

Ein dynamisches Problem des Kurbeltriebes.

Von Dr. Ing. Otto Holm in Hamburg.

Im Rahmen des Physikunterrichtes werden in den höheren Schulen die Grundbegriffe und fundamentalen Gesetzmäßigkeiten der Mechanik behandelt. Die Ableitung der Wechselbeziehungen zwischen den Grundgrößen des absoluten Systems, Zeit und Länge einerseits und Geschwindigkeit andererseits stößt seitens der Schüler auf keinerlei Schwierigkeiten des Verständnisses. Anders ist es schon mit dem Begriff der Beschleunigung, den der Hörer zwar formal zu verstehen, aber nicht in gleicher Weise wie den der Geschwindigkeit und anderer durch die Erfahrung vertrauter Größen gleichsam zu erfüllen vermag. Besondere Schwierigkeiten bereitet aus diesem Grunde auch die Masse, die schwer vom Gewicht zu trennen ist. Nur dadurch ist es zu erklären, daß von den Schülern die Ansätze zu dynamischen Aufgaben viel schwerer selbständig gefunden werden als zu vielleicht an sich viel schwierigeren statischen Aufgaben. Dabei baut sich die ganze Dynamik eigentlich nur auf eine Grundgleichung auf, die lautet:

$$K = m \cdot b.$$

Kraft gleich Masse mal Beschleunigung. Diese Gleichung ist schon der Ansatz zu fast allen vorkommenden Aufgaben. Sie umfaßt das D'ALEMBERTSche Prinzip, den Impulssatz und alles übrige. Die möglichen Variationen bestehen einfach darin, daß entweder die Kraft, oder die Masse, oder die Beschleunigung gesucht ist, während die beiden anderen Größen bekannt sind, oder daß die Beschleunigung noch als erste Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit oder als zweite Ableitung des Weges nach der Zeit aufgefaßt werden kann, so daß die Zahl der möglichen Variationen durch den Weg und die Geschwindigkeit noch um zwei vermehrt wird.

Die vorstehend angedeuteten Schwierigkeiten bei der Verdeutlichung und Verankerung des Beschleunigungsbegriffes und des Begriffes der Massenkraft lassen jedes praktische Anwendungsbeispiel willkommen erscheinen, das geeignet ist, die Schwierigkeiten meistern zu helfen.

Bei dem nachstehend durchzuführenden Beispiel handelt es sich um das Verhalten eines Körpers relativ zu einem veränderlich beschleunigt bewegten zweiten Körper. Im Maschinenbau erwächst häufig die Aufgabe, den Schwingzapfen einer Schubstange vom Kurbelzapfen aus zu schmieren. Die Schubstange wird zu diesem Zweck durchbohrt, oder man führt ein besonderes Schmierrohr an der Schubstange entlang, das beide Lagerstellen miteinander verbindet. Die prinzipielle Anordnung einer solchen durchbohrten Schubstange zeigt Fig. 1. Die Kurbel  $AB$  dreht sich mit der gleichförmigen Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ . Der Schubstangenkopf  $b$  läuft demnach mit der Kurbel auf dem Kreis mit dem Radius  $r$  (Kurbelradius) mit der gleichförmigen Geschwindigkeit  $\omega \cdot r$  um. Der andere Schubstangenkopf  $c$  wird durch eine Geradföhrung

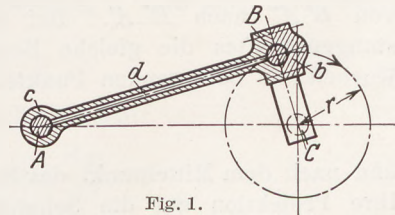


Fig. 1.

(Kreuzkopf, Tauchkolben) gezwungen, sich auf der Geraden  $AC$  hin- und herzubewegen. Man übersieht sofort, daß das Öl in der Bohrung  $d$  wechselnde Beschleunigungen nach links und rechts, nach oben und unten erfährt. Es fragt sich nun, ob es von selbst von  $B$  nach  $C$  laufen wird oder umgekehrt, und welche Drücke man anwenden müßte, um es gegebenenfalls gegen die dynamischen Kräfte in gewünschter Richtung fortzuleiten.

Bei der Behandlung des Problems gehen wir von einem einzelnen Öltropfen aus, der sich entsprechend der schematischen Skizze der Fig. 2 im Punkt  $D$  in der Schubstangenachse in der Entfernung  $a$  von der Pleuellmitte befinden möge. Der Öltropfen kann sich relativ zur Schubstange natürlich nur in Richtung ihrer Achse in der Bohrung hin- und herbewegen. Bewegungen senkrecht zu dieser Richtung werden durch die Lochwandung verhindert. Eine Bewegung in jener Richtung

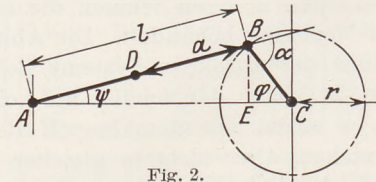


Fig. 2.

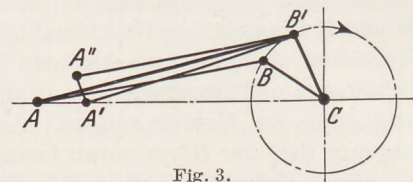


Fig. 3.

in dem einen oder anderen Sinne relativ zur Schubstange wird er dann ausführen, wenn die Schubstange in ihrer Längsrichtung beschleunigt wird. Er bleibt dann infolge seiner Trägheit zurück, so daß er sich jeweils relativ zur Schubstange im entgegengesetzten Sinn der Beschleunigungen bewegt, die diese erfährt. Es kommt also zunächst darauf an festzustellen, welche Beschleunigung der Punkt  $D$  in der Achsrichtung der Schubstangen bei einer beliebigen Stellung der sich mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  drehenden Pleuell erfährt.

Wenn sich die Pleuell entsprechend Fig. 3 von  $B$  nach dem nahe benachbarten Punkt  $B'$  dreht, gelangt das andere Schubstangenende von  $A$  nach  $A'$ . Wir können uns die hierbei von der Schubstange ausgeführte Bewegung entstanden denken aus einer Verschiebung von  $AB$  nach  $A'B'$  und einer nachfolgenden Drehung um  $B'$  von  $B'A''$  nach  $B'A'$ . Bei der Verschiebung erfahren alle Punkte des Schubstangenschaftes die gleiche Beschleunigung. Die Beschleunigung des sich auf dem Pleuellkreis bewegendes Punktes  $B$  bzw.  $B'$  ist

$$b_1 = \omega^2 \cdot r \dots \dots \dots (1)$$

und nach dem Mittelpunkt des Pleuellkreises hin gerichtet (Zentripetalbeschleunigung). Ihre Projektion auf die Schubstangenrichtung ist die gesuchte Beschleunigung in Richtung der Bohrung:

$$b_2 = b_1 \cdot \cos \alpha \dots \dots \dots (2)$$

Bei der Drehung um  $B'$  erfährt der Punkt  $D$  eine Zentripetalbeschleunigung nach  $B'$  hin von der Größe:

$$b_3 = a \cdot \omega_1^2 \dots \dots \dots (3)$$

Unter  $\omega_1$  sei die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit der Schubstange bei ihrer Drehung verstanden.

Die wahre Beschleunigung des Punktes  $P$  in Schubstangenachsrichtung ist

$$b = b_2 + b_3 = b_1 \cos \alpha + a \omega_1^2 \dots \dots \dots (4)$$

Es ergeben sich aus der Fig. 2 folgende Beziehungen:

$$\alpha = \varphi + \psi; \dots \dots \dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \cos \alpha &= \cos(\varphi + \psi) = \cos \varphi \cos \psi - \sin \varphi \sin \psi \\ &= \cos \varphi \cdot \frac{AE}{AB} \sin \varphi \frac{EB}{AB} \\ &= \cos \varphi \frac{\sqrt{AB^2 - EB^2}}{AB} \sin \varphi \frac{EB}{AB} \\ &= \cos \varphi \frac{\sqrt{l^2 - r^2 \sin^2 \varphi}}{l} - \sin \varphi \cdot \frac{r \cdot \sin \varphi}{l} \\ &= \cos \varphi \sqrt{1 - \left(\frac{r}{l}\right)^2 \sin^2 \varphi} - \frac{r}{l} \sin^2 \varphi. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

Das Verhältnis des Kurbelradius  $r$  zur Schubstangenlänge  $l$  nennt man das Schubstangenverhältnis und bezeichnet es mit  $\lambda$ . Die Schubstange ist bei Kolbenmaschinen (Dampfmaschinen, Motoren usw.) stets mindestens viermal so lang wie der Kurbelradius, meistens länger. Damit wird

$$\left(\frac{r}{l}\right)^2 \sin^2 \varphi = \lambda^2 \sin^2 \varphi \leq 0,0625. \dots \dots \dots (7)$$

$1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi$  ist demnach eine nur sehr wenig von 1 verschiedene Zahl. Die Wurzel hieraus ist daher angenähert gleich  $1 - \frac{\lambda^2 \sin^2 \varphi}{2}$ . Von der Richtigkeit dieser an sich bekannten Regel kann man sich an Hand eines Zahlenbeispiels leicht überzeugen, wenn man etwa die Wurzel aus 1,06 zieht. Man erhält angenähert 1,03, denn  $1,03 \times 1,03 = 1,0609 \approx 1,06$ . Wir wenden diese Regel auf Gleichung 6 an und erhalten:

$$\left. \begin{aligned} \cos \alpha &= \cos \varphi \left(1 - \frac{\lambda^2}{2} \sin^2 \varphi\right) - \lambda \sin^2 \varphi \\ &= \cos \varphi - \frac{\lambda^2}{2} \cos \varphi + \frac{\lambda^2}{2} \cos^3 \varphi - \lambda + \lambda \cos^2 \varphi \\ &= \frac{\lambda^2}{2} \cos^3 \varphi + \lambda \cos^2 \varphi + \left(1 - \frac{\lambda^2}{2}\right) \cos \varphi - \lambda. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

Die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_1$  der Schubstange in Gleichung 4 muß auch noch durch bekannte Größen ausgedrückt werden:

$$l \cdot \sin \psi = r \cdot \sin \varphi \quad (\text{s. Fig. 2}). \dots \dots \dots (9)$$

Wir differenzieren beide Seiten der Gleichung 9 nach der Zeit:

$$l \cdot \cos \psi \cdot \frac{d\psi}{dt} = r \cdot \cos \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} \quad \frac{d\psi}{dt} = \omega_1; \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega. \dots \dots \dots (10)$$

$$\cos \psi = \frac{AE}{AB} = \frac{\sqrt{AB^2 - EB^2}}{AB} = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi}. \dots \dots \dots (11)$$

Nach Einsetzen der Gleichung 10 wird:

$$\omega_1^2 = \frac{r^2 \cdot \cos^2 \varphi}{l^2 (1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi)} \cdot \omega^2 = \frac{\lambda^2 \cos^2 \varphi}{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi} \cdot \omega^2. \dots \dots \dots (12)$$

Wir machen jetzt wieder von der Tatsache Gebrauch, daß  $1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi$  eine nur sehr wenig von 1 verschiedene Zahl ist, und zwar weicht sie in diesem Falle wieder höchstens um etwa 0,06 ab, d. h. ihr Kleinstwert ist etwa 0,94. Wir können deshalb mit hinreichender Genauigkeit setzen:

$$\frac{1}{1 - \lambda^2 \sin^2 \varphi} = 1 + \lambda^2 \sin^2 \varphi. \dots \dots \dots (13)$$

Beispiel:  $\frac{1}{1 - 0,06} = \frac{1}{0,94} = 1,063 \approx 1 + 0,06$  ( $\frac{1}{3}\%$  Fehler).

Aus Gleichung 12 und 13 ergibt sich:

$$\omega_1^2 = \lambda^2 \cos^2 \varphi (1 + \lambda^2 \sin^2 \varphi) \cdot \omega^2 = (\lambda^4 \cos^4 \varphi + \lambda^2 [1 + \lambda^2] \cos^2 \varphi) \omega^2. \quad (14)$$

Die Werte für  $\cos a$  aus Gleichung 8 und für  $\omega_1^2$  aus Gleichung 14 liefern eingesetzt in die Gleichung 4 unter Benutzung der Gleichung 1 die neue Gleichung:

$$b = \omega^2 r \left[ \frac{\lambda^2}{2} \cos^3 \varphi + \lambda \cos^2 \varphi + \left( 1 - \frac{\lambda^2}{2} \right) \cos \varphi - \lambda \right] + \left. \begin{aligned} &+ a \omega^2 \left[ -\lambda^4 \cos^4 \varphi + \lambda^2 (1 + \lambda^2) \cos^2 \varphi \right] \\ &= \omega^2 r \left[ \left( 1 - \frac{\lambda^2}{2} \right) \cos \varphi + \left( \lambda + \frac{a}{l} \lambda + \frac{a}{l} \lambda^3 \right) \cos^2 \varphi + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\lambda^2}{2} \cos^3 \varphi - \frac{a}{l} \lambda^3 \cos^4 \varphi - \lambda \right]. \end{aligned} \right\} \dots \dots (15)$$

Wir haben in Gleichung 15 die veränderliche Beschleunigung  $b$  dargestellt als Funktion des Kurbelwinkels  $\varphi$  allein, der nur in verschiedenen Potenzen seines Kosinus vorkommt. Um die mittlere Beschleunigung zu bestimmen, die die Stange in ihrer Achsrichtung im Punkt  $D$  relativ zum Öltropfen während einer ganzen Kurbelumdrehung erfährt, muß man die veränderliche Beschleunigung  $b$  über den Bereich der Dauer eines Kurbelumlafes nach der Zeit integrieren und durch die Umlaufzeit dividieren. Da die Winkel  $\varphi$

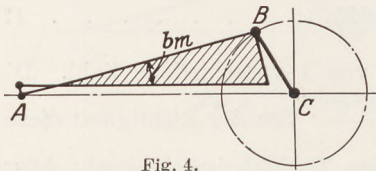


Fig. 4.

wegen der vorausgesetzten gleichförmigen Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  der Kurbel den Zeiten  $t$  proportional sind, kann man statt dessen auch im Bereich des Winkels  $2\pi$  nach dem Winkel integrieren und durch  $2\pi$  dividieren. Wir bezeichnen die gesuchte mittlere Beschleunigung mit  $b_m$ :

$$b_m = \frac{\int_0^{2\pi} b \, d\varphi}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \omega^2 r \left[ \left( 1 - \frac{\lambda^2}{2} \right) \cos \varphi + \left( \lambda + \frac{a}{l} \lambda + \frac{a}{l} \lambda^3 \right) \cos^2 \varphi + \right. \left. \begin{aligned} &+ \frac{\lambda^2}{2} \cos^3 \varphi - \frac{a}{l} \lambda^3 \cos^4 \varphi - \lambda \right] \, d\varphi \cdot (16) \\ &= \frac{\omega^2 r}{8} \left[ -4\lambda + 4\frac{a}{l}\lambda + \frac{a}{l}\lambda^3 \right]. \end{aligned} \right.$$

Wie die Gleichung zeigt, hängt die Größe der mittleren Beschleunigung außer von  $\frac{a}{l}$ , durch welchen Bruch die Lage des Punktes  $D$  auf der Schubstange gegeben ist, vor allem von dem Schubstangenverhältnis  $\lambda$  ab. Je kürzer die Schubstange im Verhältnis zum Kurbelradius, um so größer  $b_m$  und umgekehrt. Bei unendlich langer Schubstange verschwindet die mittlere Beschleunigung vollkommen.

Von dem Verlauf der mittleren Beschleunigungen längs der Schubstange erhält man ein anschaulicheres Bild, wenn man für  $\lambda$  einen bestimmten Zahlenwert in die Gleichung 16 einführt. Mit  $\lambda = \frac{1}{4}$  erhält man zum Beispiel:

$$b_m = \frac{\omega^2 \cdot r}{8} \left( 1,016 \cdot \frac{a}{l} - 1 \right). \quad (17)$$

Fig. 4 stellt den Verlauf dieser Funktion über der Schubstangenlänge dar. Positive Werte, soweit die Kurve oberhalb der Achse in der Darstellung verläuft, bedeuten hierbei Beschleunigung nach rechts. Wie man sieht, erfährt die Stange auf dem größten Teil ihrer Länge Beschleunigungen nach links. Der Öltropfen hat also fast überall die Tendenz, nach rechts zu wandern. Wird er an dieser Bewegung gewaltsam gehindert, so übt er eine Kraft nach rechts aus, die gleich seiner Masse multi-

pliziert mit der mittleren Beschleunigung an der Stelle ist, an der er sich befindet. Denkt man sich aus dem die Bohrung mit dem Durchmesser  $d$  ausfüllenden Ölfaden ein kurzes Stück von der Länge  $dx$  herausgeschnitten, so ist dessen Masse:

$$dm = \frac{\pi d^2}{4} \cdot dx \cdot \frac{\gamma}{g} \dots \dots \dots (18)$$

$\gamma$  ist das spezifische Gewicht des Öles,  $g$  die Erdbeschleunigung; der von dem Ölteilchen ausgehende Druck infolge seiner Massenkraft ist

$$dp = \frac{dm \cdot b_m}{4} = \frac{\omega^2 r \gamma}{8 g} \left( 1,016 \frac{x}{l} - 1 \right) \cdot dx \dots \dots \dots (19)$$

Den Druck der ganzen die Bohrung füllenden Ölsäule erhält man durch Integration über die Schubstangenlänge:

$$p = \frac{\omega^2 r \gamma}{8 g} \int_0^l \left( 1,016 \frac{x}{l} - 1 \right) dx = \dots \dots \dots (20)$$

$$= \frac{\omega^2 r \gamma}{8 g} \left( \frac{1,016}{2} - 1 \right) \cdot l = - 0,0615 \frac{\omega^2 r l \gamma}{g}$$

Mit  $l = 4 r$ :

$$p = - 0,246 \frac{\omega^2 r^2 \cdot \gamma}{g} \dots \dots \dots (21)$$

Dieser Druck wäre zu überwinden, wenn das Öl vom Kurbelzapfen nach dem Kolbenzapfen gedrückt werden sollte.

Einen Begriff von der Größenordnung dieses Druckes macht man sich am besten wieder durch Einsetzen praktisch vorkommender Zahlenwerte. Ein Automobilmotor mit einem Kurbelradius von 4 cm und einer Schubstangenlänge von 16 cm macht etwa 2500 Umdrehungen in einer Minute. Die Winkelgeschwindigkeit der Kurbel ist demnach

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi \cdot 2500}{30} = 262 \dots \dots \dots (22)$$

Das spezifische Gewicht des Öles kann zu  $0,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$  angenommen werden. Die Erdbeschleunigung ist  $g = 981 \text{ cm/sec}^2$ . Mit diesen Zahlenwerten erhält man:

$$p = \frac{- 0,246 \cdot 262^2 \cdot 4^2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{981} = 0,22 \text{ kg/cm}^2 \dots \dots \dots (23)$$

0,22 Atmosphären Öldruck braucht man also allein schon zur Überwindung des durch den Kurbeltrieb bedingten dynamischen Gegendrucks. Bei einer stehenden Maschine wäre auch der Einfluß der Schwerkraft zu berücksichtigen, der den Gegendruck noch ganz wenig erhöht. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß die letzte Integration genau genommen nur über die tatsächliche Länge der Bohrung im Schubstangenschaft und nicht über die ganze Schubstangenlänge ausgeführt werden müßte. Das ändert jedoch sehr wenig am Ergebnis, da die Zapfenstärken im Vergleich zur Schubstangenlänge klein sind. Außerdem liegt uns hier weniger an einem zahlenmäßig exakten Ergebnis als vielmehr an der Aufgabe und der Art ihrer Behandlung als solcher. Deshalb soll hier noch gezeigt werden, daß man auch auf Grund einer ganz anderen als der vorstehenden Betrachtungsweise zum gleichen Endergebnis kommen kann.

Auf den Öltropfen können nur senkrecht zur Lochanordnung Kräfte übertragen werden. In Richtung der Lochachse weicht er aus. Beschleunigungen erfährt er demnach auch jeweils nur senkrecht zur Achsrichtung der Bohrung. Man müßte also in diesem Fall die Beschleunigungen des Punktes  $D$  senkrecht zur Achsrichtung der Schubstange bestimmen und aus ihnen in gleicher Weise, wie oben geschehen, die

mittlere Beschleunigung ermitteln, die der Öltropfen erfährt. Man übersieht sofort, daß man eine entgegengesetzt gleichgroße Beschleunigung erhalten müßte wie bei der ersten Berechnungsweise, denn die Beschleunigung des Tropfens relativ zur ruhend gedachten Stange ist natürlich entgegengesetzt gleich der Beschleunigung der Stange relativ zum ruhend gedachten Tropfen. Außerdem liefert die geometrische Summe der Beschleunigungen in Achsrichtung und senkrecht dazu in jedem Augenblick die wahre Beschleunigung (absolute Beschleunigung) des betreffenden Stangenpunktes, und deren Mittelwert während einer ganzen Kurbelumdrehung muß verschwinden, denn sonst könnten nicht immer die gleichen Stellungen wieder erreicht werden. Zu beachten ist hierbei, daß es sich dann allerdings um geometrische Mittelwerte handelt, während wir uns zur genauen Berechnung der Druckverhältnisse für den arithmetischen Mittelwert der Beschleunigungen in Stangenachsrichtung (veränderlich!) interessieren mußten. Wegen der zweiseitigen Symmetrie des Kurbeltriebes sind beide Werte in diesem Fall gleich.

## Mineralogie auf der Schule.

Von W. Flörke in Gießen.

Der chemische Unterricht auf der Schule neigt immer mehr dazu, die Erörterung mineralogischer Gegenstände in den Hintergrund treten zu lassen. Die neuen Prüfungsordnungen für das höhere Lehramt haben eine Trennung der vorher zu einer Einheit verbundenen Fächer Chemie und Mineralogie gebracht. Im Interesse unserer Schule, und für diese sind die Prüfungsordnungen ja schließlich geschaffen worden, muß dies aufs lebhafteste bedauert werden. Die Forderung, daß in der Chemieprüfung auch gewisse mineralogische Kenntnisse festgestellt werden sollen, oder daß die Studierenden den Besuch gewisser mineralogischer Vorlesungen und Übungen nachweisen sollen, gewährleistet nicht so, wie es die alte Prüfungsordnung tat, eine hinreichende mineralogische Durchbildung des künftigen Chemielehrers. Vielfach wird heute für den Schulunterricht der starke Zusammenhang zwischen Chemie und Biologie betont und daraus die Forderung abgeleitet, daß der Chemielehrer die Lehrbefähigung in beiden Fächern besitzen soll. Damit wird die Chemie auf der Schule von dem Nachbarfach Physik, mit dem sie auf Grund ihrer modernen Entwicklung aufs engste verknüpft ist, gelöst. Es ist einleuchtend, daß ein biologisch eingestellter Chemielehrer weniger geneigt sein wird, mineralogische Lehrstoffe zu behandeln als ein physikalisch durchgebildeter. Vielleicht ist an dieser bedauerlichen Entwicklung auch der Umstand schuld, daß die Methodik des mineralogischen Unterrichts nicht Schritt gehalten hat mit der Entwicklung der Methodik des Chemieunterrichts, und daß eine gewisse Abneigung entstanden ist aus einer ungeschickten Auswahl des Stoffs.

Es muß betont werden, daß der heutige chemische Schulunterricht der Mineralogie gar nicht entraten kann. Im chemischen Unterricht treten immer stärker physikalisch-chemische Erörterungen in den Vordergrund. Viel Ballast an technologischen Einzelheiten und analytischen Reaktionen ist über Bord geworfen worden, auf systematische Vollständigkeit wird immer mehr verzichtet. Zugunsten einer vertieften Behandlung des Wesens der chemischen Reaktion ist hierdurch Zeit gewonnen worden. Die Zustände der Materie bilden einen wichtigen Stoff des Unterrichts, wobei allerdings im allgemeinen nur der gasförmige Zustand und die Lösung genau betrachtet werden, während eine systematische Behandlung des kristallinen Zustands meist kaum versucht wird. Dabei ist gerade der kristalline Zustand ein wichtiger Gegenstand moderner Forschung, und wichtige Kapitel des chemischen Unterrichts, wie etwa die Atomlehre, sind ohne ein gründliches Eingehen auf sein Wesen gar nicht zu erledigen.

Es soll hier nicht etwa der Versuch gemacht werden, für die Mineralogie besondere Unterrichtsstunden zu fordern. Wenn diese Forderung auch, wie RUSKA (Methodik

des mineralogisch-geologischen Unterrichts, Stuttgart 1920, S. 20 ff.) gezeigt hat, sehr wohl begründet werden kann, so darf doch nicht verkannt werden, daß unsere höhere Schule, solange nicht eine radikale Differenzierung Platz schafft, diese Forderung nicht erfüllen kann. Wohl aber soll hier gefordert werden, daß der chemische Unterricht mineralogische Stoffe hinreichend berücksichtigt, und daß Wege gesucht werden, auf denen eine wirklich systematische Behandlung erreicht werden kann, womit nicht gesagt sein soll, daß der gesamte mineralogische Lehrstoff nun einfach in einem besonderen Kapitel erledigt werden soll. Es muß eine Stoffauswahl getroffen werden, wobei nur Minimalforderungen festgelegt werden sollten. Es müssen Wege und Verfahren der Darbietung gesucht werden, die der modernen methodischen Behandlung rein chemischer Materien gleichwertig sind.

