Molekülhaufen“ sind viel beständiger als die der Zitronensäure, welche daher verhältnismäßig sehr schnell in den kristallinen Zustand übergeht. Damit erklärt sich aber auch die Tatsache, daß die Temperaturerhöhung bei der Weinsäure erst in einem späteren Zeitpunkte eine sichtbare Wirkung auf die Kristallisation hat, nämlich erst dann, wenn die Beweglichkeit der Moleküle infolge der Rückbildung jener „Molekülhaufen“ ihre Anordnung in die Gitterstruktur ermöglicht. Daß aber diese Rückbildung, wie die Beobachtung an der Weinsäure zeigt, durch Temperaturerhöhung nicht beschleunigt wird, erscheint begreiflich, wenn man annimmt (siehe oben), daß dies ein mit Energieabgabe verbundener Vorgang ist.

Für die Praxis.

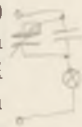
Weitere Versuche mit dem Drehkondensator. Von Studienrat Dr. W. P. Westphal in Charlottenburg.

Außer den in dieser Zeitschrift 42, 26 (1929) unter der Überschrift „Für die Praxis“ abgedruckten Versuchen mit dem Drehkondensator von J. LANG, die übrigens vor dieser Veröffentlichung schon vielfach vorgeführt worden sind, läßt sich noch eine Reihe weiterer interessanter Unterrichtsversuche mit diesem wichtigen Hilfsapparat anstellen, die ich hier kurz angeben will:

1. Verbindet man bei dem bekannten Resonanzversuch von LODGE die Belegungen der sekundären Flasche mit den Plattensystemen eines Drehkondensators, so wird die vorher vorhanden gewesene Resonanz mit der primären Flasche durch die hinzugefügte Kapazität beseitigt; sie läßt sich aber leicht durch Ausschalten derselben wieder herstellen. Dasselbe kann auch durch Verschieben des Querdrahtes am Flaschenrahmen erreicht werden. Außerdem läßt sich die Abstimmung der beiden Flaschenkreise noch in der Weise ausführen, daß man dieselben zunächst durch Verschieben des Querdrahtes gegeneinander verstimmt und dann die Resonanz mit Hilfe des zum

sekundären Kreis parallel geschalteten Drehkondensators wieder herstellt. Einfacher und anschaulicher ist die Abstimmung zweier Schwingungskreise aufeinander mittels Drehkondensators dem Schüler wohl nicht vorzuführen.

2. Verbindet man unter Zwischenschaltung eines Blockkondensators (etwa 2000 cm) eine Glimmlichtlampe mit dem Wechselstromnetz, so fängt die Lampe bekanntlich an zu leuchten, während beim Verbinden mit einem Gleichstromnetz beim Schließen und Öffnen nur ein Aufleuchten derselben eintritt. Schaltet man nun parallel zu dem Blockkondensator wieder einen Drehkondensator ein, so nimmt infolge der damit verbundenen Kapazitätzunahme des Lampenkreises die Leuchtkraft der Lampe zu. Durch Änderung der Kapazität des Drehkondensators läßt sich die Abhängigkeit der Stromstärke und damit auch die des Widerstandes in einem solchen Wechselstromkreise von der Kapazität desselben dem Schüler in sinnfälligster Weise vor Augen führen.



3. Der VOLTASche Grundversuch scheidet bekanntlich häufig an der unzureichenden Empfindlichkeit der in den Schulsammlungen vorhandenen Elektroskope. Schaltet man aber parallel zu dem aufgesetzten Platten-Kondensator oder auch nur zwischen Elektroskop und Element (Akkumulatoren-Zelle) einen Drehkondensator von genügender Kapazität ein, so läßt sich auch mit weniger empfindlichen Elektroskopen noch ein brauchbares Ergebnis erzielen.

4. Der Einfluß flüssiger Dielektrika auf die Kapazität läßt sich mit dem Drehkondensator in der Weise zeigen, daß man die Platten des mit dem Elektroskop verbundenen, gut geladenen Kondensators z. B. in flüssiges Paraffin eintaucht und dann wieder herausnimmt. Die hiermit verbundene Ab- bzw. Wiederzunahme der Divergenz der Plättchen läßt deutlich die Abhängigkeit der Kapazität von der Natur des Zwischenstoffes erkennen. Der Unterschied in der Kapazität wird noch deutlicher, wenn man sowohl im Paraffin als auch nachher in der Luft die Kapazität des Kondensators ändert. Es empfiehlt sich auch, den im Paraffin befindlichen Kondensator auf die frühere Spannung aufzuladen, um nachher die mit dem Herausnehmen verbundene Spannungszunahme zeigen zu können.

Eine einfache Versuchsanordnung zur Ionenwanderung. Von Georg Nadler in Kitzingen.

Die Ionenwanderung kann mit Hilfe von mannigfachen Apparaten sichtbar bzw. nachweisbar gemacht werden (GRIMSEHL, Lehrbuch der Physik, 1923, 2. Bd., § 75 u. 76, S. 193 bis 199). Für Schülerversuche dürfte folgende Anordnung bequem sein.

Als Behälter für den Elektrolyten verwendet man ein geeignetes poröses Material, z. B. einfach einen Streifen Filtrierpapier. Um z. B. die Wanderung des sogenannten Manganions MnO_4' zu zeigen, legt man einen Filtrierpapierstreifen von etwa 1 cm Breite und etwa 10 cm Länge auf eine Glasplatte und feuchtet ihn mit sehr verdünnter Lösung von $KMnO_4$ gut an (s. GRIMSEHL l. c. S. 199). Die Stromzuführung erfolgt etwa mit Resten von Bogenlampenkohlen (halbrundes Profil bequem), die an den Enden des Streifens aufgelegt werden. Die Spannung betrug 110 Volt (Kohlefadenlampe nicht unter 16 Kerzen als Sicherung). Kurz vor Einschalten des Stromes zieht man mit einem $KMnO_4$ -Kriställchen (mit Pinzette fassen oder mit Zündholz hin und her schieben) einen kräftigen Strich quer über den Papierstreifen (also senkrecht zum elektr. Strom). Die violette Färbung hält lange genug vor, um die Ionenwanderung deutlich zu sehen. Bei Stromumkehr erfolgt Umkehr der Wanderichtung. Die Größenordnung der Wanderungsgeschwindigkeit ergibt sich richtig zu einigen mm pro Min. bei dem verwendeten Potentialgefälle von etwa 10 Volt pro cm. Jedoch läßt sich der Versuch quantitativ nicht ohne weiteres auswerten, da ja der Einfluß des Papiers auf die Wanderungsgeschwindigkeit zunächst unbekannt ist. Legt man ein nicht zu schweres Glas (z. B. einen Objektträger) auf den Streifen, so bleibt die violette Farbe wesentlich besser bestehen.

Die Wanderung der Dichromationen läßt sich zeigen, indem man den Streifen, der in diesem Falle mit sehr verdünnter H_2SO_4 (s. GRIMSEHL l. c.) angefeuchtet wird, in der Mitte etwa auf 1 cm unterbricht, mit andern Worten, indem man 2 Streifen anwendet. Die Unterbrechung überbrückt man mit einem quergelegten, $K_2Cr_2O_7$ — getränkten dritten Streifen. Infolge der schwächeren Färbung dieser Ionen ist die Wanderung nicht so augenfällig.

Die Wanderung des Cu-Ions auf diese Weise zu zeigen, mißlang ganz bei Verwendung von Cu-Sulfat; mit Cu-Nitrat ist das Ergebnis sehr undeutlich.

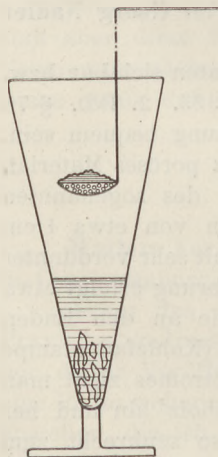
Wenn man einen größeren Materialverbrauch in Kauf nehmen will, kann man die Versuche mit porösen Würfeln durchführen, die man z. B. von einem Stück Tafelkreide abspaltet. Die einzelnen Würfel tränkt man mit den betreffenden Elektrolyten und legt sie mit den ebenen Fabrikationsflächen aneinander. Den Strom kann man auch hier mit Kohlen wie oben zuführen, die leicht gegen die Endwürfel gepreßt werden. Mit dieser Anordnung gelingen die Versuche mit Dichromat gut und mit Cu-Nitrat noch wahrnehmbar.

Zu erwähnen ist noch, daß die Wanderung der Ionen auf einer Fortschwemmung durch eine Wasserströmung (elektroosmotischer Effekt in feuchten, porösen Stoffen) vorgetäuscht werden könnte. Daß dies nicht der Fall ist, erkennt man dadurch, daß man auf demselben Streifen noch einen Querstrich mit einem indifferenten Farbstoff, z. B. Tintenstift, zieht. Dieser bleibt beim Einschalten des Stromes ungeändert, während vom „Ionen“-Strich aus die Wanderung einsetzt.

Nach Abfassung dieser Notiz fand ich bei R. W. POHL, Einf. in die Elektrizitätslehre, § 86, S. 191, eine Anordnung zur Ionenwanderung mit Kristallwürfeln, worauf ich noch verweisen möchte.

Abscheidung von Kohle aus Marmor. Von Sigbert Genelin in Innsbruck.

Im 38. Jahrgang dieser Zeitschrift S. 148 habe ich zur Abscheidung von Kohle aus Kohlendioxyd die Anwendung eines siebartig durchlöchernten, langstieligen Eisenlöffelchens (sog. Phosphorlöffelchens) empfohlen, das mit Magnesiumpulver gefüllt wird.



Hier verfähre man damit folgendermaßen: In ein Kelchglas, welches zu etwa einem Drittel seines Volumens mit verdünnter Salzsäure gefüllt ist, wird ein Stückchen Marmor eingeworfen. Hernach füllt man in der früher angegebenen Weise das Eisenlöffelchen mit Magnesiumpulver, entzündet dasselbe und hält das brennende Magnesium in den leeren Teil des Kelchglases, der sich inzwischen mit Kohlendioxyd gefüllt hat, bis die Flamme des in demselben weiterbrennenden Magnesiums erlischt und auch keine Glut mehr im Löffel wahrnehmbar ist (Figur). Aus dem im Löffel entstandenen Kuchen scheidet man in der früher angegebenen Weise glänzend schwarzen reinen Kohlenstoff ab.

Da es einerseits für den Anfänger gewiß einen großen Reiz bietet, wenn er sich selbst davon überzeugen kann, daß der weiße Marmor wirklich schwarze Kohle enthält (Verlust der Artheigenschaften beim Eingehen einer Verbindung!), andererseits der Versuch keinerlei Apparatur erfordert und eine sehr gute Ausbeute liefert bei einer Versuchsdauer von $\frac{1}{4}$ Stunde, glaubte ich mich zur Veröffentlichung dieses Versuches berechtigt, trotzdem die Abscheidung von Kohle aus Kohlendioxyd schon öfter hier beschrieben wurde.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Hilfsakkumulatoren als Starkstromquelle und Pufferbatterie¹. Bericht von CARL HEINRICH in Schwerin a. W.

Von J. JUNG in Wien wird die Herstellung von Hilfsakkumulatoren zur Erzielung von kurz anhaltenden Strömen von einigen Hundert Ampere (bis 1900 Ampere) beschrieben. Erreichung einer so hohen Stromstärke mit einem Element setzt äußerst geringen inneren Widerstand der Stromquelle voraus. Man erreicht diesen durch Verwendung von Bleiplatten mit großer Oberfläche, die man in möglichst kleinem Abstände voneinander (2 bis 3 mm) in das Akkumulatorengefäß einsetzt. Über die praktische Durchführung gibt der Aufsatz Auskunft.

Die hohen Momentanstromstärken sind besonders vorteilhaft bei der Veranschaulichung des Magnetfeldes um einen stromdurchflossenen Leiter oder etwa zum Nachweis der elektrodynamischen Wirkung von Stromleitern. Die Hilfsakkumulatoren, die man stets unter Ladestrom stehend verwendet, sind weiterhin sehr gut geeignet als Stromquelle zum Betrieb von Funkeninduktoren, falls einige Elemente von einfachster Bauart hintereinander geschaltet werden (Verwendung als Pufferbatterie). — Dem Berichterstatter lagen Pausen von Kraftlinienbildern vor, die bei 120, 240, 300, 400 und 1000 Ampere hergestellt worden waren und die Struktur des Magnetfeldes außerordentlich schön und klar erkennen ließen.

Versuche zur Demonstration optischer Abbildungsfehler. Von Dr. GÜNTHER SCHULZ in Berlin-Charlottenburg.

Die geometrische Optik lehrt, daß durch ein optisches System nur in Sonderfällen alle Lichtstrahlen, die von einem leuchtenden Punkt ausgehen sind, wieder in einem Punkte vereinigt werden. Das Strahlenbündel ist also im allgemeinen nach dem Verlassen des Systems astigmatisch, insbesondere, wenn Objektpunkt und Bildpunkt auf der optischen Achse liegen, mit „sphärischer Aberration“ behaftet. Im folgenden sollen einige Versuche angegeben werden, die die eigenartigen geometrischen Verhältnisse in einem Strahlenbündel beim Vorhandensein von sphärischer Aberration veranschaulichen mit Hilfe der Schatten, die in den Strahlengang eingeführte Gegenstände werfen. Die Versuche sind mit einfachen Mitteln auszuführen und geben recht überraschende Ergebnisse.

Zunächst werde das Wesentliche an den beobachtbaren Erscheinungen geschildert, ohne auf die verschiedenen möglichen Anordnungen des Versuches einzugehen. Von einer nahezu punktförmigen, monochromatischen Lichtquelle

wird mit einer einfachen Sammellinse (Durchmesser etwa 40 mm, Brennweite etwa 100 mm) ein reelles Bild entworfen. In einiger Entfernung von diesem steht ein weißer Schirm oder eine Mattscheibe, auf der durch den Lichtkegel eine Kreisfläche hell erleuchtet wird. Nun bringt man ein grobes Strichgitter (Strichzahl etwa 4 pro mm; kein Beugungsgitter!), das nicht größer als 4 bis 9 qem zu sein braucht, in die optische Achse dicht vor den Schirm und beobachtet dort den von den undurchsichtigen Teilen des Gitters geworfenen Schatten. Wie zu erwarten, sind die Schattenstreifen den Gitterstäben geometrisch ähnlich, also geradlinig und äquidistant. Verschiebt man aber das Gitter parallel zu sich vom Schirme fort durch den Bildpunkt hindurch in Richtung auf die Linse, so nimmt die Breite der Schattenstreifen und ihr gegenseitiger Abstand bei Annäherung an den Bildpunkt in der Mitte des Schattenbildes stärker zu als am Rande; die Kurven krümmen sich und kehren dabei ihre konkave Seite der Mitte zu, wo sich schließlich eine annähernd kreisförmige erleuchtete Stelle ausbildet, vorausgesetzt, daß die optische Achse gerade die Mitte eines Zwischenraumes zweier Gitterstäbe durchstößt. In dieser Stellung ist die Erscheinung äußerst labil. Geringe Verschiebungen des Gitters haben große Veränderungen in der Gestalt der Schatten zur Folge. Bewegt man nun das Gitter im gleichen Sinne weiter, so entstehen plötzlich im Innern der erwähnten kreisförmigen Stelle zwei dunkle Punkte, die schnell wachsen und sich zu zwei symmetrisch gelegenen, geschlossenen Kurvenzweigen ausbilden, aus denen bei weiterer Verschiebung immer neue geschlossene Kurven hervorquellen. Die ursprünglichen ungeschlossenen Zweige werden dabei immer weiter nach außen gedrängt, die erwähnten „Quellpunkte“ rücken schließlich selbst aus dem Lichtkreis heraus und, wenn man mit dem Gitter nahe an die Linse herangekommen ist, sind die sichtbaren Schattenstreifen wieder fast parallel und äquidistant, kehren jetzt aber der Mitte des Feldes ihre konvexe Seite zu. Einige der beobachteten Kurvenformen sind in den Photogrammen Fig. 1 a—f wiedergegeben. Zu ihrer Herstellung wurden die Schatten in einer Dunkelkammer unmittelbar auf der photographischen Platte aufgefangen.

Die Ursache dieser Erscheinungen ist allein in der sphärischen Aberration des Strahlenbündels zu suchen. Gingen nämlich sämtliche Lichtstrahlen im Bildraum auch wieder durch einen Punkt der Achse, dann wäre der Schatten stets die Zentralprojektion des Gitters, also bei den angegebenen Lageverhältnissen diesem ähnlich, was aber hier offenbar nicht der Fall ist. Die Bestätigung gibt die rechnerische Herleitung der Formen der Schattenkurven, die sich leicht durchführen läßt. Wenn ein Strahlenbündel sphärische Aberration aufweist, so bedeutet dies,

¹ Nach der gleichnamigen Arbeit von Prof. J. JUNG, Wien: Physik und Chemie, 1928, H. 4, S. 83 bis 87.



daß die Schnittweite eines Strahles abhängig ist von der Zone, in der er die Linse durchsetzt hat oder, was dasselbe ist, von dem Winkel u , unter dem er die optische Achse schneidet. Will man also das Schattengebild auch fernerhin als Zentralprojektion des Gitters ansehen, so muß man die Koordinate s der Spitze des Projektionskegels, gemessen von einem beliebigen Punkt der optischen Achse, als Funktion dieses Winkels u seiner Erzeugenden mit der Achse auffassen. Alle Lichtstrahlen des Bildraumes werden bekanntlich von der kaustischen Fläche eingehüllt,

die eine Spitze im Schnittpunkt der Paraxialstrahlen besitzt. Für einfache Linsen und gewisse Systeme kann man die erwähnte Abhängigkeit mit hinreichender Genauigkeit durch die Formel

$$s - s_0 = \alpha \operatorname{tg}^2 u$$

ausdrücken. s_0 ist hierbei der Wert von s für $u = 0$, also für die Paraxialstrahlen. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit kann s_0 gleich Null gesetzt werden; der Schnittpunkt der Paraxialstrahlen ist dann als Anfangspunkt gewählt. Die Richtung des wachsenden s sei die Lichtrichtung.

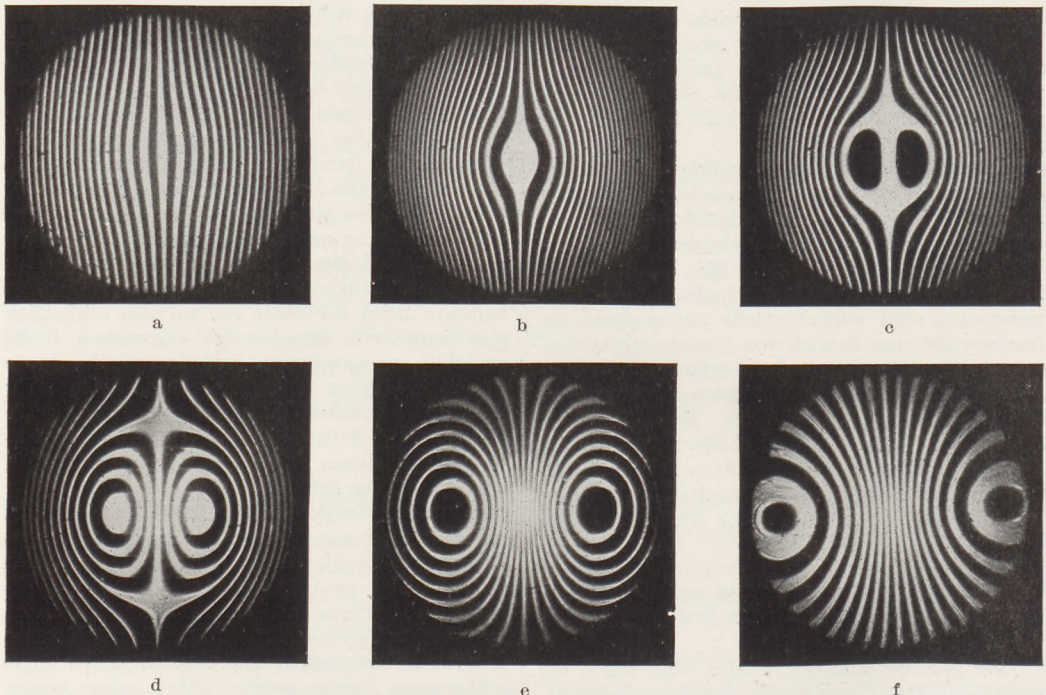


Fig. 1. Schatten eines geradlinigen Gitters.

Bei einfachen Konvexlinsen ist dann α eine negative Zahl, d. h. der Schnittpunkt der Randstrahlen liegt der Linse näher als der der Paraxialstrahlen (sog. Unterkorrektion, womit aber nicht gesagt ist, daß es sich um ein korrigiertes System handelt). Man führe nun in der Gitterebene ein rechtwinkliges $x-y$ -Koordinatensystem ein, ebenso in der Ebene des Auffangschirmes ein gleichorientiertes $\xi-\eta$ -System. Die Nullpunkte beider Systeme liegen auf der optischen Achse und mögen dort die Koordinaten g bzw. p haben. Die Schattenkurve einer Gittergeraden $x = d$ ergibt sich dann, wenn aus den Gleichungen

$$\operatorname{tg} u = \frac{\sqrt{\xi^2 + \eta^2}}{p - s}, \quad \frac{d}{g - s} = \frac{\xi}{p - s}, \quad s = \alpha \operatorname{tg}^2 u$$

α und $\operatorname{tg} u$ eliminiert werden. Man erhält

$$\alpha (\xi^2 + \eta^2) (\xi - d)^2 - (\xi g - d p) (p - g)^2 \xi^2 = 0$$

und hat der Konstanten d verschiedene äquidistante Werte beizulegen, um den Schatten eines Strichgitters zu erhalten. Zur bequemeren Dis-

kussion ist indes folgendes zu beachten. Die Form der Schatten ist wesentlich bedingt durch die Stellung des Gitters in der Kaustik, dagegen bei weitem nicht in dem Maße durch die Stellung des Auffangschirmes, sobald p genügend groß gegen g ist. Dies sei immer vorausgesetzt; man darf dann ohne erheblichen Fehler $(\xi - d)^2$ durch ξ^2 und $(p - g)^2$ durch p^2 ersetzen und erhält

$$\xi [\alpha (\xi^2 + \eta^2) - g p^2] = -d p^3.$$

Für $d = 0$ zerfällt die Kurve in die Gerade $\xi = 0$ und einen Kreis. Dies ist ein überraschendes Ergebnis: ein durch die Kaustik gespannter Faden, der durch die optische Achse geht, wirft einen Schatten, der aus einer Geraden und einem Kreis besteht (dieser ist reell, falls bei negativem α auch $g < 0$). Das Photogramm Fig. 2 zeigt das Aussehen dieser Erscheinung. Jeder Punkt des Kreises muß als Schatten des Punktes $x = 0$, $y = 0$ aufgefaßt werden. Für kleines d besteht der Schatten aus einem geschlossenen Kurvenzweig innerhalb dieses Kreises und einem ins

Unendliche gehenden Zweige mit zwei Wendepunkten außerhalb auf der anderen Seite der Geraden $\xi = 0$. Beide Zweige schmiegen sich dem Kreis und der Geraden an (Fig. 1d).