Im folgenden will ich versuchen zu zeigen, wie ich mir den Aufbau des mineralogischen Lehrstoffes in engster Verknüpfung mit dem chemischen Lehrstoff, wobei dieser die Leitlinie bildet, denke. Dabei wird, um den Lehrgang nicht zu verwickeln, zunächst nur an das eine Ziel des mineralogischen Unterrichts gedacht, „die Vermittlung des Begriffs des kristallinen Zustandes“.

#### A. Unterstufe.

Die Unterstufe hat die Aufgabe, einen vorläufigen Begriff des Kristalls auf Grund von Beobachtungen an geeigneten natürlichen und künstlichen Kristallen zu vermitteln. Sie geht noch nicht auf den inneren Aufbau ein. Die einzelnen Etappen zur Erreichung dieses Zieles werden bestimmt durch die gegebene Anordnung des chemischen Lehrstoffes.

##### 1. Allgemeines zur Methodik.

Es wird jede Gelegenheit, die der chemische Unterricht bietet, benutzt, um Kristallformen kennen zu lernen. Die Formen werden beschrieben und nachgebildet. Das Aufsuchen der Symmetrieelemente wird als ein Bestandteil der Beschreibung geübt. Auf der Oberstufe knüpft die Systematik der Kristallformen daran an. Auf Vollständigkeit wird kein Wert gelegt. Nur solche Kristalle, die in hinreichender Zahl und guter Ausbildung vorhanden sind, werden überhaupt betrachtet. Für die Kristallbetrachtung kommt nur das Verfahren der Schülerübungen in Frage. Zu jeder Kristallform sollte auch eine genügende Zahl von kleinen Modellen für die Hand der Schüler vorhanden sein. (Solche Modelle liefert in Holz die Firma Krantz in Bonn.) — Wo die Mittel beschränkt sind, kann man sich diese Modelle leicht in Gipsguß herstellen. Es ist dazu nötig, daß man ein vorhandenes Modell zunächst abformt. Man macht sich aus Papier einen genügend großen Kasten, gießt ihn voll Gipsbrei und drückt das eingefettete Modell zur Hälfte hinein. Nach Erstarrung des Gipses wird seine Oberfläche mit Spirituslack mehrfach lackiert, das Modell wieder eingesetzt, aus Papier, das man einfach mit Gummiringen an der Unterform befestigt, der Kasten für die Oberform gebildet und dieser mit Gipsbrei vollgegossen. Durch Aufbohren mit dem Messer wird an der höchsten Stelle der Oberform ein Gießloch hergestellt, worauf man nach gründlichem Lackieren der Oberform und Einfetten der ganzen Form zum Guß schreiten kann. Unterform und Oberform werden durch Nägel, die in Bohrungen eingeführt werden, in ihrer gegenseitigen Lage festgehalten. Das Lackieren hat den Zweck, das Aufsaugen von Wasser aus der Gußmasse durch die Form zu verhindern. Die fertigen Modelle werden nach vollständigem Trocknen durch Eintauchen in Zapon- oder dünnen Spirituslack an der Oberfläche gehärtet. — Die betrachteten Kristallformen werden von den Schülern nachgebildet. Dieses Nachbilden hat nicht den Zweck, ein mathematisch getreues Abbild zu schaffen. Es soll nur erreicht werden, daß der Schüler die wesentlichsten Merkmale der Form erfaßt. Man verwendet daher zur Nachbildung solche Verfahren, die ohne allzugroße Mühe zum Ziel führen. Das Zusammenkleben von Pappmodellen, zu denen der Lehrer die genauen Maße liefert, ist

meist viel zu zeitraubend und belastet den Schüler zu Hause zu stark. Sehr bequem ist bei den Formen, die für den Schulunterricht in Frage kommen, das Nachschneiden. Als Material kommen Kartoffeln in Frage, die leicht zu verarbeiten sind. Diese Modelle haben den Vorzug, daß man Symmetrieebenen als wirkliche Schnittebenen darstellen und Symmetrieachsen durch Einstecken von Streichhölzern wirklich zum Drehen benutzen kann. Nachbildung durch Kneten in Plastilin ist wesentlich schwieriger.

Die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von der Richtung wird bei jeder sich bietenden Gelegenheit betont und durch geeignete Versuche erhärtet.

Die Kristallbildung wird behandelt, und ihre Bedingungen werden untersucht.

Es ist auch die sich bietende Gelegenheit zu benutzen, um die Kennzeichen, vermittels deren man Mineralien erkennt und unterscheidet, zu erörtern.

Die Kristallbildung wird als Nachweisreaktion für die Identifizierung der Stoffe benutzt.

## 2. Lehrgang.

Wie schon bemerkt, soll sich der mineralogische Lehrstoff zwanglos dem chemischen Unterricht einfügen. Für den hier zu entwickelnden Stoffplan ist folgende Lehrstoffverteilung des Chemieunterrichts zugrunde gelegt: 1. Obertertia (1 Stunde): Schwefel, die Verbrennung, Sauerstoff, Sulfide, Wasser, Wasserstoff. 2. Untersekunda (2 Stunden): Quantitative Gesetzmäßigkeiten bei chemischen Vorgängen, Kochsalz, Chlor, Salzsäure, Kalium-Magnesiumsalze, Oxyde und Säuren des Schwefels, Säuren, Basen, Salze, Carbonate, Salpeter, Salmiak, Kohlenstoff, Kohlenoxyd, Eisen, organische Stoffe.

a) Schwefel. Betrachtet werden die aus der Lösung in Schwefelkohlenstoff erhaltenen Kristalle. Wenn man die Verdunstung nicht allzu langsam vornimmt, erhält man zwar kleine, aber schön ausgebildete Kristalle, die nur die rhombische Doppelpyramide zeigen. Aus der Tatsache, daß die Natur hier von ebenen Flächen begrenzte regelmäßige Körper geschaffen hat, wird eine vorläufige Definition des Begriffs Kristall hergeleitet. An Hand von Modellen, deren Übereinstimmung mit den gebildeten Kristallen die Anschauung ergibt, wird die rhombische Doppelpyramide beschrieben und ihre Symmetrieebenen und Achsen aufgesucht. Die Nachbildung der Kristallform ist Hausaufgabe des Schülers. Die Schwefelkristalle, die der Schmelzfluß liefert, werden ebenfalls betrachtet und die Unterschiede festgestellt. Da man aus dem Schmelzfluß keine genügend große und genügend vollkommen ausgebildete Kristalle erhalten kann, muß ein Modell zu Hilfe genommen werden. (Die mir bekannten Lehrbücher der Chemie geben keine oder nur eine verzeichnete Abbildung der monosymmetrischen Schwefelkristalle. Eine richtige Zeichnung findet sich in GROTH, Elemente der physikalischen und chemischen Kristallographie, München 1921, S. 128). Die Kristallbildung aus Lösung und Schmelze wird besprochen und die Bedingungen für die Ausbildung guter Kristalle untersucht.

b) Sulfide. Betrachtet werden Eisenkies, Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende. Die große Ähnlichkeit in der Farbe der beiden ersteren führt zu dem Aufsuchen anderer Kennzeichen als Kristallform und Farbe allein. Die Begriffe Härte und Strichfarbe werden zu diesem Zwecke eingeführt. Beim Bleiglanz wird als neue Erscheinung die Spaltbarkeit entdeckt. Zerschlagen in der Reibschale liefert nicht unregelmäßige Bruchstücke, sondern von ebenen Flächen begrenzte, gleichartig geformte Teilstücke. Daraus wird der Schluß gezogen, daß die Kräfte, die die einzelnen Teilchen des Bleiglanzes zusammenhalten, offenbar in verschiedenen Richtungen verschieden stark wirken müssen (Anisotropie der Kohäsion). An Bruchstücken kristalliner Aggregate werden die Spaltflächen an ihrem charakteristischen Glanz erkannt. Die Spaltbarkeit ist das erste Merkmal des kristallinen Zustandes, von dem festgestellt werden kann, daß es auch beim Zerstören der äußeren Form bestehen bleibt. An Kristallformen werden in diesem Abschnitt Würfel und Oktaeder als Formen des Bleiglanzes und Eisenkieses neu betrachtet. Auf das Pentagondodekaeder hier schon



einzu gehen, erscheint nicht ratsam. Von Zinkblende wird man im allgemeinen kein ausreichendes Anschauungsmaterial für Kristallbetrachtungen haben, so daß man sich bei diesem Mineral auf die Merkmale beschränkt, die eine Erkennung auch beim Fehlen der äußeren Form sicher stellen. Auch die Kristallform des Kupferkieses dürfte sich kaum zur Behandlung an dieser Stelle eignen. Würfel und Oktaeder werden beschrieben und ihre Symmetrieverhältnisse untersucht. Die Übereinstimmung in der Symmetrie führt zur Feststellung, daß man Kristallformen gleichen Symmetriegrades zu Systemen zusammenfaßt. Die Betrachtung der Bleiglanzkristalle ergibt, daß an natürlichen Kristallen verschiedene Kristallformen in Kombination miteinander vorkommen können. Für die Erkennung einfacher Formen wird der Satz gefunden, daß an ihnen nur deckungsgleiche Flächen auftreten, während an Kombinationen Flächen verschiedener Art zu finden sind. Diese Feststellung ist wichtig für die später zu behandelnden offenen Kristallformen.

c) Kochsalz. Die Betrachtung natürlicher Steinsalzkristalle (nicht Spaltstücke!) und künstlicher Kriställchen, die man sich für die Untersuchung rasch durch Eindunsten auf einem Objektträger herstellt, und die man dann unter dem Mikroskop betrachtet (besonders schöne Kristalle erhält man durch Fällen einer konzentrierten Kochsalzlösung mit Salzsäure; doch wird man an dieser Stelle aus methodischen Gründen davon Abstand nehmen), zeigt die Übereinstimmung natürlicher und künstlicher Kristalle desselben Stoffes und den Zusammenhang zwischen Form und stofflicher Natur. Als Hausaufgabe wird den Schülern die Aufgabe gestellt, selbst Kochsalzkristalle durch Eindunstenlassen einer filtrierten gesättigten Kochsalzlösung herzustellen. Die so erhaltenen Kristalle werden ausgelesen mitgebracht. Ihre Untersuchung lehrt, daß zwei verschiedene Typen sich darunter finden: regelrechte Würfel und die bekannten schüsselförmigen Skelette. Die Erklärung liegt in der verschiedenen Geschwindigkeit des Eindunstens. Bei raschem Eindunsten entstehen Skelette. Die Erörterung führt zu dem Begriff der Wachstumsgeschwindigkeit und ihrer Abhängigkeit von der Richtung (Anisotropie der Wachstumsgeschwindigkeit). Weiter wird die beim Steinsalz vorzüglich entwickelte würfelige Spaltbarkeit untersucht, durch einfaches Zertrümmern und durch Zerteilen mit dem aufgesetzten Messer, wobei festzustellen ist, daß die Richtung, in der der Kristall zerteilt wird, von der Richtung, in der man das Messer aufsetzt, unabhängig ist. Wichtig ist es, an Steinsalzpulver unter dem Mikroskop festzustellen, daß die einzelnen Körner auch hier noch Spaltkörper sind. Übrigens kann man hierbei nicht an der Tatsache, daß die Spaltstücke meist keine geometrischen Würfel sind, vorübergehen, ohne wenigstens eine vorläufige Erklärung für diese Erscheinung zu geben.

d) Gips. Einfache nicht verzwilligte Gipskristalle werden betrachtet. Zum zweiten Mal treten monosymmetrische Kristalle in den Gesichtskreis der Schüler. Die zu betrachtenden monosymmetrischen Formen sind offene Formen. Nur in Kombination miteinander können sie einen Kristall begrenzen. Die Spaltbarkeit des Gipses bietet insofern Neues, als sie wesentliche Unterschiede in den einzelnen Richtungen aufweist und dadurch auch in ihr der geringe Symmetriegrad der Gipskristalle zum Ausdruck kommt. Der Gips eignet sich ferner zum Nachweis, daß weitere physikalische Eigenschaften Unterschiede in verschiedenen Richtungen zeigen. Einfache Versuche, die an dem billigen Material von allen Schülern leicht auszuführen sind, zeigen die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von der Richtung (Anisotropie der Wärmeleitung). Gipsspaltblättchen werden mit einem Überzug von gefärbtem Paraffin (bunte Kerze) überzogen. Das Gleiche geschieht mit Glasblättchen (Objektträger). Durch Aufsetzen einer heißen Nadel entstehen Wärmeleitkurven, die beim Glas Kreise, beim Gips Ellipsen sind. Die Ellipsen zeigen in allen Präparaten die gleiche Orientierung zu den Spaltrissen des Gipses und lassen dadurch eine gesetzmäßige Lage erkennen. Sehr hübsche Wärmefiguren erhält man, wenn man ein Gipsscheibchen durchbohrt und durch die Bohrung einen eng anschließenden Kupferdraht steckt.

Erhitzt man dann den Kupferdraht, so wird der Gips in seiner Umgebung entwässert und wird trübe. Die trübe Stelle ist elliptisch gestaltet. Auch die verschiedenen Werte der Lösungsgeschwindigkeit in den einzelnen Richtungen kann man am Gips experimentell erhärten (Anisotropie der Auflösung). Aus dünnen Spaltblättchen formt man mit Hilfe des Korkbohrers kleine kreisförmige Scheibchen, die man in der Mitte mit einer Nadel durchbohrt. Die Scheibchen werden auf einem dünnen Draht mit genügenden Zwischenräumen aufgereiht und in Wasser gehängt, dem man etwas Salzsäure zusetzen kann. Durch den Lösungsvorgang entstehen aus den kreisförmigen Scheibchen rautenförmige.

e) Schwerspat. Am Schwerspat lernen wir wiederum rhombische Kristalle kennen. Obwohl die Kristalle ganz anders geformt sind wie die Schwefelkristalle, haben sie mit diesen doch gleichen Grad von Symmetrie gemein, sind also demselben System zuzuzählen.

f) Kalkspat. Man wird sich auf dieser Stufe darauf beschränken, nur die Spaltform zu untersuchen und die Erörterung der Kristallformen des Kalkspates der Oberstufe zuweisen. Ein neuer Symmetriotypus ergibt sich hier, der gekennzeichnet ist durch drei Symmetrieebenen, die sich aber nicht wie im rhombischen System unter rechten Winkeln, sondern unter solchen von 60 Grad schneiden.

Der Kalkspat eignet sich auch für einen Versuch über Auflösungsgeschwindigkeit. Man nimmt zwei Spaltstücke und schleift an dem einen eine Fläche ungefähr senkrecht zur Hauptachse (c) an. Diese Fläche an dem einen und eine Rhomboederfläche an dem anderen Stück, die in der Größe übereinstimmen sollen, bleiben frei, während alle übrigen Flächen mit Paraffin überzogen werden. Die beiden Stücke werden mit den freien Flächen nach oben in ein Becherglas gelegt und je ein kleiner Trichter übergestülpt. Das Becherglas ist vorher schon mit verdünnter Salzsäure gefüllt worden. Ebenso hat man zwei Prüfgläser mit Salzsäure gefüllt und in das Glas umgestülpt. Man bringt nun beide Prüfgläser gleichzeitig über die Trichtermündungen und stellt fest, daß in dem einen sich viel rascher Kohlendioxyd ansammelt als in dem anderen.

g) Quarz. Wenn auch das Element Silicium auf der Unterstufe noch keine Behandlung erfährt, wird man doch den Quarz nicht unter den Mineralien missen wollen, an denen die ersten kristallographischen Erörterungen gepflogen werden. Auf das Trapezoeder einzugehen, dürfte zu weit führen. Ebenso wird es für das Verständnis des Schülers noch zu schwierig sein, die der unmittelbaren Anschauung sich als sechsseitige Pyramide darbietende Form als Kombination zweier Rhomboeder aufzufassen. Man wird sich auf den holohexagonalen Quarztyp beschränken dürfen, für den man leicht gutes und billiges Anschauungsmaterial in den Kristallen von Suttrop in Westfalen erhält.

h) Magneteisen. Die leicht zu beschaffenden oktaedrischen Kristalle sind ein weiteres Beispiel für das Auftreten des Oktaeders als Kristallform.

i) Beim Eisen wäre die Möglichkeit gegeben, die kristalline Struktur des technischen Eisens zu erkennen und so darauf einzugehen, daß auch die Metalle kristallisieren. So entsteht im Schüler ganz von selbst die Auffassung, daß die kristalline Struktur bei den festen Stoffen die Regel ist, und daß der amorphe Zustand, für den man ja nur sehr wenig einwandfreie Beispiele auf dieser Stufe (z. B. Glas, plastischer Schwefel) anführen kann, eine Ausnahme bildet, die eben nur unter gewissen günstigen Umständen vorkommt.

#### *Zusammenfassung.*

Als Ergebnis des im vorstehenden dargestellten Lehrgangs wären folgende Gesetze gefunden:

Im allgemeinen zeigen feste Stoffe kristalline Struktur. Unter gewissen günstigen Bedingungen äußert sich dieser kristalline Aufbau in ebenflächiger Begrenzung.

Die Kristallformen unterscheiden sich nach dem Grad ihrer Symmetrie. Jedem Stoff kommt unter gewöhnlichen Bedingungen eine ihm eigentümliche Kristallform zu. Das Wesen der kristallinen Struktur ist nicht in der äußeren Form zu suchen, sondern ergibt sich aus der Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von der Richtung. (Kohäsion, Wärmeleitvermögen, Wachstumsgeschwindigkeit, Auflösungsgeschwindigkeit.)

Mineralogisches Anschauungsmaterial für die Schülerübungen kann man bei folgenden Firmen erhalten: Rheinisches Mineralienkontor Dr. F. Krantz in Bonn und Mineralienhaus Droop in Dresden-Plauen. Besonders preiswert sind „Mineralien nach Gewicht“, unter welcher Bezeichnung man Spaltstücke und kristalline Aggregate erhält. Solches Material liefert auch E. Merck, Darmstadt.

### Kleine Mitteilungen.

#### Ein einfacher Übungsversuch zur Ermittlung der Poisson-Konstante in der Elastizitätslehre.

Von R. Wachsmuth in Frankfurt a. M.

Die Bestimmung des Verhältnisses von Querkontraktion zu Längendilatation, der sog. POISSONSchen Verhältniszahl  $\mu$ , erfolgt in der Vorlesung üblicher Weise (vgl. z. B. CHWOLSON, 2. Aufl., I, 337, 1918) durch Dehnung einer wassergefüllten Metallröhre, deren eines verschlossenes Ende eine Waagschale trägt und deren anderes Ende mit einer Kapillarröhre versehen ist. Die Belastung ruft eine Volumvergrößerung, also ein Sinken des Wasserstandes in den Kapillaren hervor. Da die Änderung nur gering ist, muß sie bei der Vorführung durch Projektion sichtbar gemacht werden. Der Versuch ist unübersichtlich, die Berechnung umständlich, so daß der didaktische Wert der Bestimmung gering ist.

Einfacher verfährt man folgendermaßen: Man kauft einen Fahrradschlauch (etwa  $28 \times 1\frac{1}{2}'$ ), schneidet ihn an der Einführungsstelle des Ventils auseinander, schließt das eine Ende mit einem passenden Gummistopfen, den man mit Draht einbindet. Das andere Ende versieht man mit einer 20 bis 30 cm langen Glasröhre gleichen Querschnitts, die man ebenfalls einbindet. An der Bindestelle klemmt man den Schlauch, der aufgeschnitten eine Länge von etwa 180 cm besitzt, in ein hochgestelltes Stativ und läßt ihn frei bis auf etwa 15 bis 20 cm über den Fußboden herunterhängen.

Füllt man den Schlauch unter Benutzung eines Meßzylinders mit Wasser bis zu einer auf der Glasröhre angebrachten Marke und zieht dann das nach unten hängende Schlauchende bis auf den Zimmerboden herunter, so sinkt der Wasserstand am oberen Ende in der Glasröhre um ein beträchtliches Stück, und man muß viele Kubikzentimeter Wasser nachgießen, bis das Wasser wieder bis zu der Marke reicht.

Sei  $v$  das Volumen des ungedehnten Körpers,  $l$  seine Länge,  $b$  sein Querdurchmesser,  $q$  der Querschnitt, ferner die Differentiale dieser Größen die absoluten Beträge der durch die Dehnung hervorgerufenen Änderungen, so folgt für das Volumen  $v = lq$  bei Dehnung des Körpers:

$$v + dv = (l + dl)(q - dq) = lq - ldq + qdl - dldq$$

oder unter Vernachlässigung des Produktes  $dldq$  und Einsetzung von  $v$  für  $lq$

$$dv = -ldq + qdl.$$

Sodann gilt für die POISSONSche Verhältniszahl:

$$\mu = \frac{db}{b} : \frac{dl}{l} = \frac{db}{b} \cdot \frac{l}{dl}.$$

Setzt man

$$q = \frac{\pi}{4} b^2, \text{ folglich } dq = \frac{\pi}{4} \cdot 2b db$$

und bildet

$$\frac{dq}{q} = \frac{2 db}{b}, \text{ d. h. } \frac{db}{b} = \frac{1}{2} \frac{dq}{q}$$

so wird

$$\mu = \frac{1}{2} \frac{dq}{q} \cdot \frac{l}{dl}$$

Für den Idealfall, nämlich Dehnung ohne Volumveränderung, wird  $dv = 0$ , also

$$l dq = q dl \text{ oder } \frac{dq}{q} = \frac{dl}{l}$$

und man erhält

$$\mu = \frac{1}{2} \frac{dl}{l} \cdot \frac{l}{dl} = \frac{1}{2}$$

Mithin ergibt sich die POISSONSche Konstante für den Idealfall zu

$$\mu = 0,50.$$

Ist dagegen  $dv \neq 0$ , so kann man obige Gleichung zur Bestimmung von  $\mu$ , um sie anschaulicher zu machen, umformen, indem man einsetzt:

$$dq = \frac{q dl - dv}{l},$$

also

$$\mu = \frac{dq}{2q} \cdot \frac{l}{dl} = \frac{q dl - dv}{2ql} \cdot \frac{l}{dl}$$

Somit wird

$$\mu = \frac{1}{2} - \frac{dv}{2q dl}$$

Hier bedeutet demnach das Glied  $\frac{dv}{2q dl}$  die Abweichung von dem Idealfall.

In diese Gleichung für  $\mu$  hat man die beobachteten Werte einzusetzen. Die Länge des wassergefüllten Fahrradschlauches betrug  $l = 180$  cm, sein Volumen  $v = 950$  ccm. Hieraus errechnet sich  $q = 5,28$  cm<sup>2</sup>. Eine Dehnung um  $dl = 15$  cm ergibt einen zu ersetzenden Wasserverlust  $dv = 22,5$  cm.

$$\text{Also wird } \mu = \frac{1}{2} - \frac{22,5}{2 \times 15 \times 5,28} = \frac{1}{2} - \frac{22,5}{158,4} = 0,50 - 0,14;$$

$$\mu = 0,36.$$

### Pendelversuche nach BRAVAIS.

Von F. Bennecke in Potsdam.

Im Mai 1851, wenige Monate nach den ersten Versuchen von FOUCAULT, suchte BRAVAIS die Erddrehung durch ein konisch schwingendes Pendel zu beweisen<sup>1</sup>. Bewegt sich das Pendel der Erddrehung entgegen, so wird seine Schwingungszeit gegen die wahre, da der Beobachter ihm selbst entgegengekommen ist, verkürzt, bei gleicher Schwingungsrichtung verlängert erscheinen. Am Pol z. B. wird es an einem (Stern-)Tage gerade um eine volle Schwingung vorausgeeilt oder zurückgeblieben sein, in einer (Stern-)Stunde um  $15^\circ$ , in der Breite  $\varphi$  um  $15^\circ \cdot \sin \varphi$ , analog der Abweichung beim FOUCAULTSchen Versuch. Das ergibt für die Breite von Berlin ( $52,5^\circ$ ) und die bürgerliche Stunde nahezu  $12^\circ$ .

Läßt man zuerst in der einen, dann in der anderen Richtung schwingen, so ergibt sich der doppelte Unterschied, fast  $24^\circ$ . Die Umkehrbarkeit des Versuchs ist als ein Vorteil gegen den FOUCAULTSchen einzuschätzen.

BRUNNER spricht (1915) die Vermutung aus, daß die Versuche nirgends wiederholt worden seien. Das würde durch die Schwierigkeit und geringe Anschaulichkeit des von BRAVAIS eingeschlagenen Verfahrens erklärlich sein. Er beobachtete den Pendeldraht mittelst eines mit senkrechtem Faden versehenen Fernrohrs und stellte nach

<sup>1</sup> W. BRUNNER: Dreht sich die Erde? Math.-physikal. Bibliothek (B. G. Teubner), Bd. 17, S. 38ff.

längerer Schwingungszeit die Zeitverschiebung der Fadendurchgänge fest. Beläuft sich die Pendellänge auf 9 m (diese wird im Meridiansaal der Pariser Sternwarte kaum zur Verfügung gestanden haben), so beträgt die volle Umlaufszeit etwa  $6^s$ , also der Zeitunterschied für  $24^\circ$  — in Berlin — nur  $\frac{6}{15^s}$ , in Paris noch weniger. Die Beobachtungen so kleiner Zeitunterschiede sind an sich sehr schwierig, viel schwieriger als die kleiner räumlicher Verschiebungen, sind auch abhängig von der „persönlichen Gleichung“ eines wissenschaftlich geschulten Beobachters. Für ein Laienpublikum entbehren sie völlig der erforderlichen Anschaulichkeit.