Es würde hier zu weit führen, alle möglichen Formen und die Realitätsverhältnisse ausführlich zu diskutieren. Erwähnt sei nur, daß einem Punkte des schattenwerfenden Objekts stets 3

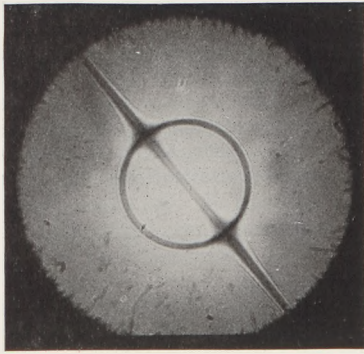


Fig. 2. Schatten eines durch die Kaustik gespannten Fadens.

oder 1, im Grenzfall 2, Schattenpunkte entsprechen, je nachdem er innerhalb oder außerhalb der Kaustik liegt. Liegt er innerhalb der Kaustik auf der optischen Achse, so entspricht ihm sogar ein ganzer Kreis und dessen Mittelpunkt als Schatten. Fig. 3 zeigt nämlich, daß von der Kaustik ein gewisser Raumteil begrenzt wird, in dem durch jeden Punkt drei Lichtstrahlen gehen. Beim Erscheinen der Quellpunkte in der

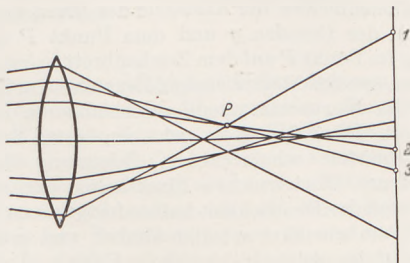


Fig. 3. Dreifacher Schatten eines Punktes innerhalb der Kaustik.

oben erwähnten kreisförmigen Stelle im Schattenbild geht die Gitterebene gerade durch die Spitze der Kaustik.

Um die Versuche möglichst wirkungsvoll zu gestalten, ist es nötig, eine Linse zu wählen, bei der die Differenz der Schnittweiten der Randstrahlen und der Paraxialstrahlen im Verhältnis zur Brennweite möglichst groß ist, die also eine recht ausgedehnte Kaustik besitzt. Bei einem guten photographischen Objektiv ist dies nicht der Fall; es zeigt bei jeder Stellung des Gitters fast geradlinige Streifen, kommt also dem Idealzustand erheblich näher als eine einfache Linse. Recht geeignet zu diesen Versuchen sind konkav-

konvexe Linsen (Menisken) (etwa $D = 40$ mm, $f = 100$ mm, Schnittweitendifferenz je nach Stellung 15 bis 25 mm), an denen man zudem mit Hilfe der Schattenstreifen zeigen kann, daß die Aberrationen verschieden sind, je nachdem die Linse dem Lichtpunkt ihre konvexe oder konkave Seite zukehrt. Noch geeigneter — besonders zur Demonstration vor großem Hörerkreis — ist eine der großen Kondensorlinsen aus dem Projektionsapparat. Man hat hier den Vorzug, daß die schattenwerfenden Objekte größer sein dürfen, also leichter zu beschaffen sind. Hier kann man leicht herstellbare Drahtgitter mit 1 bis 2 Drähten pro Millimeter benutzen. Um nicht gleich von der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen verwirrt zu werden, ist es vorteilhaft, zuerst den Schatten eines einzelnen Tuschepunktes auf einer Glasplatte oder den eines einzelnen Drahtes oder Spaltes gleicher Breite zu betrachten. Grund-

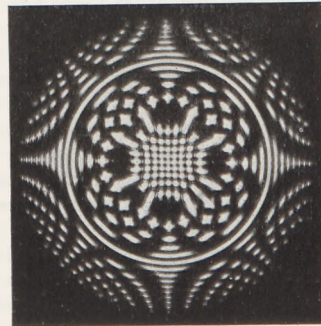


Fig. 4. Schatten eines geradlinigen Kreuzgitters.

sätzlich nichts Neues zeigt ein Netz feiner sich rechtwinklig kreuzender Drähte; jedoch entstehen hierbei reizvolle Ornamente, die manchmal an Lauediagramme erinnern. Vergleiche das Photographogramm Fig. 4. In dieser Figur ist auch jener Kreis gut zu sehen, der von dem Licht gebildet wird, das durch die gerade in der optischen Achse befindliche Gittermasche gegangen ist. Daß ferner der Mittelteil der Figur dem Kreuzgitter fast geometrisch ähnlich ist, ist eine Bestätigung der bekannten Tatsache, daß die Strahlenvereinigung als ideal angesehen werden darf, wenn man sich auf Lichtstrahlen eines hinreichend schmalen fadenförmigen Raumes um die optische Achse beschränkt. Wird ferner ein kleiner Draht-ring (Ringdurchmesser etwa 0,5 mm, Drahtstärke etwa 0,05 mm, bei Verwendung einer Kondensorlinse entsprechend größer), den man sich vorteilhaft auf Glas klebt, in die Kaustik eingeführt, so liefert er drei deutlich sichtbare, getrennte Kreise als Schatten. Als besonders geeignet haben sich als Gitter sog. „Raster“ erwiesen, wie sie in der Illustrationstechnik (Autotypie) benutzt werden (2 bis 4 Striche pro mm).

Der erforderliche „leuchtende Punkt“ wird am besten durch eine Lochblende von 1 bis 2 mm Durchmesser dargestellt, auf die mittels Kondensorlinsen das Licht einer Bogenlampe konzentriert ist. Bei Verkleinerung der Öffnung nimmt

zwar die Schärfe der Schattenstreifen zu, sie werden aber auch entsprechend lichtschwächer. Ferner ist auch die Punktlichtlampe für diese Versuche sehr geeignet¹. Schaltet man keinen Lichtfilter in den Strahlengang ein, benutzt also weißes Licht, so beobachtet man innerhalb der geschlossenen Kurvenzweige ein ungemein lebhaftes Farbenspiel, zumal wenn das Gitter sich nahe der Spitze der Kaustik befindet; wählt man dagegen als Prüflinse ein achromatisches Objektiv, so sind die Streifen fast farblos. Mit der geschilderten Anordnung kann man also auch die chromatischen Aberrationen demonstrieren; man hat nur eine labile Schattenfigur einzustellen und deren Abhängigkeit von dem Spektralbereich zu beobachten, mit dem die Lochblende jeweils beleuchtet wird.

Schließlich läßt sich die Methode auch zur Untersuchung des Astigmatismus verwenden. Das astigmatische Strahlenbündel stellt man sich am einfachsten durch Drehen der Linse her. Aus der Beobachtung der Schattenformen gelingt es, die Lage der tangentialen und der meridionalen Brennlinie und ihren gegenseitigen Abstand festzustellen.

Bei Benutzung eines Farbfilters oder einer sehr engen Lochblende zur Steigerung der Schärfe der Schatten ist die Lichtquelle oftmals nicht mehr intensiv genug zur objektiven Demonstration durch Projektion auf einen Schirm. Es ist daher von Wichtigkeit, daß sich alle beschriebenen Erscheinungen auch bei geringer Intensität der Lichtquelle subjektiv beobachten lassen. Man braucht nur das Auge dicht hinter das Gitter zu bringen und so nach der Linse zu blicken, daß die Pupille den ganzen, in der Nähe der Kaustik ziemlich engen Querschnitt des Lichtbündels aufnimmt.

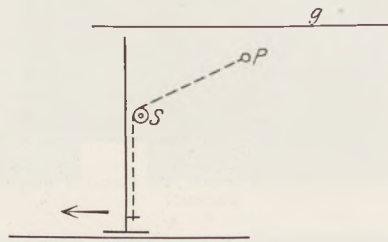
Zum Schluß sei nochmals betont, daß keinerlei optische Abbildung des Gitters stattfindet, sondern daß es sich nur um Schatten handelt, deren Gestalt allein nach den Gesetzen der geometrischen Optik gefunden werden kann. Wer sich einige Vertrautheit mit dem Aussehen und den charakteristischen Formen der Schattenkurven erworben hat, ist ohne weiteres in der Lage, gewisse qualitative Aussagen über Art und Größe der Korrektur eines optischen Systems (Photographisches oder Fernrohrobjektiv) zu machen. Daß die hier geschilderte Methode aber auch quantitativ verwendbar ist, wenn als Gitter die erwähnten Raster benutzt und zur Erhöhung der Meßgenauigkeit gewisse Beugungserscheinungen herangezogen werden, daß sie ferner die Auffindung von Schlieren und Schleiffehlern ermöglicht, habe ich

¹ Mit einer solchen hat Herr Dr. H. KRÖNCKE bereits einige der hier geschilderten Versuche in der Sitzung des Berliner Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts am 12. März 1929 vorführen können anlässlich eines Vortrags über die Verwendung der Punktlichtlampe im Unterricht. Vgl. auch das kürzlich erschienene Heft von H. KRÖNCKE, Die Punktlichtlampe. Berlin 1929.

an anderer Stelle¹ gezeigt; dort sind über Einzelheiten (Raster, Beugungserscheinungen, Herstellung der Photogramme u. a.) nähere Angaben zu finden.

Mechanische Hilfsmittel zur Erzeugung von Parabel, Hyperbel und Steigbogen beschreibt Ingenieur J. FRITZEN in Essen in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1929, 49. Jahrg., Heft 9, S. 457—464 und Heft 10, S. 507—512.

Es handelt sich dabei um einfache mechanische Hilfsmittel zur Erzeugung und unmittelbaren Aufzeichnung von Parabeln, Hyperbeln und sog. Steigbogen in geschlossenen Kurvenstücken. Die Arbeitsweise der beschriebenen Apparate, die dem Verfasser patentamtlich geschützt sein sollen,



leitet sich natürlich aus den bekannten Fundamentalkonstruktionen der betreffenden Kurven her. Die Kegelschnitte können ganz allgemein als Kurven konstanten Abstandsverhältnisses von einem Punkt und einer Geraden definiert werden. Der Spezialfall, daß dieses Abstandsverhältnis gleich 1 ist, liefert die Parabel. Der Parabelzirkel und das Parabeldreieck von FRITZEN bewirken das Gleichbleiben der Abstände der Bleistiftspitze S von der Geraden g und dem Punkt P durch einen im Punkt P auf dem Zeichenbrett befestigten Faden (punktiert gezeichnet), der sich beim Zeichnen der Kurve von einem verschiebbaren Lineal abhebt. Die Arbeitsweise geht am besten aus der beistehenden schematischen Zeichnung hervor (s. Figur). Konstruktive Einzelheiten der Apparate sind der Deutlichkeit halber fortgelassen. Der sog. Parabelwinkel arbeitet ähnlich und gründet sich auf das gleiche geometrische Prinzip. Bei ihm sind Fäden als Bauelemente vermieden; dafür gestattet er nur das Zeichnen einzelner Parabelpunkte und gewährt damit kaum einen Vorteil gegenüber Reißschiene, Winkel und Zirkel.

Die zuerst erwähnten beiden Apparate gestatten auch nicht das Zeichnen einer Parabel beiderseits des Scheitels in einem Zug, sondern jeweils nur einer Hälfte. Solche Apparate zum Zeichnen besonderer Kurven haben ja fast stets den Nachteil, daß sie entweder kompliziert oder unvollkommen oder nur für spezielle Fälle beschränkt anwendbar sind. Diese Nachteile werden

¹ G. SCHULZ, Über die Prüfung optischer Systeme mit Rastern, Ann. d. Phys. (4) 85, S. 189 bis 243 (1928). Kurzes Referat: F. JENTZSCH, Physik. Z. 29, S. 66—72 (1928).

bei den Konstruktionen von FRITZEN auch nicht vermieden. Das gilt ebenso von den Instrumenten zum Zeichnen von Hyperbeln und Steigbögen (Zykloiden). Am brauchbarsten erscheint hier von noch der Hyperbelzirkel, der mit einem Faden arbeitet, der sich doppelseitig von einer Rolle abwickelt. Es wird hierbei von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß die Differenz der Entfernungen jedes Hyperbelpunktes von den beiden Brennpunkten stets die gleiche ist. Ganz zweckmäßig erscheint auch der „Hyperbelflügel“, da er verhältnismäßig einfach ist. Die „Parabelschere“ und die „Hyperbelschere“ gestatten wieder nur das punktweise Zeichnen der Kurven. Sämtliche beschriebenen Steigbogenzirkel sind insofern nur sehr beschränkt verwendbar, als die Steigung nicht beliebig wählbar, sondern durch das Instrument vorgeschrieben ist. Sie kann nur stufenweise durch Auswechseln einer Zahnstange oder durch Umlegen eines Fadens auf einer Stufenscheibe verändert werden.

Im ganzen dürfte es unwahrscheinlich sein, daß sich die beschriebenen Apparate ein großes Anwendungsgebiet erobern werden. Das liegt außer den schon ausgeführten Gründen vor allem daran, daß ihre Anwendung immer das vorherige Auffinden von Brennpunkten, Scheitelpunkten usw. zur Voraussetzung hat, was bei den bekannten einfachen, rein geometrischen Konstruktionen nicht erforderlich ist.

Man muß dem Verfasser des Aufsatzes und Konstrukteur der beschriebenen Apparate zustehen, daß, wie er selbst angibt, durch den Gebrauch seiner mechanischen Hilfsmittel das Wesen der gezeichneten Kurven verdeutlicht wird, so daß es schärfer hervortritt. Sie haben demnach zweifellos für den Unterricht einen die Anschauung fördernden Wert.

Dr. Holm.

Die Leistungsfähigkeit kleiner Instrumente bei der astronomischen Photographie. Bericht von DR. WILHELM VOLKMANN in Berlin-Steglitz.

Im allgemeinen werden kleine Instrumente für Himmelsbeobachtung sehr unterschätzt. In den Sommerurlaub nehme ich seit einer Reihe von Jahren ein Fernröhrchen von 27 mm freier Öffnung und 300 mm Objektivbrennweite mit, dazu Mikroskopokulare von 50 und 25 mm Brennweite und HENSOLDT-Fernröhrkularre von 14 und 7 mm Brennweite. Das Rohr zeigt ganz deutlich den Saturnring bei 43facher Vergrößerung, und man kann das Objektiv sogar bis auf 14 mm Durchmesser abblenden, ehe die Erkennbarkeit des Ringes aufhört. Viel hat zur richtigen Wertung der kleinen Instrumente J. GRAMATZKIS Leit-

faden¹ beigetragen, der für die im Unterricht auszuführenden Beobachtungen und die weitergehenden von Arbeitsgemeinschaften ganz vorzüglich ist. Große Überraschungen brachten mir die photographischen Arbeiten desselben Verfassers, aus denen sein kürzlich erschienenenes Hilfsbuch¹ erwachsen ist. Die Aufnahmen zeigten von Anfang an mehr Einzelheiten, als man nach den Aufnahmen mit großen Fernrohren erwartete, und wurden mit zunehmender Erfahrung noch wesentlich besser. Die Luftunruhe, die sich schon bei der Beobachtung mit dem Auge für große Linsendurchmesser stärker geltend macht als für kleine, wirkt sich bei der Photographie in einem Maße aus, das bis dahin wohl niemand sich klar gemacht hatte.

Für Spektralaufnahmen mit Objektivprisma liegt der in unserem Klima günstigste Objektivdurchmesser so niedrig, daß der Amateurastronom hier ein Feld für ernsthafte astronomische Forschungsarbeit findet. Mit einem Porträtobjektiv von 5 cm Öffnung und 25 cm Brennweite und einem Kronglasprisma von 12° brechendem Winkel ist in einstündiger Aufnahme (Nachführung mit Leitrohr) der Spektralcharakter von Sternen neuer Größe feststellbar. Es wäre ganz aussichtslos, derartiges bei Beobachtung mit dem Auge selbst an größeren Liebhaberfernrohren feststellen zu wollen. Zu schulgemäßen Aufnahmen, etwa Karte der Plejaden, genügen allerbescheidenste Hilfsmittel.

Wie sehr die Luftunruhe die großen Instrumente benachteiligt, ergibt sich aus folgenden Angaben GRAMATZKIS. Die Mondaufnahmen, die mit dem großen Hooker-Spiegel von 2,5 m Durchmesser gemacht sind, zeigen nur 6% der Auflösung, die am gleichen Fernrohr mit dem Auge erreicht wird. Demgegenüber wurde in unserem viel ungünstigeren Klima mit einem Spiegel von 182 mm Durchmesser im Photogramm 30% der Auflösung erreicht, die bei Beobachtung mit dem Auge gefunden wird.

Auch andere Beobachter haben mit Hilfe der Photographie aus kleinen Rohren Überraschendes herausgeholt. So sandte mir Herr S. JANSSEN kürzlich Aufnahmen, die mit einem Zweizöller gemacht waren und einen guten Wert der BRADLEYSCHEN Aberration lieferten. Seinen Kunstgriff wird er hoffentlich selbst in dieser Zeitschrift mitteilen, ich bin dazu nicht befugt. Nur darauf möchte ich hinweisen, daß man durch Beobachtung mit dem Auge am Schul-Zweizöller so etwas nicht leisten kann.

¹ J. GRAMATZKI, Leitfaden der astronomischen Beobachtung, 1928. Hilfsbuch der astronomischen Photographie 1930. Berlin und Bonn: F. Dümmler. Vgl. auch VOLKMANN, ds. Zeitschr. 34, 263 (1921); 35, 21 (1922); 36, 214 (1923).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über neuere Untersuchungen, die die durchdringende Höhenstrahlung betreffen. Bericht von R. PYRKOSCH in Breslau.

In dem Bericht über die durchdringende Höhenstrahlung, der in dieser Zeitschrift 40, 273; 1927 erstattet wurde, waren Untersuchungen von

MILLIKAN und seinen Mitarbeitern auf diesem Gebiete geschildert worden, im besonderen die Aufstiege von Pilotballonen mit Registrierinstrumenten im Jahre 1922 in Texas, von denen einer die Höhe von 15¹/₂ km erreichte, und die Absorptionsversuche im Jahre 1925 in dem Muir

Lake, einem Schmelzwassersee in der Höhe von 3600 m am Fuße des Mount Whitney, des höchsten Berges der Vereinigten Staaten. Die Analyse der Absorptionskurven zeigte schon damals, daß die kosmische Strahlung, wie die in Rede stehende Strahlung von den Amerikanern kurz genannt wird, nicht homogen ist, sondern härter wird, wenn sie die Atmosphäre durchquert, wobei der Absorptionskoeffizient pro Meter Wasser zwischen 0,3 und 0,18 zu schwanken schien.

Weitere Versuche wurden nun von denselben beiden Forschern in den Hochlanden von Bolivia im Sommer 1926 ausgeführt (vgl. Phys. Rev. **31**, 163; 1928). Dabei sollte festgestellt werden, ob die Kurve, die die Abhängigkeit der Ionisation durch die kosmische Strahlung von der Höhe über Meeresniveau angibt, in Bergseen der südlichen Hemisphäre übereinstimmt mit der, die auf der nördlichen gefunden worden war. Wenn dem so war, wurde die Hypothese hinfällig, daß die kosmische Strahlung durch sehr schnelle Betastrahlen erzeugt wird, die in die äußersten Schichten der Atmosphäre aus dem Weltall eindringen. Denn solche Strahlen müßten durch das magnetische Feld der Erde so beeinflusst werden, daß die von ihnen hervorgebrachte Strahlung an den Polen stärker ausfällt als am Äquator. Unter einer Breite von 17° wäre daher nur eine geringe Wirkung zu erwarten gewesen. Auch die Hypothese von C. T. R. WILSON sollte geprüft werden, nämlich daß die kosmische Strahlung in der Atmosphäre durch Elektronen ausgelöst werde, die bei Gewittern eine Energie von vielen Millionen Volt erhalten hätten. Man ging dabei von der Erwägung aus, daß tief in den Bergen gelegene Orte von solchen Effekten ganz abgeschirmt sein müßten, wenn sich nicht etwa ein Gewitter direkt über ihnen entlüde. An solchen Orten sollte auch die wichtige Frage nach einer Vorzugsrichtung der kosmischen Strahlung näher untersucht werden; im besonderen, ob die Milchstraße mehr oder weniger für die Aussendung der Strahlung in Betracht kommt, wie die Beobachtungen namentlich von KOHLHÖRSTER am Jungfrauoch zu ergeben schienen.

Der südamerikanische See, der für die Unterwasserversuche ausgewählt wurde, war der Miguillasee bei Caracoles in Bolivia, ein Schmelzwassersee von etwa 40 m Tiefe in einer Höhe von 4570 m, also noch 1000 m höher als der Muirse. Er ist ungefähr 230 m breit und 600 m lang und auf allen Seiten von Bergen umgeben, deren Gipfel unter einem Winkel von 17° von dem Floß aus gesehen wurden, das in der Mitte des Sees verankert war. Sie beeinträchtigten also nicht die Gesamtstrahlung, da die unter einem kleineren Winkel einfallenden Strahlen durch den langen Luftweg so geschwächt sind, daß ihr Anteil zu vernachlässigen ist. Andererseits war der See durch die Berge vollkommen abgeschirmt gegen die hypothetische Gewitterstrahlung. Die Beobachtungen wurden mit zwei Elektroskopen ausgeführt, deren Nullionisation zunächst durch Eintauchen unter mehr als 20 m Wasser bestimmt

wurde. Dann wurden Beobachtungen an der Oberfläche, in $\frac{1}{2}$ m, 1 m, 3 m und 5 m Tiefe vorgenommen; tiefere Ablesungen wurden hinfällig wegen Mißgeschicks der Elektroskope, doch waren sie auch von geringerer Bedeutung. Wie zuverlässig diese Messungen waren, geht aus denen hervor, die mit beiden Elektroskopen vorgenommen wurden. So waren die mit dem einen in 1 m Tiefe erhaltenen 4,04; 4,1 Ionen pro ccm und sec; 4,14 mit dem andern; die in 5 m Tiefe mit dem ersten erhaltenen Ergebnisse 1,14; 1,15; die mit dem zweiten 1,14. Diese Ablesungen wurden in demselben Bogen eingezeichnet, der die Messungsergebnisse im Muir- und Arrowheadsee enthielt. Dann wurde eine Kurve gezogen, die sich den gesamten Ablesungen so gut wie möglich anpaßte. Sie lieferte den besten Beweis dafür, daß die kosmische Strahlung von der geographischen Breite unabhängig ist, da sich die Punkte der südlichen Halbkugel und kleiner Breite in die Kurve genau so gut einfügten wie die der nördlichen Halbkugel und größerer Breite.

Auch eine Reihe von Elektroskopablesungen, die an der Oberfläche des Titikakasees in einer Höhe von 3820 m vorgenommen wurden, ergaben gute Übereinstimmung mit der Kurve. Beobachtungen, die an der Oberfläche des Sees während gewaltiger Gewitter angestellt wurden, ließen keine Beeinflussung der Strahlung erkennen.

Die Beobachtungen von KOHLHÖRSTER am Jungfrauoch in einer Höhe von 3550 m hatten eine Zunahme der kosmischen Strahlung mit der Kulmination der Milchstraße bis zu 15% ergeben. Um dieses Ergebnis zu prüfen, wurde ein Tal von der höchsten erreichbaren Höhe ausgesucht und in einem Bergwerk 4600 m hoch gefunden, wo die Ionisation durch die kosmische Strahlung nach der Kurve den beträchtlichen Wert von 5,5 Ionen pro ccm und sec haben sollte. Durch den Schirmeffekt der Berge wurde dieser Wert auf 3,6 reduziert. Die Milchstraße war zwischen $2\frac{1}{2}$ und 7 Uhr praktisch außer Sicht. An diesem Orte wurden zwei Beobachtungsreihen ausgeführt, in dem bei jeder während 3 Tagen Tag und Nacht hintereinander abgelesen wurde. Bei der ersten Reihe war das Mittel aus den Ablesungen bei der Kulmination der Milchstraße eine Kleinigkeit geringer, als wenn sie hinter den Bergen war. Bei der zweiten Reihe aber war es gerade umgekehrt, so daß der Versuch, eine Vorzugsrichtung der kosmischen Strahlung festzustellen, als gescheitert gelten mußte.