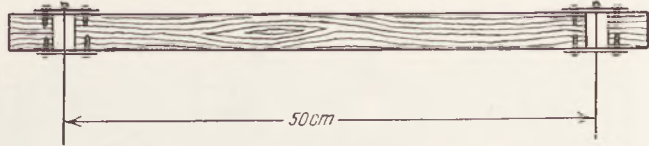


Fig. 1.

Der Verfasser hat die Versuche so abgeändert, daß nur räumliche (und zwar Winkelverschiebungen) zu beobachten sind, die auch von Laien gut erkannt werden können. In der Aula des Potsdamer Viktoria-Gymnasiums wurden zwei Pendel in 50 cm Entfernung aufgehängt. An möglichst gleich lang gemachten Stahldrähten hingen Bleikugeln, die durch eine einfache Vorrichtung in entgegengesetzt gerichtete Kreisschwingungen versetzt wurden. Nach einer Stunde<sup>1</sup> wurde ihre gegenseitige Lage durch eine von oben her ausgeführte Momentphotographie festgestellt. Dann wurden beide Drehungsrichtungen umgekehrt, so daß sie wieder entgegengesetzt schlangen, und abermals nach einer Stunde die gegenseitige Lage photographisch festgestellt. Bei wirklich gleicher Länge mußte jedesmal das der Erddrehung entgegengesetzt schwingende Pendel dem andern um fast  $24^\circ$  vorausgeilt sein. Ist das nicht der Fall, so läßt sich doch der auf die Erddrehung und den verbliebenen Längenunterschied entfallende Anteil aus beiden Beobachtungen leicht berechnen. Die Verschiebung ist hinreichend groß, um namentlich bei der größten Annäherung der Kugeln selbst durch unmittelbare Beobachtung leicht erkennbar zu sein.

Genauere Beschreibung der Pendel. An der Auladecke war waagrecht eine Holzleiste befestigt, in der nahe an den Enden zwei weite Durchbohrungen angebracht waren (Fig. 1). Die Öffnungen waren durch Messingplatten verschlossen, die fein durchbohrt waren, um gerade die 0,6 mm starken Stahldrähte hindurchzulassen. Die obere stärkere Platte trug das Gewicht der Pendel, die untere diente nur zur störungsfreien Führung, und zwar betrug die Entfernung der Drähte von einander 50 cm. In die je 2,9 kg schweren Bleikugeln (Fig. 2) waren Schrauben eingeschmelzt, an deren Muttern die etwa 7,8 m langen Stahldrähte befestigt waren. Diese sollten zur Ausgleichung des Längenunterschiedes dienen<sup>2</sup>. Die Ruhelage der Pendel war durch die Mittelpunkt von Kreisen auf einer am Fußboden befestigten Zeichnung kenntlich gemacht.

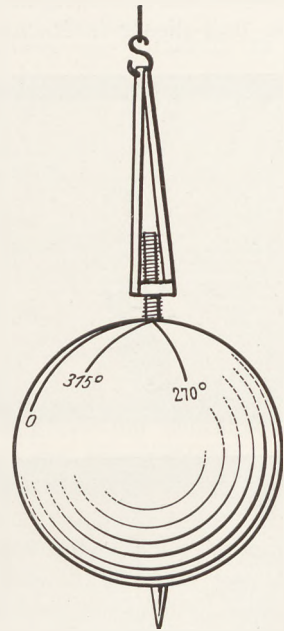


Fig. 2.

Abstoßvorrichtung. Die Bewegung wurde eingeleitet mittelst eines Brettes der in Fig. 3 angegebenen Form, das geeignet war, in einem Vorversuch den (hier punktiert gezeichneten) Kugeln eine gleichgerichtete Bewegung zu erteilen, bei den Hauptversuchen eine entgegengesetzte.

Vorversuche. Um die reduzierten Pendellängen zunächst in angenäherte Übereinstimmung zu bringen, wurden die Kugeln zur Berührung über der Mitte der

<sup>1</sup> Eine halbe Stunde wird genügen, schon weil die Schwingungsweiten dann weniger abgenommen haben.

<sup>2</sup> Eine Schraube hätte allenfalls genügt, doch erleichterten zwei die Regelung.

Zentrale gebracht und gleichzeitig losgelassen, so daß sie anfänglich in einer Ebene schwangen. Durch frühere Umkehr bei ihrer größten Annäherung war bald das kürzere zu erkennen. Etwas genauer war der Umlaufunterschied abzuschätzen, wenn sie in gleichem Drehsinne in Drehung gesetzt wurden, da hier die Erddrehung ohne Einfluß blieb.

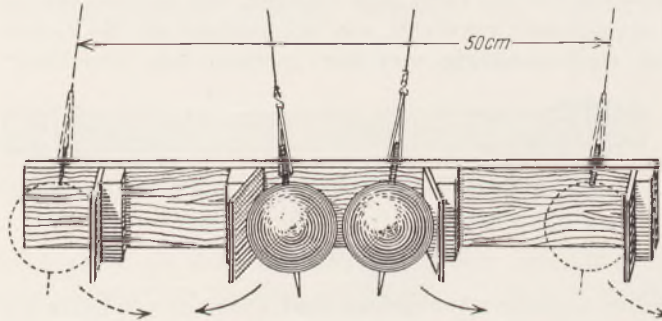


Fig. 3.

einigermaßen gleicher Größe) beschrieben, war durch unmittelbare Beobachtung hinreichend zu erkennen. Eigentlich hätte das durch besondere Momentbilder — am besten kinematographisch — bestätigt oder doch der Fehler festgestellt werden müssen, so daß dieser in Rechnung gestellt werden konnte. Doch wurde darauf verzichtet,

weil für größere Genauigkeit der quantitativen Bestimmung die Pendellängen und überhaupt die vorhandenen Mittel nicht ausreichten.

Nach einer Stunde wurde die Lage photographisch festgestellt und dasselbe bei entgegengesetzter Schwingung wiederholt. Auf den Bildern wurden dann die von der Zentrale aus zuletzt zurückgelegten Winkel gemessen.

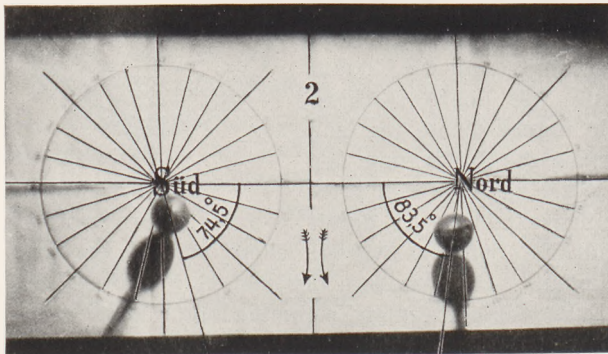
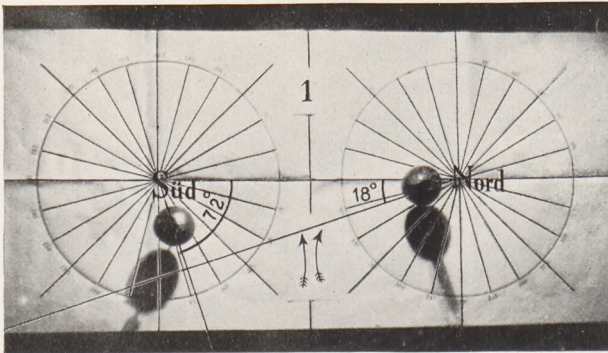


Fig. 4.

Winkelunterschied mit  $\delta$ , den durch den Längenunterschied verursachten mit  $\lambda$  (wobei jedesmal das nördliche als kürzer vorausgesetzt ist), so ergab sich beim ersten Doppelversuch, wenn bei n) das nördliche, bei s) das südliche Pendel der Erde entgegengesetzt kreiste (Fig. 4):

<sup>1</sup> Die Kugeln, beim 1. Doppelversuch etwas zu leicht, wurden zum wichtigeren zweiten vergrößert.

Das bei gleicher Pendellänge zu erwartende Vorausgehen des der Erddrehung entgegengesetzt schwingenden Pendels traf nun anfänglich durchaus nicht zu, vielmehr eilte jedesmal das nördliche (in Fig. 4 u. 5 rechts) voraus, wenn auch um verschiedene Beträge, war also zu kurz. Das war für die Berechnung gleichgültig, für die unmittelbare Anschauung aber störend.

1. Doppelversuch<sup>1</sup>. Bezeichnet man den durch die Drehung der Erde verursachten

$$\begin{aligned} \text{n) } \delta + \lambda &= 72^\circ - 18^\circ = 54^\circ \\ \text{s) } \delta - \lambda &= 74,5^\circ - 83,5^\circ = -9^\circ, \text{ woraus} \\ \hline 2\delta &= 45^\circ; & \delta &= 22,5^\circ, \\ 2\lambda &= 63^\circ; & \lambda &= 31,5^\circ. \end{aligned}$$

Die FOUCAULTSche Abweichung in der Breite  $\varphi$  für eine Stunde ist  $\frac{\delta}{2} \approx 15^\circ \cdot \sin \varphi$ ,  
genauer  $\frac{360^\circ}{23 \frac{56}{60}} \cdot \sin \varphi = \frac{360^\circ \cdot 60}{1436} \sin \varphi$ . Da für den Beobachtungsort  $\varphi = 52^\circ 24'$ ,  
so müßte  $\frac{\delta}{2} = 11,917^\circ$  werden, also  $\delta = 23,834^\circ$ . Der gefundene Wert  $22,5^\circ$  ist demnach etwas zu klein.

Berechnung des Längenunterschiedes. Die Umlaufszeit des kürzeren Pendels ergab sich durch Auszählung vieler Schwingungen zu  $T = 5,595$  s, und da für Potsdam  $g = 9,8126$  ist, folgt aus  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  die reduzierte Pendellänge  $l = g \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 = 7,784$  m.

Nun legte das kürzere Pendel in einer Stunde =  $3600$  s im ganzen  $\frac{3600}{T}$  Umläufe zurück, beschrieb also den Winkel  $\frac{3600}{T} \cdot 360^\circ$ . Das andere habe die Länge  $l + x$ , dann ist seine Umlaufszeit  $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l+x}{g}} = T \sqrt{1 + \frac{x}{l}} \approx T \left(1 + \frac{x}{2l}\right)$ . Der von ihm in einer Stunde zurückgelegte Winkel beträgt  $\frac{3600}{T_1} \cdot 360^\circ \approx \frac{3600}{T} \cdot 360^\circ \left(1 - \frac{x}{2l}\right)$ , der Winkelunterschied beider also

$$\lambda = \frac{3600 \cdot 360^\circ \cdot x}{2lT} = \frac{3600 \cdot 360^\circ \cdot 4\pi^2}{2gT^2 \cdot T} \cdot x, \quad \text{woraus} \quad x = \frac{\lambda g T^3}{2592000 \pi^2}.$$

Für  $\lambda = 31,5^\circ$  wird  $x = 2,117$  mm. Um so viel war das südliche Pendel länger.

Berichtigung des Längenunterschiedes. Da die Ganghöhe der Schrauben 0,8 mm betrug, entsprach eine Drehung einer Kugel um  $45^\circ$  der Längenänderung 0,1 mm.

2. Doppelversuch. Der geringfügige, aber doch die Anschaulichkeit störende Längenunterschied hätte sich durch etwa  $2\frac{1}{2}$  volle Drehungen einer Kugel leicht beseitigen lassen. Indessen wurde er, um das Verfahren der Berechnung von  $\delta$  und  $\lambda$  hervortreten zu lassen, absichtlich nicht ganz beseitigt, aber doch so weit, daß  $\delta$  deutlich überwog. Der Versuch ergab folgendes (Fig. 5):

$$\begin{aligned} \text{n) } \delta + \lambda &= 146,5^\circ - 110,5^\circ = 36^\circ \\ \text{s) } \delta - \lambda &= 104^\circ - 89^\circ = 15^\circ \\ \hline 2\delta &= 51^\circ; & \delta &= 25,5^\circ, \\ 2\lambda &= 21^\circ; & \lambda &= 10,5^\circ. \end{aligned}$$

$\delta$  ist hier etwas größer als der theoretische Wert ausgefallen. Der Wert von  $\lambda$  läßt darauf schließen, daß das nördliche Pendel (rechts) immer noch, und zwar um etwa 0,7 mm kürzer war.

<sup>1</sup> Bei Feststellung der Winkelverschiebungen gegen die Zentrale mußte eine parallaktische Verschiebung der Kugelbilder berücksichtigt werden, die dadurch entstand, daß der photographische Apparat, um eine Behinderung der Drähte zu vermeiden, etwas seitwärts, senkrecht über dem Schnittpunkt der punktierten Linien, angebracht war. Für die Messung waren daher die Kugelmittelpunkte durch Punkte zu ersetzen, die zu jenem Lotpunkte hin im Verhältnis zu ihrer ursprünglichen Entfernung von ihm verschoben waren.

**Verbesserungsvorschläge.** Es wird möglich sein, durch kinematographische Aufnahme der Endschwingungen auch großen Zuhörerkreisen in Vorträgen ohne Versuche das Beobachtungsverfahren zu veranschaulichen.

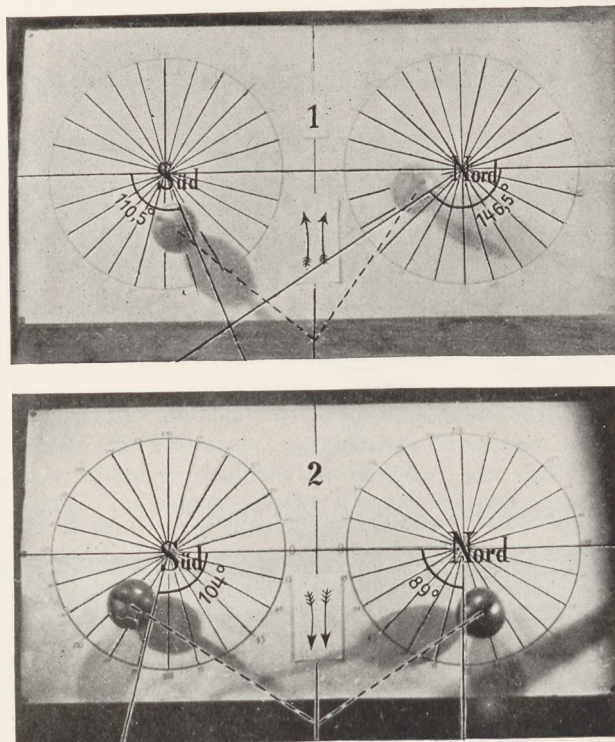


Fig. 5.

Die Doppelpendel lassen sich, wenn sie einmal vorhanden sind, auch zu einer vorteilhaften Abänderung des FOUCAULTSchen Versuchs benutzen. Man bindet die Kugeln mit einem Faden aneinander und brennt diesen durch. Da sie aus der anfänglichen Schwingungsebene gleichsinnig abweichen, wird schon nach wenigen Minuten bei ihrer größten Annäherung die Abweichung sichtbar werden. Die Übereinstimmung der Abweichung läßt auch den Verdacht, sie könnte durch Aufhängerstörungen verursacht sein, weniger leicht aufkommen. Die Längenunterschiede der Pendel können hier ohne Schaden erheblich größer sein.

Der Verfasser ist Herrn A. KUSSMANN (Physikalisch-Technische Reichsanstalt) für seine Hilfe zu Dank verpflichtet.

### Ein einfaches Drehspulgalvanometer.

Von C. E. Bleeker und G. J. D. J. Willems in Utrecht.

Im folgenden wird die Berechnung und Anfertigung eines einfachen Drehspulgalvanometers beschrieben, welches für ein Studenten-Handfertigkeitspraktikum entworfen war. Der sehr billig herzustellende Apparat kann für Schulzwecke Bedeutung haben und ist auch für wissenschaftliche Untersuchungen, besonders für ziemlich rasch verlaufende Erscheinungen, gut geeignet.

Im 25. Jahrgang, S. 337, dieser Zeitschrift, ist von B. KOLBE die Selbstherstellung eines Drehspulgalvanometers beschrieben. Im 27. Jahrgang, S. 177, ist von Dr. C. ASMUS gleichfalls mitgeteilt, wie man sich mit sehr einfachen Hilfsmitteln ein Drehspulinstrument herstellen kann. Die beiden Galvanometer weichen ziemlich stark von den gebräuchlichen Spiegelgalvanometern ab.

Es handelt sich nun um eine andere Lösung des Problems: Mit einfachen Mitteln ein brauchbares empfindliches Instrument herzustellen, das für wissenschaftliche Zwecke und auch für den Schulgebrauch geeignet ist. Die Konstruktion ist so durchgebildet, daß möglichst wenig Drehbankarbeit erforderlich ist<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Die Anfertigung des Apparates diente als Aufgabe für das Handfertigkeitspraktikum des Physikalischen Instituts der Universität Utrecht. Dieses Praktikum verfolgt verschiedene Zwecke. Erstens sollen die Studenten sich mit den sehr einfachen Werkzeugen üben, welche jeder Experimentalphysiker in seinem Arbeitszimmer zur Verfügung hat. Weiter soll den Übenden ein Eindruck gegeben werden, was mit nicht fachmännischen Händen an einem Instrument untersucht werden darf, ohne Gefahr einer ersten Beschädigung. Das Hauptziel des Praktikums ist jedoch, daß die Studenten sich Rechenhaft geben lernen, welchen Bedingungen eine auszuführende Konstruktion zu gehorchen hat. Die



Das Galvanometer, welches hier ausführlich beschrieben wird, soll folgenden Bedingungen genügen:

Das Instrument mit Elektromagneten soll im aperiodischen Grenzfall einen Ausschlag von 0,4 mm geben auf einer Skala im Abstände von 1 m, wenn 1  $\mu$  V im Stromkreise wirkt. Für die Feldstärke des Elektromagneten ist etwa 800 Gauß zu nehmen. Die Schwingungsdauer des ungedämpften Systems soll mindestens eine halbe Sekunde betragen. Diese ungewöhnliche Bedingung ist sehr wesentlich in unserem Fall, da die Aufhängung der Spule mittels eines gespannten Bandes stattfinden soll. Die Aufhängung der Spule mittels eines Bandes ist gewählt, weil ein Band bequemer als ein Draht zu handhaben ist. Auch die mechanische Festigkeit eines gespannten Bandes ist ziemlich groß, so daß in unserem Falle keine Arretiervorrichtung nötig ist.

Ein Bronzedraht von 50  $\mu$  kann bequem ausgewalzt werden bis auf 4 oder 3  $\mu$  und ist von uns benutzt worden. Er hat dann ungefähr die Direktionskraft des üblichen Galvanometerbandes Nr. 00 Phosphor-Bronze, 70  $\mu \times 5 \mu$ , Direktionskraft 0,8  $\frac{\text{dyne cm}}{\text{rad. cm}}$ , elektrischer Widerstand  $\frac{1,46 \text{ Ohm}}{\text{cm}}$ , welches von Cambridge S. I. C.<sup>1</sup> geliefert wird.

Weiter ist für den Elektromagneten als Material erforderlich: Rundeisen, 15 mm  $\emptyset$ ; Winkeleisen, Flanschbreite 40 mm (D. N. P. Nr. 4); Flacheisen,  $\frac{3}{8} \times 1$  Zoll englisch. Die Magnetwicklung soll für eine Spannung von 4 Volt dimensioniert werden, damit der gewöhnliche Radiosammler benutzt werden kann.

Um ein gut proportioniertes Instrument zu bekommen, wählen wir zuerst die ungefähren Abmessungen. Der Abstand der Polschuhe soll etwas kleiner sein als die Breite ( $\frac{3}{8}$ "), also etwa 9 mm. Zuerst ist eine Schätzung für die Windungszahl erwünscht. Wie bekannt, wird der Induktionsfluß gegeben durch

$$q B = \frac{4 \pi n J}{\Sigma \frac{l}{\mu q} + \frac{b}{q}}$$

wo  $q$  der Querschnitt,

$B$  die Induktion,

$l$  die Länge des Eisens,

$b$  die Luftspaltbreite,

$\mu$  die Permeabilität,

$n$  die Zahl der Windungen,

$J$  die elektromagnetisch gemessene Stromstärke.

Vernachlässigen wir den magnetischen Widerstand des Eisens ( $\mu$  würde zu 400 anzu-nehmen sein), so ist

theoretischen Bedingungen im Anschluß an eine bestimmte Untersuchung, wofür das Instrument dienen soll, sind zuerst zu berücksichtigen; für die praktische Ausführung jedoch müssen die Studenten notwendig die Materialkonstanten kennen lernen und sich an die in der Technik vorkommenden normierten Materialien gewöhnen. Im ersten Studienjahre werden die einfachsten Handgriffe, wie Anreißen, Feilen, Bohren, Löten, Biegen usw. an leichten Arbeitsstücken geübt. Einige dieser Stücke sind Gerätschaften, die weiter im Kursus benötigt werden (z. B. Schraubendreher, Lötkolbenstativ, Glasbohrer). Daneben haben sie im Physikalischen Praktikum schon viele Instrumente kennen gelernt. Am Ende des ersten Studienjahres werden eine oder mehrere Aufgaben mitgeteilt, worin die Konstruktion einiger Instrumente gefordert wird. Die zu erfüllenden Bedingungen sind ausführlich beigefügt, während die Materialkonstanten teilweise implizite (als Meßresultate) gegeben sind, insoweit diese schwer aus Tabellen in den üblichen Lehrbüchern entnommen werden können. Weiter ist dafür gesorgt, daß stets einige Vorlesungen über die Theorie des Instruments vorangegangen sind und jeder Student die Konstanten des Apparates einmal experimentell bestimmt hat. Nach den Ferien werden die Lösungen ausführlich diskutiert und ein normalisierter Entwurf ausgeführt.

<sup>1</sup> Von E. Leybolds Nachf. oder M. Kohl zu beziehen.

$$qB = \frac{4\pi nJ}{b}$$

oder nach Einsetzen der angegebenen Zahlen:

$$nJ = \frac{bB}{4\pi} = 57,5 \text{ absolut oder } 575 \text{ Amperewindungen.}$$

Wir nehmen für diese Zahl 600, damit der magnetische Widerstand und etwaige Verluste berücksichtigt werden. Zur Berechnung der erforderlichen Drahtdicke bedenken wir, daß bei angelegter konstanter Spannung und konstanter mittlerer Länge der Windungen die erzeugte Feldstärke von der Zahl der Windungen unabhängig ist. Wählen wir also  $n = 1$ , so wird  $J = 600$  Ampere und  $R = \frac{4}{600} = 0,0066$  Ohm der Widerstand einer Windung.

Da die Wickelung auf Spulenkästen aus Messing mit Pappbelag oder aus Turbonit (Hartpapier) rund um das Rundeisen gelegt wird, so ist der Durchmesser der innersten Wickelung etwa 18 mm. Weil es ungünstig ist, die Wickeltiefe größer als den halben Kerndurchmesser zu machen, so wählen wir ersteren gleich 6 mm. Die Länge der mittleren Windung wird alsdann rund 7,5 cm und der Widerstand je Meter 0,088 Ohm. In einer Tabelle finden wir, daß Kupferdraht von 0,5 mm Durchmesser einen Widerstand von 0,091 Ohm hat. Dieser kann also vorzüglich benutzt werden. Nehmen wir als dauernd zulässige Stromstärke  $\frac{1}{4}$  Ampere, so brauchen wir 2400 Windungen, welche über zwei Schenkel zu verteilen sind. Es kommen praktisch 16 Windungen pro cm in Frage und 12 Lagen. Also wird jeder Schenkel  $\frac{2400}{2 \times 12 \times 16}$  d. h. rund 6 cm lang.

Die Entfernung der beiden Schenkel kann auch zu 30 mm gewählt werden, weil dann genügend Raum vorhanden ist, um die Aufhängevorrichtung für die Spule bequem anzubringen. Hiermit ist auch die Länge des Winkeleisens und der Polschuhe bestimmt<sup>1</sup>.