Über neue Elektroskope und die mit ihnen erhaltenen Ergebnisse berichtet eine zweite Arbeit der beiden Forscher (Physic. Rev. **31**, 921; 1928). Der Bau der Elektroskope wurde veranlaßt durch die großen Verschiedenheiten in den Angaben der Forscher über die kosmische Strahlung. So hatten MILLIKAN und BOWEN in großen Höhen bis zu 15 km eine Ionisation von nur dem vierten Teil deren gefunden, die nach den Kurven von HESS und KOHLHÖRSTER zu erwarten gewesen wäre; auf dem Pikes Peak fanden MILLIKAN und BOWEN eine Ionisation von 5,2 Ionen pro ccm und sec, SWANN dagegen nur 0,75; im Meeres-

niveau wurde die Ionisation von KOHLHÖRSTER und anderen zu 2 bestimmt, während MILLIKAN und CAMERON 1,4 festgestellt hatten. Die Unsicherheiten, denen die amerikanischen Forscher bei ihren eigenen Arbeiten begegnet waren, wurden im wesentlichen auf mangelnde Empfindlichkeit der Elektroskope und mangelhafte Genauigkeit bei der Bestimmung ihrer Kapazitäten zurückgeführt. Die neuen Elektroskope wurden so luftdicht gebaut, daß die Luft in ihnen auf 8 Atmosphären verdichtet werden konnte, wodurch auch ihre Empfindlichkeit auf ungefähr das Achtfache stieg, und mit einer Einrichtung versehen, die es ermöglichte, die Kapazität der Quarzfäden des Elektroskops von der Größenordnung einer elektrostatischen Einheit auf 1 pro Mille genau zu bestimmen.

Mit einem solchen Elektroskop wurden Beobachtungen im Wasser des etwa 45 m tiefen Arrowhead- und des 70 m tiefen Gemsees veranstaltet und die Ergebnisse in einer Tabelle und Kurve zusammengestellt. Obgleich die beiden Seen sehr verschieden hoch (etwa 1650 und 2900 m) gelegen sind und der zweite 250 Meilen nördlicher als der erste, fallen die den Ablesungen in ihnen entsprechenden Punkte in dieselbe glatte Tiefenionisationskurve, bei der die Abszissen die Tiefe unter der Oberfläche der Atmosphäre in Meter Wasser und die Ordinaten die Ionisation pro cm und sec angeben. Sie bedeutete einen wesentlichen Fortschritt gegen die frühere Kurve und gestattete, genauere Folgerungen über die spektrale Verteilung der kosmischen Strahlung zu ziehen. Zunächst war bemerkenswert, daß sie deutlich bis 58 m Tiefe fällt, so daß die vermehrte Empfindlichkeit des Elektroskops viel härtere Strahlen zutage gebracht hat als zuvor, wo die Abnahme der Ionisation nur bis zu 25 m Tiefe meßbar war. Ferner konnte mit ihrer Hilfe der Absorptionskoeffizient in jeder Tiefe unter der Oberfläche der Atmosphäre berechnet werden. Während sich dieser in größeren Höhen nur wenig ändert und in Übereinstimmung mit früheren Messungen einen durchschnittlichen Wert von 0,25 pro Meter Wasser zu haben scheint, fällt er zwischen 10,5 und 11,5 Meter Wasser plötzlich von 0,20 bis 0,11 und dann noch bis 15 Meter auf 0,07. Diese plötzliche Änderung wurde so gedeutet, daß an dieser Stelle eine Bande größerer Wellenlänge oder mit größerem Absorptionskoeffizienten (μ) absorbiert ist und eine von viel kleinerem μ von hier an die Ionisation beherrscht. Zwischen 30 und 60 m kann die Kurve mit einem einzigen $\mu = 0,05$ innerhalb der Genauigkeitsgrenzen konstruiert werden. Berücksichtigt man den dieser Strahlung entsprechenden Betrag bei den Ordinaten der Kurve von 9 bis 2 m Tiefe, so ergibt sich für dieses Gebiet ein Absorptionskoeffizient von ungefähr 0,35. Aber die Kombination zweier Strahlungen mit $\mu = 0,35$ und $\mu = 0,05$ versagt zwischen 9 und 15 m; sie gibt im besonderen nicht den starken Abfall von μ bei $10\frac{1}{2}$ m wieder. Es erweist sich vielmehr als notwendig, die Strahlung mit $\mu = 0,05$ durch zwei Strahlungen mit $\mu = 0,04$ und $\mu = 0,08$

zu ersetzen, von denen die erstere zweimal so intensiv ist wie die zweite. Die Autoren haben aus diesen 3 Strahlungen eine Kurve konstruiert, die mit der beobachteten außer zwischen 9 und 2 m gut übereinstimmt, und für die ganz hohen Regionen liegen keine Beobachtungen vor außer der von MILLIKAN und BOWEN bei ihrem Ballonaufstieg erhaltenen Ablesung, so daß die Diskrepanz nicht schwerwiegend ist.

In einer dritten Arbeit (Physic. Rev. **32**, 533; 1928) wird von MILLIKAN und CAMERON der Ursprung der kosmischen Strahlung behandelt. Die Auflösung der Strahlung in 2 Banden, die langwellige mit $n = 0,35$ und die kurzwellige mit ihren beiden Komponenten $\mu = 0,08$ und $\mu = 0,04$ machen es wahrscheinlich, daß die Strahlen ihren Ursprung haben in Kernvorgängen mit scharf definierten Energiewerten ähnlich wie Quantensprünge, die sich in Spektrallinien äußern. Als Basis für die Deutung wird das Gesetz von EINSTEIN genommen, nach dem Strahlungsenergie aus einem Atomsystem nicht entweichen kann, ohne daß ein äquivalenter Betrag von Masse aus dem System verschwindet, nach Maßgabe der Gleichung $M \cdot c^2 = E$, wo M die Masse in Gramm, c die Lichtgeschwindigkeit in cm/sec und E die Energie in Erg ist. Ferner ist durch die Arbeiten von ASTON im Verein mit den vorangegangenen Atomgewichtsbestimmungen die Masse jedes Atoms so weit bekannt, daß man den Betrag der Ätherenergie berechnen kann, der durch irgendeine Atomverwandlung erzeugt wird. Darauf liefert aber die andere bekannte Einsteingleichung $E = h \cdot \nu$, wo h die PLANCKSche Fundamentalkonstante ist, die Frequenz der Strahlung, in die jene Energie umgesetzt wird. Schließlich kann dann mit Hilfe einer Formel der neueren Quantenmechanik von DIRAC der Absorptionskoeffizient für einen gegebenen Stoff bestimmt werden.

Auf diese Weise zeigen die Autoren zunächst, daß die kosmische Strahlung nicht durch radioaktive Prozesse erzeugt werden kann, da sie dann nur den 4. bis 25. Teil ihrer Durchdringungskraft besitzen könnte. Ein radioaktiver Prozeß ist ein atomabbauender, bei dem die Produkte des Abbaues sind entweder eine α -Partikel und ein Atom mit einem um 4 Einheiten niedrigeren Atomgewicht wie das Mutteratom oder eine β -Partikel und ein Atom von praktisch demselben Atomgewicht wie das ursprüngliche. In letzterem Falle findet also keine meßbare Änderung der Masse statt, und das gilt auch noch, wenn neben den β - noch γ -Strahlen emittiert werden, so daß die einzige meßbare Quelle radioaktiver Energie die Massenänderung ist, die mit der Aussendung einer α -Partikel verbunden ist.

Für das folgende ist es wichtig, daran zu erinnern, daß nach den neueren Anschauungen ein Atomkern sich aus Wasserstoffkernen, bzw. Heliumkernen und Elektronen aufbaut. Ein He-Kern selbst besteht aus 4 H-Kernen und zwei Elektronen. Diese H-Kerne haben aber in den verschiedenen Atomen nicht dieselbe Masse. Nach Definition ist diese Masse im Sauerstoffatom gleich 1 Atomgewichtseinheit, da das Atomgewicht des

O gleich 16 ist. Der Kern eines H-Atoms aber hat die Masse 1,0078, und die eines H-Kerns im He Atom ist 1,00054. Es ist eben das Verdienst von ASTON, diese Zahlen für die verschiedenen Elemente festgestellt zu haben.

Es handle sich nun z. B. um die Ausschleuderung eines α -Teilchens durch ein Thoriumatom mit dem Atomgewicht 232. Nach den ASTONschen Untersuchungen ist die Masse eines H-Kerns in diesem Atom gleich 1,00031, aber die eines H-Kerns in dem um 4 Atomgewichtseinheiten leichteren Atom von 228 Einheiten gleich 1,000276, so daß der Massenverlust dieses Atoms gleich $228 \cdot (1,00031 - 1,000276) = 228 \cdot 0,000034 = 0,007752$ g pro Grammatom ist. Andererseits hat das α Teilchen an Masse zugenommen, denn im Th-Atom war seine Masse gleich $4 \cdot 1,00031$, während sie im He Atom nachher gleich $4 \cdot 1,00054$ ist, so daß der Massenzuwachs gleich $4 \cdot (1,00054 - 1,00031) = 0,00092$ ist. Der gesamte durch die Ausschleuderung des α -Teilchens verursachte Verlust beträgt also $0,00775 - 0,00092 = 0,00683$ g pro Grammatom, und die gesamte Energie, die auf diese Weise in einem Grammatom zur Verfügung steht, ist gleich $0,00683 \cdot c^2$ Erg. Dividiert man mit der Zahl von AVOGADRO $6,062 \cdot 10^{23}$, so ergibt sich die Energie, die bei der Aussendung eines einzelnen α -Teilchens frei wird, gleich $1,004 \cdot 10^{-5}$ Erg. Dieses Ergebnis ist in guter Übereinstimmung mit experimentellen Tatsachen, nach denen der schnellste von Radium ausgesandte α -Strahl eine Energie von 7700000 Volt oder $1,2 \cdot 10^{-5}$ Erg. besitzt. Aber diese Energie ist bei weitem nicht ausreichend, um die kosmische Strahlung zu erklären. Denn die ihr äquivalente würde von 4 m Wasser so gut wie vollständig absorbiert werden, während die kosmische Strahlung noch in 70 m Tiefe nachweisbar ist. Sie entspricht dem Fall eines Elektrons durch 216000000 Volt und ist also von ganz anderer Größenordnung als die 800000 Volt, die das Maximum radioaktiver Energie darstellten.

Wenn der Abbau der Atome nicht für den Ursprung der kosmischen Strahlung in Betracht kommt, muß der Aufbau daraufhin untersucht werden. Dabei zeigt es sich, daß diese Strahlen nicht dadurch zustande kommen können, daß Wasserstoffkerne Schritt für Schritt zum Aufbau der schwereren Elemente aus den leichteren zusammengefügt werden. Am günstigsten liegt hier die Sache noch bei dem Aufbau von Kohlenstoff aus Bor durch Hinzufügung eines H-Kerns. Nach ASTON ist der Massenunterschied eines solchen im Kern des B-Atoms und C-Atoms gleich 0,0007, so daß der erstere $11 \cdot 0,0007$ an Masse verliert. Ferner ist der freie H-Kern dem an den C-Kern gebundenen um 0,0076 an Masse überlegen, so daß die freiwerdende Energie gleichwertig mit $11 \cdot 0,0007 + 0,0076 = 0,0153$ g pro Grammatom ist. Aber die ihr entsprechende Strahlung würde durch 8 m Wasser vollkommen absorbiert werden, so daß sie für den Hauptteil der kosmischen Strahlung nicht in Frage kommt. Noch weniger kann, wie eine entsprechende Rechnung ergibt, der schrittweise Aufbau der

schwereren Elemente aus den leichteren mit Hilfe von Heliumkernen die Ursache sein, so daß schließlich nur die Zusammenfügung der Atomkerne aus ihren Bestandteilen in einem einzigen Akt übrig bleibt.

Von fundamentaler Bedeutung ist dabei der Aufbau des He-Kerns aus 4 H-Kernen und zwei Elektronen. Da der freie H-Kern die Masse 1,00778, der an den HeKern gebundene die Masse 1,00054 hat, so ist der Massenverlust bei diesem Vorgang $4 \cdot 1,00778 - 4 \cdot 1,00054 = 0,029$ g pro Grammatom und folglich die Strahlungsenergie pro Atom mit Benutzung der Beziehung $E = m \cdot c^2$ und der Zahl von Avogadro $(0,029 \cdot 9 \cdot 10^{23}) : (6,062 \cdot 10^{23}) = 4,3 \cdot 10^{-5}$ Erg. Die Frequenz der entsprechenden Ätherwelle ergibt sich aus der Gleichung $E = h\nu$ zu $\nu = (4,3 \cdot 10^{-5}) : (6,547 \cdot 10^{-27}) = 6,57 \cdot 10^{21}$; die zugehörige Wellenlänge ist $\lambda = 0,00046$ Angström. Der Absorptionskoeffizient wird wieder aus der quantenmechanischen Formel von DIRAC berechnet, von der schon früher die Rede war, und ergibt 0,30 pro Meter Wasser an Stelle des Wertes 0,35, zu dem man empirisch gelangt war. In Anbetracht der experimentellen Unsicherheit dieses Wertes kann die Übereinstimmung als befriedigend angesehen werden.

Nächst dem Aufbau des He-Kernes kommen die Kerne der wenigen im Kosmos vorwiegenden Elemente in Betracht, in erster Linie die von Sauerstoff und Stickstoff. Es ist vor einiger Zeit von BOWEN gezeigt worden, daß die Spektrallinien in den kosmischen Nebeln, die bisher einem hypothetischen Element Nebulium zugeschrieben wurden, in Wirklichkeit den Funkenspektren von O und N zukommen (BOWEN, Astrophys. Journal 67, 1; Naturwissenschaften 16, 177; 193). Diese Entdeckung beweist zusammen mit der ungeheuren Ausdehnung der betreffenden Nebel, daß diese zwei Gase in riesigen Mengen im Kosmos vorkommen. In diesen Nebeln werden außerdem nur die Linien von H und He sehr stark und die von C sehr schwach vorgefunden. Man wird also vermuten, daß von diesen Nebeln eine Strahlung ausgeht, die dem Aufbau von O, N und C aus H oder He entspricht. Nun ist die Energie, die bei dem Aufbau von O aus H frei wird, gleich $16 \cdot 0,00778 = 0,1245$ g pro Grammatom. Die Formel von DIRAC ergibt dafür den Absorptionskoeffizienten $\mu = 0,074$ pro m Wasser, während die Strahlung, die durch den Aufbau von N aus H frei wird, 0,108 g beträgt und einen Absorptionskoeffizienten $\mu = 0,086$ hat. Das Mittel aus beiden ist gerade der Absorptionskoeffizient $\mu = 0,08$, der für die eine der beiden durchdringenderen Strahlungskomponenten gefunden worden war. Der Aufbau von C aus H, der quantitativ gegen den von O und N zurücktritt, würde nur eine geringe Verbreiterung der Bande mit $\mu = 0,08$ auf der Seite der längeren Wellen bedeuten, die mit den heutigen Mitteln nicht nachweisbar ist. Die andere Möglichkeit des Aufbaues von O, nämlich die Vereinigung von 4 He-Atomen, würde $0,00054 \cdot 16 = 0,00858$ g pro Grammatom ergeben. Das ist

nahezu die Energie, die oben als das Maximum bei einem radioaktiven Vorgang berechnet wurde. Diese Strahlung würde also, wenn überhaupt vorhanden, wegen ihrer geringen Durchdringungskraft nicht in unseren Beobachtungsbereich gelangen.

Die Zusammensetzung der Meteorite, die Häufigkeit des Vorkommens auf der Erde und die Spektralanalyse der Sterne stimmen im wesentlichen darin überein, daß nach O und N das Silizium im Kosmos quantitativ vorherrscht. Sieht man vom Eisen ab, so kommen noch Aluminium und Magnesium in Frage, doch liegen ihre Atomgewichte so nahe bei dem des Siliziums, daß sie für die kosmische Strahlung als identisch betrachtet werden können. Die bei der Bildung von Si aus H frei werdende und in entsprechender Weise wie oben berechnete Energie ist 0,232 g pro Grammatom, und der nach der DIRACSchen Formel ermittelte Absorptionskoeffizient $\mu = 0,041$ pro m Wasser, also in ausgezeichneter Übereinstimmung mit der härtesten beobachteten Komponente der kosmischen Strahlung, wo $\mu = 0,04$ war.

Es gibt nur noch eine Möglichkeit für eine kosmische Strahlung von einiger Intensität wegen des häufigen Vorkommens des Elements, nämlich die dem Aufbau von Eisen aus Wasserstoff entsprechende. Calcium und Natrium, die in astrophysischer Hinsicht noch hervortreten, würden höchstens einen schwachen Trabanten auf der kurzwelligen Seite der Si-Bande bewirken, während Nickel und Titanium vom Standpunkt der kosmischen Strahlung aus mit Eisen identisch sind. Für die Strahlung dieser hypothetischen Eisenbande ergibt sich in derselben Weise wie oben berechnet $\mu = 0,019$. Eine Strahlung von solcher Durchdringungskraft kann aber mit den heutigen Mitteln nicht nachgewiesen werden.

Der Ursprung der kosmischen Strahlung ist so weit rein thermodynamisch behandelt worden. Große Schwierigkeiten treten zutage, wenn man die Kinetik und den Mechanismus des Atomaufbaues näher betrachtet. Denn zunächst ist angenommen worden, daß positive Elektronen (H-Kerne) dabei ihren Abstoßungskräften entgegen zusammentreffen, obgleich das Gesetz vom umgekehrten Quadrat der Entfernung höchstwahrscheinlich bis zu Abständen von 10^{-12} cm gültig ist. Die Arbeit, die nötig wäre, die Elektronen einander so weit zu nähern, ist aber so enorm, daß keine noch so hohen Temperaturen die erforderliche Energie aufbringen könnten. Die zweite Schwierigkeit ist zu erklären, wie gerade 4 positive und 2 negative Elektronen in einem gegebenen Augenblick und an derselben Stelle zur Bildung eines He-Kerns zusammentreffen können, und diese Schwierigkeit ist entsprechend größer bei O, N, Si und Fe. Ein möglicher Ausweg aus der zweiten Schwierigkeit ist folgender: Positive und negative Elektronen sind überall im Raume in großer Zahl vorhanden. Unter dem Einfluß der gegenseitigen Anziehung nähern sich je ein positives und ein negatives Elektron in Quantensprüngen und veranlassen dadurch das Spektrum des atomaren Wasserstoffs, das überall

am Himmel so deutlich wahrzunehmen ist. Wenn das negative Elektron die innerste Bahn erreicht hat, ist es noch nicht so nahe am positiven, um einen merklichen Massenverlust bewirkt zu haben. Dieses normale H-Atom vermag nun ein anderes positives Elektron einzufangen und mit ihm eine ionisierte H-Molekel zu bilden. Auch dann hat noch keine genügende Annäherung zwischen positiven und negativen Elektronen stattgefunden, um merklichen Massenverlust zu verursachen. Wenn zwei von diesen Molekeln zusammentreffen, so wird der Stoß im allgemeinen ein elastischer sein; nur in ganz seltenen Fällen werden die Bedingungen erfüllt sein, unter denen aus den beiden Molekeln ein He-Kern entsteht. Die Autoren sind der Ansicht, daß diese Bedingungen durch die extrem niedrigen Temperaturen und die geringe Dichte der Materie in den interstellaren Räumen begünstigt werden möchten. Jedenfalls wird dann der gesamte Massenverlust in dem Augenblick der Vereinigung stattfinden; die 4 positiven und 2 negativen Elektronen haben sich zwar Schritt für Schritt zusammengefunden, aber die Kernbildung ist auf einmal eingetreten.

Da abgesehen von KOHLHÖRSTER und BÜTTNER alle Forscher darin übereinstimmen, daß die kosmische Strahlung auf die Erde von allen Richtungen gleichmäßig kommt, muß sie entweder in den interstellaren Räumen oder in annähernd gleichmäßig verteilten Sternen ihren Ursprung haben. Wie eben bemerkt, entscheiden sich MILLIKAN und CAMERON für die erste Möglichkeit. An beiden Orten befindet sich die Materie unter extremen und unerforschten Bedingungen. Wenn aber das Vorhandensein von Materie in großen Mengen und bei hohen Temperaturen wie in den Sternen die Atomaufbauprozesse beförderte, so wäre zu erwarten, daß die Sonne enorm viel mehr solcher Strahlung zur Erde sendet als irgendein anderer Stern. Doch ist zwischen Mittag und Mitternacht keine Änderung in der Intensität der kosmischen Strahlung zu bemerken. Daß die Strahlung der Sterne nicht von Atomaufbauvorgängen herrühren könne, hatten schon JEANS und EDDINGTON bei ihren Untersuchungen über das verschiedene Lebensalter der Sterne geschlossen und die Vermutung geäußert, daß im Gegenteil atomvernichtende Prozesse dafür in Betracht kämen. Der Zusammenfall eines H-Atomkerns mit seinem Elektron würde ein solcher Vorgang sein. Dabei würde die Masse des Kernes verschwinden. Die Masse, die bei dem Aufbau von einem Grammatom Si in die Strahlung mit $\mu = 0,041$ umgesetzt wurde, betrug 0,23 g. Folglich ist bei dem Verschwinden eines Grammatoms H von $1,0078$ g eine Strahlung von $\frac{1,0078}{0,23}$, also rund viermal so großer Durchdringungskraft zu erwarten. Eine so harte Strahlung ist, wie schon bei der hypothetischen Fe-Strahlung bemerkt wurde, bisher nicht beobachtet worden. Aber dieses Mißlingen ist kein Beweis gegen ihr Vorhandensein im Innern der Sterne. Vielmehr scheint es gerade anzudeuten, daß, wenn der Vorgang überhaupt existiert, er im Innern der Sterne

geschehen muß, wo die aus ihm resultierende Strahlung hinter einem undurchdringlichen Schirm von Materie verborgen bleibt, der ihre ganze Energie in Wärme verwandelt, bevor sie austreten kann. Wenn die kosmische Strahlung auch innerhalb der Sterne entstünde, würde sie dasselbe Schicksal haben. Auf diese Weise gelangt man zu folgendem Lebenslauf der Materie:

1. Positive und negative Elektronen sind in großen Mengen in den interstellaren Räumen vorhanden, wie durch das Spektroskop nachgewiesen wird.

2. Diese Elektronen kondensieren in Atome unter dem Einfluß tiefster Temperatur und äußerster Verdünnung, wie die dabei erzeugte kosmische Strahlung beweist.

3. Diese Atome häufen sich dann infolge von Gravitationskräften zu Sternen an, wie das Auge und Teleskop lehren.

4. Im Innern der Sterne, unter dem Einfluß enormer Drucke, Dichten und Temperaturen, kommt es vor, daß ein positives Elektron, wahrscheinlich im Kern eines schweren Atoms, seine gesamte Masse in einen Ätherimpuls verwandelt, dessen in Wärme umgesetzte Energie die Tempe-

ratur des Sternes aufrecht erhält und den größten Teil des Lichtes und der Wärme liefert, die die Sterne aussenden, wie die Folgerungen von JEANS und EDDINGTON aus den Lebensaltern der Sterne zeigen.

So weit lassen die Beobachtungstatsachen schließen, aber die neue Entdeckung des zweiten Punktes, nämlich daß der Vorrat von positiven und negativen Elektronen fortwährend bei der Erschaffung von Atomen verbraucht wird, läßt gebieterisch die Frage entstehen, warum diese Bausteine der Atome nicht längst erschöpft sind. Die einzig mögliche Antwort scheint in der Schließung des Zyklus zu bestehen, nämlich in der Annahme, daß diese Bausteine beständig ergänzt werden durch die Verdichtung der Strahlung in positive und negative Elektronen auf eine bisher unbekannt Weise. Nach der Ansicht der Autoren ist diese Annahme geradezu notwendig, wenn die von EINSTEIN für richtig befunden wird, daß Masse in Energie verwandelbar ist. Denn im thermodynamischen Sinne kann innerhalb eines abgeschlossenen Systems, das Strahlung und Materie enthält, kein Gleichgewicht bestehen, wenn die Verwandelbarkeit von Masse in Strahlungsenergie nicht ein reversibler Vorgang ist.

4. Unterricht und Methode.

Infinitesimalrechnung und Rechnen im mathematischen Unterricht.

Die „Richtlinien“ haben dem mathematischen Unterricht in mancher Hinsicht neue Zielsetzungen gegeben. Dem trägt eine von A. ROHRBERG verfaßte Didaktik des mathematischen Unterrichts¹ Rechnung.

Die Grundsätze, die A. ROHRBERG in seinem Unterricht befolgt, seien kurz wiedergegeben. Eine Aufgabe muß für den Schüler ein natürliches Interesse haben; ihre Einkleidung ist darum nicht nebensächlich. Jedes Problem muß dem Erfahrungskreis des Schülers entsprechen. Erfahrung (Anschauung), Vermutung, Formulierung, Beweis bezeichnen die gedankliche Reihenfolge bei der Behandlung eines Lehrsatzes. Oft können Schüler einen Satz beweisen, aber nicht anwenden; durch Mitbetätigung von Auge und Hand des Schülers gibt man eine Hilfe, die das Verständnis wesentlich fördert. „Die Strenge, die zur Behandlung eines Problems erforderlich ist, richtet sich allein nach dem Schüler, nicht nach wissenschaftlichen Anforderungen. Wir haben in der Schule nicht wissenschaftliche Mathematik zu betreiben, auch nicht künftige Mathematiker auszubilden. Wir haben mit der Mathematik die Erziehung und Ausbildung zu betreiben — das ist ein formales Ziel —, und wir haben den Schülern

soviel Mathematik beizubringen, daß sie ihre Umwelt verstehen können, das ist das materielle Ziel. Die hierbei angewendete Strenge hat sich nur nach diesen beiden Zielen zu richten.“

Nachdem die Infinitesimalrechnung ein fester Bestandteil im Lehrplan unserer höheren Schulen geworden ist, wird dieser Teil der „Didaktik des mathematischen Unterrichts“ besonders interessieren. Erstes Hauptziel: die Gewinnung einer erfahrungsmäßigen Grundlage.

Ausgangspunkt ist der Funktionsbegriff, der fundamentale Bedeutung hat und eingehende Behandlung erfordert. Kurvenbetrachtungen führen anschaulich in dieses Fragegebiet ein.

Bei der Diskussion der Fieberkurve werden die Schüler herausfinden, daß die graphische Darstellung gegenüber dem tabellarischen Notieren den Vorteil der Übersichtlichkeit hat, vielleicht auch — was schon wesentlich ist —, daß die Kurve eine Tendenz verrät. Man wird gut tun, nun eine Kurve vorzulegen, die einfacher ist und darum die Tendenz der Kurve eindringlicher vor Augen führt. Beispiel: Umsatz eines neu erschienenen aktuellen Buches, dargestellt für eine Reihe von Monaten.

Die Erkenntnis, daß die Tendenz einer Kurve in Beziehung zur Kurventangente steht, führt auf die Frage nach der exakten Konstruktion einer Tangente.

Die nächste Aufgabe der graphischen Darstellung würde darauf abzielen, beispielsweise durch Gegenüberstellung der Preise eines Rohstoffes und eines Fabrikates zu zeigen, daß hier eine Abhängigkeit, eine empirische Beziehung besteht. Der so entwickelte Funktionsbegriff

¹ Didaktik des mathematischen Unterrichtes. 1. Teil: Infinitesimalrechnung und Rechnen. Vorlesungen an der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Von A. ROHRBERG. 171 Seiten, 54 Abbildungen. Berlin und München 1930, Verlag R. Oldenbourg. Preis geb. RM 5.60.

leitet von den empirisch gegebenen zu den analytisch bekannten Funktionen über.

Die Beschäftigung mit den analytisch gegebenen Kurven wird das nächste Ziel sein. Erfahrung auf diesem Gebiet gewinnt der Schüler nur durch fleißige Übung. Ehe man bei diesen Aufgaben an die tabellarische oder zeichnerische Auswertung herangeht, wird versucht, aus der Funktionsgleichung besondere Eigenschaften der Kurve abzulesen und ihren mutmaßlichen Verlauf anzugeben. Die Zeit, die auf diese vorbereitenden Dinge verwendet wird, ist lohnend; Rechenstabbenutzung ist Voraussetzung. Beispiele: Anacampis, NEILSche Parabel, Auswertung einer biquadratischen Funktion mittels des HORNERSchen Schemas.

Nach diesen Vorfagen können wir uns der Aufgabe zuwenden, die Tangente (Steigung) einer Kurve zu ermitteln. Vorbereitend kann man die durchschnittliche Steigung einer Kurve in einem bestimmten Intervall erarbeiten lassen, um dann die Steigung in einem bestimmten Punkt und damit den Differentialquotienten zu bestimmen. Hier finden die Schüler erfahrungsgemäß Schwierigkeiten; dieser Moment ist für das Verständnis der Infinitesimalrechnung entscheidend und darum didaktisch bedeutsam. Gewöhnlich wird der Übergang von der „Intervallsteigung“ zur „Punktsteigung“ — geometrisch gesprochen — dadurch vollzogen, daß man die Sekante zur Tangente werden, d. h. den einen Punkt „unendlich nahe“ an den anderen heranrücken läßt. Das ist zwar anschaulich, der Begriff „unendlich klein“ macht jedoch die Gedankengänge unnötig kompliziert und führt leicht zu Unklarheiten über die Infinitesimalrechnung. Daher wird ein anderer Weg empfohlen: unter Verzicht auf Anschaulichkeit die Zusammenhänge zunächst auf rein analytischem Wege zu untersuchen.

Ändert sich beispielsweise in der Funktion $y = ax^2 + bx^2 + cx + d$ das Argument x um den „kleinen“ Zuwachs Δx , so erfährt y die vollständige Änderung

$$\Delta y = (3ax^2 + 2bx + c) \cdot \Delta x + (\Delta x)^2 \cdot [3ax + b + a \cdot \Delta x].$$

Der erste Summand von Δy enthält Δx nur in der ersten Potenz, der zweite Summand die zweiten und höheren Potenzen von Δx . Ist Δx klein, so ist $(\Delta x)^2$ noch wesentlich kleiner. Der erste Summand von Δy ist also der wesentliche Bestandteil der vollständigen Änderung, während man den zweiten, unwesentlichen Bestandteil beliebig klein machen kann, indem man nur Δx „hinreichend“ klein wählt. An einem Beispiel wäre zu zeigen, daß „hinreichend“ klein nicht gleichbedeutend mit „sehr“ klein ist; darüber entscheidet die jeweilige Aufgabe.

Völlig neu für den Schüler sind nun die Überlegungen, die ihn von der Präzisions- zur Approximationsmathematik führen. Jene rechnet mit der vollständigen Änderung, diese darf — bei geeigneter Wahl von Δx — die vollständige Änderung ersetzen durch ihren ersten wesentlichen

Bestandteil: die Differentialänderung oder das Differential. Für das „hinreichend“ klein gewählte Δx schreiben wir dx , für Δy entsprechend dy . In obigem Beispiel wäre das Differential $dy = (3ax^2 + 2bx + c) \cdot dx$. Der Faktor, mit dem man dx multiplizieren muß, um das Differential dy zu erhalten, ist die „Ableitung“ $f'(x)$. Aus $dy = f'(x) \cdot dx$ ergibt sich der Differentialquotient $\frac{dy}{dx} = f'(x)$ als ein wirklicher Quotient. Das abstrakt Hergeleitete kann an der Figur anschaulich gemacht werden.

Die Behandlung des Differentialquotienten als eines der schwierigsten Kapitel der Schulmathematik machte eine ausführlichere Besprechung des eingeschlagenen Weges nötig. Vorzüge dieser Betrachtungsweise sind: die Erklärung des Differentials umgeht die für den Anfänger schwierigen Begriffe „unendlich klein“ und „gegen Null“; der Differentialquotient tritt wirklich als ein Quotient endlicher Größen auf.

Wir nähern uns dem Ziel: in einem Kurvenpunkt die Tangente zu zeichnen. Bisher kennt der Schüler als einzige Kurve, an die eine Tangente exakt konstruiert werden kann, nur den Kreis. Die Tangente einer beliebigen Kurve ist also erst zu definieren. Die Figur, an der die vorigen Betrachtungen veranschaulicht werden, bietet eine zweckmäßige Definition der Tangente durch den Tangens des Anstiegswinkels, der gleich dem Wert der Ableitung in dem betrachteten Kurvenpunkt ist. Der fundamentale Zusammenhang zwischen Ableitung und allgemeiner Kurventangente gibt ein bequemes Mittel an die Hand, den Verlauf einer Kurve, den Gang einer Funktion zu untersuchen und damit die bisherigen Einsichten praktisch anzuwenden. Die Bedingungen für ein Extremum und für einen horizontalen Wendepunkt werden von den Schülern gefunden; den Fall, daß auch die zweite Ableitung verschwindet, läßt man zunächst unentschieden. Eine für das Verständnis nützliche Übung ist die graphische Darstellung ganzer rationaler Funktionen mit ihren sämtlichen Ableitungen.

Da der Differentialquotient als ein wirklicher Quotient angesprochen werden kann, nehmen zwei wichtige Differentiationsregeln jetzt trivialen Charakter an. Die Ableitung der inversen Funktion $\frac{dx}{dy} = 1 : \frac{dy}{dx}$ und die „Kettenregel“ $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{du} \cdot \frac{du}{dx}$ ergeben sich ohne Grenzwertbetrachtungen, ja ohne jede Rechnung.

Ein beliebtes Anwendungsgebiet der bisherigen Erkenntnisse sind die Extremwertbestimmungen. Zwei Beispiele zeigen, welche Überlegungen anzustellen sind, und wie die Rechnung zweckmäßig zu gliedern und durchzuführen ist. Besonders die zweite Aufgabe (Kalkulationsmöglichkeit bei Herausgabe eines Markenartikels) ist recht reizvoll.

Nach einem Hinweis auf die ebenso einfache wie anschauliche graphische Differentiation wird die Differentiation der Kreisfunktionen und transzendenten Funktionen behandelt.

Hier versagt die Methode der Zerlegung in einen wesentlichen und einen unwesentlichen Bestandteil. Erst jetzt wird mit der Quotientenmethode bekannt gemacht. Dem Fortgeschrittenen wird der Differentialquotient als Grenzwert des Differenzenquotienten nicht mehr so geheimnisvoll erscheinen. Die Darbietung beider Methoden erscheint darum wohlbegründet.

Ein auf der Schule wenig beachtetes und doch naheliegendes Anwendungsgebiet der Differentialrechnung sind die Genauigkeitsuntersuchungen. Bei praktischen Übungen (Physik, Chemie) sind Beobachtungsfehler unvermeidlich, ihr Einfluß auf das Ergebnis wird aber zumeist nicht untersucht. Und doch ist dies für die kritische Einschätzung eines Ergebnisses von Belang. Die auf der Differentialrechnung beruhende Methode der Fehlerrechnung hat anderen Methoden gegenüber den Vorzug, daß das Ergebnis nicht nur rechnerisch schneller und einfacher, sondern auch gleich hinreichend genau gewonnen wird und sogar Hinweise auf die Anordnung der Beobachtung enthält.

Als abschließende Betrachtung der eigentlichen Differentialrechnung wäre der Nachweis angebracht, daß die rein analytische Definition des Differentialquotienten außer der geometrischen auch noch eine mechanische Bedeutung besitzt, was für die Zweckmäßigkeit der Definition spricht. Die Zusammenhänge zwischen Fallstrecke, Geschwindigkeit und Beschleunigung sind entwickelt.

Die Überleitung von der Differentialrechnung zur Integralrechnung läßt sich geometrisch durch Umkehrung der graphischen Differentiation vorbereiten. Die so gewonnene Erkenntnis, daß eine Umkehrung des Differenzierens möglich ist, läßt sich auf die analytische Darstellung übertragen und führt zum unbestimmten Integral, dessen Existenz leichter erfaßt wird als das bestimmte Integral und darum auch zumeist vor diesem behandelt wird. Das Integrieren erfordert Übung. Man sollte sich beschränken auf das „Ingenieurintegral“ $\int x^n dx$ und auf solche Integrale, die durch Umkehrung der Differentiationsformeln leicht anzugeben sind. Besondere Integrationsmethoden („partielle Integration“, Partialbruchzerlegung) sind entbehrlich, spielen auch in der Praxis keine Rolle.

Der Übergang zum bestimmten Integral erfordert eine gründliche Erörterung verschiedener Vorfagen. Diese seien kurz skizziert. 1. Der Inhalt eines Rechtecks, bei dem zwei Seiten mit den Koordinatenachsen zusammenfallen, soll als Funktion einer Strecke, der Endpunktsordinate, graphisch dargestellt werden; daß ein Flächeninhalt numerisch einer Strecke (Ordinate) gleich gesetzt wird, bedeutet für den Schüler eine ganz neue Art der Betrachtungsweise. 2. Eine flächengebilde Funktion ($y = a$) wird mit einer flächendarstellenden Funktion ($y = ax$) verglichen: die zweite ist eine Integralfunktion der ersten. 3. Die Integrationskonstante. 4. Das bestimmte Integral ist eine Zahl. 5. Die Integral-

funktion („Flächenfunktion“) hat stets einen um eins höheren Grad als die Ausgangsfunktion. Nach diesen Vorbereitungen bietet die Entwicklung des bestimmten Integrals und seiner geometrischen Bedeutung weiter keine Schwierigkeit.

Das Integrieren ist auf der Schule nicht Selbstzweck, sondern erhält erst Bedeutung durch die praktischen Anwendungen (Geometrie, Stereometrie, Naturwissenschaften, Technik). Gerade in der Technik treten Beziehungen zwischen Fläche und Kurve nicht selten auf. In einem Beispiel aus der Schachtfördertechnik macht die graphische Darstellung der Geschwindigkeit eines Förderkorbes den Zusammenhang deutlich, der zwischen der „Geschwindigkeitskurve“ und der von ihr und der Abszissenachse eingeschlossenen Fläche besteht. Das Indikatordiagramm einer Dampfmaschine oder eines Gasmotors gewährt Einblick in einen physikalischen Arbeitsvorgang und führt zu der Erkenntnis, daß die Arbeitsleistung der Maschine proportional ist der Fläche des geschlossenen Kurvenzuges. Die Ermittlung der Arbeitsleistung wandelt sich um in eine Flächenmessung, deren praktische Bedeutung damit offenbar ist. Mit dem Planimeter bekannt zu machen, sollte nicht versäumt werden.

Reihen und ihre Anwendungen. Für unsere Untersuchungen genügen die drei Konvergenzkriterien, die für Reihen mit positiven Gliedern, Reihen mit wechselnden Vorzeichen und Reihenvergleichung gelten. Die Reihen von TAYLOR und von MACLAURIN stehen im Mittelpunkt der Betrachtungen. Einer den TAYLORSchen Gedankengängen folgenden Herleitung wird eine andere gegenübergestellt, die das Ziel zunächst anschaulich macht und so den Weg weist für eine einfache analytische Behandlung.

Ausgangspunkt ist die Frage, ob eine vorliegende Funktion $f(x)$ sich darstellen läßt als ganze rationale Funktion von der Form $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$. Man sucht nach einem „Ersatz“ der Funktion $f(x)$ durch eine geeignete Schmiegunskurve. Die Parallele $y_1 = a$ wie die Gerade $y_2 = a + bx$ schmiegen sich der Funktion $f(x)$ nur für einen kleinen Bereich an. Die Parabel $y_3 = a + bx + cx^2$ wird sich der Funktion $f(x)$ für ein größeres Intervall anschmiegen und darum schon eher als Ersatzfunktion dienen können. In noch stärkerem Maße gilt dies für die Parabel 3. Grades $y_4 = a + bx + cx^2 + dx^3$. Nachdem so erkannt worden ist, daß jede Funktion durch eine Schmiegunskurve ersetzt werden darf, wenn nur ihr Grad hinreichend hoch ist, erhält man aus $f(x) = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$ durch Differentiation und Nullsetzen von x die Vorzahlen $a = f(0)$, $b = f'(0)$ usw. und so die MACLAURINSche Reihe; entsprechend die TAYLORSche Reihe. Wenn hier zugunsten einer anschaulichen und leicht verständlichen Behandlung auf die wissenschaftliche Exaktheit verzichtet wird, so läßt sich das rechtfertigen.

Die vielen Anwendungen machen die Reihen zu einem interessanten und wichtigen Gebiet. Wir greifen die Bestimmung des „wahren Wertes“

eines unbestimmten Ausdruckes heraus; die TAYLORSche Reihenentwicklung in Zähler und Nenner führt schnell zum Ziel. Die Möglichkeit, selbst eine komplizierte Funktion als Reihe darzustellen, führt zu dem einfachsten und in der Praxis gebräuchlichsten Integrationsverfahren.

Das NEWTONSche Verfahren zur Verbesserung einer Wurzel, eine Anwendung der TAYLORSchen Reihe, verdient behandelt zu werden. Die Darbietung mehrerer Methoden, auch der „regula falsi“, empfiehlt sich nicht. Wird bei der Anwendung des NEWTONSchen Verfahrens vom HORNERSchen Schema und Rechenstab Gebrauch gemacht, so wird, wie ein Beispiel zeigt, die Rechnung bedeutend vereinfacht. Die Schlußkapitel der Infinitesimalrechnung bringen Vorschläge und Anregungen.

Das Rechnen. Diesen 2. Teil seines Buches leitet A. ROHRBERG mit der Feststellung ein, daß ein neuer Rechenstil sich herausgebildet habe. Um sich davon zu überzeugen, werfe man einen Blick in wissenschaftliche Institute oder wirtschaftliche Betriebe. Dort wird nur mit Maschinen oder mit dem Rechenstab, nur selten mit Logarithmen gerechnet. Dieser Tatsache muß auch die Schule Rechnung tragen. Will die Schule mit den Rechenmethoden der Praxis den Zusammenhang nicht verlieren, so darf sie die gebräuchlichen Rechenhilfsmittel nicht unbeachtet lassen. Die Vorherrschaft der Logarithmentafel ist dahin. Sie hat Ersatz gefunden durch den Rechenstab. Rechentafeln sorgen für größere Genauigkeit, falls der Rechenstab nicht ausreicht. Damit gewinnt das Kopfrechnen wieder eine stärkere Betonung. Doch auch die Rechenmaschine muß in ihrem Arbeitsprinzip den Schülern klar gemacht werden. Dazu ist nötig, daß man die Schüler gewöhnt, in einer Rechenaufgabe Additionsmöglichkeiten zu erkennen. Die Addition gewinnt damit eine ganz besondere Bedeutung.

Die Rechenaufgaben im praktischen Leben sind vorwiegend Additionen. Der Anfangsunterricht ist grundlegend. Mit der bloßen Aneignung des Addierens ist wenig erreicht. Der Sextaner muß lernen, in Zahlen zu denken und geschickt zu kombinieren. Hierfür werden praktische Winke gegeben. Neu ist der Gedanke, schon dem Sextaner die erste — und älteste — Rechenmaschine vorzuführen: den chinesischen Suanpan (Rechenbrett mit Reihen zu je 7 Kugeln, 5 kleinen, 2 größeren). In der Tat ist gerade dieses Instrument geeignet, das Zahlendenken zu üben und von dem schematischen Addieren frei zu machen. Eine Abart des Suanpan ist der in Rußland allgemein verbreitete Stschioti (Reihen zu je 10 Kugeln: 4—2—4). Es ist erstaunlich, welche Rechenarbeit mit diesen Instrumenten geleistet werden kann. Die Schule sollte dazu beitragen, daß diese „Rechenmaschine des kleinen Mannes“ mehr Beachtung findet.

Die Subtraktion läßt sich ziemlich schnell erledigen. Um so mehr Zeit und sorgfältige Durcharbeitung erfordert die Multiplikation. Im Hinblick auf die abgekürzte Multiplikation ge-

wöhne man die Schüler von Anfang an, beim Multiplizieren einheitlich nach rechts auszurücken. Jede größere Multiplikation sollte stets mit einem Überschlag begonnen werden; solche Übungen sind wertvoll, da sie bei der Benutzung der Recheninstrumente eine Rolle spielen. Wie an einem einfachen Beispiel gezeigt wird, kann man auch bei größeren Multiplikationen durch additive Zerlegungen Rechenvorteile erzielen und damit zugleich hinarbeiten auf das zuvor betonte Prinzip: eine Aufgabe in Additionen umzudenken.

Das normale Multiplikationsverfahren ist eine geistlose, „mechanisierende“ Tätigkeit, die zumeist als notwendiges Übel hingenommen wird. Und doch besitzen wir eine Methode, die das Multiplizieren zu einer anregenden Beschäftigung macht und als die klassische Methode des Multiplizierens angesprochen werden darf. Es handelt sich um das „Kreuzverfahren“, wie es von FERROL und anderen Rechenkünstlern angewendet wird. Auf die Methode selbst, die ausführlich behandelt wird, kann nicht eingegangen werden. Es wäre zu wünschen, daß das Kreuzverfahren an unseren Schulen mehr in Aufnahme käme. Bei einiger Übung macht es tatsächlich keine sonderliche Mühe, das Produkt zweier drei-, vier- oder mehrstelliger Zahlen im Kopf auszurechnen. Ungemein wertvoll und verblüffend einfach ist die Anwendung des Kreuzverfahrens auf die abgekürzte Multiplikation. Da die Genauigkeit des Rechenstabes nicht immer ausreicht, wird jeder, der die Logarithmentafel beiseite gelegt hat, mit dieser Multiplikationsmethode sich schnell anfreunden.

Genannt sei noch ein FERROLScher Kunstgriff, der im Schulrechnen besonders in der Trigonometrie recht vorteilhaft ist. Er findet Anwendung, wenn zwei Zahlen in der Nähe von 1 (oder in der Nähe einer Zehnerpotenz) zu multiplizieren sind, z. B. $0,9905 \cdot 0,9957$ oder $1,0025 \cdot 1,0013$. Genügt eine Genauigkeit bis auf vier Dezimalen, so ergibt einfache Addition, vermindert um 1, die gesuchten Produkte $0,9962$ bzw. $1,0038$. Doch auch die noch fehlenden Dezimalen werden leicht gefunden. Die Begründung dieses Rechenverfahrens kann einem Obertertianer keine Mühe machen.

Von den Divisionsverfahren hat die „österreichische“ Methode, die zusammen mit den Teilprodukten den Rest bilden läßt, besonders den Mangel, daß sie keinerlei Rechenvorteile zuläßt. Darum sollte einheitlich das Normalverfahren gelehrt werden, zumal da es nach Einführung des Rechenstabes (U II) eine bedeutsame Vereinfachung bietet. Rechenstab und „Kreuzverfahren“ ergeben z. B. $573,618:2326 = 0,2465111$ mit nur 3 Ablesungen und 2 Multiplikationen! Diese elegante und vorteilhafte Art der Division wird von den Schülern schnell angenommen. Gute Gelegenheit zur Anwendung dieses Verfahrens bietet sich bei der Zinseszinsrechnung; unter Benutzung einer Tabelle für q^n und q^{-n} schrumpft die numerische Rechnung beträchtlich zusammen.

Die Einfügung der Rechenmaschine in den Unterricht kann nicht nur Vermittlung von Fertigkeiten zum Ziel haben; der Schüler muß vornehm-

lich Arbeitsprinzip und Arbeitsmöglichkeiten der Maschine zu erfassen suchen. Daher wird empfohlen, in O III mit der Vorführung der Rechenmaschine zu beginnen. Erklärung der Konstruktion an Hand eines Modells wird das erste sein. Eigens für unterrichtliche Zwecke konstruiert ist die Scola-Klawun. Von den allein in Frage kommenden Vierspeziesmaschinen dürfte die Sprossenradmaschine (Brunsvigatyp, Lipsiatyp) am geeignetsten für die Schule sein, da bei ihr durch Vorwärts- bzw. Rückwärtskurbeln eine Addition bzw. Subtraktion in einfacher Weise sich ausdrückt.