Für die weiteren Abmessungen des Apparates kommt jetzt auch die Länge der Aufhängung des gespannten Systems in Betracht. Macht man diese zu kurz, so bekommt man eine zu große Richtkraft. Eine zu lange Aufhängung hat eine zu große laterale Beweglichkeit der Spule zur Folge. Natürlich ist die Länge immer etwas willkürlich. Wir haben dafür zweimal 6 cm gewählt. Die Richtkraft ist also

$$\frac{0,8}{3} = 0,27 \frac{\text{dyne cm}}{\text{rad.}}$$

Die Größe der Spulenfläche ist schon festgelegt durch die Größe der Polschuhe. Es seien Länge und Breite der Spule zu  $6 \times 20$  mm gewählt. Wir wollen weiter mit Hilfe der bekannten Formeln angeben, wie sich die Berechnung der Spule leicht durchführen läßt, und wie man sich bequem einige Tabellen für verschiedene Spannungs- und Stromempfindlichkeiten herstellen kann, aus denen sich die geforderten Systeme entnehmen lassen. Es sei:

$F$  die Windungsfläche der Spule,

$H$  die Feldstärke des homogen gedachten Magnetfeldes,

$K$  das Trägheitsmoment des schwingenden Körpers,

$D$  die Direktionskraft,

$R$  der Gesamtwiderstand des Galvanometerkreises im Grenzfall, also gleich  $R_k$ ,  
d. i. der Klemmenwiderstand, vermehrt um den „äußeren Widerstand“  $R_a$   
des Schließungskreises,

$p$  die Dämpfungskonstante,

$T$  die Schwingungsdauer ohne Dämpfung,

$P$  der Ausschlag im Bogenmaß für eine elektromagnetische Einheit der Spannung.

<sup>1</sup> Offenbar kann man mit etwas höheren Kosten und einigen kleinen Abänderungen der weiteren Konstruktion auch von einem Stahlmagneten Gebrauch machen. Vorzüglich sind Magnete aus Kobaltstahl II der Deutschen Edelstahlwerke, Magnetwerk, Dortmund.

Wenn man, wie üblich, den Reduktionsfaktor  $C = \frac{D}{HF}$ , nämlich diejenige Stromstärke, welche dem System den Winkelausschlag 1 erteilt, so ist

$$J = \frac{1}{R} = CP,$$

also

$$P = \frac{1}{CR} = \frac{HF}{DR} \dots \dots \dots (I)$$

Weiter ist

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{K}{D}} \dots \dots \dots (II)$$

und im Grenzfall

$$P^2 = \frac{(HF)^4}{R^2} = 4KD \dots \dots \dots (III)$$

(alle Einheiten elektromagnetisch gemessen).

Als Galvanometerspiegel kann man ein Mikroskopdeckglas von 0,6 mm Dicke benutzen, das versilbert wird. Nimmt man als Breite und Länge 6 mm, so ist das Trägheitsmoment = 0,0017, bezogen auf eine Achse durch den Mittelpunkt parallel zu einer Kante.

Weiter ist das Trägheitsmoment einer Windung der Spule 0,396  $\rho$ , wo  $\rho$  die Masse je cm des benutzten Materials ist.

Z. B. für Kupferdraht von 0,1 mm ist  $\rho = 0,0007$  g je cm; elektrischer Widerstand je m 2,272 Ohm. Also je Windung  $K = 2,8 \times 10^{-4}$  g · cm<sup>2</sup>; elektrischer Widerstand  $5,2 \times 2,272 \times 10^{-2} = 0,118$  Ohm; Widerstand des Aufhängedrahtes  $12 \times 1,46 = 17,5$  Ohm. Als Empfindlichkeit ist angegeben 0,4 mm Ausschlag, d. h.  $\frac{0,2}{1000}$  rad. für  $1 \mu V = 100$  E.M.E. Also

$$P = 2 \times 10^{-6}.$$

Stellen wir jetzt eine Tabelle auf.  $K$  gleich Trägheitsmoment, berechnet aus Schwingungsdauer und Richtkraft. Dann folgt das Trägheitsmoment der Spule, gleich dem totalen Trägheitsmoment vermindert um das Trägheitsmoment des Spiegels. Dieses, geteilt durch das Trägheitsmoment einer Windung, gibt die Zahl der Windungen  $n$ , somit den totalen Widerstand der Spule.  $R_k$  ist der Klemmenwiderstand, das ist  $R_1$  (Spule) vermehrt um  $R_2$  (Aufhängedraht).  $R$  ist der Grenzwiderstand berechnet aus  $R^2 = \frac{H^4 F^4}{4KD}$ , was sich besser umformen läßt als  $R = \frac{H^2 O^2}{2\sqrt{D}} \times \frac{n^2}{\sqrt{K}}$ , wo  $\frac{H^2 O^2}{2\sqrt{D}}$  nicht abhängig ist vom Durchmesser des Spulendrahtes, und wo  $R$  noch durch  $10^9$  geteilt werden soll, um  $R$  in Ohm zu haben.  $P$  ist berechnet aus Formel I.

$T$ in sek.	$K \times 10^2$	$K$ Spule	$n$	$R$ Spule in Ohm	$R_k$	$R$	$R_a$	$P \times 10^6$
0,5	1,7	1,6	57	6,7	24,2	23,3	neg.	—
0,6	2,4	2,3	82	9,7	27,2	40	12,8	7,4
0,7	3,3	3,2	114	13,5	31,0	66	35,0	6,2
0,8	4,3	4,2	150	17,8	35,3	99	63,7	5,5
0,9	5,5	5,4	193	22,8	40,3	145	105	4,8
1	6,8	6,7	240	28,5	46,0	201	155	
1,5	15,2	15,1	540	64	81,5			

Im Hinblick auf die Tabelle (die sich für jeden Drahtdurchmesser berechnen läßt), haben wir 100 Windungen genommen. Die Empfindlichkeit liegt zwischen 6 und

$7 \times 10^{-6}$  Rad., und die Schwingungsdauer ist ungefähr 0,65 Sekunden. Der Apparat übertrifft die Anforderungen also wesentlich.

Da jetzt alle Abmessungen festgestellt sind, können wir die Konstruktion näher betrachten. Der Apparat ist in den Figuren 2 bis 4 in drei Aufrissen maßstäblich dargestellt. Um die Übersicht nicht unnötig zu erschweren, sind nur wenige Maßlinien eingeschrieben worden.

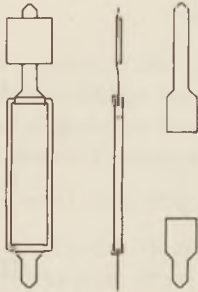


Fig. 1. Übersichtliche Darstellung der Spule. Angegeben ist, wie die Kupferblechstückchen rund um die Spule gefaltet sind.

Das wesentliche ist die Wickelung der Drehspule und die Aufhängung des Systems. Ersterer wird wie folgt gemacht: Vier Stecknadeln werden in einen Kork gesteckt in den Endpunkten eines Rechteckes von  $5\frac{1}{2} \times 19\frac{1}{2}$  mm. Mit Vorsicht (Kurzschluß der Windungen!) wickelt man Windung neben Windung des verwendeten Drahtes. In unserem Falle (100 Windungen, Durchmesser = 0,1 mm) wickelt man 7 Lagen mit je 14 Windungen. Hiernach lackiert man die Windungen, sei es mit Schellack oder gelöstem Bachelit. Man Sorge dafür, daß die Stecknadeln nicht mit festlackiert werden. Diese Bearbeitung wiederholt man einige Male, um einen genügend festen Drahtrahmen zu erhalten. Aus dünnem Kupferblech (0,1 mm) schneidet man einen Streifen in der aus Fig. 1 ersichtlichen Form. Die scharfen Seiten werden sorgfältig mittels Schmirgelpapier fortgenommen. Diese Blechstückchen werden unter Zwischenfügung eines Streifchens Seide rund um die schmalen Seiten der Spule gefaltet und die Enden der Drahtwicklung angelötet. An das längere Blechstück wird der Galvanometerspiegel auf der in der Figur angegebenen Stelle festgekittet. Das kann sehr wohl mit Schellacklösung oder mit einem Schmelzkitt geschehen.

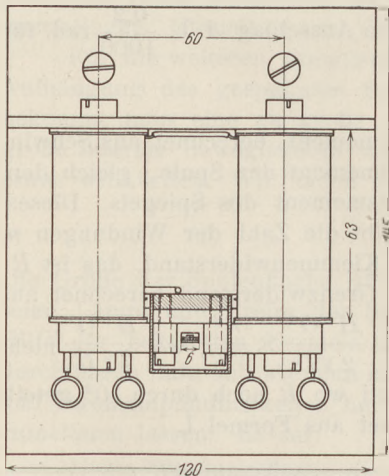


Fig. 2. Von oben gesehen. Systemträger, System und Deckel über der Spiegelmitte durchgeschnitten.

Weiter macht man sich die Messingstäbchen, die in Klemmschrauben befestigt werden, zurecht. Zwischen diese Stäbchen und das Galvanometerband wird ein federndes Glied eingeschaltet. Es wird aus dünnem harten Kupferblech von etwa 0,1 mm hergestellt. Man kann das benötigte Material auch erhalten durch Aushämmern eines Stückes Kupferdraht. Zwischen Spule und dieser Feder wird das Aufhängeband in erforderlicher Länge angelötet. Die zwei Klemmschrauben, welche das System tragen, sind auf einem Streifen aus flachkantigem Messing ( $5 \times 25 \times 200$  mm) isoliert festgemacht. Die Isolation erfolgt mittels Ebonitringen. Die obere Klemmschraube ist aufgesägt, so daß ein schiefer Schlitz entstanden ist. Um dies zu zeigen, ist in Fig. 3 diese Klemmschraube, um  $90^\circ$  gedreht, nochmals gezeichnet. Hierdurch ist die Möglichkeit entstanden, das System durch seitliche Verschiebung unmittelbar frei zu erhalten. Durch folgendes Heben wird jetzt auch das untere Stäbchen frei, so daß man die Spule samt Suspension außerordentlich einfach herausnehmen und, wenn nötig, auswechseln kann. Das obere Stäbchen hat ein dickeres Oberende, damit es nicht durch die Klemmschraube hindurchgleiten kann. Mit Hilfe einer angelöteten Messingplatte läßt es sich so auch gleich als Torsionsknopf ausbilden. Die untere Klemmschraube wird außer für die Befestigung auch für das Aufspannen des Systems benutzt. In der Mitte des das System tragenden Messingstreifens ist ein zweites Stück aufgelötet, worin vier Löcher gebohrt sind. Mit Hilfe dieses Stückes findet die Aufhängung des Streifens an den Polschuhen statt (siehe besondere Zeichnung). Jetzt folge die Beschreibung des Magneten und seine Aufstellung.

Wie ersichtlich, dient ein starker Holzklötz als Grundbrett. Auf diesem ist ein zweites Holzstück senkrecht festgeschraubt; es trägt den unteren Flansch des Winkel-eisens, das als Magnetjoch benutzt ist. Mit Hilfe zweier Schrauben von 6 mm sind beide Polkerne an den zweiten Flansch des Winkeleisens verschraubt worden. Aus Messingrohr von 1 mm Wandstärke und Messingblech von 1 mm Dicke oder aus Turbonit sind die Spulenkästen angefertigt und über die Kerne geschoben. Die Konstruktion geht sonst aus den Figuren hervor. Der Magnet wurde abgeschlossen mit zwei Polschuhen aus dem Flacheisen ( $\frac{3}{8} \times 1''$ ) von 77 mm Länge, welche mittels

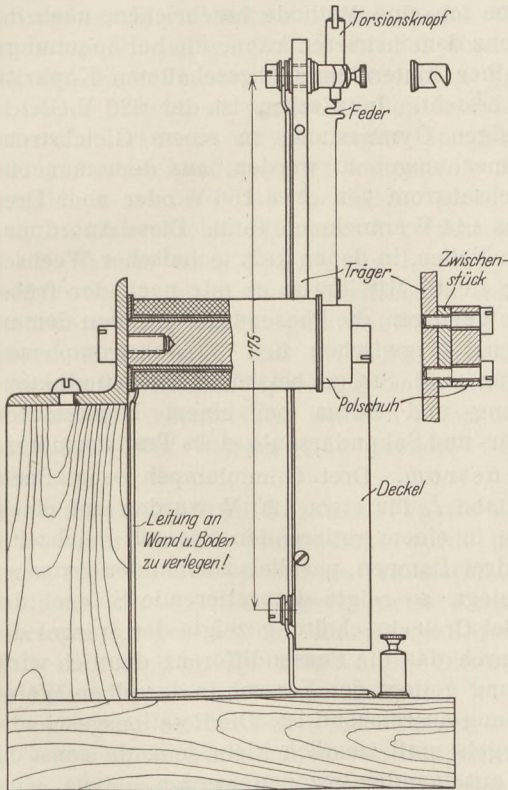


Fig. 3. Seitenansicht.  
Die obere Hälfte des Deckels ist fortgelassen worden.

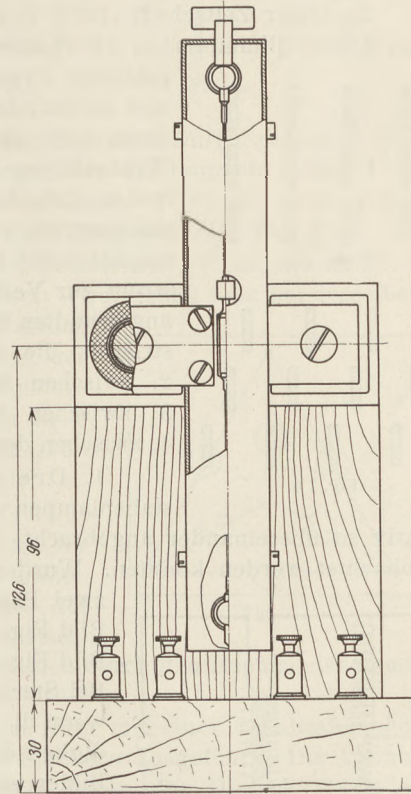


Fig. 4. Vorderansicht.  
Deckel teilweise fortgelassen. Maße in mm.

6 mm-Schrauben an den Kernen verschraubt werden. Auf dem Holzbrett sind vier Klemmen angebracht für den Anschluß an das System und den Magneten. Zuletzt ist noch zu erwähnen, daß ein aus Messingblech (1 mm) oder Turbonit (Hartpapier) hergestellter Deckel das System gegen Luftzug schützt. Ein darin gebohrtes Loch, durch ein Deckgläschen<sup>1</sup> verschlossen, ermöglicht die Beleuchtung des Spiegels. Schließlich sei noch folgendes bemerkt: Es ist notwendig, von vornherein festzustellen, ob der für die Spule verwendete Draht keine magnetischen Eigenschaften hat. Das würde eine zusätzliche Richtkraft zur Folge haben, wodurch die Schwingungsdauer kleiner, die Empfindlichkeit geringer und außerdem die Nulllage nach jedem Ausschlag veränderlich würde. Es ist notwendig, bei der Anfertigung der Spule peinlichste Sauberkeit zu beachten und alle Spuren von Eisen zu vermeiden. Ein einziges Eisenfeilstückchen verdirbt die Spule ganz. (Pinzetten reinigen!) Ferner ist auf eine genügende Auswuchtung der Spule zu achten. Andernfalls ist die Nulllage von der Aufstellung abhängig, und das Galvanometer kann sogar bei bestimmten Ausschlägen labil werden.

<sup>1</sup> Oder eine Linse, was jedoch für Schulgebrauch weniger empfehlenswert wäre.

Bei der experimentellen Kontrolle der berechneten Größen ist darauf zu achten, daß die Spannung in dem Aufhängeband nicht zu groß ist, weil die Richtkraft nicht davon unabhängig ist, wie das bei einem Draht der Fall sein würde.

*Physikalisches Laboratorium der Universität Utrecht.*

### Demonstration von Phasendifferenzen mittels Glühlampen.

Von Dr. K. A. Wingårdh in Falun (Schweden).

In dieser Zeitschrift (1928, S. 91) habe ich eine Methode beschrieben, nach der man mittels Glühlampen die Phasendifferenz demonstrieren kann, die bei Spannungsresonanz zwischen einer hintereinander geschalteten Kapazität und Selbstinduktion besteht. Inzwischen ist der 220 V-Gleichstrommotor des hiesigen Gymnasiums zu einem Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer umgebaut worden, aus dem man entweder einfachen Wechselstrom von etwa 156 V oder aber Dreiphasenstrom von etwa 144 V entnehmen kann. Diese Anordnung empfiehlt sich in allen Fällen, in denen kein technischer Wechselstrom zur Verfügung steht. Mit ihr ist es mir nach der früher angewandten Methode gelungen, die Phasendifferenzen zu demonstrieren, die bestehen: 1. zwischen den 3 Drehstromphasen, 2. zwischen Spannung und Strom bei einer Selbstinduktion, 3. zwischen Spannung und Strom bei einem Kondensator, 4. zwischen der Primär- und Sekundärspule eines Transformators.

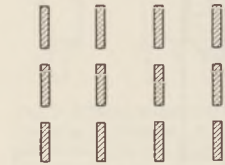


Fig. 1 a.

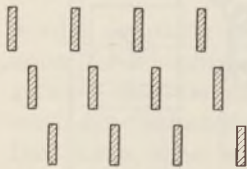


Fig. 1 b.

1. Dreiphasenstrom. Drei Glühlampen, sog. Buchstabenlampen, Buchstabe *I*, für etwa 120 V wurden auf einem Stativ so übereinander angebracht, daß sie in einem rotierenden Spiegel gleichzeitig beobachtet werden konnten. Wurden die drei Lampen parallel zueinander zwischen zwei Phasen gelegt, so zeigte der rotierende Spiegel das Bild Fig. 1 a. Bei Dreiecksschaltung zeigte der Spiegel das Bild Fig. 1 b, durch das die Phasendifferenz deutlich wird. Bei Sternschaltung gelingt der Versuch in derselben Weise, wenn die Spannung ausreichend ist. Die Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels muß ziemlich klein sein, da sonst die Bilder zu weit auseinander gezogen werden.

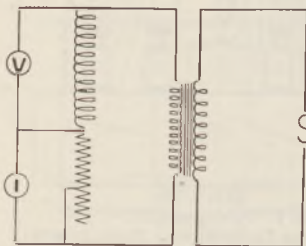


Fig. 2.



Fig. 3 a.



Fig. 3 b.

2. Strom und Spannung bei einer Selbstinduktion. Hierbei wurde einfacher Wechselstrom verwendet, der aber in einem Niederfrequenztransformator (Rundfunktransformator) auf eine höhere Spannung gebracht wurde. Der Strom wurde dann durch einen großen Widerstand (Gleitwiderstand bis zu 25000  $\Omega$ ) und eine dahinter geschaltete Spule mit großer Selbstinduktion (z. B. die Sekundärspule eines Funkeninduktors) geleitet, Fig. 2. Parallel zum Widerstand lag die Lampe *I*, parallel zur Spule die Lampe *V*. Beide Lampen wurden in einem Stativ übereinander angebracht.

Eine mit Wechselstrom beschickte Glühlampe leuchtet immer nur während eines kurzen Zeitraumes.

Dieser beginnt mit dem Zeitpunkt, in dem die wirkende Spannung die Zündspannung der Lampe überschreitet, und endet, wenn die wirkende Spannung bis zur Löschspannung herabsinkt. Da die Löschspannung etwas niedriger ist als die Zündspannung, fällt der Mittelpunkt des Zeitraumes nicht genau mit dem

Zeitpunkt zusammen, in welchem die wirkende Spannung ihren Scheitelwert erreicht. Dieser Zeitunterschied ist relativ klein und hat für verschiedene Lampen derselben Type nahe übereinstimmende Werte. Er kommt hier nicht in Betracht, da es sich um eine Differenzen-Methode handelt.

Die Lampe *I* leuchtet also immer während eines kurzen Zeitraumes, in welchem die Spannung an den Enden des Widerstandes durch ihren höchsten Wert hindurchgeht. Entsprechendes leistet die Lampe *V* für die Spule.

Da bei einem induktionsfreien Widerstand Strom und Spannung in Phase sind, so zeigt die Lampe *I* die Maxima der Stromstärke für den ganzen Kreis an. Die Lampe *V* dagegen muß, da bei einer Selbstinduktion eine Phasendifferenz zwischen Spannung und Strom besteht, zu anderen Zeiten leuchten als *I*.

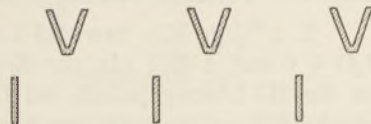


Fig. 4.

In der Tat erscheint im rotierenden Spiegel das Bild Fig. 3a. Durch passende Einstellung des Gleitwiderstandes können die Spannungen für die Lampen *I* und *V* so abgeglichen werden, daß die Bilder gleich lang erscheinen. Wird die Spule gegen einen induktionsfreien Widerstand vertauscht, so erhält man das Bild Fig. 3b.

3. Strom und Spannung bei einem Kondensator. Wenn die in Nr. 2 erwähnte Spule gegen einen Kondensator ausgewechselt wird, erhält man bei derselben Rotationsrichtung des Spiegels das Bild Fig. 4. Aus diesen Bildern erkennt man, daß bei einer Selbstinduktion der Strom der wirkenden Spannung nacheilt, beim Kondensator dagegen vorausläuft. Bei den Versuchen unter Nr. 2 und 3 muß der Spiegel eine größere Geschwindigkeit haben als bei Nr. 1.

4. Primär- und Sekundärspule eines Transformators. Je eine Glimmlampe wurde parallel zu der Primär- und Sekundärspule eines Transformators geschaltet. Als dieser mit Wechselstrom gespeist wurde, zeigte der rotierende Spiegel deutlich die Phasendifferenz zwischen den beiden Kreisen. Die Folge dieser Differenz läßt sich durch den Repulsionsversuch von ELIHU THOMSON gut demonstrieren.

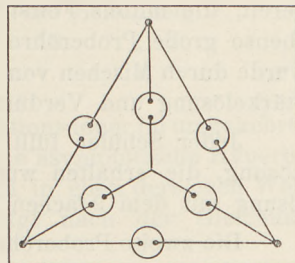


Fig. 5.

Alle hier beschriebenen Schaltungen werden bequem mit einer Schalttafel nach Fig. 5 und unter Verwendung von Doppellitzen mit Steckern ausgeführt. Die kleinen Kreise stellen gewöhnliche Steckdosen dar; an den Ecken des Dreiecks befinden sich Klemmschrauben.

### Einige für Schülerübungen bestimmte Versuchsangaben über Zeitreaktionen.

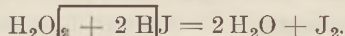
Von Dr. Walfried Seeger in Krems a. d. Donau.

Im folgenden sollen Versuchsanordnungen angegeben werden, mit denen vor allem in den Schülerübungen mit Erfolg die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von den einzelnen Faktoren: Konzentration, Temperatur und Katalysatoren gezeigt werden kann. Es werden dazu die beiden bekannten Reaktionen zwischen  $H_2O_2$  und HJ, bzw.  $HBrO_3$  und HJ herangezogen.

Auf die theoretische Auswertung der Versuchsergebnisse soll hier nicht näher eingegangen werden, da dies den Rahmen des Schulunterrichtes überschreiten würde. Die wissenschaftliche Behandlung der Reaktion zwischen  $HBrO_3$  und HJ wurde von R. H. CLOCK [Journ. of phisic. Chemistry **10** (1906), 679] durchgeführt, die Reaktion zwischen  $H_2O_2$  und HJ wurde von E. ABEL in Wien eingehend untersucht.

Für unsere Zwecke ist es daher auch belanglos, ob die aufeinander einwirkenden Stoffe in molekularen Verhältnissen angewendet werden, oder ob man, wie es hier geschieht, ein prozentisches Mengenverhältnis wählt.

Die erste Versuchsreihe betrifft die Reaktion zwischen  $\text{H}_2\text{O}_2$  und HJ, die folgendermaßen verläuft:



Als Stammlösungen werden verwendet:

1. 1%ige  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung, durch Verdünnen der käuflichen 3%igen mit dem doppelten Volumen Wasser erhalten.

2. 1%ige KJ- bzw. HJ-Lösung, erhalten durch Auflösen von 1 g KJ in  $94 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O} + 6 \text{ cm}^3 \text{ n-HCl}$  (da zur Zersetzung von 1 g KJ  $6 \text{ cm}^3 \text{ n-HCl}$  notwendig sind)<sup>1</sup>. Da die HJ-Lösung jedoch bei Gegenwart von Licht allmählich Jod abscheidet, ist es zweckmäßiger, eine 1%ige neutrale KJ-Lösung zu verwenden und die entsprechende Menge n-HCl der  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung zuzufügen.

3. Lösung von 1 g säurefreier Weizenstärke in  $100 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ .

#### Ausführung der Versuche.

Bei der ersten Versuchsreihe bleibt die Konzentration des  $\text{H}_2\text{O}_2$  konstant  $1\text{‰}$ , die des KJ wechselt zwischen  $0,25\text{‰}$  und  $8\text{‰}$ .

Von 6 Schülern (Schülergruppen) hält jeder ein Paar Proberöhren ( $18 \text{ cm} \times 18 \text{ mm}$ ) bereit, die mittels Fettstiftes auf dem Stand  $10 \text{ cm}^3$  markiert werden. Eine dritte ebenso große Proberöhre dient zur Aufnahme der Vergleichslösung, die erhalten wurde durch Mischen von  $100 \text{ cm}^3$  kaltgesättigten Jodwassers,  $10 \text{ cm}^3$  filtrierter 1%iger Stärkelösung und Verdünnen mit destilliertem Wasser auf  $400 \text{ cm}^3$ .

Jeder Schüler füllt eine Proberöhre bis zur Marke mit einer  $1\text{‰}$ igen  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Lösung, die erhalten wurde durch Verdünnen der ursprünglichen 1%igen Stammlösung mit dem 9fachen Volumen  $\text{H}_2\text{O}$ .

Die zweite Proberöhre wird gefüllt mit KJ-Lösung von wechselnder Konzentration. Zum Einfüllen bedient man sich einer Meßpipette von  $10 \text{ cm}^3$  Inhalt, die in  $\frac{1}{10} \text{ cm}^3$  eingeteilt ist.

Nr. 1 erhält $0,25 \text{ cm}^3$	Nr. 4 erhält $2 \text{ cm}^3$
Nr. 2 „ $0,5 \text{ cm}^3$	Nr. 5 „ $4 \text{ cm}^3$
Nr. 3 „ $1 \text{ cm}^3$	Nr. 6 „ $8 \text{ cm}^3$

Jeder Schüler füllt bis zur Marke mit destilliertem Wasser nach. Dann gibt er noch  $1 \text{ cm}^3$  1%ige Stärkelösung dazu (aus einer  $1 \text{ cm}^3$ -Pipette), sodaß das Gesamtvolumen beider Lösungen  $21 \text{ cm}^3$  beträgt.

Dann werden auf ein vom Übungsleiter gegebenes Zeichen alle 6 Paare von Lösungen zusammengeworfen, die Proberöhren mit dem Daumen verschlossen, rasch umgeschwenkt und mittels Stoppuhr oder Sekundenzeiger durch den Lehrer die Zeit bestimmt, die vom Augenblick des Zusammengießens an vergeht bis zu dem Punkt, wo die Farbtintensität dieselbe geworden ist wie die der Vergleichslösung, was in der Weise geschieht, daß jeder Schüler das Ende seiner Reaktionsdauer dem Lehrer durch Zuruf anzeigt, dieser hierauf die Sekundenzahl angibt und jener sie sogleich in seinem Heft notiert.

Um den fraglichen „Endpunkt“ möglichst genau erkennen zu können, hält jeder Schüler seine Vergleichslösung in nächster Nähe bereit, um sie sofort nach dem Zusammengießens neben der die Reaktionsflüssigkeit fassenden Proberöhre gegen das Fenster zu halten. Bei der Durchsicht gegen einen hellen Hintergrund lassen sich auch geringe Farbenunterschiede noch ziemlich deutlich erkennen.

<sup>1</sup> 1 KJ braucht 1 HCl oder 166 g KJ . . .  $36,5 \text{ g HCl}$  . . .  $1000 \text{ cm}^3 \text{ n-HCl}$ ; 1 g KJ daher  $1000:166 = \text{etwa } 6 \text{ cm}^3$ .



Bei einem Versuch wurden folgende Zeitwerte erhalten:

1. Versuchsreihe.

- |    |                  |  |              |                      |          |
|----|------------------|--|--------------|----------------------|----------|
| a) | $1 \frac{0}{00}$ | $\text{H}_2\text{O}_2 + 0,25 \frac{0}{00}$ | KJ . . . . . | etwa 9               | Minuten  |
| b) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $0,5 \frac{0}{00}$                     | " . . . . .  | etwa $4 \frac{1}{2}$ | "        |
| c) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $1 \frac{0}{00}$                       | " . . . . .  | 140                  | Sekunden |
| d) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $2 \frac{0}{00}$                       | " . . . . .  | 70                   | "        |
| e) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $4 \frac{0}{00}$                       | " . . . . .  | 35                   | "        |
| f) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $8 \frac{0}{00}$                       | " . . . . .  | 17                   | "        |

je  $10 \text{ cm}^3 + 1 \text{ cm}^3$   $1 \frac{0}{0}$ ige Stärkelösung. Temperatur  $19^0$ .

Bei der nun folgenden Versuchsreihe wurde die Konzentration des KJ konstant gelassen ( $1 \frac{0}{00}$  ig), die des  $\text{H}_2\text{O}_2$  abgeändert zwischen den Grenzen  $0,25 \frac{0}{00}$  und  $8 \frac{0}{00}$ . Die Durchführung erfolgt in genau derselben Weise wie für die 1. Versuchsreihe angegeben.

2. Versuchsreihe.

- |    |                  |                          |                                  |    |          |
|----|------------------|--------------------------|----------------------------------|----|----------|
| a) | $1 \frac{0}{00}$ | KJ + $0,25 \frac{0}{00}$ | $\text{H}_2\text{O}_2$ . . . . . | 8  | Minuten  |
| b) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $0,5 \frac{0}{00}$   | " . . . . .                      | 4  | "        |
| c) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $1 \frac{0}{00}$     | " . . . . .                      | 2  | "        |
| d) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $2 \frac{0}{00}$     | " . . . . .                      | 1  | "        |
| e) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $4 \frac{0}{00}$     | " . . . . .                      | 30 | Sekunden |
| f) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $8 \frac{0}{00}$     | " . . . . .                      | 13 | "        |

$t = 20^0$ .

Bei beiden Versuchsreihen stehen Konzentration und Reaktionsdauer im umgekehrten Verhältnis zueinander. Die graphische Darstellung ergibt eine asymptotische Hyperbel.

Die zweite Reaktion zwischen  $\text{HBrO}_3$  und HJ wird in eben derselben Weise behandelt wie die vorhergehende. Die Umsetzung erfolgt nach der Gleichung:  
 $\text{HBrO}_3 + 6 \text{HJ} = \text{HBr} + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{J}_2$ .

Als Stammlösungen werden verwendet:

1.  $1 \frac{0}{0}$ ige  $\text{KBrO}_3$ -Lösung + äquivalente Menge  $\text{H}_2\text{SO}_4$
2.  $1 \frac{0}{0}$ ige KJ-Lösung + " " "

oder besser, um Zersetzung des HJ durch das Licht zu vermeiden,  $1 \frac{0}{0}$ ige  $\text{KBrO}_3$  + doppelte äquivalente Menge  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , also 1 g  $\text{KBrO}_3$ ,  $88 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$ ,  $12 \text{ cm}^3 \text{ n-H}_2\text{SO}_4$ <sup>1</sup> und  $1 \frac{0}{0}$ ige neutrale KJ-Lösung.

3.  $1 \frac{0}{0}$ ige Stärkelösung
4. Vergleichslösung wie oben.

3. Versuchsreihe.

- |    |                  |                       |                           |     |               |          |
|----|------------------|-----------------------|---------------------------|-----|---------------|----------|
| a) | $1 \frac{0}{00}$ | KJ + $1 \frac{0}{00}$ | $\text{HBrO}_3$ . . . . . | 16  | Minuten = 960 | Sekunden |
| b) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $2 \frac{0}{00}$  | " . . . . .               | 140 | Sekunden      |          |
| c) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $4 \frac{0}{00}$  | " . . . . .               | 20  | "             |          |
| d) | $1 \frac{0}{00}$ | " + $8 \frac{0}{00}$  | " . . . . .               | 3   | "             |          |

$t = 19^0$ .

4. Versuchsreihe.

- |    |                  |                                  |              |     |          |
|----|------------------|----------------------------------|--------------|-----|----------|
| a) | $2 \frac{0}{00}$ | $\text{HBrO}_3 + 1 \frac{0}{00}$ | KJ . . . . . | 160 | Sekunden |
| b) | $2 \frac{0}{00}$ | " + $2 \frac{0}{00}$             | " . . . . .  | 80  | "        |
| c) | $2 \frac{0}{00}$ | " + $4 \frac{0}{00}$             | " . . . . .  | 40  | "        |
| d) | $2 \frac{0}{00}$ | " + $8 \frac{0}{00}$             | " . . . . .  | 20  | "        |

$t = 18^0$ .

<sup>1</sup> Da  $\text{KBrO}_3$  ungefähr dasselbe Molekulargewicht hat (167) wie KJ, kommen ebenfalls etwa  $6 \text{ cm}^3$  Normalsäure auf  $100 \text{ cm}^3$  Lösung.

Während bei Versuch 4 das Produkt aus Reaktionsdauer und Konzentration konstant ist, nimmt die Zeitdauer bei Versuch 3 bei Abnahme der Konzentration um das Doppelte um das 7fache zu.

Zu bemerken ist noch, daß sämtliche Zeitangaben (besonders bei ungeübten Schülern) mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet sind, da sich der Zeitpunkt der erreichten gleichen Farbintensität nicht auf die Sekunde genau angeben läßt. Doch dürften sich bei sorgfältiger Beobachtung kaum Abweichungen von mehr als  $\pm 10\%$  ergeben.

Sämtliche angeführten Versuche lassen sich gut reproduzieren; bei der Temperatur kommt es auf  $\frac{1}{2}^\circ$  auf oder ab nicht an, größere Abweichungen bedingen allerdings andere Zeitwerte. So konnte ich z. B. die Zeitdauer des Versuches 1 e bei  $26^\circ$  zu 20 Sek. bestimmen, statt 35 Sek. bei  $19^\circ$ .

Folgende Beispiele sollen den Einfluß von Katalysatoren und Temperatur dartun.

#### 5. Versuchsreihe; Abänderung von Versuch 4 a.

$\alpha$ )	$2\frac{0}{100}$	HBrO <sub>3</sub>	+ $1\frac{0}{100}$	KJ	[ $t = 18^\circ$ ]	. . . . .	160	Sekunden	} $t = 18^\circ$	
$\beta$ )	$2\frac{0}{100}$	"	+ $1\frac{0}{100}$	"	+ 1 cm <sup>3</sup>	n-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	. . . . .	12		"
$\gamma$ )	$2\frac{0}{100}$	"	+ $1\frac{0}{100}$	"	+ 1 cm <sup>3</sup>	FeSO <sub>4</sub> 1 $\frac{0}{10}$ ig	. . . . .	15		"
$\delta$ )	$2\frac{0}{100}$	"	+ $1\frac{0}{100}$	"	[ $t = 28^\circ$ ]	. . . . .	80	"		

#### 6. Versuchsreihe: Abänderung von Versuch 2 b.

$\alpha$ )	$1\frac{0}{100}$	KJ	+ $0,5\frac{0}{100}$	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	[ $t = 20^\circ$ ]	. . . . .	4	Minuten	} $t = 20^\circ$	
$\beta$ )	$1\frac{0}{100}$	"	+ $0,5\frac{0}{100}$	"	+ 1 cm <sup>3</sup>	n-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	. . . . .	3 $\frac{1}{2}$		"
$\gamma$ )	$1\frac{0}{100}$	"	+ $0,5\frac{0}{100}$	"	+ 1 cm <sup>3</sup>	FeSO <sub>4</sub> 1 $\frac{0}{10}$ ig	. . . . .	50		Sekunden
$\delta$ )	$1\frac{0}{100}$	"	+ $0,5\frac{0}{100}$	"	[ $t = 30^\circ$ ]	. . . . .	3	Minuten		

Gesamtvolumen jedesmal 21 cm<sup>3</sup> wie bei den früheren Versuchen.

Die Wirkung von beigefügten Basen festzustellen, ist zwecklos, da diese nicht etwa „negativ katalytisch“ wirken, sondern einfach die vorhandene Säure neutralisieren, sodaß die Reaktion aus Mangel an freiem HJ bzw. HBrO<sub>3</sub> langsamer verlaufen muß. Denn neutrales H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ist, wie der Versuch zeigt, auf neutrales KJ ohne merklichen Einfluß. Aus demselben Grunde wird von vornherein eine KJ-Lösung verwendet, der eine äquivalente Menge HCl zugefügt ist. Erst der Zusatz weiterer Mengen Säure läßt den katalytischen Einfluß der H-Ionen erkennen.

Will man sich mit qualitativen Vergleichen begnügen, so kann man von den Schülern den Inhalt der Proberöhren in nebeneinander auf weißem Papier bereitstehende Bechergläser eingießen und vergleichsweise die Zeitdauer bis zur beginnenden Blaufärbung bzw. den Zeitpunkt der erreichten größten Farbintensität angenähert feststellen lassen.

Als weitere zur Messung von Reaktionszeiten geeignete Versuche seien empfohlen:

1. Die Entfärbung von Fuchsinlösung durch schweflige Säure.
2. Die Reaktion zwischen fuchsin-schwefliger Säure und Formaldehyd, die sich durch Auftreten einer Violettfärbung zu erkennen gibt.

## Für die Praxis.

**Ein paradoxer Versuch zum Trägheitsmoment.** Von Wilhelm Bahrdt in Berlin-Lichterfelde.

In zwei gleiche Konservendbüchsen wird die gleiche Menge Blei gebracht, und zwar in die erste in Form eines Bleimantels aus Millimeterblech, der sich an die innere Wandung der Büchse anlegt, in die zweite in Form eines Massivzylinders, dessen Achse mit der Büchsenachse zusammenfällt. Beide Büchsen haben also äußerlich

dieselbe Form und besitzen die gleiche Masse, nur ist diese Masse bei der ersten am Rande, bei der zweiten in der Zylindermittle angebracht. Läßt man beide Körper über eine schief gestellte Tischplatte oder Glasscheibe gleichzeitig herunterrollen, so eilt der zweite von Beginn der Bewegung an dem ersten voraus, und die Zeiten verhalten sich etwa wie 5 zu 7.

Wenn der Vortragende die Zuschauer zunächst nicht in das Innere der Zylinder blicken läßt, sondern nur auf die gleiche Form und das gleiche Gewicht aufmerksam macht, so ruft dieser ungleiche Wettlauf großes Erstaunen hervor. Sie erwarten, daß gleiche Kraft bei gleichen Massen auch gleiche Geschwindigkeiten erzeugen wird.

Der Versuch läßt sich auch quantitativ auswerten. Die schiefe Ebene habe den Neigungswinkel  $\alpha$ ; die Masse jedes der beiden Zylinder sei  $m$  Gramm; die Länge der schiefen Ebene sei  $l$  cm. Um dieses Stück mögen beide Zylinder herunterrollen. Ihre Endgeschwindigkeiten seien  $v_1$  und  $v_2$ . Um die Berechnung möglichst einfach zu gestalten, mache man noch die Annahme, daß die Masse der Konservenbüchse gegen die Bleimasse zu vernachlässigen und die Masse des massiven Bleizylinders genau in der Achse vereinigt sei.

Bei beiden Zylindern wird die gleiche Energie der Lage  $m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot l$  in Bewegungsenergie umgewandelt; diese besteht aus zwei Summanden, nämlich Energie der fortschreitenden und Energie der drehenden Bewegung. Beim Zylinder mit der zentralen Bleimasse ist nun die Drehenergie wegen des geringen Trägheitsmoments sehr klein; bei unserer Annahme ist sie gleich Null zu setzen. Bei dem Zylinder mit der peripheren Bleimasse ist die Drehgeschwindigkeit gleich der fortschreitenden Geschwindigkeit, weil der Zylinder sich beim Rollen auf der schiefen Ebene abwickelt. Es gelten demnach die beiden Gleichungen

$$m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha = \frac{m}{2} v_1^2 + \frac{m}{2} \cdot v_1^2, \quad \dots \quad (a)$$

wenn der erste Summand die Energie der fortschreitenden und der zweite Summand die Energie der drehenden Bewegung bedeutet, und

$$m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha = \frac{m}{2} v_2^2. \quad \dots \quad (b)$$

Aus (a) und (b) folgt

$$2 v_1^2 = v_2^2$$

oder

$$v_1 : v_2 = 1 : \sqrt{2}.$$

Nennt man die Zeiten, die die Zylinder zum Herunterrollen derselben Strecke  $l$  brauchen,  $t_1$  und  $t_2$ , so gilt die Gleichung

$$v_1 \cdot t_1 = v_2 \cdot t_2 \quad \text{oder} \quad t_1 : t_2 = v_2 : v_1.$$

Hieraus ergibt sich endlich das Verhältnis der Zeiten

$$t_1 : t_2 = \sqrt{2} : 1.$$

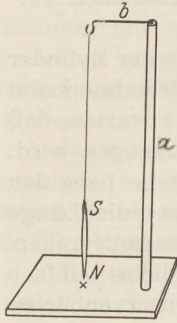
Diese Gleichung läßt sich nun leicht durch Messung der Zeiten mit einer Stoppuhr kontrollieren.

Die Zylinder werden von der Firma „Modellbau Friedrich Tilger, Berlin-Wilmersdorf, Detmolder Str. 2 I“ zum Preise von 9,60 RM das Paar geliefert.

**Der freie Magnetpol.** Von Dr. F. Speidel in Berlin. — Die einfache Apparatur der Figur erlaubt, die Bewegung eines freien Nordpoles zu zeigen. Der etwa 1 m lange Holzstab  $a$  trägt oben den Kupferdraht  $b$  mit angebogener Öse. An ihr hängt mit dünnem Seidenfaden eine magnetisierte Stricknadel, um deren S-Polende eine Kerbe zur Befestigung gefeilt ist. Der biegsame Draht erlaubt es, den N-Pol leicht in die notwendige Höhe einzustellen. Auf dem Brett ist die Ruhelage des Poles ( $\times$ ) zu markieren.

Man entfernt zunächst den Probepol und legt einen kräftigen Hufeisenmagneten so auf das Brett, daß das  $\times$  sich zwischen seinen Polen befindet. Darauf führt man

den Probepol vorsichtig in die Nähe des Nordpols. Läßt man ihn los, so bewegt er sich im Bogen — auf einer Kraftlinie — zum Südpol. Die Bahn ist eine andere, je nachdem man den Ausgangspunkt am Nordpol wählt. Günstig ist es, die Pole des Hufeisenmagneten mit Papier zu verkleiden, um ein Kleben des Probepols zu verhindern.



Der Versuch gelingt noch schöner, wenn man an Stelle des Hufeisenmagneten eine Stromschleife von etwa 6 cm Durchmesser zur Erzeugung der Kraftlinien benutzt, durch die man einen Strom von 10 bis 15 A schiekt. Der Probepol bewegt sich dann im Kreise von einer Seite der Schleife zur anderen.

Zu vermeiden sind Wege des Probepoles, die ihn weit aus seiner Ruhelage herausführen, da sonst die Schwerkraft den Versuch stört. Langgestreckte Felder — wie sie etwa große Stabmagnete haben — eignen sich daher nicht für den Versuch. Etwas günstiger wird die Anordnung in dieser Beziehung, wenn man die Stricknadel an sehr langem Faden von der Decke herabhängen läßt. Aber man begibt sich damit — abgesehen von der Unbequemlichkeit der Anbringung — des Vorteiles, den der biegsame Draht *b* für die richtige Höheneinstellung des Probepoles liefert.

### Zur Herstellung von Wasserstoffsperoxyd aus Bariumsperoxyd. Von S. B. Bamberger in Hamburg.

In fast allen Arbeitsvorschriften für die Darstellung von Wasserstoffsperoxyd ist angegeben, daß starke Kühlung während der Reaktion nötig ist. Auf Anregung des Herrn Dr. SEEGER in Krems a. D. prüfte ich diese Angabe nach. Bariumsperoxyd wurde in Wasser aufgeschwemmt und mit Salzsäure (15%ig) zersetzt in einer Konzentration, daß theoretisch eine 2,3%ige Wasserstoffsperoxydlösung entstehen würde. Der Gehalt der Lösung wurde mittels Jodkalium in saurer Lösung titriert.

Bei starker Eiskühlung des in Wasser aufgeschwemmten Bariumsperoxyds und der Salzsäure wurde eine 2,1%ige Lösung von Wasserstoffsperoxyd erhalten, genau 93% der Theorie. Während der Zugabe der Salzsäure stieg die Temperatur nicht über 6°C.

Ohne jede Kühlung stieg während der Zugabe der Salzsäure die Temperatur von 17° auf 30°C. Die Gasentwicklung war mäßig. Erhalten wurde eine 1,7%ige Lösung von Wasserstoffsperoxyd, das sind 73% der Theorie.

Da mit einer solchen Lösung alle Reaktionen des Wasserstoffsperoxyds deutlich gezeigt werden können, erübrigt sich die Kühlung bei der Herstellung von Wasserstoffsperoxyd im Lehrer- und Schülerversuch.

Zu bemerken ist, daß der Umsatz von Bariumsperoxyd mit Schwefelsäure ganz unvollständig bleibt (vgl. ULLMANN, Enzyklopädie der technischen Chemie, Bd. 11, S. 662). Die Umsetzung von Bariumsperoxyd mit Schwefelsäure, unter obigen Bedingungen vorgenommen, hört nach Verbrauch von ungefähr 20% der theoretischen Schwefelsäuremenge auf. Da durch Umsetzung von Bariumsperoxyd mit Salzsäure ohne Kühlung sehr rasch eine genügend konzentrierte Wasserstoffsperoxydlösung erhalten wird, empfiehlt es sich, im Unterricht Wasserstoffsperoxyd stets auf diese Weise herzustellen.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

Eine neue Form der Galileischen Fallrinne. Originalbericht von Dr. ERNST HERLIN in Djursholm (Schweden).

Als Ausgangspunkt für das elementare Studium der Fallbewegung wählt man gewöhnlich die Ver-

suche mit ATWOODS Fallmaschine oder mit der Fallrinne. Die Fallmaschine aber stellt dem Anfänger ein gar zu kompliziertes Problem dar. Sie bringt zwar eine beschleunigte Bewegung zur Veranschaulichung, ermöglicht aber auf dieser Stufe

keine Berechnung der Beschleunigung beim freien Fall, weil die Schüler die Masse des rotierenden Rades noch nicht in Betracht ziehen können.

Bedeutend einfacher ist im Prinzip die Fallrinne. Nach der Behandlung der schiefen Ebene in der Statik weiß der Schüler genau, wie die mit der Ebene parallele Komponente der Schwerkraft nach der Neigung der Ebene geändert wird. Es liegt dann nahe, durch eine Reihe Versuche über den Fall eines Körpers längs der schiefen Ebene, der Fallrinne, nicht nur die Gesetze der beschleunigten Bewegung herzuleiten, sondern auch zu finden, wie die Beschleunigung von der Neigung der Ebene abhängig ist und ebenso von der oben erwähnten Kraft, wodurch die Ursache der Bewegung klar wird. Durch eine Untersuchung der Bewegung bei immer verstärkter Neigung der Ebene würde man in dem Falle sein, die Beschleunigung der freien Fallbewegung zu extrapolieren. Dabei entsteht aber, wie bekannt, die Schwierigkeit, daß man einen zu geringen Wert der Beschleunigung findet.

Einen Vorschlag, diesem Nachteil abzuwehren, macht K. KRÜSE in dieser Zeitschrift 42, 203; 1929. Ich habe früher<sup>1</sup> eine andere Lösung dieses Problems vorgeschlagen, nämlich die folgende:

Die Ursache des zu kleinen Wertes der Beschleunigung bei einem Rotationskörper, der ohne Gleiten längs einer (rauen) schiefen Ebene rollt, liegt bekanntlich darin, daß die Rotation um die durch den Schwerpunkt gehende Achse dem Körper so viel potentielle Energie nimmt, daß die Translationsbewegung nicht die Beschleunigung erhält, die mit einem längs einer glatten Ebene gleitenden Körper eigentlich verbunden ist, d. h.

$$a = g \cdot \sin v,$$

wo  $v$  der Neigungswinkel der Ebene ist. Statt dessen wird

$$a = \frac{g \cdot \sin v}{1 + \frac{k^2}{r^2}}, \dots (1)$$

wo  $k$  der Trägheitshalbmesser ist und  $r$  der Halbmesser des Kreises, womit der Körper bei seiner Bewegung die Ebene berührt. Wir wollen hier der Kürze wegen  $r$  den „Radhalbmesser“ nennen.

Seit GALILEI hat man wohl den Versuch mit der Fallrinne so ausgeführt, daß man eine Kugel in einer rinnenförmigen Vertiefung auf einer schiefen Ebene hat rollen lassen. Unter der Voraussetzung, daß die Kugel dabei auf dem Boden der Rinne rollt, haben die Größen der Gleichung (1) folgende Werte:

$$r = R = \text{Halbmesser der Kugel}$$

$$\text{und } k^2 = \frac{2}{5} \cdot R^2,$$

$$\text{woraus } a = \frac{5}{7} \cdot g \cdot \sin v = 0,714 \cdot g \sin v,$$

d. h. die Beschleunigung ist kaum mehr als 71 v. H. der für den gleitenden Körper berechneten.

Wenn die Kugel aber einen so großen Halbmesser hat, daß sie auf den Rändern der Rinne

rollt, wird der Radhalbmesser  $r$  kleiner als der Kugelhalbmesser. Daraus folgt bekanntlich, daß die Beschleunigung einen noch geringeren Wert als den eben erwähnten erhält.

Natürlich kann in der Unterstufe auf die Erklärung dieses Umstandes nicht näher eingegangen werden. Will man beim ersten Anfangsunterricht in der Mechanik sich ausschließlich der Fallrinne bedienen, so muß man statt dessen versuchen, einen Wert der Beschleunigung zu erhalten, der so viel wie möglich dem für den gleitenden Körper berechneten nahe kommt. Aus dem Ausdruck (1) ist ersichtlich, daß dies nur dann ermöglicht werden kann, wenn man den Wert des Quotienten der beiden Halbmesser  $k$  und  $r$  möglichst herabsetzt.