Da die Rechenmaschinen auf dem Additionsprinzip beruhen, bieten Additionen und Subtraktionen gar keine, Multiplikationen nur geringe Schwierigkeiten. Bei der Multiplikation kann man durch einfache Kunstgriffe die Anzahl der Kurbelumdrehungen verringern.

Schwieriger und darum interessanter ist das Dividieren auf der Rechenmaschine. Die Behandlung würde zweckmäßig in U II erfolgen. Dabei ist auf die dekadische Ergänzung einzugehen, da sie beim Maschinenrechnen eine Rolle spielt. Die einfachste Divisionsmethode beruht auf der Auflösung der Division in eine Reihe von Subtraktionen. Andere Methoden, bei denen die Division durch Addition oder Multiplikation umgangen wird, eignen sich für gelegentliche Behandlung auf der Oberstufe. Der Oberstufe vorbehalten bleibt auch die — mit einem Arbeitsgang auszuführende — Berechnung der vierten Proportionale oder der bankmäßigen Zinsen. Unterrichtliches Interesse hat die Ausrechnung des Tilgungsplanes einer Anleihe; die entwickelte Methode liefert auf der Maschine Zinsen und Tilgungsquote gleichzeitig. Daß die Rechenmaschine sogar dazu dienen kann, eine Quadratwurzel auszuziehen, wird wundernehmen; die drei angegebenen Verfahren sind unterrichtlich gut zu verwerten. Es dürfte schon aus diesen Andeutungen zu erkennen sein, daß das Maschinenrechnen nicht eine Mechanisierung des Rechnens bedeutet, sondern die verschiedenartigsten mathematischen Überlegungen zuläßt und darum wohl verdient, im Unterricht behandelt zu werden.

Nach einer Behandlung der Bruchrechnung wird auf die Zinsaufgabe und ihre drei Berechnungsmethoden eingegangen: die (triviale) Methode des Einsetzens, die Methode der Zins-

divisoren (Methode der Bankpraxis) und die Methode des Zerfallens. Die Vorzüge der einzelnen Methoden gehen einem Quartaner noch nicht ein. Man bringe darum dieses Kapitel in O III oder U II. Berechnungen von Effekten, Behandlung des Kontokorrents (Staffelmethode) bieten gute Übungsmöglichkeiten.

Im Mittelpunkt der beiden übrigen Kapitel („Die mathematischen Arbeiten“, „Probelektionen“) steht die Schülerleistung. Wir erhalten Proben, wie die Schüler solchen Dingen gegenüber sich verhalten. Diese Arbeitproben der Schüler sollen die praktische Brauchbarkeit der vorgelegten Gedanken erweisen.

Die mathematischen Arbeiten geben Veranlassung, etwas ausführlicher die hiermit zusammenhängenden Fragen zu behandeln. Für die Oberklassen wird der mathematische Aufsatz als Hausarbeit empfohlen. Die Auswahl der Themen wird nicht schwierig sein. Als Proben solcher Hausarbeiten werden zwei Schülerarbeiten (U I) wiedergegeben: „Systeme der Proportionalwahl“ und „Der alte und der neue Autodroschkentarif. Eine kritische Betrachtung.“

Die wiedergegebenen Probelektionen unterstreichen den didaktischen Charakter des Werkes. Es handelt sich um Niederschriften von wirklichen Unterrichtsstunden, an die sich stets eine fachwissenschaftliche Aussprache anschloß. Damit erhalten die allgemeinen Ausführungen eine gute Ergänzung.

Es seien noch die Themen der Lehrproben mitgeteilt: $\lim \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ in U I; Unbestimmte Werte (O I); Polarplanimeter (O I); Volumenbestimmung von Rotationskörpern (U I); Gemischte Zahlen (V); Kreuzverfahren der Multiplikation (IV); Suanpan (V); Multiplizieren (bzw. Radizieren) auf der Vierspeziesmaschine (O III bzw. O I).

Im ganzen betrachtet, ist das Buch von A. ROHRBERG didaktisch wie methodisch gleich bedeutsam. Es bietet eine Fülle neuer Gesichtspunkte und praktischer Winke, die dazu anregen, von dem einzelnen in seinem Unterricht erprobt zu werden. Jedenfalls drängen ROHRBERGS Vorschläge zur Stellungnahme. Das Buch wird auf die Unterrichtspraxis Einfluß ausüben. *A. Maaß.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Methoden der praktischen Analysis. Von FR. A. WILLERS. (Göschens Lehrbücherei, 1. Gruppe, Band 12.) 344 Seiten und 132 Figuren. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. Broschiert RM 20,—, geb. RM 21.50.

Das Werk, das die wichtigsten rechnerischen und graphischen sowie einige instrumentelle Methoden der praktischen Analysis behandelt und den Stoff in solcher Anordnung bringt, daß jedes der sechs Kapitel ein selbständiges, ohne wesentliche Verweise auf Früheres verständliches Ganzes bildet, ist zwar in erster Linie für den Studierenden

der technischen Wissenschaften und den im Beruf stehenden Praktiker von Wert, doch kann auch der Mathematik- und Physiklehrer der höheren Schule mannigfache Anregung daraus schöpfen. Treten doch auch im Schulunterricht vielfach Fragen der praktischen Mathematik auf, über die sich auch der „reine“ Mathematiker eingehend orientiert haben muß. So kann fast der gesamte im ersten Kapitel des vorliegenden Werkes behandelte Stoff gelegentlich für den Unterricht (von Untersekunda an) verwertet werden: das Rechnen mit Näherungswerten und die Beurtei-

lung der dabei zu erzielenden Genauigkeit; der Rechenschieber, dessen Theorie und vielseitige Verwendbarkeit auf wenigen Seiten eine außerordentlich klare und sehr vollständige Darstellung findet; die lineare Interpolation und die damit zusammenhängenden Fragen nach den Grenzen ihrer Anwendbarkeit und der Brauchbarkeit unserer Funktionstabellen; schließlich die nomographischen Methoden. Alle Ausführungen werden durch geschickt gewählte, einfache und anschauliche Beispiele trefflich unterstützt. Weitere drei Kapitel behandeln das für Physik und Technik gleichermaßen wichtige allgemeine Interpolationsproblem (Formeln von NEWTON, LAGRANGE usw.), die numerische Integration und Differentiation (bei analytisch gegebener funktioneller Abhängigkeit); ferner die angenäherte Integration und Differentiation (bei empirisch — durch eine Reihe zusammengehöriger Werte oder durch eine Kurve — gegebener Abhängigkeit) samt den wichtigsten instrumentellen Hilfsmitteln (Planimeter, Integranten); schließlich die praktische Gleichungenlehre (z. B. die Regula falsi oder das Eingabeln, das NEWTONsche Verfahren, das sehr interessante, jetzt leider wohl ganz aus dem Schulunterricht verschwundene GRAEFFESche Verfahren). Auch in diesen drei Kapiteln findet man mancherlei, was zur Belebung und Vertiefung des Unterrichts beizutragen vermag, auch in gelegentlichen Bemerkungen, z. B. über die praktische Ausführung von Tangentenkonstruktionen an beliebige Kurven u. a. Die beiden letzten Kapitel bringen die Analyse empirischer Funktionen und die angenäherte Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen.

Der Stoff wird mit eindringlicher Klarheit behandelt, die Darstellung ist ausführlich, ohne je weitschweifig zu werden. Die leicht faßliche Behandlung ermöglicht auch demjenigen, der sich noch nicht mit praktischer Analysis beschäftigt hat, bequemes Eindringen in deren interessante Probleme. Besonders wertvoll sind die zahlreichen und instruktiven, der Praxis entnommenen Beispiele, die alle mit sämtlichem Zahlenwerk vollständig durchgerechnet sind.

Das Buch kann allen Kollegen empfohlen werden, die sich nicht mit den knappen Ausführungen der in die höhere Mathematik einführenden Lehrbücher begnügen wollen, sondern die tiefer in das Gebiet einzudringen wünschen, um vielleicht auch den einen oder anderen im Unterricht behandelten Stoff in einer Arbeitsgemeinschaft nach dieser Richtung hin auszubauen.

E. Mosch.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XLIX: Herstellung und Messung des Lichtes. Redigiert von H. KONEN. XVII und 995 Seiten, mit 501 Abbildungen. Berlin 1928, Julius Springer. Geh. RM 86.—; geb. RM 88.60.

Es ist nicht nur schwer, sondern unmöglich, im Rahmen einer kurzen Besprechung dem Leser auch nur ein ungefähres Bild von dem reichhaltigen Inhalt des vorliegenden Bandes zu geben,

der mit seinen über 1000 Seiten der umfangreichste des ganzen Handbuches ist. Das Buch ist in 3 Hauptabschnitte geteilt: natürliche und künstliche Lichtquellen; Lichttechnik; Methoden der Untersuchung. Die Abschnitte sind verschieden lang; der erste umfaßt etwa $\frac{1}{3}$, der zweite $\frac{1}{6}$, der dritte die Hälfte des ganzen Bandes.

Die beiden ersten Kapitel von E. LAX und M. PIRANI, Berlin, beschäftigen sich mit der Strahlung des schwarzen Körpers und der zur Erzeugung künstlichen Lichtes benutzten festen Körper. Auch die Empfindlichkeit des Auges für die verschiedenen Farben gehört hierher, ebenso auch das mechanische Lichtäquivalent ($1,5 \cdot 10^{-3}$ Watt/Lumen), d. h. die Leistung zur Erzeugung von 1 Hefner-Lumen Licht derjenigen Wellenlänge, wofür die Empfindlichkeit des Auges am größten ist. Es folgen Kapitel über die natürlichen Lichtquellen, nämlich über die Strahlungseigenschaften der Sonne, von H. ROSENBERG-Kiel, die Himmelsstrahlung und gelegentliche atmosphärisch-optische Erscheinungen (Halo- oder Ringerscheinungen, Kranzerscheinungen, Regenbogen, Luftspiegelungen, Szintillationen, Polarlicht, Blitz), von CH. JENSEN-Hamburg, schließlich die sonstigen kosmischen Lichtquellen (Sterne, Sternhaufen, Nebel, Planeten, Kometen, Meteore, Zodiakallight), von J. HOPMANN-Bonn. Die Lektüre dieser sehr interessanten Kapitel zeigt, wieviele Erscheinungen hierher gehören und schließlich auch, wieviel Probleme trotz aller bisherigen Arbeit noch der endgültigen Lösung harren. Zu erwähnen ist übrigens, daß das Kapitel über die Fixsterne eine ganze Menge astronomischer Angaben (indirekte Methoden zur Bestimmung der Parallaxen u. a.) enthält. Die 5 nächsten Kapitel behandeln die künstlichen Lichtquellen: Glimmentladung, von R. FRIEDRICHS-Charlottenburg, Strahlung des Lichtbogens und des Funkens, von H. KONEN-Bonn, Lumineszenzlichtquellen, von P. PRINGSHEIM-Berlin (im Gegensatz zur Temperaturstrahlung, wo die in der Strahlung auftretende Energie dem durch die Temperatur gegebenen mittleren Energieinhalt der Molekeln entstammt, wird hier einzelnen Molekeln durch besondere Erregungsprozesse eine die mittlere Wärmeenergie weit übersteigende „Erregungsenergie“ mitgeteilt, die sie dann als Lumineszenzstrahlung abgeben), Röntgenstrahlen, von H. BEHNKEN-Charlottenburg, Flammen und chemische Prozesse, von H. KONEN-Bonn.

Die 7 Kapitel des zweiten Hauptabschnittes, der Lichttechnik, stammen sämtlich von E. LAX und M. PIRANI. Die Verf. beginnen mit einer Zusammenstellung der lichttechnischen Begriffe und Einheiten und einer Übersicht über die historische Entwicklung der Lichtquellen. Sie behandeln alsdann nacheinander Lampen, die mit Verbrennungsenergie gespeist werden (leuchtende Flammen, Gasglühlicht), Lampen mit elektrischer Widerstandsheizung (die verschiedenen Glühlampen einschließlich der Nernstlampe, ihre Herstellung, Wirtschaftlichkeit usw.), Gasentladungs- und Bogenlampen (Neonglimmlampe, Moorelicht, Neon-Leuchtröhre, Lichtbogenlampe, Punktlicht-

lampe usw.), Lichtquellen für Sonderzwecke (Hefnerlampe, Normalien, Pyrometerlampe, Signallampen verschiedenster Art, Scheinwerfer u. a.), Leistungsaufnahme und Strahlung, schließlich Messung der Beleuchtung im allgemeinsten Sinne (Beleuchtungsstärke und -art, Erfordernisse guter Beleuchtung, Reflexion und Streuung des Lichtes, Berechnung von Beleuchtungsanlagen). Das Kapitel über Lichttechnik wird zweifellos in ganz besonderem Maße die Aufmerksamkeit gerade auch der Lehrer an höheren Schulen erregen, die hier in reichem Maße Material zu höchst interessanten Ergänzungen und Erweiterungen ihres Unterrichts finden.

Der dritte Hauptabschnitt über die Methoden der Untersuchung nimmt mit seinen 10 Kapiteln den größten Teil des Buches ein. Hier werden behandelt die Photometrie gleichfarbiger und verschieden farbiger Lichter, von E. BRODHUN-Berlin, die Photographie, von J. EGGERT und W. RAHTS-Berlin (nach einer Darstellung der historischen Entwicklung wird hier ein sehr guter Überblick über Herstellung und Verarbeitung der empfindlichen Schichten, Anwendungsgebiete der Photographie und die Theorie des Prozesses gegeben), Spektralphotometrie, von H. LEY-Münster, Kolorimetrie, von F. LÖWE-Jena (hierunter versteht man die Bestimmung der Konzentration von farbigen Lösungen oder von Gelatinefarbfiltern durch Messung der Stärke der Färbung), photographische Spektralphotometrie, von FRERICHS, Polarimetrie, von O. SCHÖNROCK-Berlin, besondere Methoden der Spektroskopie, z. B. im Ultrarot und im Röntgengebiet, Wellenlängenmessung, von H. KONEN, Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, von G. WOLFSOHN-Bonn (historische Übersicht, die verschiedenen Methoden einschließlich der Methode von MICHELSON), endlich besondere Methoden zur Untersuchung elliptisch und teilweise polarisierten Lichtes, von G. SZIVESSY-Münster.

Der vorliegende Band ist von einem der bekanntesten Fachmänner auf dem Gebiete der Optik redigiert und enthält Aufsätze hervorragender Sachkenner, die zum guten Teil ihr Lebenswerk dem betreffenden Stoffgebiet gewidmet haben. Auch gerade für den Lehrer an höheren Schulen bringt der Band sehr vieles: sowohl in den interessanten, in den Lehrbüchern oft stiefmütterlich behandelten Kapiteln über die natürlichen Lichtquellen, in den Abschnitten über Lichttechnik und in dem letzten Teil über die Untersuchungsmethoden. Druck und Ausstattung sind von bekannter Güte. *Lamla.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XX: Licht als Wellenbewegung. Redigiert von H. KONEN. Berlin 1928. Julius Springer. XIV und 967 S. mit 225 Abbildungen. Geh. RM 86.—; geb. RM 89.—.

Der vorliegende, fast 1000 Seiten umfassende Band zerfällt in 3 Hauptteile: Natur des Lichtes, Fortbildung der Wellentheorie, Kristalloptik. Im ersten Hauptteil behandelt L. GREBE-Bonn klassische und moderne Interferenzversuche und

Interferenzapparate, ferner die Beugung und schließlich die Gesetzmäßigkeiten schwarzer und nichtschwarzer Strahlung. Das letzte Kapitel weist manche Überschneidungen mit Band 19 des Handbuches auf. Das Kapitel über Beugung ist durch eine Reihe sehr schöner Abbildungen von Beugungserscheinungen ausgezeichnet. Zum ersten Hauptteil gehören ferner noch das Kapitel über Polarisation von G. SZIVESSY-Münster und das über atmosphärische Beugungserscheinungen von R. MECKE-Bonn. Dieses gibt, insbesondere von der praktischen Seite, eine gute Ergänzung zu der Behandlung teilweise desselben Gebietes in Bd. 19.

Im zweiten Hauptteil gibt zunächst W. KÖNIG-Gießen einen ausführlichen und klaren Bericht über die elektromagnetische Wellentheorie; im Anschluß daran behandelt G. WOLFSOHN-Berlin die strenge Theorie der Interferenz und der Beugung, insbesondere den SOMMERFELDSchen Problemkreis (Beugung an Halbebene, Keil, Spalt, schwarzem Schirm, Zylinder usw.). Es folgen zwei ausgezeichnete Kapitel von A. LANDÉ-Tübingen über Optik, Mechanik und Wellenmechanik und über Optik und Thermodynamik. Ausgehend von den alten Analogien zwischen Mechanik und Optik gibt Verfasser eine ausführliche Herleitung der Grundlage der SCHRÖDINGERSchen Theorie. Die Wellenmechanik wird sowohl in der Fassung von SCHRÖDINGER als auch in der von BORN-HEISENBERG behandelt. Das Verhältnis beider Fassungen vergleicht Verfasser mit dem Verhältnis zwischen der Äthertheorie und der Relativitätstheorie. Besondere Abschnitte sind der Undulationsmechanik konservativer und zeitveränderlicher Systeme, der Wechselwirkung zwischen Materie und Strahlung (Licht und Elektron, Emission, Absorption usw.), der relativistischen Wellenmechanik und der Quantenalgebra gewidmet. In dem Kapitel über Absorption und Dispersion, von K. L. WOLF-Königsberg und K. F. HERZFELD-Baltimore, wird neben dem Experimentellen und der älteren Theorie auf etwa 30 Seiten ebenfalls die neue Quantenmechanik behandelt; hierbei gibt es mehrfach Überschneidungen mit dem Kapitel von LANDÉ, wenn auch durchaus nicht zu leugnen ist, daß beide Darstellungen ihren besonderen Wert haben.

Der letzte Hauptteil besteht vor allem aus einem sehr umfangreichen Kapitel (270 Seiten) über Kristalloptik von G. SZIVESSY-Münster, in dem nacheinander die Optik nicht absorbierender aktiver und nichtaktiver und die Optik absorbierender Kristalle behandelt werden. Das Kapitel, das eine große Anzahl von Figuren zur Erläuterung von Wellenflächen enthält, ist hauptsächlich theoretischer Natur. Den Beschluß des Bandes macht das Kapitel von H. LEY-Münster über Polarisation und chemische Konstitution. Hier werden im wesentlichen die Stoffe behandelt, die sowohl im amorphen wie im flüssigen, gasförmigen und gelösten Zustand aktiv sind (Kohlenstoff-Verbindungen).

Wenn auch der vorliegende Band dem Lehrer an höheren Schulen nicht so viele unmittelbare Dienste leisten kann wie mancher andere Band,

so ist er doch auch für ihn als Nachschlagewerk unersetzlich. Die Ausstattung ist, wie immer, vorzüglich.
E. Lamla.

Lehrbuch der Physik. Von O. D. CHWOLSON. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Band IV, 2. Abteilung: Das konstante Magnetfeld. Herausgegeben von G. SCHMIDT in Münster i. W. VII und 565 Seiten, mit 181 Abbildungen. Braunschweig 1927, Friedrich Vieweg & Sohn A. G. Geh. RM 18.—; geb. RM 20.50.

Die erste Auflage des Schlussbandes IV des großen Lehrbuchs ist, obwohl bereits 1914 im russischen Originalwerk vollendet, doch erst 1924 in deutscher Sprache erschienen, zu einer Zeit, als schon einige Bände der zweiten Auflage vorlagen. Das jetzt vorliegende Buch stellt den Schlussband der zweiten Auflage dar. Nicht bearbeitet worden ist der Abschnitt „Das veränderliche Magnetfeld“; er bleibt in der zweiten Auflage weg. Die Verlagsbuchhandlung liefert Interessenten den entsprechenden Abschnitt der ersten Auflage zu ermäßigtem Preis; als Ergänzung wird auf das Buch von CHWOLSON „Die Physik von 1914 bis 1926“ hingewiesen.

Das Buch enthält mehr, als mancher nach dem Titel vielleicht vermutet, nämlich außer den Kapiteln über die Eigenschaften des konstanten Magnetfeldes, über Magnete und Elektrizität als Quellen des Magnetfeldes auch die gesamte Behandlung der stationären elektrischen Ströme (thermische und chemische Erscheinungen, Elektrolyse, thermoelektrische Erscheinungen, ponderomotorische Wirkungen zwischen Magneten und Strömen, Erregung des magnetischen Zustandes der Körper). Überall sind auch die neueren experimentellen Untersuchungen und die neueren theoretischen Anschauungen (z. B. über Elektrolyse und Magnetismus) mit aufgenommen worden. Sehr wertvoll und hochwillkommen für jeden Benutzer sind die reichlichen Literaturnachweise am Ende eines jeden Kapitels.

Das altbewährte und bestens bekannte Buch nochmals zu empfehlen, ist überflüssig. Die Neuauflage wird zu den alten Freunden zweifellos neue erwerben.
E. Lamla.

Lehrbuch der Physik. Von E. RIECKE. Zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen. Herausgegeben von ERNST LECHER † und ADOLF SMEKAL. Siebente verbesserte und um eine Darstellung der Atomphysik vermehrte Auflage. Zweiter Band: Magnetismus und Elektrizität. — Atomphysik. 725 Seiten mit einem Bildnis von E. LECHER und 319 Figuren im Text. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter u. Co. Geh. RM 15.—; geb. RM 17.—.

Die vorliegende 7. Auflage ist in einigen Teilen wesentlich gegenüber der früheren Auflage verändert, so die Abschnitte über elektrolytische Leitung in festen Körpern, wo besonders die Arbeiten von TUBANDT, EGGERT und SCHIBBE berücksichtigt sind, über drahtlose Telegraphie

und Telephonie, Elektronenröhren und Lichtelektrizität, sowie der Abschnitt über Röntgenstrahlen. Daß die Elektronik neu bearbeitet werden mußte, liegt in ihrer Entwicklung seit der letzten Bearbeitung des Buches begründet. Daß aber nur der Raumersparnis wegen die Abschnitte über den Magnetismus der Erde sowie die gesamte atmosphärische Elektrizität fortgelassen sind, ist zu bedauern, zumal der Preis des Buches, der im Verhältnis zum Umfang niedrig genannt werden kann, doch dadurch nicht wesentlich erhöht worden wäre. Völlig neu, und man kann auch sagen, neuartig ist der Abschnitt „Atomphysik“ bearbeitet. Der Anlage des gesamten Werkes entsprechend sind auch hier die experimentellen Tatsachen vorangestellt und aus ihnen die theoretischen Gesichtspunkte gefolgert, wobei mit Rücksicht auf die geringen mathematischen Voraussetzungen, die das Buch an seine Leser stellt, alles nur formal Wichtige fortgelassen wurde. Vorangestellt werden in diesem Abschnitt die Grundlagen der Kerntheorie der Atome. An der Hand des heute schon reichlich zu Gebote stehenden Tatsachenmaterials werden sodann der Bau und die Eigenschaften der Elektronenhüllen dargestellt. Das Energieniveau und die BOHRsche Frequenzbedingung werden aus der Atomanregung durch Elektronenstoß und durch Einstrahlung entwickelt. Die BALMER-Formel und die Ergebnisse von MILLIKAN und BOWENS bei Untersuchungen an Atomsystemen mit gleicher Elektronenzahl führen auf die Bedeutung und die Gesetzmäßigkeit der Energiestufenfolgen. Dadurch wird das Verständnis der Röntgenenergieniveaus und die Erkenntnis des Schalenbaus der Elektronenhüllen ermöglicht. Dann erst wird die Beziehung und der Gegensatz der Atom-eigenschaften zur MAXWELL-HERTZschen Elektrodynamik festgestellt. In dem Abschnitt über „Quantenlehre und Strahlungstheorie“ wird die elementare BOHRsche Theorie des Wasserstoffatoms entwickelt sowie auf die Quantenzahlenausdeutung des periodischen Systems der Elemente hingewiesen. Nun folgt die Begründung des PLANCKschen Strahlungsgesetzes, wie sie EINSTEIN gegeben hat, wobei wieder die Atom-eigenschaften den Ausgangspunkt bilden. Hier wie auch im Schlußabschnitt über „Kernphysik“ sind die neuesten Ergebnisse der Physik, die sich an die Namen COMPTON, RAMAN, DAVISSON und GERMER u. a. knüpfen, knapp, aber klar dargestellt, wie wir sie bisher kaum in einem Physiklehrbuch in dieser Art finden. Ein recht ausführliches Autoren- und Sachregister beschließen diesen Band. Überall war der Herausgeber SMEKAL — LECHER starb schon 1926 — bemüht, die neuesten Ergebnisse mitzuverarbeiten und hat so das Buch auf den neuesten Stand der Wissenschaft erhoben. Dieses bekannte und allseitig beliebte Lehrbuch eignet sich ebenso für den Fachphysiker wie auch für andere an der Physik interessierte Naturwissenschaftler. Seiner ganzen Anlage nach kann es auch gut zum Selbststudium empfohlen werden.
A. Wenzel.

Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung. Von ARNOLD BERLINER. 4. Auflage. 802 Abbildungen. 658 S. Berlin 1928, Julius Springer. Geb. RM 19.80.

Gegenüber der 3. Auflage, die in dieser Zeitschrift 38, 159 (1925) ebenfalls besprochen wurde, zeigt die 4. Auflage eine beträchtliche Erweiterung. Äußerlich ist der Umfang des Buches nur um wenige Seiten gewachsen. Der Platz für die Erweiterungen ist gewonnen worden, indem die Figuren in allen Fällen verkleinert wurden, in denen die Deutlichkeit dadurch keinen Schaden litt. Aus der großen Zahl der Erweiterungen seien hier nur einige erwähnt.

In der Mechanik ist die Koriolisbewegung und die Lehre vom Kreisel ausführlicher behandelt worden, ebenso die Lehre von den Kristallen, ferner die Erscheinungen in den strömenden Flüssigkeiten und Gasen. Der Abschnitt über die Wellenbewegung, der früher in erster Linie auf die Mechanik und Akustik zugeschnitten war, hat eine neue Bearbeitung unter umfassenderen Gesichtspunkten erhalten und dadurch zweifellos gewonnen. In der Elektrizitätslehre ist das Kapitel über elektrische Schwingungen erweitert und vertieft worden, ebenso die Lehre vom Erdmagnetismus. In der Optik ist an Stelle der OLAF RÖMERSchen Methode der Lichtgeschwindigkeitsbestimmung das moderne Verfahren von MICHELSON behandelt. Bei der Darstellung der optischen Instrumente sind Ergänzungen vorgenommen (Auge, Episkop, ULBRICHTSches Kugelphotometer). Endlich seien noch die Neubearbeitungen der Abschnitte über Röntgenstrahlen und Atomtheorie erwähnt.

Außer solchen Neubearbeitungen ganzer Abschnitte ist eine sehr sorgfältige Durcharbeitung des ganzen Buches erfolgt, deren Spuren man überall findet.

Der Charakter des Buches ist durch die vorgenommenen Umarbeitungen und Ergänzungen nicht verändert worden. Es versucht, unter möglichst sparsamer Verwendung mathematischer Hilfsmittel begriffliche Klarheit zu erzielen. Für den Lehrer der Physik ist das Buch aus diesem Grunde wertvoll. Es ist zu erwarten, daß die 4. Auflage die Zahl der Freunde des Buches noch vermehren wird.

P. Henckel.

Vorlesungen über theoretische Physik an der Universität Leiden. Von H. A. LORENTZ.

Band I: Theorie der Strahlung. Bearbeitet von A. D. FOKKER. Ins Deutsche übersetzt von G. L. DE HAAS-LORENTZ. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. X und 81 Seiten, mit 17 Abbildungen. Geb. RM 7.80.

Im 75. Lebensjahr und dennoch viel zu früh für die physikalische Wissenschaft ist HENDRIK ANTOON LORENTZ am 4. Februar 1928 entschlafen. Er gehörte zu den seltenen Menschen, bei denen sich mit Forschergeist und wissenschaftlicher Potenz ersten Ranges die Gabe verband, anregend und fesselnd vorzutragen. Es ist zweifellos ein Verdienst des Verlages, die LORENTZschen Vor-

lesungen einem größeren Kreise von Lesern zugänglich zu machen. Im Vorwort des ersten Bandes weist Verf. darauf hin, daß es ihm nicht darauf ankomme, den Gegenstand erschöpfend zu behandeln. „Mein Wunsch war es nur, den Zuhörern etwas von dem Genuß zu verschaffen, den ich selbst in dem Studium der grundlegenden Arbeiten von KIRCHHOFF, BOLTZMANN, WIEN und PLANCK gefunden habe.“ Und diese Freude verspürt man, wenn man die knappe, prägnante und überaus klare Darstellung liest, welche die schwierigsten Entwicklungen mit überraschender Leichtigkeit und Durchsichtigkeit durchführt. Die Forschernamen, die im Vorwort angegeben werden, bezeichnen zugleich den Inhalt des Buches; es werden behandelt die Gesetze von KIRCHHOFF, von BOLTZMANN, von WIEN, danach die JEANSSche Formel und schließlich das PLANCKsche Strahlungsgesetz. Ein ausführliches Literaturverzeichnis ist beigelegt.

Band II: Kinetische Probleme. Bearbeitet von E. D. BRUINS und J. REUDLER. Übersetzt von G. L. DE HAAS-LORENTZ. Leipzig 1928. II und 136 Seiten, mit 23 Abbildungen. (Mit Band III zusammengebunden.)

Hier behandelt Verf. zunächst die innere Reibung und Gleitung, und zwar erst vom Standpunkt der Hydrodynamik, dann vom Standpunkt der kinetischen Theorie. Beide Male werden eine Reihe von Beispielen gegeben (Strömung durch enge Röhren, Bewegung einer Kugel und einer Scheibe in einer Flüssigkeit; Versuche von KUNDT und WARBURG über Reibung und Wärmeleitung in verdünnten Gasen). Danach geht Verf. auf die interessantesten Untersuchungen von KNUDSEN über das Verhalten stark verdünnter Gase ein, insbesondere über die Strömung eines solchen Gases durch enge Röhren. Die Dichte soll so gering sein, daß von Zusammenstößen der Molekeln abgesehen werden kann; die Röhrenwandung sei so rau, daß die Molekeln nach der Reflexion an ihr nichts mehr von der ursprünglichen Strömungsbewegung haben. Dann wird das ganze Problem durchaus analog dem der Wärmestrahlung; es gibt hier auch ähnliche Gleichgewichtszustände. Herrscht in einer sehr engen Röhre ein geringes Druckgefälle, so wird die Strömung sehr viel stärker, als nach dem Gesetz von POISEUILLE zu erwarten wäre (bis 50000mal so stark; die Strömungen verhalten sich wie die freien Weglängen zum Röhrenradius). Auch ein Temperaturgefälle ruft einen Strom (von der kälteren zur wärmeren Seite) hervor. Ähnliches kann man an porösen Platten beobachten. Es folgen Untersuchungen über die gegenseitige Abstoßung von 2 Platten ungleicher Temperatur, zwischen denen sich ein verdünntes Gas befindet (absolutes Manometer von KNUDSEN), über Wärmeleitung u. a. Ein interessanter Exkurs auf die Theorie der Schwerkraft von LESAGE (1764) schließt sich an, nach der sich im Himmelsraum kleine Teilchen mit großer Geschwindigkeit nach allen Richtungen bewegen; ein einzelner Körper wird von allen Seiten gleichmäßig ge-

treffen; zwei gegenüberstehende Körper schirmen einander gegen die Stöße ab und ziehen sich somit scheinbar an. Verf. bringt die Theorie mit den kinetischen Untersuchungen in Zusammenhang und zeigt ihre Unzulänglichkeit. Sehr ausführlich wird auch die Theorie von Elektronensystemen und die Versuche von RICHARDSON u. a. behandelt.

Aus dem Text und dem Literaturverzeichnis geht hervor, daß die bis etwa 1916 erschienenen Arbeiten berücksichtigt worden sind.

Band III: Äthertheorien und Äthermodelle. Bearbeitet von H. BREMEKAMP. Übersetzt von G. L. DE HAAS-LORENTZ. Leipzig 1928. II und 78 Seiten, mit 19 Abbildungen. Mit Band II zusammen, geh. RM 17.—; geb. RM 18.—.

Das Bändchen führt uns in ein Gebiet, mit dem sich LORENTZ selbst schon frühzeitig (1886) beschäftigt hat. Zunächst werden die mechanischen Theorien und ihre Stellung zur Aberration behandelt (STOKES, PLANCK, FRESNEL, LORENTZ), dann die MAXWELLSchen Gleichungen in ihrem Verhältnis zur mechanischen Äthertheorie. Es folgt ein Kapitel über Äthermodelle, insbesondere über die von LORD KELVIN, sowie über Anziehung und Abstoßung pulsierender Kugeln (BJERKNES, PEARSON). Der Band gibt einen überaus interessanten Überblick über die vielfachen Versuche, die gemacht worden sind, um durch Betrachtungen über Struktur und Eigenschaften des Äthers verschiedene Erscheinungen, insbesondere die elektromagnetischen, zu erklären. „In gewissem Grade ist dies gelungen; aber man muß gestehen, daß die aufgestellten Theorien wenig befriedigen. Sie werden um so gekünstelter, je mehr Fälle man in den Einzelheiten umfassen will.“

Band IV: Die Relativitätstheorie für gleichförmige Translationen (1910–1912). Bearbeitet von A. D. FOKKER. Übersetzt von H. STÜCKLEN. Leipzig 1929. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. IX und 180 Seiten, mit 12 Abbildungen. Geh. RM 12.—; geb. RM 13.80.

Der Bearbeiter weist im Vorwort darauf hin, daß der vorliegende Text etwas von den Kollegs abweicht; einiges wurde (zum Teil auf Wunsch von LORENTZ selbst) weggelassen, einiges hinzugefügt. Was geboten wird, ist eine ziemlich eingehende Einführung in die sog. klassische Relativitätstheorie: Bewegungstransformationen (bewegte Stäbe und Uhren), Geschwindigkeit und Kraft, Bewegungsgleichungen der Mechanik, Masse und Energie, Experimentaluntersuchungen über die Bewegung schneller Elektronen, elektromagnetische Erscheinungen in bewegten ponderablen Medien, endlich in einem Schlußkapitel einige schwierigere Fragen über Spannungen, Bewegungsgröße, Energiestrom. Zwischen den rein physikalischen und mathematischen Betrachtungen klingen immer die tiefergehenden Fragen an: über die wahre Zeit, über den Äther u. a. Der Bearbeiter hat sowohl im theoretischen wie im experimentellen Teil auch die neuere Literatur (bis 1922) herangezogen. Es ist erfreulich, daß neben die vielen „populären“ Darstellungen der

Relativitätstheorie jetzt die vorliegende des Altmeisters der Physik in ihrer Klarheit und Gedankentiefe tritt.

Alles in allem: Die LORENTZschen Vorlesungen, die zwar nicht überall bis an die neuesten Untersuchungen heranzuführen, geben eine so vorzügliche Darstellung der behandelten Gebiete mit so trefflichen Ausblicken auf erkenntnistheoretische Fragen, daß ich ihre Lektüre jedem Kollegen und vor allem jedem Studenten der Physik bestens empfehlen kann. *E. Lampa.*

Die Entwicklung der Atomtheorie. Von PAUL KIRCHBERGER. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. XII und 294 Seiten mit 31 Abbildungen im Text und 10 Bildnistafeln. Karlsruhe 1929. C. F. Müller. Brosch. RM 5.50; Ganzleinen RM 6.50.

Die erste Auflage dieser gemeinverständlichen Darstellung der Entwicklung der Atomtheorie dürfte allgemein bekannt geworden sein. Die vorliegende zweite Auflage merzt einige Unstimmigkeiten der früheren aus. So geht sie unter anderem auf die Bedeutung der Untersuchungen LENARDS und seiner Schüler an Kathodenstrahlen für die Entwicklung der Atomtheorie genauer ein. Dann aber ist sie erheblich erweitert und dem heutigen Stande der Wissenschaft angepaßt. SCHRÖDINGERS grundlegende Untersuchungen sind erwähnt, „ein Abschnitt über Kolloide ist hinzugekommen, die inzwischen (seit der ersten Auflage) entdeckten Elemente sind berücksichtigt, die Versuche von FRANCK und HERTZ sowie die von COMPTON“ sind aufgenommen. Referent würde es begrüßen, bei einer Neuauflage auch die Arbeiten von HEISENBERG, DE BROGLIE, sowie die Versuche von DAVISSON und GERMER, G. P. THOMSON, RUPF u. a. verarbeitet zu finden, die in der vorliegenden Auflage noch keine Aufnahme gefunden haben. Zu den alten Freunden wird sich das Buch viele neue gewinnen, und das verdient es durch seine klare, wirklich gemeinverständliche und dabei doch wissenschaftlich einwandfreie Darstellung. Besonders erwähnt sei der hervorragende Bildschmuck, der der Darstellung auch einen persönlichen Anstrich verleiht. *A. Wenzel.*

Atomtheorie. Von ARTHUR HAAS. Zweite, völlig umgearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage. 258 Seiten mit 64 Figuren im Text und auf vier Tafeln. Leipzig und Berlin 1929, Walter de Gruyter u. Co. Geh. RM 10.—; geb. RM 11.50.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage im Jahre 1924 hat die Atomtheorie großartige Fortschritte gemacht. Dementsprechend ist diese zweite Auflage ein nahezu neues Buch geworden. Denn das meiste ist dem jetzigen Stande der Wissenschaft entsprechend völlig um- bzw. neu bearbeitet. Elektronen, Atome und Lichtquanten leiten die Darstellung ein. Dann werden die Grundlagen der Atommechanik entwickelt. DE BROGLIES, SCHRÖDINGERS und HEISENBERGS Theorien werden dargestellt, die statistische Deutung

der Materiewellen gegeben, über den Drehimpuls der Elektronen und Atome zur Multiplizität der Spektraltermen sowie Aufspaltung derselben im Magnetfeld geführt und das PAULISCHE Prinzip ausgeführt. Dann folgen die Spektren der Atome mit ZEEMANN- und STARKEFFEKT und die Röntgenstrahlen mit der Darstellung der Raumgitter. Hier wird zum Schluß die Verwandtschaft zwischen den Elektronenstrahlen und den Röntgenstrahlen dargelegt. Das Kapitel „Atomkerne“ geht von der Isotypie über den Kernzerfall und das radioaktive Gleichgewicht zu den Umwandlungsreihen. Hier werden auch die kosmischen Strahlen und die Struktur der Atomkerne behandelt. Der Abschnitt über die „Molekeln“ beginnt mit den Rotationsschwingungsspektren und den Bandenspektren. Dann werden die Beziehungen zwischen dem Kernabstand und der Dissoziationsenergie erörtert und auf die chemischen Bindungen hingewiesen. Schließlich sind noch die Atomgitter, die Elektrolyte und die Metalle in diesem Zusammenhang erläutert. Den Schluß der gesamten Darstellung bildet der Abschnitt über „die Wechselwirkung zwischen Licht und Materie“. Hier finden wir neben der Dispersion und dem lichtelektrischen Effekt den COMPTONEFFEKT, die DIRACSCHEN Gleichungen sowie einen Hinweis auf die Verwandlung von Materie in Licht. Ein Anhang gibt neben einer Zusammenfassung des Inhaltes eine Übersicht über die häufigsten Bezeichnungen sowie über die universellen Konstanten der Atomphysik, die der Leser sehr begrüßen wird. Das vorliegende Buch ist mit großer Sorgfalt bearbeitet und gut ausgestattet. Seiner Anlage nach eignet es sich zum Studium für alle, die Interesse für die modernste Physik haben und über die physikalischen Kenntnisse eines Abiturienten verfügen. Jeder Leser wird seine Freude an diesem Buch haben. *A. Wenzel.*

Atombau und Spektrallinien. Wellenmechanischer Ergänzungsband. VON ARNOLD SOMMERFELD. X und 351 Seiten mit 30 Abbildungen. Braunschweig 1929. Friedrich Vieweg und Sohn, Akt.-Ges. Geh. RM 12.—; geb. RM 14.50.

Das grundlegende Werk von A. SOMMERFELD über „Atombau und Spektrallinien“ wird in der Hand jedes interessierten Physikers sein. Das darin niedergelegte Material zur Atomphysik war aber seit der Entwicklung, die die äußere Form der Atomphysik in den Jahren 1924—1926 durch L. DE BROGLIE, HEISENBERG und SCHRÖDINGER erfahren hat, auch nach dieser Seite hin zu ergänzen. Diese Lücke schließt der vorliegende Ergänzungsband. Er erfüllt damit wohl sicher die Wünsche vieler Leser des Grundbandes. Wie jener legt auch dieser Ergänzungsband die „Wellenmechanik“ in einheitlicher Darstellung und sehr klar und verständlich dar. Er schließt sich in allen Hinweisen an die 4. Auflage des Stammbuches an, ist aber leicht auch zu den älteren Auflagen zu gebrauchen. Im 1. Kapitel wird die Einführung in die Wellenmechanik gegeben, die SCHRÖDINGERSCHE Wellengleichung und die DE BROGLIESCHE Wellenlänge. Dann

werden die notwendigen mathematischen Methoden zu ihrer Entwicklung erläutert und die einfachsten Anwendungen gemacht. Besonderes Interesse beansprucht das KEPLER-Problem in relativistischer Form, der ZEEMANNEFFEKT, sowie das Molekül als symmetrischer Kreisel. Im 2. Kapitel geht SOMMERFELD auf das Störungs- und Beugungsproblem ein, gibt eine Darstellung der SCHRÖDINGERSCHEN Störungstheorie und erläutert den Starkeffekt von diesem Gesichtspunkt aus. Dann folgt die Dispersionstheorie sowie der Photoeffekt und die Beugung. Auch die Gitterbeugung der Materie, die Kristall-Interferenzen von Elektronenwellen werden behandelt, ebenso der COMPTON-EFFEKT. Auch auf das Helium-Problem geht er ein und bringt dann die wellenmechanische Umdeutung klassischer Größen. Betrachtungen zur Natur des Elektrons beschließen die Darstellung. Ein Namen- und Sachverzeichnis ist beigegeben. Diese ganz hervorragende Darstellung des neuesten Gebietes der Atomphysik hält sich ebenso wie das Stammbuch an konkrete Fragen und erweckt gerade dadurch auch bei den experimentell eingestellten Physikern größtes Interesse. Wer über das notwendige mathematische Rüstzeug verfügt, sollte unbedingt auch diesen Ergänzungsband studieren. *A. Wenzel.*

Probleme der modernen Physik. ARNOLD SOMMERFELD zum 60. Geburtstag von seinen Schülern. Unter Mitarbeit zahlreicher Gelehrter herausgegeben von P. DEBYE. 221 Seiten mit 52 Abbildungen im Text. Leipzig 1928, S. Hirzel. Geh. RM 18.—; geb. RM 19.50.

In dieser umfangreichen Schrift widmen die Schüler ARNOLD SOMMERFELDS ihrem Lehrer und Meister zu seinem 60. Geburtstage eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten aus den verschiedensten Gebieten der modernen Physik, die unter sich nicht in Zusammenhang stehen. Aus dem Inhaltsverzeichnis sei die Reichhaltigkeit der Arbeiten entnommen. Ein Summensatz der Stoßübergangswahrscheinlichkeiten (von E. FUES); The Coordination Theory of the Structure of Ionic Crystals (by LINUS PAULING); über das Durchbrennen von Glühkathoden (von R. SEELIGER); der anomale ZEEMANN-Effekt, das Experiment von STERN-GERLACH und das Magneton (von JAKOB KUNZ); über das H-Theorem vom Anwachsen der Entropie vom Standpunkt der neuen Quantenmechanik (von W. PAULI jr.); über die Auswertung von statistischen Reihen mit Wahrscheinlichkeitsnachwirkung (von EBERHARD BUCHWALD); die zeitlichen Vorgänge in Elektrolytlösungen (von P. DEBYE); über den Strahlbegriff in der FRESNELSCHEN und der MAXWELLSCHEN Kristalloptik (von F. NOETHER); Influenzmethode zur Lösung von Potential- und Schwingungsproblemen (von A. LANDÉ); die Dämpfung der Schwingungen des ANSCHÜTZSCHEN Kreisellkompasses durch kommunizierende Gefäße (von G. KLITSCHER); über den Photoeffekt an Metallen (von GREGOR WENTZEL); über einen arithmetischen Satz der Röntgenkristallographie (von S. BOCHNER und H. SEYFAHRTH); über den

Einfluß von Stößen auf die Struktur der FRAUNHOFERSCHEN Linien (von A. UNSÖLD); über den Mechanismus der homöopolaren Bindung (von F. LONDON); zur Quantentheorie des Ferromagnetismus (von W. HEISENBERG); eine Bemerkung zur Multipolstrahlung (von A. RUBINOWICZ); zur Termdarstellung in komplizierten Spektren (von OTTO LAPORTE); der Übergang von der Röntgenoptik zur Lichtoptik (von P. P. EWALD); zur Thermodynamik von Zweistoffsystemen (von K. F. HERZFELD); die Grobstruktur der Bandenspektren (von A. KRATZER); einige Anwendungen der Integralform des TAYLORSCHEN Restgliedes (von OTTO BLUMENTHAL); über die Schwingungen einer leitenden Seite im homogenen magnetischen Felde (von D. HONDROS); über die sprungweise Änderung der Eigenschaften in Reihen chemischer Verbindungen (von H. G. GRIMM und H. WOLFF); zum Problem der Schmiermittelreibung (von LUDWIG HOPF); der elektrische Durchschlag (von W. ROGOWSKI); zur Theorie der optischen Abbildung (von W. LENZ); eine neue Modifikation des Karborunds (SiC) (von H. OTH); Reziprozitätssatz beim Kristallwachstum (von W. KOSSEL). — Diese Inhaltsübersicht zeigt, daß hier ein Querschnitt durch die Arbeitsfront vieler Gebiete der Physik gegeben ist. Eine Reihe bedeutender Arbeiten sind darunter, deren Studium immer interessant bleiben wird, wie es überhaupt auch für den Physiklehrer immer wieder notwendig und nutzbringend sein wird, Originalabhandlungen zu studieren. Sie bringen ihn in viel größere Lebensnähe zur modernen Forschung als alle Berichte oder gar „populäre“ Darstellungen der Ergebnisse von Forschungen der neuesten Zeit. Material für derartige Studien findet er in großer Zahl in dieser Festschrift, die übrigens auch gut ausgestattet ist.

A. Wenzel.

Große Naturforscher. Eine Geschichte der Naturforschung in Lebensbeschreibungen. Von Professor Dr. PHILIPP LENARD, Heidelberg. Mit 67 zum Teil ganzseitigen Bildnissen. München 1929, J. F. Lehmanns Verlag. Geh. RM 10.—; in Leinen geb. RM 12.—.