Ein Verfahren, dieses Ziel zu erreichen, wäre, sich einer hölzernen Kugel zu bedienen, die mit einer konzentrischen, sphärischen Bleifüllung versehen ist. Weil aber die Herstellung einer solchen Kugel schwer ist, scheint es vorteilhafter, sie durch einen Zylinder aus leichtem Stoff zu ersetzen, der mit einem konaxialen

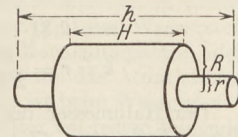


Fig. 1.

Zylinder aus einem schwereren Stoffe versehen ist. Der schwere Kern begünstigt die Bildung eines verhältnismäßig kleinen Trägheitshalbmessers, auch wenn der Halbmesser des äußeren, leichten Zylinders — in diesem Falle identisch mit dem Radhalbmesser — verhältnismäßig groß gemacht wird.

Durch einfache Erwägung findet man jedoch, daß diese Zylinder nicht beliebig abgemessen werden dürfen, sondern daß man einem bestimmten Verhältnis zwischen ihren Halbmessern zustreben muß.

Man betrachte zu diesem Zweck einen Zylinder (Fig. 1) mit der Höhe  $H$ , dem Basishalbmesser  $R$  und dem spezifischen Gewicht  $\gamma$ . Dieser Zylinder ist mit einem konaxialen Zylinder (Höhe  $h$ , Basishalbmesser  $r$ , spezifisches Gewicht  $\gamma_1$ ) versehen. Nehmen wir  $\gamma_1 > \gamma$  an und schreiben

$$\frac{R}{r} = n, \dots (2)$$

so erhält das Quadrat des Trägheitshalbmessers den Wert:

$$k^2 = \frac{H \cdot \gamma \cdot n^4 + h \cdot \gamma_1 - H \cdot \gamma}{H \cdot \gamma \cdot n^4 + (h \cdot \gamma_1 - H \cdot \gamma) \cdot n^2} \cdot \frac{R^2}{2} (3)$$

Man findet leicht, daß diese Funktion ein Minimum hat, wenn

$$n^2 = 1 + \sqrt{\frac{h \cdot \gamma_1}{H \cdot \gamma}} \dots (4)$$

wird, wobei der Minimalwert des Trägheitshalbmessers bestimmt ist durch

$$k^2 = \frac{R^2}{1 + \sqrt{\frac{h \cdot \gamma_1}{H \cdot \gamma}}} = \frac{R^2}{n^2} \dots (5)$$

Aus (2) folgt nun:

$$k = r.$$

Werden die Doppelzylinder so abgemessen, daß man einen möglichst

<sup>1</sup> „Tidskrift för elementär matematik, fysik och kemi“, Jg. 1927/1928, S. 14f.

kleinen Trägheitshalbmesser erhält, so wird dieser mit dem Halbmesser des inneren Zylinders zusammenfallen.

Gemäß (1) erhält man dabei als das nach dem erwähnten Gesichtspunkte günstigste Ergebnis den folgenden Wert für die Beschleunigung eines solchen Doppelzylinders:

$$a = \frac{g \cdot \sin v}{1 + \frac{r^2}{R^2}} = \frac{g \cdot \sin v}{1 + \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{h\gamma_1}{H\gamma}}}} \quad (6)$$

Als Beispiel sei das Gefundene auf einen Zylinder aus Holz ( $\gamma = 0,6$ ) mit einem zylindrischen Bleikern ( $\gamma_1 = 11,3$ ) derselben Länge ( $H = h$ ) angewendet. Der Trägheitshalbmesser hat jetzt ein Minimum, wenn

$$n^2 = 1 + \sqrt{\frac{11,3}{0,6}} = 5,336,$$

$$n = 2,31$$

$$k = r = \frac{R}{2,31} = 0,433 R \text{ wird.}$$

Der Halbmesser des Bleikerns müßte also in diesem Falle etwa 43 v. H. vom Halbmesser des

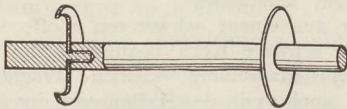


Fig. 2.

Holzzyinders sein. Als Wert für die Beschleunigung erhält man:

$$a = \frac{g \cdot \sin v}{1 + \frac{1}{5,336}} = 0,84 \cdot g \cdot \sin v.$$

Zur Vergleichung bemerke man, daß ein homogener Zylinder, für den

$$k = \frac{R}{\sqrt{2}} = 0,707 \cdot R \text{ ist,}$$

die Beschleunigung

$$a = \frac{g \cdot \sin v}{1 + \frac{1}{2}} = 0,67 \cdot g \cdot \sin v \text{ erhält.}$$

Aus (6) ergibt sich, daß man dem theoretischen Wert des gleitenden Körpers um so näher kommt, je größer man den Wurzelwert im Nenner machen kann. Das Ziel ist deshalb ein innerer Zylinder, der lang und schwer ist (große Werte von  $h$  und  $\gamma_1$ ), und ein äußerer Zylinder, der möglichst leicht und kurz ist (kleine Werte von  $H$  und  $\gamma$ ). Das Ideal wäre eine dünne Kreisscheibe mit einer langen und schweren Achse durch ihren Mittelpunkt.

Doch eine solche Vorrichtung kann sich nicht im Gleichgewicht halten. Die Schwierigkeit ist leicht zu lösen, wenn man durch einen gegen die Achse senkrechten Schnitt den äußeren, dünnen Zylinder in zwei Hälften spaltet und diese dann in einer gewissen Entfernung voneinander, symmetrisch zu dem Schwerpunkt des inneren Zylinders anordnet. Dabei erhält man einen Körper, der aus zwei leichten Rädern auf einer gemeinsamen Achse besteht. Fig. 2 zeigt einen solchen,

aus zwei 1 mm dicken Fiberplatten verfertigt, die auf einer 10 cm lange Messingachse befestigt sind. Hier haben die in (6) eingehenden Größen folgende Werte:

$$\gamma = 1,15; \gamma_1 = 8,6; H = 0,2 \text{ cm } (0,1 + 0,1);$$

$$h = 10 \text{ cm.}$$

Das günstigste Verhältnis zwischen den Halbmessern der Räder und der Achse erhält man nach (4) aus

$$n^2 = 1 + \sqrt{\frac{10 \cdot 8,6}{0,2 \cdot 1,15}} = 19,3,$$

$$n = 4,39,$$

$$k = r = \frac{R}{4,39} = 0,228 \cdot R.$$

Man muß daher als Radhalbmesser das 4,39-fache des Halbmessers des Messingstabes wählen. Dieser Körper rollt längs der Ebene mit der Beschleunigung

$$a = \frac{g \cdot \sin v}{1 + \frac{1}{19,3}} = 0,951 \cdot g \cdot \sin v.$$

Es ist also hier ein Wert erreicht, der mit weniger als 5 v. H. sich von dem theoretischen unterscheidet. Wer noch weiter gehen will, kann die Räder — etwa aus Leichtmetall verfertigt — mit ausgestanzten Löchern versehen, was eine Vergrößerung des Radhalbmessers ermöglicht ohne Erhöhung des Trägheitshalbmessers. Möglich wäre auch, die Achse schwerer zu machen, indem man z. B. den Messingstab durch eine mit Blei gefüllte Messingröhre ersetzt. Doch hat es wahrscheinlich keinen großen Zweck, sich weiter zu bemühen, dem theoretischen Wert noch näher zu kommen. Die Messungen dieses Versuches sind ja infolge mehrerer Fehlerquellen nicht ganz genau. In der Tat habe ich selbst verhältnismäßig gute Erfolge mit einem Körper gewonnen, der gewiß nicht die idealen Dimensionen hat, nämlich mit einer gewöhnlichen großen Zwirnrolle, durch deren Loch ein doppelt so langer Messingstab gesteckt war. Das eine „Rad“ der Rolle hatte zwar einen etwas größeren Halbmesser als das andere, aber dem Fehler wurde in der Drehbank leicht mit Feile und Sandpapier abgeholfen. Wenn die Räder auf diese Weise genau denselben Durchmesser erhalten haben, rollt die Zwirnrolle ohne weiteres die Ebene hinunter. Es ist zweckmäßig, am oberen Ende der Ebene querüber eine Latte anzubringen, damit die Rolle mit der Achse winkelrecht gegen die Längsrichtung der Ebene richtig angebracht werden kann. Die Ebene selbst kann aus einem einfachen gehobelten Brett bestehen. Keine Rinne oder dgl. ist mehr nötig. Die den Schülern zugewandte Kante ist selbstverständlich mit einer deutlichen Zentimeterskala zu versehen.

Die oben angegebenen Gleichungen enthalten nicht die absoluten Werte der beiden Halbmesser, sondern nur ihr Verhältnis. Darum kann man nach Belieben die Halbmesser so wählen, daß der ganze Aufbau ein bestimmtes Gewicht (z. B. 100 g) erhält, um hierdurch die Berechnungen vereinfachen zu können, wenn man mit Hilfe des Dynamometers ermitteln will, wieviel von dem

ganzen Gewicht die bei der Bewegung tätige Kraft ausmacht. Dabei verbindet man die Rolle mit dem Dynamometer durch einen Faden, der rings um die Mitte der Rolle gelegt worden ist. Die Rolle muß deswegen in der Mitte mit einer kreisförmigen Rille versehen werden.

Wenn man die gewöhnlich benutzte Form der GALILEISCHEN Fallrinne durch einen Apparat der beschriebenen Art ersetzt, kann man damit schon auf der Unterstufe in einer einfachen und leichtfaßlichen Weise die wichtigsten Gesetze der Dynamik ziemlich vollständig behandeln.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Fortschritte auf dem Gebiet der Atomforschung und ihre Bedeutung für Physik und Chemie**<sup>1</sup>. Bericht von W. POHLMAYER in Berlin-Zehlendorf, nach zwei Vorträgen von Prof. LISE MEITNER (Kaiser Wilhelm Institut für Chemie).

Die physikalische und chemische Forschung läßt sich schon lange von der Vorstellung leiten, daß die Materie aus letzten, nicht mehr teilbaren Bausteinen zusammengesetzt ist. Diese erblickt man aber nicht mehr in den chemischen Atomen selbst, sondern erst deren Bestandteile, das Elektron und der Kern des Wasserstoffatoms, sind die letzten Einheiten der Materie. Schon PROUT hatte als gemeinsamen Urstoff das Wasserstoffatom angenommen, weil er glaubte, die Atomgewichte der Elemente als ganzzahlige Vielfache des Atomgewichts des Wasserstoffes ansehen zu dürfen. Seine Hypothese fiel, als genauere Messungen diese Annahme nicht bestätigten. Sie hat aber Veranlassung gegeben, nach Beziehungen zwischen den Elementen zu suchen, und führte so letzten Endes zur Aufstellung des periodischen Systems. Die Gesetze des Systems sind aber nur verständlich, wenn die Atome sich aus gemeinschaftlichen Urbestandteilen aufbauen, die durch die wechselnde Art ihrer Gruppierung die verschiedenen Eigenschaften der Elemente bedingen. Mit der Entdeckung des Elektrons, des Trägers einer nicht mehr teilbaren negativ-elektrischen Ladung, und dem Nachweis der Gleichartigkeit aller Elektronen, gleichgültig aus welcher Substanz sie stammen, war ein Baustein der Materie gefunden, dessen Masse 1800mal so klein als die des Wasserstoffatoms ist. Da aber die Atome für gewöhnlich elektrisch neutral sind, müssen sie noch positiv geladene Bestandteile enthalten. Da lag es nun nahe, als zweiten Baustein das Wasserstoffion anzunehmen; ist es doch das leichteste uns bekannte Teilchen mit einer nicht mehr teilbaren positiven Ladung, die der des Elektrons gleich ist. Eine wirkliche Atomtheorie verlangt aber neben der Kenntnis der Bausteine die Aufstellung eines Aufbauprinzips, also Herstellung eines Atommodells, das die wesentlichsten chemischen und physikalischen Beobachtungen quantitativ erklären kann.

Diese Forderung erfüllt am besten das RUTHERFORD-BOHRSCHES Atommodell. Danach besteht jedes Atom aus einem positiv geladenen Kern, der fast die ganze Atommasse auf einem sehr kleinen Raum enthält, und einer Hülle von Elektronen, durch deren Anordnung das aus der Gas-

theorie und anderen Versuchen bekannte Atomvolumen (Kugel vom Radius  $10^{-8}$  cm) bestimmt ist. Die Anzahl der positiven Elementarladungen im Kern, die Kernladungszahl  $Z$ , ist nach Versuchen von RUTHERFORD über die Streuung von  $\alpha$ -Strahlen und anderen Beobachtungen annähernd gleich dem halben Atomgewicht. Daraus folgt, daß der Kern nicht nur aus Wasserstoffionen gebildet sein kann, da dann  $Z$  gleich dem Atomgewicht sein müßte, sondern auch Elektronen in dichter Packung enthält, die einen Teil der Wasserstoffkerne neutralisieren. Die Kernladungszahl, nicht mehr das Atomgewicht, ist die das Atom charakterisierende Konstante; sie ist beim Wasserstoff 1, beim Helium 2 und so weiter bei jedem folgenden Element um 1 größer, und bestimmt somit als Atomnummer die Stelle des Elementes im periodischen System. Die Elektronen der Hülle werden vom Kern nach dem COULOMBSCHEN Gesetz angezogen. Damit die mechanische Stabilität des Atoms erhalten bleibt, müssen sie um den Kern rotieren, so daß die elektrische Anziehung durch die Zentrifugalkraft aufgehoben wird, entsprechend der Gleichung  $\frac{Z e \cdot e}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$ , wo  $e$  das elektrische

Elementarquantum,  $m$  die Masse des Elektrons,  $v$  seine Geschwindigkeit und  $r$  den Radius der Bahn bedeuten. Im Normalzustand rotiert jedes Elektron auf einer bestimmten Bahn, ohne dabei Energie durch Strahlung abzugeben. Bei Absorption einer Strahlung geht es auf eine vom Kern weiter entfernte Bahn und nimmt dabei Energie auf, die es bei Rückkehr auf eine innere Bahn als Strahlung wieder aussendet. Da die Energie nicht in beliebigen Beträgen, sondern nur in bestimmten Quanten absorbiert und emittiert wird, sind nur bestimmte Bahnen zugelassen, die sich aus der Quantenbedingung  $m v = n \cdot \frac{h}{2 \pi}$  und der Frequenzbedingung  $E_m - E_{m'} = h \nu$  rechnen lassen ( $n$  bedeutet eine beliebige ganze Zahl,  $h$  das PLANCKSCHE Wirkungsquantum,  $\nu$  die Frequenz und  $E_m - E_{m'}$  die Energieänderung des Elektrons beim Übergang von der Bahn  $m$  auf die Bahn  $m'$ ). Die möglichen Bahnen lassen sich hiernach aus Messungen an optischen und Röntgenspektren bestimmen.

Die Anordnung der Elektronen im einzelnen Element muß in Beziehung stehen mit dem periodischen Verhalten der Elemente. Sie läßt sich durch folgende Bilder darstellen. Den Wasserstoffkern umkreist ein Elektron, den des Heliums umkreisen 2 Elektronen auf einer gemeinsamen Schale, beim Lithium tritt ein drittes Elektron, aber auf einer neuen, entfernteren Schale hinzu. In diese neue Schale tritt bei jedem folgenden

<sup>1</sup> Vgl. den Bericht „Neue Fortschritte der Elementen- und Isotopenforschung“ in dieser Zeitschrift 41, 238 (1928).

Element ein weiteres Elektron ein, bis schließlich beim Neon beide Schalen, die innere mit 2, die äußere mit 8 Elektronen vollbesetzt sind. Die Atome der dritten Periode besitzen eine dritte Schale, die beim Natrium ein Atom aufweist und beim Argon besetzt ist. Jeder weiteren Periode entspricht eine neue Elektronenschale.

Obwohl die Verhältnisse in Wirklichkeit nicht so einfach sind, wie in diesen schematischen Bildern, so lassen sich doch aus ihnen schon wesentliche Eigenschaften der Atome erklären. Die Gesetze des optischen Spektrums vom Wasserstoff, z. B. das Gesetz der Balmerreihe, lassen sich aus Übergängen des Elektrons zwischen der normalen Bahn und den anderen durch die Quanten- und Frequenzbedingung zugelassenen Bahnen ableiten. Den Röntgenspektren anderer Elemente entsprechen Übergänge von Elektronen der inneren Schalen. Daher zeigen Wasserstoff und Helium keine Absorption von Röntgenstrahlen; mit einer neuen Elektronenschale beginnt eine neue Linienreihe. Aber auch chemische Vorgänge werden durch die Elektronenanordnung verständlich. Die Atome der Edelgase, bei denen die äußere Schale vollbesetzt ist, haben eine besonders stabile Elektronenkonfiguration, daher treten sie weder mit ihresgleichen noch mit fremden Atomen zu Molekülen zusammen. Umgekehrt kann man die Bildung von Molekülen auf ein Bestreben zur Bildung der Edelgaskonfiguration zurückführen. Das Molekül NaCl z. B. kann man sich folgendermaßen entstanden denken: Na gibt das eine Elektron der äußeren Schale ab, das zu den 7 Elektronen hinzutritt, die sich auf der äußeren Schale von Cl befinden. Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup> besitzen dann beide die Elektronenanordnung der Edelgase. — Die Bandenspektren, die nur bei Molekülen auftreten, werden im Rahmen der BOHRschen Theorie durch Schwingungen der Kerne gegeneinander erklärt. Dabei entspricht die kurzwelligste Grenze der Banden der maximalen Energie, die das Molekül aufnehmen kann, ohne daß Dissoziation eintritt. Man konnte daher die Dissoziationswärme bei einer Reihe von Gasen (z. B. CO, N<sub>2</sub>), bei denen sie sich aus thermischen Messungen nur schwer bestimmen ließ, aus der kurzwelligen Bandengrenze ermitteln. Wenn bei der Bildung eines Moleküls ein Atom einem anderen ein Elektron entzieht, so wird die übrige Elektronenhülle nicht unbeeinflusst bleiben. Im NaCl z. B. wird der positive Na-Kern die Elektronenhülle des Cl anziehen, die Na-Elektronen werden sie abstoßen; es wird nach einer gewissen Deformation der Elektronenanordnung ein Gleichgewichtszustand eintreten, bei dem wieder stationäre Bahnen vorhanden sind, die aber anders zu ihrem Kern orientiert sind wie in den undeformierten Atomen. Die Elektronenübergänge erfordern daher jetzt andere Energie, so daß eine andere Absorption eintritt. Wenn nun beim undeformierten Atom keine Absorption im sichtbaren Teil des Spektrums vorhanden war, so können unter Umständen jetzt Strahlen des sichtbaren Bereiches absorbiert werden; die Verbindung erscheint dann komplexer gefärbt. Die Deformation wird um so

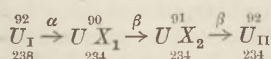
größer sein, je höher die Kernladungszahl des Anions ist; tatsächlich ist beispielsweise CuF<sub>2</sub> farblos, CuCl<sub>2</sub> gelblich, CuBr<sub>2</sub> schwarz. CuJ<sub>2</sub> ist überhaupt nicht existenzfähig, hier dürfte die Deformation so stark sein, daß stationäre Bahnen nicht mehr möglich sind. — Im gasförmigen Zustand erscheinen die Moleküle als getrennte Einheiten; im festen Zustand dagegen sind die Atome in ein Kristallgitter eingeordnet, so daß man von einzelnen Molekülen nicht mehr reden kann. Im NaCl-Kristall ist jedes Cl-Atom von 6 Na-Atomen umgeben, aber auch bei sog. amorphen Substanzen wie Graphit, Ruß, Goldkolloiden hat man kristallinische Struktur nachgewiesen. Die BOHRsche Theorie kann auch hier wenigstens einige Eigenschaften verständlich machen. Die Ionen im Gitter ziehen sich nach dem COULOMBSchen Gesetz an, die Elektronen der Hüllen stoßen sich gegenseitig ab, aber nach komplizierteren Gesetzen (höhere Potenzen der reziproken Entfernung) und verhindern so das Zusammenstürzen der Ionen. In diesen anziehenden und abstoßenden Kräften sieht man den Grund für den Widerstand des Kristalles gegen Dilatation und Kompression. Aus der bekannten Kompressibilität hat man das Abstoßungsgesetz bestimmt; so sind beim NaCl die abstoßenden Kräfte umgekehrt proportional zur 9. Potenz der Entfernung. Hieraus konnte man nun die Zerreißfestigkeit berechnen. Dabei ergab sich bei NaCl ein Wert, der 400mal so groß war wie der gemessene Wert. Das liegt, wie JOFFE nachwies, daran, daß die Zerreißfestigkeit des Kristalles in Luft durch Defekte der Oberfläche stark herabgesetzt ist. Als man die Zerreißfestigkeit des in Wasser getauchten Kristalles prüfte, erhielt man  $\frac{4}{5}$  des berechneten Wertes. — Auch Sublimations- und Verdampfungswärmen sind aus solchen Betrachtungen berechnet worden.

Die bisher behandelten physikalischen und chemischen Prozesse ließen sich vom Standpunkt der BOHRschen Theorie durch Vorgänge in den Elektronenhüllen erklären. Hier verhält sich der Kern wie eine positive Punktladung. Gleichwohl muß er eine noch viel kompliziertere Struktur als die Elektronenhülle besitzen, da er ja, wie oben erwähnt, Wasserstoffkerne und Elektronen enthält. So besteht z. B. der Heliumkern entsprechend der Kernladungszahl 2 und dem Atomgewicht 4 aus 4 Wasserstoffkernen und  $4 - 2 = 2$  Elektronen. Über den Kernaufbau können uns nur Prozesse Aufschluß geben, die im Kern selbst vor sich gehen oder auf Wechselwirkung zwischen Kernen beruhen. Der Zerfall einer radioaktiven Substanz ist ein im Kern vor sich gehender Prozeß. Die aktiven Elemente sind instabile Elemente, bei denen unter Abspaltung eines mit großer Geschwindigkeit herausgeworfenen Atombestandteiles ein anderes Element gebildet wird. Die ausgeschleuderten Teilchen, die als  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlen in Erscheinung treten, müssen aus dem Kern stammen, denn eine Atomumwandlung kann nur erfolgen unter Änderung der Kernladungszahl, die für jedes Element charakteristisch ist. Aus der Messung der Ablenkungen, die die  $\alpha$ - und



$\beta$ -Teilchen in einem elektrischen oder magnetischen Felde erleiden, ergibt sich, daß das  $\alpha$ -Teilchen ein doppelt positiv geladener Heliumkern und das  $\beta$ -Teilchen ein Elektron ist. Hierin liegt der experimentelle Nachweis dafür, daß im Kern Elektronen vorhanden sind. Die Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen geht bis zu 7% der Lichtgeschwindigkeit, so daß die Energie eines Teilchens bis zu  $8 \cdot 10^6$  Volt beträgt. Diese Angabe bedeutet, daß das Teilchen die Energie besitzt, die ein Elektron beim Durchlaufen eines elektrischen Feldes von dieser Spannung erlangen würde. Die Geschwindigkeit der  $\beta$ -Teilchen steigt bis zu 98% der Lichtgeschwindigkeit; die entsprechende Energie, die wegen der geringen Masse der Elektronen kleiner als die der  $\alpha$ -Teilchen ist, beträgt bis  $2,5 \cdot 10^6$  Volt. Diese Energien sind sehr groß im Vergleich mit den bei chemischen Prozessen auftretenden Beträgen; so ist z. B. die bei der Verbrennung  $H_2$  und  $O_2$  zu  $H_2O$  frei werdende Energie kleiner als 3 Volt pro Molekül.

Das Zerfallsprodukt eines aktiven Elementes zerfällt im allgemeinen wieder unter Bildung eines weiteren Restatoms, so daß eine Reihe von einander abhängiger Elemente entsteht, die ihr Ende erst findet, wenn sich ein inaktives Element bildet. Bei jedem  $\alpha$ -Zerfall besitzt das Zerfallsprodukt eine um 2 Einheiten kleinere Kernladungszahl, das Atomgewicht nimmt um 4 Einheiten ab. Bei der  $\beta$ -Umwandlung verliert der Kern eine negative Elementarladung, daher steigt die Kernladungszahl (Zahl der wirksamen positiven Ladungen) um 1, ohne daß sich das Atomgewicht bei der geringen Masse des  $\beta$ -Teilchens merklich ändert. Folgen nun auf eine  $\alpha$ -Umwandlung zwei  $\beta$ -Umwandlungen, so muß das letzte Zerfallsprodukt dieselbe Kernladung besitzen, wie das erste Element, während sein Atomgewicht um 4 Einheiten kleiner ist. Ein Beispiel bildet die folgende Reihe:



So entstehen Elemente, die wie hier  $U_I$  und  $U_{II}$  bei verschiedenem Atomgewicht dieselbe Kernladungszahl haben und denen deshalb im periodischen System dieselbe Stelle zukommt; sie heißen daher Isotope und sind auf chemischem Wege nicht voneinander zu trennen, da sie infolge der gleichen Kernladung auch dieselbe Elektronenhülle haben und diese für das chemische Verhalten allein bestimmend ist. Die Annahme liegt nun nahe, daß es auch unter den nichtaktiven Elementen Isotope gibt. Werden die schnell bewegten positiven Ionen, aus denen die Kanalstrahlen bestehen, gleichzeitig durch ein elektrisches und ein magnetisches Feld abgelenkt, so zeigt sich, daß auch ein chemisch einheitliches Gas aus Atomen von verschiedener Masse bestehen kann. So ist z. B. Cl (Atomgewicht 35,46) zusammengesetzt aus Atomen vom Gewicht 35 und 37, bezogen auf  $O = 16$ . ASTON konnte mit dem Massenspektrographen noch Atome trennen, wenn sich ihre Massen nur um  $2\%_{00}$  unterschieden. Innerhalb dieser Meßgenauigkeit sind alle Atom-

gewichte ganze Zahlen. Die alten nicht ganzzahligen Atomgewichte, derentwegen man die PROUTSCHE Hypothese aufgegeben hatte, sind als Mischgewichte anzusehen. Die Elemente He, C, O, bei denen sich schon früher ganze Zahlen ergeben hatten, ließen sich nicht in Isotope zerlegen. Als einziges Element mit nicht ganzzahligem Atomgewicht bleibt der Wasserstoff übrig ( $A = 1,008$ ). Diese Abweichung erklärt sich nach der Relativitätstheorie folgendermaßen. Wird einer Masse Energie im Betrage  $\Delta E$  zugeführt oder entzogen, so wächst oder nimmt die Masse ab um den Betrag  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$ , wo  $c$  die Lichtgeschwindigkeit ist. Wenn nun das Atom des Heliums, das 4 Wasserstoffkerne enthält und daher die Masse 4,032 besitzen müßte, tatsächlich nur die Masse 4 aufweist, so entspricht diesem Massendefekt ein Energieverlust  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ , der sich zu  $32 \cdot 10^6$  Volt berechnet. Diese Energie ist gewissermaßen bei der Bildung des He-Kerns aus 4 H-Kernen frei geworden und müßte ihm umgekehrt wieder zugeführt werden, wenn man ihn zertrümmern wollte. Man nennt sie die Bindungsenergie des Kerns.

Für die moderne Atomtheorie haben besondere Bedeutung die Versuche, durch die man einen einzelnen Atomkern oder ein einzelnes Elektron nachweisen kann. Läßt man  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlen durch feuchte Luft gehen, so bilden sie längs ihrer Bahn Ionen, an denen sich Wasserdampf kondensiert, wenn man die Luft durch Expansion abkühlt. Die Wege der einzelnen Teilchen sind dann als Nebelbahnen zu erkennen. Nach dieser zuerst von WILSON angewandten Methode sind in der letzten Zeit viele Aufnahmen von  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen gemacht worden<sup>1</sup>. Man kann auf diesen Bildern auch Wechselwirkungen zwischen einzelnen Kernen beobachten. So zeigt ein starker Knick eines  $\alpha$ -Strahls an, daß das Teilchen durch die Hülle bis an den Kern eines fremden Atoms gelangt ist und dort durch die Abstoßung seitens des Kerns eine starke Ablenkung erfahren hat. Bei solchen Zusammenstößen muß aber auch der getroffene Atomkern in Bewegung gesetzt werden, so daß er selbst Ionen bildet. Auch das zeigen die Aufnahmen; freilich ist die Bahn dieser Kerne nur kurz, da die getroffenen N- oder O-Atome eine viel größere Masse als das  $\alpha$ -Teilchen haben. Man kann es aber so einrichten, daß die  $\alpha$ -Strahlen auch leichtere Atome treffen, wenn man sie vor Eintritt in den Ionisationsraum durch eine dünne Paraffinschicht schiebt. Paraffin ist eine sehr wasserstoffreiche Verbindung, und daher zeigen solche Aufnahmen auch Bahnen von herausgestoßenen H-Kernen, die entsprechend der geringeren Masse des H-Kernes länger sein können als die der  $\alpha$ -Strahlen. Der Umstand, daß schnell bewegte H-Kerne auf ihrem Wege Ionen bilden,

<sup>1</sup> Vgl. hierzu u. d. folg.: L. MEITNER, Über den Aufbau des Atominneren, Die Naturwissenschaften, Bd. 15, S. 369 (1927), wo auch einige der bei diesem Vortrag gezeigten Bilder wiedergegeben sind.

ermöglicht auch den Nachweis von Wasserstoffkernen in den Kernen schwerer Atome. RUTHERFORD gelang es zuerst, aus Stickstoffatomen durch Bestrahlung mit  $\alpha$ -Strahlen H-Kerne hinauszuerwerfen. Die Zertrümmerung anderer Atome folgte; bis jetzt hat man mit Ausnahme von He, C, O die Atome des periodischen Systems bis zum Kalium zerlegen können, so daß damit experimentell der Wasserstoffkern als Baustein der Materie nachgewiesen ist. Daß die Zertrümmerung von He, C, O nicht gelang, stimmt zu der Tatsache, daß diese Atome einen großen Massendefekt gegen Wasserstoff zeigen. Sie sind sehr stabile Verbände mit großer Bindungsenergie, zu deren Zertrümmerung eine größere Energie erforderlich ist, als das schnellste  $\alpha$ -Teilchen besitzt (beim He  $32 \cdot 10^6$  Volt gegen  $8 \cdot 10^6$  Volt des  $\alpha$ -Teilchens). Mit der Zerlegung eines Atoms ist vielleicht ein Atom Aufbau verbunden. Das Bild des Zusammenstoßes eines  $\alpha$ -Teilchens und eines N-Kernes müßte nach dem Stoß drei Nebelbahnen zeigen, die des weiterfliegenden  $\alpha$ -Teilchens, des herausgeworfenen H-Kernes und des Restatoms. Beobachtet wurden aber nur zwei Bahnen, die nach ihrem Aussehen dem H-Kern und einem Atom

zuzuordnen sind, das schwerer als Stickstoff ist. Möglicherweise hat sich das  $\alpha$ -Teilchen mit dem Restkern vereinigt. Dann hätte der N-Kern ( $Z = 7$ ) eine positive Ladung abgegeben und zwei positive Ladungen aufgenommen, so daß ein neuer Kern mit der Ladung 8, also ein Sauerstoffkern entstanden wäre, der aber das Atomgewicht 17 hätte.

Die  $\gamma$ -Strahlen, von denen die radioaktiven Zerfallserscheinungen begleitet sind, sind Wellenstrahlen und entsprechen Elektronenübergängen im Kern, der durch den Zerfall angeregt ist. Einer Strahlung von der Schwingungszahl  $\nu$  und der Wellenlänge  $\lambda$  entspricht ein Energiequantum  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ . Die Wellenlänge der  $\gamma$ -Strahlen ist aus Gesetzen über den Zusammenhang von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen bekannt; die kürzeste Wellenlänge beträgt rund  $4 \cdot 10^{-11}$  cm, sie ist etwa 40 mal so klein wie die kürzeste Wellenlänge von Röntgenstrahlen. Dementsprechend ist der Energieaufwand bei einem Quantensprung im Kern 40 mal so groß wie der größte Betrag bei einem Übergang in der Elektronenhülle. So ergeben sich auch hier wieder sehr hohe Beträge für die Bindungsenergie der Kerne.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen.** Von A. WALTHER, o. Prof. a. d. Techn. Hochschule Darmstadt. I. Teil: Funktion und graphische Darstellung, Differential- und Integralrechnung. Berlin 1928, Verlag von Julius Springer. VIII u. 220 S. Geh. RM 8.60; geb. RM 9.60.

Das vorliegende Werk ist aus Vorlesungen und Übungen des Verf. an der Universität Göttingen entstanden und bildet eine Sonderausgabe aus dem Sammelwerk „Methoden der wissenschaftlichen Biologie“ von PÉTERFI (Berlin, Julius Springer). Es wendet sich daher nicht eigentlich an Studierende der Mathematik, sondern an solche, die die höhere Mathematik als Hilfswissenschaft gebrauchen. Damit erhält es aber zugleich eine große Bedeutung für den Lehrer an den höheren Schulen, der ebenfalls die volle Strenge des mathematischen Universitätsunterrichtes nicht erreichen kann und andererseits dankbar jede Möglichkeit begrüßen wird, Aufgaben und Anregungen für die Anwendungen der Mathematik auf die Praxis zu finden. Solche Aufgaben enthält das Buch in reichem Maße. Technik, Physik, Chemie und Biologie sind herangezogen; praktische Methoden (Nomogramme, Rechenmaschinen, graphische Integration usw.) werden ausführlich besprochen, und auch Hinweise auf einfache praktische Kniffe und Regeln fehlen nicht. Die Beweise sind oft nur angedeutet, aber deutlich wird gesagt, wo Lücken im Beweis sind. Die Anschaulichkeit tritt stark hervor (174 Abbildungen). Von der Fülle des Gebotenen gibt ein ausführliches, fast 20 Seiten umfassendes Namen- und Sachverzeichnis einen Begriff.

*Sellien.*

**Handbuch der Physik.** Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band IV: Allgemeine Grundlagen der Physik. Redigiert von H. THIRING. X und 667 Seiten. Mit 98 Abbildungen und 1 Tafel. Berlin 1929, Julius Springer. Geh. RM 60.—; geb. RM 62.80.

Der vorliegende Band enthält 6 Kapitel, in denen nach einer erkenntnistheoretischen Untersuchung die grundlegenden Gebiete der Physik behandelt werden: Feldphysik, Statistik, Relativitätstheorie und Quantentheorie; den Beschluß macht eine Untersuchung über den Bau des Kosmos. Das erste Kapitel, von H. REICHENBACH-Berlin, beschäftigt sich mit den Zielen und Wegen der physikalischen Erkenntnis. Verf. geht zunächst auf das Verhältnis der Physik, deren Eigenart er in ihrem mathematischen Charakter sieht, zur Philosophie und zur Mathematik und auf ihre Abgrenzung gegen die andern Naturwissenschaften und die Technik ein. Von besonderem Interesse ist die nun folgende Behandlung des Realitätsproblems, des physikalischen Wahrheitsbegriffes und des Zieles der physikalischen Erkenntnis. Das Realitätsproblem wird vom Standpunkt des Positivisten und des Realisten aus ausführlich erörtert (Verf. selbst entscheidet sich für den Realismus). Bei den Untersuchungen über den Wahrheitsbegriff spielt (man denke etwa an die Quantentheorie) der Begriff der Wahrscheinlichkeit eine große Rolle; als Axiom wird der Satz an die Spitze gestellt: „Es ist sinnvoll und zulässig, aus einer endlichen Anzahl von Fällen auf alle Fälle mit Wahrscheinlichkeit zu schließen.“ Bei der Kritik des Begriffes der Einfachheit und des MACHschen Ökonomiebegriffes zeigt die Analyse,

daß man zwischen der deskriptiven und der induktiven Einfachheit unterscheiden muß, und daß die Verwechslung beider die Quelle vieler Irrtümer gewesen ist. Verf. bespricht dann das Problem des a priori, die Beweise KANTS und die Einwände dagegen; er kommt zu dem Schluß: „Es gibt in der Physik keine Prinzipien a priori im Sinne von unabhängig von der Erfahrung.“ Im einzelnen werden die Probleme des Raumes, der Zeit, der Substanz und der Kausalität behandelt. Besonders der Problemkreis der Kausalität, der noch keineswegs völlig durchforscht ist, beansprucht im Hinblick auf die neueren Zweige der Physik ganz besonderes Interesse. Hier ist vor allem die Untersuchung wichtig, welche Rolle das Wahrscheinlichkeitsprinzip neben dem der Kausalität spielt. Zum Schluß gibt Verf. eine Zusammenstellung der erkenntnistheoretischen Problemlage der Quantenmechanik.

H. THIRING-Wien behandelt Begriffssysteme und Grundgesetze der Feldphysik. Nach allgemeinen Bemerkungen über die Aufgabe der theoretischen Physik bespricht er die Grundprinzipie der klassischen Dynamik, die klassische Feldphysik und die Relativitätstheorie. Es handelt sich dabei stets um das Grundsätzliche und um eine kritische Stellungnahme dazu. Ein Unterabschnitt ist den „verdorrten Ansätzen der Mechanik“ gewidmet (dem Versuch von H. HERTZ, die Kräfte durch Trägheitswirkungen verborgener Bewegungen zu ersetzen, den Hypothesen von BJERKNES und KORN über das Wesen der Gravitation und der COULOMBSchen Kräfte).

Das nächste Kapitel bringt einen für die moderne Physik ungemein wichtigen Abschnitt: die Prinzipien der Statistik, von R. FÜRTH-Prag, einem der hervorragendsten Sachkenner des Gebietes. Nacheinander werden die Prinzipien und Sätze der klassischen Statistik und der Quantenstatistik erörtert, denen mannigfache Anwendungen folgen. Das Kapitel vermittelt einen vorzüglichen Überblick über das schwierige Gebiet.

Es folgt nunmehr, als jüngster Zweig der Feldphysik, die allgemeine Relativitätstheorie, von G. BECK-Leipzig. Auch hier gibt Verf., vom Einfacheren zum Schwierigeren fortschreitend, eine sehr gute Einführung. Von der speziellen Relativitätstheorie ausgehend, führt er den Leser in sehr geschickter Weise zur allgemeinen Theorie und ihrer Diskussion.

E. GUTH-Wien behandelt die Entwicklung und die Grundlagen der Quantentheorie. Da bereits an 2 verschiedenen Stellen des Bandes 20 die Quantentheorie besprochen wird, ist es selbstverständlich, daß Überschneidungen vorkommen. Trotzdem wird man auch die vorliegende Darstellung begrüßen, die in den Zusammenhang des 4. Bandes durchaus hineinpaßt und die im übrigen eine sehr klare und gute Einführung in das Gebiet gibt. Die übersichtliche Art, in der Verf. den Leser von der Quantentheorie der Wärmestrahlung über die Arbeiten EINSTEINS, SOMMERFELDS, BOHRS zu der neueren Quantentheorie und zu den Untersuchungen von HEISENBERG-BORN-JORDAN und von DE BROGLIE-SCHRÖDINGER führt und schließ-

lich Ausblicke auf die neuesten Entwicklungen gibt, dürfte auch gerade Lesern dieser Zeitschrift besonders willkommen sein.

Im letzten Kapitel endlich — der Bau des Kosmos — gibt W. E. BERNHEIMER-Wien den gegenwärtigen Stand unserer Anschauungen von der Struktur des Universums. Auf 2 Fragen richtet sich vor allem die Aufmerksamkeit: wie sind die Sterne, die Sternhaufen und die Nebel im Raum verteilt? Welche Bewegungen allgemeiner Natur kann man im Universum beobachten? Beigegeben ist eine hier zuerst veröffentlichte Karte von JAHNKE-LUNDMARK über die Milchstraße, die die Einzelheiten der Struktur (Verteilung der Helligkeit) gut erkennen läßt. Es ist nicht möglich, hier auf Einzelheiten des überaus interessanten Kapitels einzugehen. Eins sei erwähnt: man hat neuerdings die Entfernung des Spiralnebels in der Andromeda nach 2 verschiedenen Methoden übereinstimmend auf etwa  $10^6$  Lichtjahre festgestellt; der Nebel gehört daher nicht mehr zum galaktischen System. Verf. betont im übrigen immer wieder, daß noch kein eindeutiges Bild vom Kosmos vorliegt.

Das erste und das letzte, aber auch alle anderen Kapitel des Buches bieten so vieles, was unmittelbar zum Unterricht in Beziehung steht, der ganze Band ist dabei so anregend und leicht verständlich geschrieben, daß ich ihn in die Hand jedes Physiklehrers wünschen möchte. Er sollte möglichst in jeder Lehrerbücherei vorhanden sein.

Lamla.

**Handbuch der Physik.** Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band XXI: Licht und Materie. Redigiert von H. KONEN. Berlin 1929. Julius Springer. XII und 968 S., mit 386 Abbildungen. Geh. RM 93.—; geb. RM 96.—.

Der vorliegende Band ist der letzte der 4 Bände, die der Optik gewidmet sind; er ist ebenso wie die 3 anderen außerordentlich umfangreich. Er zerfällt in 3 Hauptteile (die wiederum in insgesamt 20 Kapitel unterteilt sind): Absorption, Emission und spezielle Anwendungen. H. LEY-Münster behandelt die Absorptionsspektren und ihre Veränderlichkeit und die Beziehungen zwischen Absorption und chemischer Konstitution. Verfasser bietet in vielen Kurven und Tabellen ein sehr umfangreiches Material; neben den experimentellen Befunden finden Theorie und Anwendungen ihren Platz. Das nächste Kapitel gibt einen Überblick über das experimentelle Tatsachenmaterial über die Absorption der festen Körper von TH. DREISCH-Bonn.

Im zweiten Hauptteil (Emission) behandeln zunächst E. LAX und M. PIRANI die Temperaturstrahlung fester Körper (hauptsächlich reine Temperaturstrahlung, vor allem der Metalle, der Kohle, des Graphits; dazu die Strahlung von Oxyden; mit zahlreichem Tabellen- und Kurvenmaterial und Literaturnachweisen), danach R. FRERICHS-Berlin Analyse und Bau der Linienspektren (mit einer systematischen Übersicht über die bekannten Linienspektren), L. GREBB-Bonn die Röntgenspektren. Es folgen Kapitel von A. LANDÉ-

Tübingen über den Zeemaneffekt, von R. MIN-KOWSKI-Hamburg über den Starkeffekt, von R. FRERICHS über Intensitätsregeln und von P. JORDAN-Hamburg über Energiestufen in Spektren (behandelt werden hier vor allem die Ergebnisse der Elektronenstoßmethode, die einmal die allgemeinen Annahmen der BOHRschen Theorie gerechtfertigt, andererseits zur Aufklärung spezieller Spektren Unterlagen geliefert haben, z. B. für die Spektren des Heliums, des Wasserstoffmoleküls, des Stickstoffes u. a.). R. MECKE-Bonn bespricht Bandenspektren und kontinuierliche Gasspektren, P. PRINGSHEIM-Berlin Lumineszenzspektren und Ramanspektren. Auf eine vielleicht weniger allgemein bekannte Einzelheit der sehr inhaltreichen Kapitel sei hingewiesen: beim (atomaren) Linienspektrum spielt die Bewegung des Atomkerns eine geringe, dagegen bei dem (von der Molekel erzeugten) Bandenspektrum eine beträchtliche Rolle. Daher kann man beim Bandenspektrum das Vorhandensein von Isotopen nachweisen; es hat das bisher in allen Fällen zu Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Aston geführt. PRINGSHEIM behandelt u. a. auch die für den Biologen interessanten Untersuchungen der Biolumineszenzspektren (Leuchtkäfer usw.). Beim Ramaneffekt handelt es sich um ein Molekülphänomen: bei Durchstrahlung eines Mediums tritt neben der regulären eine besondere Streustrahlung auf, die durch ganz bestimmte Frequenzdifferenzen von der ersten getrennt ist.

Im letzten Kapitel endlich behandelt F. LÖWE-Jena die Spektralanalyse, L. GREBE-Bonn die Spektralanalyse im Röntgenbild, J. HOPMANN-Bonn die experimentelle Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie (Mercurperihel, Lichtablenkung im Schwerefeld der Sonne, Rotverschiebung der Linien des Sonnenspektrums, Fixsternprobleme), H. LEY-Münster Fluoreszenzerscheinungen vorwiegend organischer Verbindungen in Beziehung zu ihrer chemischen Konstitution, G. SZVESSY-Bonn besondere Fälle von Doppelbrechung (durch elektrische und magnetische Felder und mechanische Einwirkung); endlich gibt F. JENTZSCH-Jena eine Einführung in die Beugungstheorie der optischen Instrumente.

Der Band enthält in jedem der vorzüglich geschriebenen Kapitel neben der Einführung in das betreffende Gebiet eine große Fülle experimentellen Materials in Form von Kurven, Tabellen und Figuren. *E. Lamla.*

**Lehrbuch der Physik.** Von THEODOR WULF S. J. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. XIV und 547 Seiten, mit 201 Abbildungen. Freiburg i. Br. 1929, Herder & Co., G. m. b. H. Geh. RM 20.—; geb. RM 22.—.

Die erste, vor nur 3 Jahren erschienene Auflage des Buches ist im 41. Jahrgang dieser Zeitschrift, S. 52, 1928, besprochen worden. Für die zweite Auflage ist das ganze Werk neu durchgesehen und an vielen Stellen verbessert und ergänzt worden; neu hinzugefügt ist der Schlußabschnitt über neue Tatsachen und Ziele der physikalischen Forschung (Compton-Effekt, Beugungerscheinun-

gen bei Elektronen u. a.). Erfreulicherweise ist die Zahl der Abbildungen erheblich erhöht (von 143 auf 201). Anlage und Ziel des Werkes sind die gleichen geblieben, und was von der ersten Auflage gesagt worden ist, gilt hier in erhöhtem Maße: man muß die Kunst der Darstellung bewundern, mit der hier in elementarer Form ein Bild der Physik entworfen wird, wie es sich dem Auge des Physikers von heute wirklich darbietet. Das Buch kann Physikern und Nichtphysikern warm empfohlen werden. *Lamla.*

**Lehrbuch der Physik.** Von Dr. K. ROSENBERG. Ausgabe J für die unteren Klassen der Mittelschulen. 13. Aufl. Wien 1930, Hölder-Pichler-Tempsky A.G. S 6.80 bzw. RM 4.25.

Wir haben die bekannte und bewährte Unterstufe der Physik von ROSENBERG vor uns, bestimmt für die unteren Klassen der österreichischen Mittelschulen (die den deutschen höheren Schulen entsprechen), neubearbeitet nach dem Lehrplan für diese Mittelschulen vom 1. Juni 1928, Z. 138.

Das Buch hat durch die neue Bearbeitung gewonnen. Über den wesentlichen Fortschritt gibt ein Blick auf das Inhaltsverzeichnis Aufschluß. Es steht da nicht mehr kurz und abstrakt: II. Von der Wärme, sondern sogleich unterteilt: 1. Sommer und Winter. 2. Das Thermometer. 3. Heizung. 4. Die Thermosflasche. 5. Dampfmaschine und Explosionsmotor. 6. Das Wetter. Oder: VII. Von den flüssigen Körpern. 1. Die Wasserleitung. 2. Das Schwimmen. 3. Wasserrad. Es wird also das gesamte Stoffgebiet zerlegt in Abschnitte, deren Überschriften Erscheinungen oder Gegenstände benennen, die dem Schüler bekannt sind. Damit ergibt sich ohne weiteres eine zwanglose Einführung in das vorgelegte Problem.

Geändert ist weiter die Reihenfolge, indem die Mechanik hinter Wärme, Magnetismus, Elektrizität I und Licht gesetzt ist, während Schall und Elektrizität II den Schluß bilden. Der Charakter der Unterstufe wird stärker betont durch Fortfall einiger Gesetze (BOYLE-MARIOTTE, OHM, spezifische Wärme). Weggefallen sind auch die Abschnitte über die Bewegung der Sonne und Gestirne und den dadurch bedingten Wechsel der Jahreszeiten. Dafür sind neu aufgenommen Abschnitte, die den Wert der Physik für das tägliche Leben erweisen: Heizwert von Brennstoffen, 2- und 3polige Schalter, Sicherungen, elektrische Heiz- und Kochgeräte. Verschwunden sind Volta- und Chromsäureelement und sonstige konstante und inkonstante Elemente. An ihre Stelle tritt die Trockenbatterie.

Die neue Bearbeitung trägt also dem Fortschritt der physikalischen Unterrichtsmethode Rechnung und sucht überall den Anschluß an das tägliche Leben herzustellen. *Grohmann.*

**Einführung in die theoretische Physik.** In 3 Bänden. Von CLEMENS SCHAEFER. Erster Band: Mechanik materieller Punkte, Mechanik starrer Körper und Mechanik der Continua (Elastizität und Hydrodynamik). Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. XII und

991 Seiten. Mit 272 Abbildungen. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. Geh. RM 45.—; geb. RM 48.—.

Der vorliegende erste Band der dritten Auflage des wohl bekanntesten Lehrbuches ist gegenüber der ersten Auflage von 1914 und der zweiten von 1922, die nur ein Abdruck der ersten war, durch eine Anzahl größerer Zusätze vermehrt worden. Der Charakter des Buches ist ungeändert geblieben. Die besondere Bedeutung und der hohe Wert des Buches besonders auch für den Studenten liegen in der glücklichen Gruppierung des Stoffes und in der überaus klaren, durchsichtigen und leicht verständlichen Darstellung. Ohne jemals auch nur im geringsten ins Triviale abzugleiten, kommt das Buch der Arbeits- und Fassungskraft des Studenten auf das glücklichste entgegen. Z. B. wird es dem Lernenden sehr angenehm sein, daß die Darstellung durch Vektoren und die durch kartesische Koordinaten nebeneinander verwendet sind, und daß die Begriffe und Formeln der Vektoranalysis an der passenden Stelle kurz hergeleitet werden. Auch die Beachtung mancher Kleinigkeiten (z. B. daß Zwischenrechnungen wirklich durchgeführt werden) ist für den Studenten wichtig. Überall zeigt sich, daß nicht nur der Fachgelehrte, sondern vor allem auch der erfahrene Lehrer am Werke gewesen ist.