Das herrliche Buch muß als ein Geschenk angesehen werden, das der verdienstvolle Heidelberger Forscher allen für die Entwicklung unserer Naturerkenntnis Interessierten, insbesondere aber den Lehrern der Naturwissenschaften, gemacht hat. Es bringt die Lebensbeschreibungen und die Darstellung der naturwissenschaftlichen Leistungen von einer verhältnismäßig nur beschränkten Zahl von Naturforschern. Das sind aber die weit überragenden Geistesgrößen, die wirklich neue grundlegende Erkenntnisse geschaffen haben, bei denen dann oft in breiter Kleinarbeit die Entwicklung eines neuen Wissenszweiges einsetzte. Wenn als Untertitel des Buches „Eine Geschichte der Naturforschung“ genannt ist, so wird damit nicht zu viel gesagt. Beim Studium der Originalschriften der großen Naturforscher hat sich dem Verfasser die Einsicht aufgedrängt — und beim Lesen von LENARDS Buch kann man

sich dieser Erkenntnis nicht entziehen —, daß sie weit mehr geleistet haben, als gemeinhin angenommen wird. Oft ist es geschehen, daß manche grundlegende Erkenntnis der großen Forscher, über die man lange Zeit hinweggegangen war, später dann anderen zugeschrieben wurde, die sich in eingehender Arbeit mit der Sache beschäftigt haben, als sie schon längst nicht mehr neu war. Es knüpft sich so die Geschichte der Naturforschung, wenn man die Originalschriften der großen Forscher in dieser Weise würdigt, tatsächlich nur an eine verhältnismäßig kleine Zahl von Namen.

Als zeitliche Grenze hat sich der Verfasser im allgemeinen den großen Krieg gesetzt, so daß — bis auf 2 Ausnahmen — kein Forscher genannt wird, der den Krieg überlebt hat. Ihm geht es bei der Darstellung der großen naturwissenschaftlichen Gedanken nicht um deren Einfluß auf die Entwicklung der Technik, die nur gelegentlich nebenher erwähnt wird, als vielmehr um deren Bedeutung für die Erkenntnis der Welt und die Stellung des Menschen in ihr.

Dem Leser wird es natürlich unbenommen sein, bei einigen subjektiven Urteilen über mehr nebensächliche Dinge, die nicht auf dem geraden vorgezeichneten Wege liegen, auch abweichender Meinung zu sein. Dies könnte z. B. der Fall sein, wenn der Verfasser (Seite 15 u. ff.) den Ursachen nachspürt, die eine auf naturwissenschaftlichem Gebiete völlig unfruchtbare, nach dem Astronomen HIPPARCH von Nicaea beginnende Zeitspanne von mehr als anderthalb Jahrtausend herbeigeführt haben.

Zu dem, was der Verfasser auf Seite 210 unten über den heutigen naturwissenschaftlichen Unterrichtsbetrieb an den Lehranstalten aller Art sagt, möchte ich mir folgende Bemerkung erlauben: Ich denke in Dankbarkeit an meinen hochverehrten Direktor während des Seminarjahres, OTTO VOGEL, zurück und an FRIEDRICH POSKE. Immer wieder haben sie in den Seminarsitzungen den Kandidaten ans Herz gelegt, in vorbildlichen Unterrichtsstunden praktisch vorgeführt und in Wort und Schrift dafür gewirkt, daß es für einen guten Physikunterricht nicht ausreicht, nur den Lehrstoff zum Verständnis zu bringen, daß vielmehr die humanistischen Bildungselemente herausgearbeitet werden müssen, daß also der Physikunterricht auch nach der historischen und philosophischen Seite ausgewertet werden müsse. Und viele, viele Lehrer, die heute Physikunterricht erteilen, haben sich in diese hohe Auffassung von der Aufgabe des Physikunterrichtes hineingefühlt und sich bemüht, diese Anregungen in die Tat umzusetzen. Sollte sich da Herr Professor LENARD nicht doch insofern irren, als er an der genannten Stelle in ganz allgemeiner Form den Vorwurf erhebt, der Betrieb des Physikunterrichtes sei heutzutage durchweg an allen Anstalten zu stark mathematisiert und verflacht? Und in den Fällen, für welche der Vorwurf zutrifft, möchte ich zunächst geltend machen, daß Anfänger im Unterrichten stets mit der inneren Durcharbeitung und experimentellen

Gestaltung des Lehrstoffs für den Unterricht noch zu viel zu tun haben. Dann aber möchte ich als mildern Umstand geltend machen, daß es an einem historischen, informierenden, und dabei nicht zu langen Werke, das auch gerade die in erzieherischer Hinsicht so wichtigen Momente herausstellt, bis zu dem Erscheinen von LENARDS Buch gefehlt hat.

Daß hier ein kongenialer Forscher mit so viel ersichtlicher Liebe und Freude diese Arbeit geleistet hat, dafür werden ihm die Lehrer der Naturwissenschaften stets zu Dank verbunden sein. Das Buch müßte jeder Lehrer der Naturwissenschaften besitzen; und wenn das in dieser Zeit wirtschaftlicher Not nicht möglich ist, dann sollte es in jeder Lehrerbibliothek in mehreren Exemplaren vorhanden sein, damit jeder Lehrer aus diesem Quell zur Befruchtung seines Unterrichts schöpfen kann.

Nicht unerwähnt sollen die prächtigen Bildnisse bleiben, mit denen das Buch ausgestattet ist. Möchte doch die Sitte, die naturwissenschaftlichen Unterrichtsräume mit den Bildnissen der großen Naturforscher zu schmücken, die wohl von SCHWALBE angeregt wurde, immer mehr an Boden gewinnen. Ich habe die Überzeugung, daß interessierte und mit Verständnis dem Unterricht folgende Schüler auch aus dem Betrachten dieser Gelehrtenköpfe Nutzen ziehen; sie werden zur Ehrfurcht und geistiger Bescheidenheit angeregt.

Steindel.

Michael Pupin: Vom Hirten zum Erfinder.

Autorisierte deutsche Übersetzung von JESSY SCHMIDT. Mit einem Bildnis des Verfassers und einer Tafel. Leipzig 1929, Felix Meiner. Brosch. RM 10.—; geb. RM 12.—.

In dem 384 Seiten umfassenden Buche, das die Übersetzerin JESSY SCHMIDT „Vom Hirten zum Erfinder“ betitelt, schildert MICHAEL PUPIN, der bedeutende Elektrophysiker der Columbia-Universität (Amerika) seinen Lebensgang. MICHAEL PUPIN ist bekanntlich der Erfinder der sog. „Pupinisierung“ langer Telephonleitungen, das ist der Einrichtung, in lange Telephonleitungen in gewissen Abständen richtig dimensionierte Induktionsspulen einzuschalten, um dadurch die Leitung leistungsfähiger zu machen. Um den Wert dieser Erfindung zu charakterisieren, zitiere ich die auf Seite 337 angeführten Worte eines Vizevorsitzenden der Amerikanischen Telephon- und Telegraphengesellschaft: „Wenn während der letzten 20 Jahre meine Gesellschaft gezwungen gewesen wäre, ihr Leitungsnetz so auszubreiten, daß sie ohne Zuhilfenahme der PUPINschen Erfindung dieselben Dienste wie heute zu leisten hätte, dann hätte sie mindestens hundert Millionen Dollar mehr ausgeben müssen, als es tatsächlich der Fall gewesen ist“. Die Erfindung hat PUPIN keineswegs einem Glückszufall zu verdanken, sie entsprang vielmehr der folgerichtigen mathematischen Auswertung von Gedanken in LAGRANGES analytischer Mechanik nach der elektromagnetischen Seite hin.

Das Buch liest sich wie ein fesselnder Roman, ist aber von Oberflächlichkeit weit entfernt. Nur bei einem Leser, der über einige physikalische Kenntnisse verfügt, wird das Interesse bis zur letzten Seite angeregt bleiben.

Der Verfasser erzählt, wie er, als Sohn eines serbischen Bauern im Banat geboren, beim Hüten des Viehs im Abwehrkampf gegen rumänische Viehräuber Schallsignale mit seinen Kameraden austauschte und sich die ersten Gedanken über Schall und Licht machte, wobei er klar erkannte, daß die Erde den Schall besser fortleitet als die Luft. Bald wird seine Gewecktheit bemerkt, namentlich der Pfarrer sucht ihn zu fördern. Er kommt auf eine gehobene Schule und schließlich nach Prag, um sich weiter zu bilden. Aber die dauernden nationalistischen Streitigkeiten führen ihn zu der Einsicht, daß ihm, dem serbischen Bauernjungen, der als minderwertig angesehen wird, ein Emporsteigen in die Höhen der Wissenschaft in Europa versagt sein würde. Als Junge von 15 Jahren, unmittelbar nach dem Tode seines Vaters, fährt er nach Amerika, landet dort mit fünf Cent in der Tasche und wird auch, da er die Beamten durch sein Wesen gewinnt, hineingelassen. Er schildert dann weiter seine Erlebnisse als Greenhorn, wie er als Landarbeiter auf Farmen, als Anstreicher, Fabrikarbeiter sich durchschlug, aber mit zähem Willen niemals sein Ziel aus den Augen verlor. Schließlich wird er Student und gewinnt durch seine sportlichen Leistungen die herzliche Sympathie seiner Kameraden, durch seine geistigen Leistungen nach seiner Naturalisierung reichliche Stipendien und Hilfsmittel. Dann studiert er einige Zeit in England an der Universität Cambridge und hierauf an der Berliner Universität bei HELMHOLTZ. Eine Schilderung seiner Arbeiten nach der Anstellung als Dozent der Columbia-Universität, bei denen ihm einige bedeutende Erfindungen gelangen, bildet den weiteren Inhalt des Buches.

Eine Hauptabsicht aber, die er in seinem Buche verfolgt, ist die Darstellung des erwachenden wissenschaftlichen Idealismus in Amerika, an dessen Anfandung er selbst stark beteiligt ist. Und niemand war mehr geeignet dazu, in diesem Sinne in Amerika zu wirken, als er. In dem einfachen Bauernjungen lagen von den Eltern, und besonders von der Mutter, ererbte Keime, die sich zu herrlicher Blüte entwickelten. In poetischer Schönheit malt er sein Heimatdorf Idvor mit seinen blühenden Gärten, seinen Maisfeldern, seinen wunderbaren Sommernächten auf den Weideplätzen; in rührender Kindesliebe besucht er als hochgestiegener gelehrter Mann immer wieder seine Mutter und setzt ihr in poetischer Darstellung seiner Unterhaltungen mit ihr ein schönes Denkmal.

Auch speziell uns Deutschen weiß der Verfasser allerhand in politischer Hinsicht zu sagen, und sein Urteil ist um so gewichtiger, als hier ein geborener Serbe spricht, der in der Jugend mancherlei an seinem eigenen Leibe erfahren hat, dem aber als hochstehendem Mann der Wissen-

schaft in Amerika ein objektives Urteil zugestanden werden muß. Von besonderem Wert ist uns seine Schilderung Deutschlands in der Zeit Wilhelms I. mit Bismarck, Moltke, Helmholtz und Werner von Siemens.

Das Buch sei Schülerlesebüchereien zur Anschaffung warm empfohlen. Naturwissenschaftlich interessierte Schüler der Oberklassen werden manchen Nutzen daraus ziehen und ihren Blick weiten.
Steindel.

Galilei und seine Zeit. Von LEONARDO OLSCHKI. Halle a. S. 1927, Max Niemeyer.

Diese Darstellung GALILEIS und seiner Zeit ist der dritte Band eines größeren Werkes, der „Geschichte der neusprachlichen wissenschaftlichen Literatur“, das uns nicht vorgelegen hat. Das Buch geht ausführlich auf GALILEIS Kämpfe ein und gibt von diesen ein lebensvolles Bild, das freilich nur der nachprüfen kann, dem eine ebenso ausgedehnte Kenntnis der gleichzeitigen Literatur zu Gebote steht wie dem Verfasser. Das Ergebnis ist für die eigentliche physikalische Forschung weniger bedeutungsvoll als für die Erkenntnis der Persönlichkeit GALILEIS. Ein zukünftiger Biograph wird an OLSCHKIS Forschungen nicht vorübergehen können. GALILEIS Persönlichkeit erscheint nicht gerade in einem neuen Lichte, aber doch bedeutend farbenreicher als irgendwo vorher. Das Wesentliche darin ist, daß GALILEI kein eigentlicher Buchgelehrter, kein Denker ist, der aus der Wissenschaft seiner Zeit hervorging, sondern mehr auf den technischen Bemühungen seiner Tage fußte und einem allgemein verständlichen, man kann beinahe sagen, für das Volk bestimmten Erkennen näherstand. Seine Sprache unterscheidet sich dadurch, wie der Verfasser allenthalben betont, ganz wesentlich von allen literarischen Äußerungen seiner Umgebung. Daß hiermit GALILEIS prinzipielle Entdeckungen zusammenhängen, ist klar, doch dürfte es für einen neuen Bearbeiter der Entwicklung der Prinzipien der Mechanik eine sehr schwierige Aufgabe bedeuten, von den allgemeinen Eindrücken zu Greifbarem überzugehen. Die bisherige mehr philosophische Behandlung streift der Verfasser nur. Sehr zu bedauern ist, daß er es ablehnt, die Persönlichkeiten des KOPERNIKUS, TYCHO BRAHE, KEPLER mit der GALILEIS zu kontrastieren.
Ernst Goldbeck.

Weltkatastrophen der Erde. Von A. SEBOLDT. Selbstverlag. Halle a. S. 34 Seiten. 10 Kunst-
drucktafeln. Kart. RM 1.40.

Den vielen vorhandenen Theorien über die Entstehung des Antlitzes der Erde fügt der Verfasser eine neue hinzu, in der der Leser manche Verwandtschaften mit anderen entdecken wird. Der Verfasser glaubt, daß sich das heutige Antlitz der Erde durch das wiederholte Einschleßen von Kometen — er nimmt vier an — erklären lasse. Diese haben Schollen zerrissen, die Erdrinde verschoben und dabei Gebirge aufgefaltet. Die Wirkungen waren verschieden je nach der Dicke der Erstarrungsrinde.

Die Sprache des Buches ist teilweise leicht verständliche Symbolik: „Heute Nacht erschien mir der Geist eines prähistorischen Urwaldaffen und erzählte folgendes Märchen“. *Scheer.*

Rhythmische Phänomene der Erdoberfläche. Von HENNING KAUFMANN. Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg u. Sohn. 347 S., 15. Abt. im Text; geb. RM 16.—

„Statt aus der Natur zu lesen, tragen wir unsere vorgefaßten Meinungen in sie hinein, spannen sie in ein fertiges Schema, und wo es mit dem Prokrustesbett nicht stimmen will, da wird mit Hilfhypothesen nachgeholfen. Das ist der sicherste Weg, sich über alle Irrtümer hinwegzusetzen und einen Fortschritt in der Erkenntnis zu hindern“ (R. GRADMANN). Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, eine Gruppe der Erscheinungen überhaupt erst einmal als Problem erscheinen zu lassen, und zwar behandelt er die rhythmischen Phänomene der Erdoberfläche, ein Grenzgebiet zwischen Erdkunde und Physik.

Die rhythmischen Vorgänge werden zunächst von den periodischen geschieden. Die Fälle äußerer Periodizität bleiben außer Betracht. Innere Periodizität liegt vor, wenn ein sich selbst überlassenes System unter der Wirkung seiner inneren Kräfte Eigenschwingungen ausführt. Der physikalische Vorgang ist der der periodischen Ausbreitung maximaler Spannungen bei elastischen Medien. Ausgeschieden werden auch die Formen der Natur, die durch Selektion zu erklären sind, wobei sich das Relief an die Struktur, Lagerung und Verbandfestigkeit der Gesteine anpaßt.

Als rhythmisch wird danach jedes differenzierte Geschehen aufgefaßt, bei dem regelmäßige Verschiedenheiten dort entstehen, wo zunächst eine homogene und strukturlose Masse bestand. Die Fälle, wo die Verschiedenheit durch eine differenzierte Einwirkung von außen oder von innen aufgeprägt wird, scheiden aus. Es bleibt also die spontane Differenzierung, die Selbst- oder Eigendifferenzierung. Die rhythmische Differenzierung findet sich besonders gut ausgebildet bei flacher, schichtenartiger Ausbreitung des betreffenden Mediums und bei Vorhandensein einer scharfen Diskontinuität der Differenzierungszone gegen ihre Unterlage. Der Vorgang verlangt eine gewisse Langsamkeit und Stetigkeit des Geschehens und tritt uns nicht immer in reiner Ausbildung entgegen.

Solche rhythmischen Phänomene sieht der Verfasser in Rippelmarken und Dünen, in Wasserwellen, Strandspitzen, in verschiedenen Fließvorgängen, im Büsserschnee, im Struktur- und Texturboden.

Das ganze Buch ist eine Kritik an den bisherigen Forschungsmethoden. Die Sprache ist dabei bisweilen recht scharf und voll beißender Ironie. Die Möglichkeit einer Aufklärung über das Wesen dieser Vorgänge und Erscheinungen sieht der Verfasser in einem engen Zusammenwirken von Erdkunde und Physik. Wertvoll sind die zahlreichen Literaturangaben, bei denen auch

die ausländischen Veröffentlichungen stark berücksichtigt sind.

Das Buch verdient es, daß man sich eingehend mit ihm beschäftigt, denn um die aufgeworfenen Fragen wird man nicht leicht herumkommen. Vermutlich wird das Buch mancherlei Auseinandersetzungen in der Gelehrtenwelt zur Folge haben.

Scheer.

Lehrgang der Chemie. Von Dr. FRANZ KÜSPERT. 1. Teil: Anorganische Chemie. 1. Heft. Lehrstoff der 7. Klasse. 106 Abbildungen. 108 Seiten. Bamberg 1929, C. C. Buchners Verlag. Geh. RM 2.20.

Das Büchlein ist für den Gebrauch auf der Oberstufe der bayerischen Oberrealschulen geschrieben und leitet der Anlage der ganzen Ausgabe entsprechend mit einem historischen Teil ein. Es wird darin kurz die Entdeckungsgeschichte der in diesem Bändchen behandelten hauptsächlichsten Elemente dargestellt. Der Hauptteil ist der Behandlung der theoretischen Anschauungen gewidmet, die kurz, aber durch Versuche belegt, in leicht faßlicher Form den Schülern dargeboten werden. Man möchte nur wünschen, daß dabei die experimentellen Grundlagen unter noch weiterer Beschränkung der Theorie vermehrt würden. Der zweite Teil behandelt dann die technisch wichtigen Gase, der dritte die Alkalimetalle, der letzte endlich die Erdalkalimetalle. Die beiden letzten Gebiete sind systematisch aufgebaut, in ihrer Stoffauswahl und den Versuchen stärker beschränkt. Auf die technologische und die wirtschaftliche Seite der Chemie hat der Verfasser weniger Wert gelegt, trotzdem bei der Gasindustrie und bei der Besprechung der Salze ausgiebig Gelegenheit dazu vorhanden war. Das Büchlein ist sowohl nach Aufbau wie Inhalt beachtlich.

Isberg.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Von Prof. Dr. JOHANN MATUSCHEK und Prof. OSWALD SCHNEIDER. 91 Abbildungen, 3 Farbtafeln und 1 Nährwerttafel. 144 Seiten. Wien 1929, Hölder-Pichler-Tempsky A.G. Geb. RM 4.—

In dem Lehrbuch, das für die Mittelstufe österreichischer Mittelschulen geschrieben ist, haben die Verfasser in sehr feiner Weise den methodischen Weg eingeschlagen, indem es ihnen gelang, vielseitige Anknüpfungspunkte, die den Schülern aus dem täglichen Leben bekannt sind, als Ausgangspunkte für ihren Lehrgang zu verwerten. Der erste Teil kann als sehr gut gelungen bezeichnet werden. Die Theorie ist mehr darbietend behandelt, kommt reichlich früh, ohne genügende stoffliche Grundlage und ohne Versuche, ist aber in dem gebotenen Rahmen gehalten. Unvorteilhaft erscheint mir wieder, die Zusammensetzung von Wasser und Salzsäure statt aus der Synthese aus der Elektrolyse zu ermitteln. Erfreulich ist die konsequente Durchführung einer einheitlichen Bezeichnung für alle Verbindungen (z. B. Fe_2O_3 = Eisen-3-Oxyd). Neben zahlreichen Versuchen, die teils für den Lehrer, teils für den

Schüler bestimmt sind, ohne daß sie als Lehrer- oder Schülerversuche kenntlich gemacht sind, sind sehr geschickt Übungsaufgaben und Anregungen zum Nachdenken in den Text eingestreut. Auch die Benutzung und Bedeutung der Formeln und Gleichungen ist sehr gut behandelt.

Im Vergleich dazu kommt der technologische Teil zu kurz. Die Darstellung der Schwefelsäure erscheint mir beispielsweise ziemlich dürftig. Der mineralogische und kristallographische Teil gehen für eine Mittelstufe reichlich weit. Das gilt auch zum Teil für die organische Chemie, die im Anschluß an die trockene Destillation der Kohle behandelt wird und bei der die Kapitel über Ernährung und Nährmitteln erheblich über das Ziel hinausgehen. Die Bilder sind gut in Auswahl und Wiedergabe, die Tafeln der Mineralien aber ganz willkürlich zusammengestellt.

Die Stärke des Buches ist die erste methodische Einführung, die man als sehr gut gelungen bezeichnen kann.

Isberg.

Anleitung zur organischen qualitativen Analyse. Von Dr. HERMANN STAUDINGER. 2. Auflage, unter Mitarbeit von Dr. WALTER FROST. 144 Seiten. Berlin 1929, Julius Springer. Preis RM 6.60.

In der Reihe der Anleitungen zur Analyse füllt die vorliegende Schrift eine Lücke aus, die der Berichterstatter seit 30 Jahren immer wieder empfunden hat. Der Anfänger im Lehramt, ja selbst der junge Chemiker versagt unter Umständen schon bei der Untersuchung einer Schuhcreme oder eines Bohnerwachses, weil er die einfachen Trennungsmethoden organischer Substanzen nicht durch praktische Übungen kennen gelernt hat. Die STAUDINGERSCHE Anleitung, von der 1923 die erste Auflage erschien, hat aber auf manche Hochschullaboratorien schon anregend gewirkt, so daß qualitative Analysen organischer Stoffgemische mit nachfolgender Elementaranalyse der Komponenten hie und da bereits von den Chemiestudierenden verlangt werden.

Im allgemeinen Teil der Anleitung werden die für den Analysegang wichtigsten — meist physikalischen — Eigenschaften ganzer Verbindungsgruppen dargestellt. Im speziellen Teil folgen die Reagenzien und Arbeitsmethoden, wie Feststellung der Löslichkeit, Reinigen, Filtrieren, fraktionierte Destillation, Ausschütteln und schließlich die Vorprüfung. Die Hauptprüfung benutzt Leicht- und Schwerflüchtigkeit und die Löslichkeit in Äther und Wasser zur Gewinnung großer Reihen von Verbindungen, die dann jeweils durch Anwendung von Spezialreagenzien in einzelne Verbindungsgruppen unterschieden werden. Die kleine Schrift scheint dem Referenten auch ein unentbehrliches Hilfsmittel für den chemischen Unterricht an höheren Schulen zu sein, namentlich auch, weil der Lehrer eine Fülle von einfachen und typischen Erkennungs- und Unterscheidungsreaktionen organischer Stoffe darin findet.

Dm.

Probleme aus der Geschichte der Chemie. Von Dr. OTTO ZECKER. Sonderabdruck aus den

pharmazeutischen Monatsheften 1927, Verlag der Pharm. Post, Wien I.

Auf einem Raum von 50 Seiten eine Geschichte der Chemie zu schreiben, ist keine einfache Aufgabe. Dabei aber nur die großen Zusammenhänge darzustellen, unendlich viel Wissenswertes in eine gefällige Form zu gießen und doch mit wissenschaftlicher Gründlichkeit und Zuverlässigkeit zu schildern, das ist dem Verfasser dieser kleinen Schrift sehr gut gelungen. Die zahlreichen biographischen Anmerkungen über einzelne große Chemiker enthalten stets auch die wichtigsten Entdeckungen, die sie gemacht haben, und erhöhen noch den Wert der kleinen Schrift, ebenso wie das kurze, aber gut gewählte Literaturverzeichnis. Die besondere Berücksichtigung der Pharmazie tritt nirgends störend in die Erscheinung. Wenn, wie aus dem Titel der Schrift hervorgeht, auch keine Vollständigkeit erstrebt wird, so liegt doch ein vorzüglicher Abriß der Geschichte der Chemie vor, der verdient, weitesten Kreisen der Chemielehrer bekannt zu werden. Besonders geeignet dürfte sie auch für den Lehramtsstudierenden der Chemie sein, der doch meist die von ihm geforderten Kenntnisse in der Geschichte der Chemie sich selbst wird aneignen müssen, weil es auf den Hochschulen vielfach noch an geeigneten Vorlesungen fehlt.

Dm.

Künstliche Verwandlung der Elemente (Zertrümmerung der Atome). Von Dr. HANS PETERS-

son in Göteborg (Schweden). Aus dem Schwedischen übersetzt von ELISABETH KIRSCH. Mit 59 Figuren im Text. Groß 8°. VIII und 151 Seiten. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. Preis geh. RM 8.—, geb. RM 9.—.

Als vor 10 Jahren die Nachricht aus dem Laboratorium von RUTHERFORD kam, daß es ihm gelungen sei, den Kern des Stickstoffatoms zu zertrümmern und damit das Ziel der Alchemie, die Umwandlung eines chemischen Elementes zu erreichen, hätte man sicher an der Richtigkeit dieser Behauptung gezweifelt, wenn sie nicht von einem so berühmten Experimentalphysiker ausgegangen wäre. Inzwischen ist die Atomzertrümmerung mit Hilfe von α -Teilchen vielfach wiederholt worden und der Verfasser, der an solchen Versuchen im Wiener Radiuminstitut selbst aktiven Anteil genommen hat, beschreibt im vorliegenden Buch die Methoden und die bisher erhaltenen Ergebnisse, die sicher einen größeren Leserkreis interessieren werden. Allerdings ist die Darstellung zu leicht verständlich gehalten und für den naturwissenschaftlich auch nur etwas gebildeten Leser viel zu breit. Eine wesentlich knappere Fassung unter Weglassung vieler unbedeutender Einzelheiten würde meines Erachtens das Buch viel besser lesbar machen; aber auch so ist es zur Orientierung über das Gebiet, auch für Schüler der Oberklassen höherer Schulen, sicherlich recht brauchbar.

Estermann.

Aus Werkstätten.

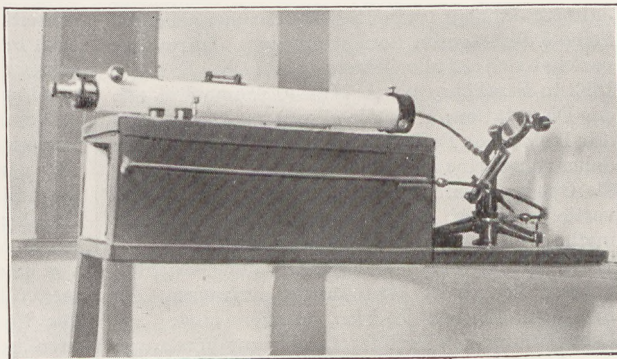
Die Firma Ing. H. E. WECKMANN in Anneniki (Lettland) stellt seit kurzem ein **Horizontalfernrohr** her, das bestimmt ist, für den Unterricht in der Himmelskunde überall da verwendet zu werden, wo die Aufstellung umfangreicherer Kuppelbauten aus Raum-mangel unmöglich ist.

Das Horizontalfernrohr (es kann natürlich auch ein horizontal gelagertes Spiegelteleskop sein) besteht aus dem Beobachtungsfernrohr und einem äquatorial montierten Planspiegel, der im Durchmesser etwas größer ist als der Objektivdurchmesser des Beobachtungsinstrumentes.

Die Figur zeigt eine solche Versuchsanordnung, aus der zu ersehen ist, daß der äquatorial montierte Planspiegel in jede Stellung gebracht werden kann, so daß die vom Gestirn kommenden Strahlen vom Spiegel derart reflektiert werden, daß sie in das Objektiv des Beobachtungsfernrohres gelangen.

Die Montierung des Spiegels kann mit Feinbewegung und Uhrwerkantrieb ausgestattet werden. Die Einstellungen sind vom Okularende des Fernrohres zu betätigen bzw. zu korrigieren. Als einziger Nachteil dieser Anlage könnte der Lichtverlust durch die Reflexion am Planspiegel

angeführt werden. Wenn man aber auch den Lichtverlust mit 5% annimmt, so überwiegen doch die Vorteile der Anordnung. Erstens bleibt das Auge des Beobachters dauernd in un-



veränderter Lage, und es können am Okulartrieb auf fester Unterlage beliebige Nebenapparate erschütterungsfrei angebracht werden. Zweitens bedarf die Anordnung keiner Drehkuppel, denn das Fernrohr kann in einem geschlossenen Raum untergebracht werden, wogegen nur der Spiegel im Freien zu stehen braucht und durch Abdecken leicht geschützt werden kann.

Die Einstellung der Objekte geschieht durch die Einstellkreise, an die eine einmalige Plus- bzw. Minuskorrektion anzubringen ist. Ferner

kann neben dem Spiegel ein kleiner Sucher angeordnet werden, um die Einstellung zu erleichtern.

Korrespondenz.

Druckfehlerberichtigungen zu Heft 3 des laufenden Jahrgangs.

1. In dem Aufsatz von F. MOELLER, Die wichtigen Messungen an der Elektronenröhre zur Bestimmung ihrer wesentlichen physikalischen Eigenschaften, 43, 97; 1930, ist auf S. 104, Zeile 16 von unten, Mavometer-Nebenwiderstand zu ersetzen durch Mavometer-Vorwiderstand, wie der Zusammenhang ohne weiteres ergibt.

2. In der Kleinen Mitteilung von L. BERGMANN, Über einige weitere Demonstrationsversuche mit dem 2,4 m-Röhrensender, 43, 122; 1930, sind auf S. 129, Zeile 19 von oben, die Bezeichnungen $\frac{\lambda}{4}$ und W_1 zu vertauschen.

3. In dem Bericht von P. KIRCHNER, Ein neues Hilfsmittel für den geologischen Unterricht, 43, 136; 1930, ist die Reihenfolge der Abbildungen zu ändern. Fig. 8 muß an die Stelle der Fig. 2 gesetzt werden, und die Fig. 2, 3, ., 7 erhalten nacheinander die Plätze der Fig. 3, 4, ., 8.

Ernst Albert Schenck †. Wieder hat unsere Zeitschrift einen sehr herben Verlust zu beklagen. Am 11. April 1930 verstarb in Berlin-Zehlendorf unser langjähriger bewährter Mitarbeiter ERNST SCHENCK.

Im 9. Jahrgange (1896) begann seine Tätigkeit für die POSKESCHE Zeitschrift. Bezeichnend ist, daß seine beiden ersten Bücherbesprechungen sich mit Schriften dänischer Physiker beschäftigten. SCHENCK hat weiterhin die ausländische Physikerliteratur in fast universaler Weise verfolgt und Jahr für Jahr wertvolle Referate darüber geliefert. Seine 8 Beiträge im Berichtteil des 9. Jahrganges beziehen sich auf alle Gebiete der Physik. Er hatte 1882 in Straßburg bei A. KUNDT promoviert mit der Dissertation: Über die elliptische Polarisation des Lichts bei Reflexion an Kristalloberflächen; daher rührt seine lebenslang bewahrte Vorliebe für die Optik, in deren Schrifttum er sich unablässig vertiefte. Aber auch zu philosophischen und methodisch-didaktischen Fragen ergriff er das Wort, so daß alle Abschnitte in den Berichten unserer Zeitschrift Mitteilungen aufweisen, die mit dem Zeichen Schk. versehen sind. Als Schriftführer des Berliner Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts war er viele Jahre im Vorstände neben R. HEYNE und H. HAHN der dritte im Bunde. Die Zeitschrift enthält seine Jahresberichte über die Vereinstätigkeit. Der Verein zeichnete ihn durch Ernennung zum Ehrenmitglied aus. Als F. POSKE starb, hielt SCHENCK sich zunächst zurück. Die Aufforderung, seine Mitarbeit in der gewohnten Weise fortzusetzen, hatte nach anfänglichem Zögern Erfolg, und sobald er überzeugt war, daß die bewährten Grundsätze

unangetastet blieben, stellte er sich wie von jeher in den Dienst der ihm ans Herz gewachsenen Bestrebungen. Er krönte das Werk dadurch, daß er sich der großen Mühe unterzog, das Generalregister für Jahrgang 31 bis 40 (1918 bis 1927) zu bearbeiten, eine Leistung, die ERNST SCHENCK als überaus sorgfältigen und peinlich gewissenhaften Fachmann kennzeichnet.

Geboren am 30. August 1858 zu Nemmersdorf bei Gumbinnen in Ostpreußen, wo sein Vater evangelischer Pfarrer war, erhielt SCHENCK seine Ausbildung auf dem Gymnasium zu Tilsit; hier bestand er am 28. August 1876 die Maturitätsprüfung. Er studierte Naturwissenschaften in Berlin, Heidelberg und München, kehrte im Herbst 1879 nochmals nach Berlin zurück und ging im Winter 1880 nach Straßburg. Seine experimentellen Fähigkeiten entwickelte er in den physikalischen Laboratorien von W. BEETZ in München, H. HELMHOLTZ in Berlin und A. KUNDT in Straßburg. Nach der 1883 abgelegten Staatsprüfung wurde er „Atom“ im SCHELLBACHSchen Seminar und unterrichtete dann als Hilfslehrer an verschiedenen Berliner Schulen, darunter auch am JOACHIMSTHALSchen Gymnasium. 1893 erfolgte seine feste Anstellung an der 2. Realschule in Berlin. Bei Neugründung der 13. Berliner Realschule ging er dorthin über und war zweimal längere Zeit stellvertretender Direktor dieser Anstalt. 1917 wurde ihm das Direktorat der Karl Michaelis Realschule in Berlin übertragen, die er bis zur Erreichung der Altersgrenze 1923 leitete.

Ein Amtsgenosse, der 45 Jahre lang in engster Freundschaft mit SCHENCK verbunden war, schreibt über den Heimgegangenen: „Sein Übertritt in den Ruhestand bedeutete nicht das Ende seines Schaffens. Bis in die letzte Zeit hinein ist er tätig geblieben und hat sich auch vor mühseliger Arbeit nicht gescheut, wenn es zu helfen galt. Hilfreich und gut zeigte er sich gegen jedermann, mit dem er zusammentraf, immer gleichmäßig freundlich im Umgang, stets rein sachlich bei allen Angelegenheiten, die an ihn herantraten. In seiner reichen tätigen Güte wurde er unterstützt von einem klaren Verstand, der ihn vor temperamentvollem Zuviel oder Zuwenig weise schützte. Die Not des Vaterlandes, besonders seiner ostpreußischen Heimat, hat ihn tief geschmerzt, und darüber konnte man ihn, der sonst so ruhig blieb, in großer Erregung klagen hören. Das Auseinanderstreben der Parteien in Deutschland war in den letzten Jahren sein größter Kummer; selbst hatte er als höchstes Ideal vor sich: „Mein Vaterland!“. Leider kam er nicht zu dem Glauben an eine baldige Besserung, und darunter litt er sehr. Er bewahrte sich seine Frische dadurch, daß er pädagogisch tätig blieb. Noch im letzten Sommer bestieg er in Tirol die Berge. Dies sollte der letzte

Ausflug sein nach vielen ausgedehnten Reisen, die ihn weit in die Welt hinausgeführt hatten. Nun er die Fahrt in die Unendlichkeit angetreten, bleibt unser Gedenken ihm gesichert.“

Die POSKESCHE Zeitschrift sagt ERNST SCHENCK innigsten Dank für seine unwandelbare Treue.
Mth.

Prof. Dr. Heinrich Böttger vollendete am 25. Juni 1930 sein 75. Lebensjahr. Unsere Zeitschrift, für die der Jubilar noch immer eifrig wirkt, wiederholt in voller Herzlichkeit die zum 50jährigen Doktorjubiläum (39, 255; 1926) ausgedrückten Wünsche.

Keplergedächtnisfeier in Regensburg. Zur Erinnerung an KEPLERS 300. Todestag (15. November 1630) wird die alte Reichsstadt Regensburg am 24. und 25. September 1930 eine Gedächtnisfeier veranstalten. Die Festfolge kündigt für Mittwoch, den 24. September einen Huldigungsakt am Keplerdenkmal in den Bahnhofsanlagen an, wobei Geh.-R. Prof. Dr. v. DYCK-München die Festrede halten wird. Am Begrüßungsabend spricht Prof. Dr. CASPAR-Stuttgart-Cannstatt. Für den Festakt im althistorischen Reichssaal am Donnerstag, den 25. September ist eine Rede von Prof. Dr. BAUSCHINGER-Leipzig vorgesehen, und die Feierlichkeiten schließen nachmittags mit einem Huldigungsakt vor der Keplerbüste in der Walhalla bei Regensburg. Der Stadtrat Regensburg, der alle Kepler-Verehrer zur Teilnahme aufruft, ist zu weiteren Mitteilungen über die Gedächtnisfeier bereit.

Herbstferienlehrgang 1930 der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin vom 3.—15. Oktober.

I. Vorlesungen.

1. Ministerialdirektor Dr. JAHNKE: Die deutsche Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. — 2. Oberstudienrat Dr. VOLKMANN: Über die Einrichtung naturwissenschaftlicher Räume. — 3. Privatdozent Dr. E. BERGMANN: Die neuesten Ergebnisse der chemischen Forschung (mit Versuchen). — 4. Prof. Dr. R. POTONIÉ: Die Oberflächenformen Norddeutschlands (nach neueren Arbeiten). — 5. Dr. RUPP: Anwendungen der Elektroneninterferenzen zur Strukturanalyse von Oberflächen (mit Lichtbildern). — 6. Prof. Dr. HAUSER: Über neuere optische Instrumente und Geräte nach beleuchtungstechnischen Gesichtspunkten. — 7. Prof. Dr. DEFANT: Der gegenwärtige Stand wissenschaftlicher Meeresforschung. — 8. Prof. Dr. FRANCK: Neuere Verfahren und Probleme der chemischen Großindustrie. — 9. Privatdozent Dr. P. BAUMGARTEN: Chemie der Hormone, Vitamine und Enzyme. — Sämtliche Vorlesungen sind zweistündig.

II. Übungen.

1. Oberstudiendirektor Dr. PETZOLD: Einführung in die allgemeine und physikalische Chemie. — 2. Prof. Dr. RISCHBIETH: Quantitative gasvolumetrische Unterrichtsversuche und Übungen. — 3. Studienrat SPLETTSTÖSSER: Schulversuche aus der Elektrochemie. — 4. Studienrat Dr. GALL: Schülerversuche aus verschiedenen Gebieten der Chemie. — 5. Privatdozent Dr. H. SEIFERT und Dr. HERLINGER: Kristallaufbau und -abbau, kristallochemische Gesetzmäßigkeiten, Probleme der Mineralogenese (mit Demonstrationen und einfachen Übungen). — 6. Prof. Dr. TRENDELENBURG: Physiologische Übungen (Kreislauf, Blut, Atmung, Nerv-Muskel-System, Sinnesorgane). — 7. Privatdozent Dr. A. TH. CZAJA: Pflanzenphysiologische Übungen. — 8. Prof. Dr. KOLKWITZ und Studienrat Dr. BETHGE: Bau und Leben der Pflanze; Praktikum und Anfertigung von Präparaten. — 9. Oberstudienrat Dr. OTTO: Ausgewählte Übungen zum biologischen Arbeitsunterricht. — 10. Studienrat Dr. CURIO: Chemische und mikroskopische Untersuchungen über den normalen und gestörten menschlichen Stoffwechsel; Übungen nebst Vorträgen über Ernährungsfragen. — 11. Prof. Dr. HAUSER: Übungen an Mikroskopen, Projektionsapparaten und anderen optischen Instrumenten. — 12. Prof. Dr. POTONIÉ, Prof. Dr. GOTHAN, Prof. Dr. WIEGERS, Dr. GÖRZ: Übungen und Vorträge über ausgewählte Kapitel aus der Geologie. — 13. Prof. Dr. KÖNIG: Übungen in der Anstellung und Verwertung meteorologischer Beobachtungen, sowie im Zeichnen und Gebrauch von Wetterkarten. — 14. Studienrat Dr. SCHEER: Übungen im Gebrauch erdkundlicher Lehrmittel (Karte, Relief, Globus, Versuche usw.). — 15. Studienrat Dr. ZORN: Übungen in der Werkstatt mit Anleitung zur Anfertigung einfacher Apparate, insbesondere solcher für Schülerübungen. — 16. Dr. FR. MOELLER: Übungen zur Hochfrequenzphysik (Untersuchungen mit dem Wellenmesser und an Elektronenröhren). — 17. Dipl.-Ing. BLECH: Versuche zur Strömungslehre; Bau eines einfachen fliegenden Modellflugzeuges; Flugversuche. — 18. Dr. BECK: Einführung in die Photographie, mit praktischen Übungen. — 19. Dr. BECK: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Photographie, mit besonderer Berücksichtigung der Farbenphotographie. — Alle Übungen sind 16-stündig.

III. Besichtigungen.

1a. Gaswerk Berlin-Tegel. 1b. Städtischer Zentral-Vieh- und Schlachthof. 1c. Geologische Wanderung von Niederfinow nach Chorinchen, unter Führung von Prof. Dr. POTONIÉ. — 2a. Borsigwerke Berlin-Tegel. 2b. Deutsche Industriewerke A.-G. in Spandau. 2c. Institut für Vererbungslehre in Berlin-Dahlem. 2d. Geologischer Ausflug nach Rüdersdorf-Kalkberge unter Führung von Prof. Dr. SCHNEIDER. — 3. Besichtigung der Bayerischen Kalkstickstoffwerke A.-G. in Piesteritz bei Wittenberg.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1930.

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

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl. ¹	Sternzeit ²	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1930	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Aug. 29	10 27	+ 9,7	+ 1 12	22 25 54	12 3	- 3,2	13 14	- 9,3	6 1	+ 23,5	6 58	+ 22,7	18 23	- 22,8
Sept. 3	10 45	7,9	- 0 20	22 45 37	12 14	5,2	13 33	11,7	6 15	23,6	7 2	22,6	18 23	22,8
" 8	11 3	6,1	2 0	23 5 20	12 19	6,3	13 51	14,0	6 28	23,6	7 5	22,5	18 23	22,8
" 13	11 21	4,2	3 44	23 25 2	12 15	6,1	14 10	16,1	6 42	23,5	7 9	22,4	18 23	22,8
" 18	11 39	2,2	5 30	23 44 45	12 2	4,3	14 28	18,1	6 54	23,3	7 12	22,3	18 23	22,8
" 23	11 57	+ 0,3	- 7 15	0 4 28	11 44	- 1,1	14 46	- 20,0	7 7	+ 23,1	7 15	+ 22,3	18 23	- 22,8
" 28	12 15	- 1,6	8 58	0 24 11	11 32	+ 2,0	15 3	21,7	7 19	22,9	7 17	22,2	18 24	22,8
Okt. 3	12 33	3,6	10 36	0 43 53	11 33	3,5	15 20	23,2	7 31	22,6	7 20	22,1	18 25	22,8
" 8	12 51	5,5	12 7	1 3 36	11 48	3,0	15 35	24,5	7 43	22,2	7 22	22,1	18 26	22,8
" 13	13 10	7,4	13 28	1 23 19	12 13	0,8	15 49	25,6	7 54	21,9	7 24	22,0	18 27	22,8
" 18	13 28	- 9,3	- 14 35	1 43 2	12 41	- 2,3	16 0	- 26,4	8 4	+ 21,5	7 26	+ 22,0	18 28	- 22,8
" 23	13 47	11,1	15 27	2 2 45	13 12	5,8	16 10	27,0	8 15	21,1	7 27	21,9	18 29	22,8
" 28	14 6	12,8	16 3	2 22 27	13 43	9,4	16 16	27,3	8 24	20,7	7 28	21,9	18 31	22,8
Nov. 2	14 26	- 14,5	- 16 20	2 42 10	14 14	- 12,7	16 18	- 27,2	8 33	+ 20,4	7 28	+ 21,9	18 32	- 22,8

¹ Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

² Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist ± 0^s.657 · λ°.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in M.E.Z. Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich v. Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1930	h m	h m	h m	h m	1930	h m	h m	h m	h m	1930	h m	h m	h m	h m
Aug. 29	5 6	18 54	12 14	20 48	Sept. 23	5 48	17 56	6 48	18 23	Okt. 18	6 32	16 58	1 15	16 5
Sept. 3	5 15	18 43	17 36	—	" 28	5 57	17 44	13 52	20 16	" 23	6 41	16 48	8 42	17 12
" 8	5 23	18 31	18 57	5 20	Okt. 3	6 5	17 32	16 44	0 39	" 28	6 50	16 37	14 9	21 7
" 13	5 31	18 20	19 56	11 33	" 8	6 14	17 21	17 35	6 44	Nov. 2	6 59	16 28	15 25	2 3
" 18	5 40	18 8	—	17 0	" 13	6 23	17 9	19 42	13 20					

Mondphasen

1930
M.E.Z.

Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Sept. 22 12h 41,6m	Sept. 29 15h 57,8m	Sept. 8 3h 47,8m	Sept. 15 22h 12,7m
Okt. 21 22 47,6	Okt. 29 10 22,1	Okt. 7 19 55,6	Okt. 15 6 11,9
		Nov. 6 11 28,1	

Verfinsterungen der Jupitertrabanten in M.E.Z.

Trabant I		Trabant II		Trabant III	
Sept. 29 0h 22,3m Eintr.	Okt. 22 0h 30,8m Eintr.	Sept. 8 0h 10,4m Eintr.	Okt. 9 0h 51,4m Austr.		
Okt. 14 22 37,4	" Okt. 30 20 52,7	Okt. 9 23 50,5	"		

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Länge von Stargard.

M.E.Z.	Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1930	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Aug. 29	—	—	Da 19,4	U 20,0	A 23,2	Dm 3,9	A 0,2	Dm 4,0	Da 20,1	U 23,8
Sept. 8	—	—	Da 19,0	U 19,6	A 23,0	Dm 4,2	A 23,7	Dm 4,3	Da 19,7	U 23,1
" 18	—	—	Da 18,6	U 19,1	A 22,8	Dm 4,5	A 23,2	Dm 4,6	Da 19,3	U 22,5
" 28	—	—	Da 18,2	U 18,6	A 22,6	Dm 4,8	A 22,6	Dm 4,9	Da 18,9	U 21,8
Okt. 8	A 4,4	Dm 5,2	Da 17,8	U 18,2	A 22,4	Dm 5,1	A 22,1	Dm 5,2	Da 18,5	U 21,2
" 18	A 5,1	Dm 5,5	Da 17,5	U 17,7	A 22,2	Dm 5,4	A 21,5	Dm 5,5	Da 18,1	U 20,6
" 28	—	—	Da 17,1	U 17,1	A 22,0	Dm 5,7	A 20,9	Dm 5,8	Da 17,8	U 20,0

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

Sept. 23 19h 37m **Herbstanfang**. Sept. 27 2h Mars in Konjunktion mit Jupiter, Mars 43' nördlich.
 Okt. 7 19h 46m—20h 27m **partielle Mondfinsternis**. Okt. 18 Venus im größten Glanze. *Kohl.*

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

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