Der verhältnismäßig große Umfang des Buches, von dem etwas mehr als die Hälfte der Mechanik der Kontinua gewidmet ist, ermöglicht es, neben den allgemeinen Sätzen viele Beispiele und spezielle Probleme zu behandeln. Besonders werden Schwingungsprobleme eingehend erörtert. Was an mathematischen Sätzen gebraucht wird, wird abgeleitet, z. B. bei Benutzung der Integralgleichungen, bei der Transformation von quadratischen Formen u. a. Hier wie an anderen Stellen, z. B. in der allgemeinen Dynamik der Punktsysteme, ist es eine besondere Freude, gerade die schwierigeren Kapitel in der so klaren Darstellung des Verf. zu lesen.

Jeder Lehrer an höheren Schulen, der sich mit den Problemen der Mechanik wieder einmal beschäftigen will, soll zu dem vorliegenden Buche greifen; vor allem aber kann er es jedem früheren Schüler, der Physik studiert, auf das wärmste empfehlen. Die folgenden Bände sollen in Kürze erscheinen. *Lamla.*

**Einführung in die Wellenmechanik.** Von J. FRENKEL. 317 Seiten mit 10 Abbildungen. Berlin 1929, Julius Springer. Geh. RM 26.—; geb. RM 27.60.

Der raschen Entwicklung der neuen Wellenmechanik (DE BROGLIE und SCHRÖDINGER) samt ihren Anwendungen auf die verschiedenen Gebiete der Mikro- und teilweise auch der Makrophysik zu folgen, ist für den Experimentalphysiker und Chemiker nicht leicht, zumal die Darstellungsweise der meisten theoretischen Arbeiten zuweilen auch für den Fachmann schwer lesbar ist. Alle diese mehr praktisch eingestellten Physiker und Chemiker, besonders wenn sie eine erste Einführung in dieses neueste Gebiet der Physik

suchen, finden in dem hier vorliegenden Buch eine vorzügliche, klare Darstellung, die zwischen einer zu allgemeinen und einer zu speziellen Darstellung die Mitte hält. Gerade die physikalisch wesentlichen Fragen sind ausführlich auseinandergesetzt, und zwar in einer Form, die ohne spezielle mathematische oder physikalische Vorbildung verstanden werden kann. Das erste Kapitel des Buches, Licht und Materie betitelt, bietet recht anschaulich die Grundlagen der Wellenmechanik. Es setzt an der geschichtlichen Entwicklung der Lichttheorie, der Relativitätstheorie und der Quantentheorie auseinander, welche Beobachtungen zu der Wellenmechanik geführt haben (Materiestrahlen, Interferenz und Beugung der Kathodenstrahlen; dualistische Natur jeder Strahlung). SCHRÖDINGERS Wellengleichungen werden expliziert und auf das Wasserstoffatom angewandt. Dann folgen die SCHRÖDINGERSchen Wellen bei Potentialsprüngen und ihre Anwendung auf die Elektronentheorie der Metalle. Ausstrahlung und Übergangsprozesse in der SCHRÖDINGERSchen Theorie sowie das Mehrkörperproblem und das Problem der Wechselwirkung in der Wellenmechanik beschließen dieses inhaltreiche grundlegende Kapitel. Das zweite Kapitel behandelt die Grundgleichungen der Wellenmechanik. Es geht von den Beziehungen zwischen Wellenoptik und geometrischer Optik aus und stellt diese der Korpuskularmechanik gegenüber, die mit der Wellenmechanik in Zusammenhang gebracht wird. Die Wellenmechanik nichtstationärer Vorgänge wird entwickelt und die relativistische Umgestaltung und Verallgemeinerung der SCHRÖDINGERSchen Gleichung für ein Elektron dargelegt. So ergibt sich denn die Wellenmechanik als Verallgemeinerung der elektromagnetischen Lichttheorie. Dann werden die oben entwickelten Gleichungen auf die DIRACsche Form zurückgeführt. Die Theorie des Kreiselektrons und die Wellenmechanik komplizierter Systeme beschließen dieses Kapitel. Im dritten Kapitel, Wellenmechanik und Quantentheorie, werden zunächst die stationären Zustände untersucht und ihre statistischen Mittelwerte mit den zeitlichen Mittelwerten der klassischen Mechanik verglichen. Im Anschluß an die nicht quantisierbaren Zustände werden zusammengesetzte Schwingungszustände erforscht und hierbei die Matrixelemente physikalischer Größen und die matrizentheoretische Behandlung der Quantenmechanik gegeben. Dann folgt die Theorie der Lichtausstrahlung mit dem BOHRschen Korrespondenzprinzip und ihre quantenmechanische und wellenmechanische Theorie, Störungswirkungen von Wechselkräften, erzwungene Schwingungen sowie die Resonanz werden untersucht. Hier finden wir dann die durch Licht bedingten Störungen, den photoelektrischen Effekt, die Wärmestrahlung, Dispersion und Streuung erörtert. Die Vergleichung der inneren und der äußeren Störungen bei zusammengesetzten Systemen (Atome, Moleküle) im Lichte des HEISENBERGSchen Resonanzprinzips (spontane Ionisation und Stoßvorgänge) führt zur Beschränkung der Mehrelektronensysteme mit Rücksicht

auf das PAULISCHE Äquivalenzverbot. Das PAULISCHE Prinzip und die Austauschresonanz bei Molekülen leiten über zu den im 4. Kapitel behandelten speziellen Problemen der Wellenmechanik der Atome und Moleküle. Untersucht wird hier das wasserstoffähnliche Atom, seine Störungstheorie sowie seine Ionisation durch ein elektrisches Feld und der photoelektrische Effekt. Die Theorie des COMPTON-Effektes wird gegeben, woran sich die exakte, relativistische Theorie des wasserstoffähnlichen Atoms schließt. Dann folgen die Systeme mit zwei Elektronen (Heliumatom und Wasserstoffmolekül). Die Theorie der hetero- und homöopolaren Molekülbildung und die Dynamik zweiatomiger Moleküle beschließen die Darlegungen, denen ein ausführliches Literaturverzeichnis angefügt ist. Wie diese kurze Inhaltsübersicht zeigt, umfaßt das Buch alle einschlägigen Fragen. Dabei ist die Darstellung so klar und verständlich geschrieben, daß sie jeder Physiker und Chemiker, der nur die Anfänge der höheren Mathematik beherrscht, mit Erfolg studieren kann. Das Buch muß dringend zum Studium empfohlen werden.

A. Wenzel.

**Empfindliche Galvanometer für Gleich- und Wechselstrom.** Von Dr. OTTO WERNER. Berlin und Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. 208 Seiten und 93 Abbildungen. Preis geb. RM 14.—.

Die in den verschiedensten Zweigen der Physik so oft auftretende Aufgabe der möglichst zuverlässigen Bestimmung kleinster Gleich- und Wechselströme und Spannungen hat Anlaß zu genauen theoretischen Untersuchungen über alle für den Aufbau von Spiegelgalvanometern einflußreichen Faktoren gegeben und zur Entwicklung immer vollkommener Instrumente geführt. Neben der Steigerung der Empfindlichkeit, die naturgemäß im Vordergrund des Interesses steht, sind noch viele andere praktische Forderungen wie Meßgenauigkeit, großer Meßbereich, Unabhängigkeit von Temperatur und Fremdfeldern und bequeme Handhabung zu beachten. Das vorliegende Buch vermittelt unter Berücksichtigung der modernsten Literatur alles für die Theorie und Praxis der empfindlichen Galvanometer Wissenswerte in musterhafter Übersichtlichkeit. Naturgemäß nehmen die Drehspulgalvanometer für Gleichstrom wegen ihrer Bedeutung den größten Raum ein; hier sind alle Fragen nach den Grenzen der Empfindlichkeit, den Einflüssen der verschiedenen Konstruktionsmaterialien, den Abmessungen der einzelnen Teile eingehend behandelt. Im Anschluß finden nahestehende Typen wie Saiten-, Schleifen- und die empfindlichsten (Drehmagnet-), Nadelgalvanometer Berücksichtigung. Im 2. Abschnitt sind die neueren Wechselstromgalvanometer, wie Vibrationsgalvanometer, Elektrodynamometer, die auf thermischen Wirkungen beruhenden elektrischen Instrumente und die Oszillographen, kritisch zusammengestellt. Drei weitere kleinere Abschnitte beschäftigen sich mit Verstärkung schwacher Ströme mit Hilfe von Röhren, mit den Zusatzeinrichtungen für Ablesung, mit Relais, mit der

erschütterungsfreien Aufhängung und mit Schaltungen. Eine so gefällige, knappe und doch reiche Übersicht über ein wichtiges Meßgebiet, hervorgegangen aus den Erfahrungen im Siemens-Laboratorium, ist etwas für den praktischen Physiker sehr Brauchbares. Es ist zu wünschen, daß ähnliche zusammenfassende Übersichten auch von anderen Instrumentengruppen mit ebenso guten Abbildungen herauskommen.

Der für elektrische Messungen interessierte Schulphysiker wird mit größtem Nutzen diesen Band zu Rate ziehen; die Ansprüche hinsichtlich der galvanometrischen Messungen in der Schule sind im Wachsen begriffen (thermoelektrische Messungen, Kondensatorentladungen mit Hilfe des ballistischen Galvanometers). Er findet hier nicht nur die Gesichtspunkte, die für die Auswahl eines geeigneten Galvanometers maßgebend sein sollen, ausführlich erörtert, sondern gewinnt auch ein tieferes Verständnis für das Arbeiten dieser Art von technischen Kunstwerken.

*Nickel.*

**Sterne und Atome.** Von A. S. EDDINGTON. Mit Ergänzungen des Autors ins Deutsche übertragen von Dr. O. F. BOLLNOW. Mit 11 Abbildungen. VI, 124 S. Berlin 1928, Julius Springer. Geh. RM 5.60; geb. RM 6.80.

„Sterne und Atome“ war das Thema eines Vortrags, den der Verfasser 1926 in Oxford gehalten hat. Der Stoff dieses Vortrags sowie einiger in London gehaltener Vorträge ist in diesem Buche niedergelegt. Der Verfasser hat eine erschöpfende Darstellung des Gegenstands in seinem großen Buche „Der innere Aufbau der Sterne“ gegeben; hier kam es ihm darauf an, die grundlegenden Gedanken und Ergebnisse zu entwickeln. Man findet keine Formel in dem Buch, keine Ableitungen und keine Beweise. Wohl aber fühlt man aus jeder Zeile heraus den Meister des Stoffes und — eine seltene, aber glückliche Verbindung — den Meister der Darstellung. Um es rund heraus zu sagen: das Buch liest sich wie eine spannende Novelle; wer es einmal zur Hand genommen hat, den läßt es nicht los, ehe er bis zu Ende gekommen ist. Vorzügliche Photographien illustrieren einige Begriffe; im Text findet Verfasser so treffende Bilder und Vergleiche, daß die schwierigsten und delikatesten Fragen klar und leicht verständlich werden, — zugleich übrigens ein gutes Zeichen für die große Geschicklichkeit des Übersetzers.

Die erste Vorlesung behandelt das Wärme-gleichgewicht der Sterne, Temperatur im Innern, Beziehung zwischen Helligkeit und Masse, dichte Sterne u. a. (vgl. den Bericht des Referenten über Arbeiten von EDDINGTON in Jahrg. 35, 1922; S. 140 dieser Zeitschrift). Die zweite Vorlesung bietet „einige neue Untersuchungen“: Über das Rätsel des Algols, den Begleiter des Sirius (dessen Dichte bekanntlich gleich etwa  $6 \cdot 10^4$  gesetzt wird), unbekannte Atome, insbesondere das Element Nebulium (im Anhang wird darauf hingewiesen, daß Nebulium als doppelt ionisierter Sauerstoff identifiziert worden ist), die Sonnenschicht, die „Wolken im Weltraum“ (im besten Weltraum-

vakuum ist nach EDDINGTON immer noch etwa ein Atom im Kubikzentimeter enthalten), den Durchmesser des Beteigeuze. Die dritte Vorlesung endlich behandelt das Alter der Sterne, das Pulsieren der Cepheiden, die Unzulänglichkeit der Kontraktionshypothese, die Möglichkeit der Verwandlung von Masse in Strahlung.

Die ganze ungeheure Problemfülle des Gebietes tritt hervor, die Unmenge von Fragen, die wir jetzt als solche erkannt, aber noch keineswegs völlig gelöst haben. Wer sich über die neueren Fragen und Anschauungen des überaus interessanten Gebietes in einer außerordentlich ansprechenden und spannenden Weise unterrichten lassen will, der greife zu dem vorliegenden Büchlein. *Lamla.*

**Atomphysik und Sternphysik.** Von G. Joos. 15 Seiten mit 2 Abbildungen im Text. Jena 1929, Gustav Fischer. RM 1.—.

Nach einer ausführlichen Behandlung der Strahlung des Atoms auf Grund der BOHRschen Anschauungen werden die Anwendungen der modernen Spektroskopie auf astronomische Probleme besprochen. Es werden behandelt die spektroskopischen Bestimmungen der Temperatur und des Druckes in Sternatmosphären, die Ermittlung der Entfernungen von Sternen auf spektroskopischem Wege und die Frage nach der Energiequelle der Sternstrahlung. *Kohl.*

**Vom Werden der naturwissenschaftlichen Probleme.** Grundriß einer Geschichte der Naturwissenschaften. Von Dr. FRIEDRICH DANNEMANN, Professor an der Universität Bonn. Mit 82 Abbildungen, zum größten Teil in Wiedergabe nach den Originalwerken. Leipzig 1928, Wilhelm Engelmann. Geh. RM 17.—; geb. RM 19.—.

Das 348 Seiten umfassende Buch ist eine auf einen Band gekürzte Ausgabe des vierbändigen Werkes desselben Verfassers „Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange“. Es dürfte, wie ich glaube, in der Hand des Lehrers gerade in dieser verkürzten Form ein äußerst brauchbares Hilfsmittel für

den naturwissenschaftlichen Unterricht in den oberen Klassen sein, wenn dabei gleichzeitig auch das Buch „Aus der Werkstatt großer Forscher“ von demselben Verfasser herangezogen wird, auf das auch in dem vorliegenden Buche dauernd Bezug genommen wird. Das Hineinziehen geschichtlicher Betrachtungen über den Werdegang der Probleme in den naturwissenschaftlichen Unterricht ist ganz gewiß kein Abirren vom vorgezeichneten Wege, es dient vielmehr der tieferen Durchdringung der Probleme. Wenn Primaner — um nur ein Beispiel herauszugreifen — mit den Hilfsmitteln modernen Unterrichtsverfahrens zum Verständnis der Bewegungslehre und der Begriffe „Kraft“, „Masse“, „Beschleunigung“ usw. geführt sind, so würde es eine Versäumnis sein, wenn sie nicht durch eine historische Betrachtung eine Vorstellung davon erhalten würden, welche Geistesleistung der großen Denker die Konzeption dieser Begriffe und die Durchleuchtung der Bewegungsvorgänge bedeuten. Damit soll nicht gesagt sein, daß diese historische Betrachtung gleichmäßig bei allen Problemen durchgeführt werden müsse; die zur Verfügung stehende Zeit wird Schranken setzen. Das Buch, das ein Sachregister, ein Namenregister und eine historische Zeittabelle besitzt, dürfte in Verbindung mit dem Quellenwerke „Aus der Werkstatt großer Forscher“ auch ein sehr willkommenes Hilfsmittel sein, um daraus das Material für Schülervorträge in naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften oder im Deutschunterricht zu entnehmen. Es sollte darum in Verbindung mit dem genannten Quellenwerk in jeder Schülerbücherei in mehreren Exemplaren vorhanden sein.

Der Verfasser berücksichtigt ziemlich gleichmäßig alle Gebiete der Naturwissenschaften und führt seine Darstellung bis an die Probleme unserer Tage heran, ohne auf diese näher einzugehen.

Eine Unstimmigkeit im Texte von Seite 118 bis 126 in der Nummerbezeichnung der Figuren und zwischen dem letzten und vorletzten Satze des ersten Absatzes Seite 254 läßt sich in der nächsten Auflage abstellen. *Steindl.*

## Vereine und Versammlungen.

**Bericht über die 32. Hauptversammlung des deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Würzburg vom 13. bis 17. April 1930.**

Am Abend des 13. April hatten sich die Teilnehmer der Tagung zu einer festlichen Begrüßung im Harmoniesaal zusammengefunden. Am Vormittag des 14. April begann dann die eigentliche Tagung in der Aula der neuen Universität mit Begrüßungsansprachen des Vereinsvorsitzenden Oberstudiendirektor Dr. GÜNTHER (Dresden), Ministerialrat FREITAG (München), Ministerialrat Prof. Dr. METZNER (Berlin), Geheimrat Prof. Dr. HOSIUS, Rektor der Universität Würzburg, Univ.-Prof. Dr. PFISTER (Würzburg), Geheimrat Prof. Dr. SOMMERFELD (München), Prof. Dr.

FISCHER (München), Oberbürgermeister Dr. LÖFFLER (Würzburg) und für das österreichische Bundesministerium für Unterricht Prof. Dr. KRUG (Wien).

Nach Eintritt in die Tagesordnung der ersten allgemeinen Sitzung hielt dann Geheimrat Prof. Dr. KERSCHENSTEINER (München) einen Vortrag über „Mathematik und Naturwissenschaften als Bildungsfächer“. Bei der Entwicklung des Begriffs „Bildung“ lehnt er die „allgemeine Bildung“ als unsinnig ab. Auch der Begriff „Bildung“ nach HARNACK, SIMMEL und PAULSEN treffen nicht den Kern; „Bildung ist Wesensformung“, ist nicht klar. Das Wesen des Menschen liegt wurzelhaft in seinem Wert-, Zweck- und Interessensystem. Der Mensch ist ein Bündel

von Funktionen, die zunächst psychischer Natur sind, allmählich aber zu schöpferisch-geistigen Funktionen werden. Diese erst schaffen Werte und Güter, an denen die Menschen emporwachsen. Als Bildung kann man nun das Ausbauen dieses Wertsystems ansehen. Erst vermittelt der Bildung kann der Mensch die Güter erfassen. Wenn nach SPRANGER Bildung die durch Kultureinflüsse erworbene entwicklungsfähige Wesensformung des Individuums ist, so liegt dabei das individuelle Wesen in der Wertgestalt des Individuums. — Zu diesem Wertsystem liefern Mathematik und Naturwissenschaften einen spezifischen Beitrag, der in ihrem Wesen, in ihrer geistigen Struktur bedingt ist. Wenn der Lehrer den Weg der Forscher geht von der quälenden Unklarheit zur Erlösung durch die Erkenntnis der Wahrheit, dann werden Mathematik und Naturwissenschaften ein sehr wesentliches Erziehungsmittel zur Wahrheit, dann wird der Wahrheitswert der Erkenntnis lebendig. Hinzu tritt der Klarheitswert der Begriffe, den die exakten Fächer besonders fördern, vor allem dann, wenn sie die Begriffe genetisch gewinnen. Schließlich führen diese Fächer den Vollendungswert der Lösung klar vor Augen. Denn was gefunden ist, sei es rationell oder experimentell, ist vollendet. Jede Verifikation eines Beweises, z. B. durch ein Experiment oder dgl. führt den Schüler zur Selbstgewißheit des Vollendungsgrades. „Ob ein deutscher Aufsatz vollendet ist, wissen nicht einmal die Schulgötter!“ Ob aber eine mathematische Lösung richtig ist, braucht nicht erst der Lehrer zu bestätigen. Dieser Umstand trägt wesentlich zur Hebung der Schaffensfreude bei. — Zu diesen immanenten axiologischen Bildungswerten der Mathematik und Naturwissenschaften gesellen sich noch Schulungswerte. Die Formalbildung der Funktionsschulung ist notwendig, um den Wert der Güter erfassen zu lernen. Hierzu liefern die genannten Fächer vor allem die Schulung des logischen Denkens, die Schulung der Aufmerksamkeit, die Erziehung zu sachlicher Einstellung, zur theoretischen Objektivität sowie die Erweckung des Bedürfnisses nach Eindeutigkeit der Begriffe und ihrer Beziehung zueinander. Wertvoll ist auch die Schulung psychischer Verhaltensweisen. So kommt durch die Beschäftigung mit Mathematik und Naturwissenschaften der Mensch zu der Gewohnheit, alles auf seine Wahrheit und Klarheit zu prüfen, alles selbst auszuprobieren. Schließlich erziehen diese Fächer auch zu präzisen Antworten. — Der Wissensstoff der Mathematik und Naturwissenschaften fördert die materielle Bildung. Angesichts des stetig wachsenden Stoffes muß man sich fragen: Wie groß ist die Quantität des Wissens, die wir bringen sollen? Die Frage selbst blieb offen, doch stellte der Vortragende für die Stoffbegrenzung die Regel auf, „die Fülle des Wissens darf die Kraft des Wissens nicht töten“. Was ist Kraft des Wissens? Man unterscheidet Bildungswissen, Leistungswissen und Erlösungswissen. Während das letztere religiöser Natur ist, steht hinter dem Leistungswissen das Nützlichkeitsprinzip. Nur

das Bildungswissen ist dynamisch, nur dies treibt zur Ergründung der Wahrheit. Vom Standpunkt der Wissenswerte aus scheidet also das Nutzwissen oder Leistungswissen aus. Nur das Bildungswissen kann diese Kraft des Wissens entfalten. Der spezifische Beitrag der Mathematik und der Naturwissenschaften zu diesen Wissenswerten schließlich ist die Überzeugung von der kausalen Gesetzmäßigkeit alles Naturgeschehens und das mathematisch-physikalische Weltbild.

Im Anschluß an den Vortrag bot der Vorsitzende dem Redner wegen seiner hohen Verdienste um die methodische Ausgestaltung unserer Fächer die Ehrenmitgliedschaft des Vereins an, die dieser mit bewegten Worten annahm.

„Kepler und seine Bedeutung für unsere Zeit“ war das Thema des nächsten Vortrages, den Prof. Dr. CASPAR (Stuttgart-Cannstadt) hielt. Unter Hinweis auf die Bedeutung dieses Jahres, in dem am 15. November 300 Jahre vergangen sind, seit in Regensburg der große Astronom KEPLER gestorben ist, entwarf der Vortragende zunächst in wenigen Strichen ein Bild von der interessanten Persönlichkeit dieses Mannes, bei dem sich Leben und Wissenschaft nicht trennen lassen. In seiner wissenschaftlichen Tätigkeit sah er die Erfüllung einer höheren Berufung, die ihm heilige Pflicht war. Für alle Zeiten wird sein Name berühmt sein durch seine Entdeckung der Planetengesetze, mit denen er in seiner „*astronomia mundi*“ zugleich die Himmelsmechanik begründete. Damit ist unsere Weltanschauung mindestens ebensoviel gegenüber der des KOPERNIKUS gefördert worden, wie sie KOPERNIKUS über die Anschauungen des PTOLEMÄUS erhoben hat. Daneben hat er auch den Begriff des Naturgesetzes geschaffen, wie wir ihn heute noch auffassen. Gerade seiner physikalischen Ausführungen wegen ist sein Werk auch für unsere Zeit noch von Bedeutung, so sehr auch seine Anschauungen vom Fixsternhimmel und das Fehlen jeglichen Entwicklungsgedankens von unseren Anschauungen abweicht. Das Ziel seiner Forschung war, seiner Lieblingsidee von der Harmonie der Welt Geltung zu verschaffen. Ihr hat er als Fünfzigjähriger ein Werk „*harmonicæ mundi*“ gewidmet, in dem die uralte Lehre des Pythagores von der Harmonie der Sphären wieder auflebt. Hier liegt ein beachtenswerter Versuch vor, auf Grund einer Naturanschauung über alle Erforschung von Einzel Tatsachen hinaus den Sinn der kosmischen Erscheinungen zu erfassen. Wenn wir auch heute diese Spekulationen ablehnen, so sehen wir doch staunend, daß KEPLER den metaphysischen Ausbau seiner Wissenschaft unternommen hat, einen Weg, den jede Naturwissenschaft einschlagen muß, soll sie den menschlichen Geist befriedigen. KEPLERS Name möge uns daher stets als Symbol selbstlosen Strebens nach Erkenntnis und Deutung der Natur vorschweben.

Die physikalische Fachsitzung am Nachmittag im sehr kleinen Hörsaal des physiologischen Instituts der Universität wurde eröffnet mit einem rein theoretischen Vortrage von Prof.



Dr. GUDDEN (Erlangen) über die elektrische Leitung in festen Körpern. Der Ionenleitung stellte der Vortragende die Elektronenleitung gegenüber, bei der keine materielle elektrochemische Abscheidung erfolgt und die magnetisch beeinflussbar ist. Er ging dann auf einen Vergleich von Atomwärme und Leitfähigkeit sowie auf die Beziehungen zwischen der Leitfähigkeit der Elemente und ihrer Stellung im periodischen System ein, stellte Metalle und Nichtmetalle in dieser Hinsicht zusammen und wies auf die Eigenart mancher Elemente hin, in doppelter Modifikation aufzutreten. Die Supraleitung bei sehr tiefen Temperaturen bereitet insofern Schwierigkeiten, als dort das OHMSche Gesetz nicht mehr gesichert ist. Auch fügt sie sich der SOMMERFELDSchen Elektronentheorie der Metalle nicht recht ein. Zu den bekannten Fällen von Supraleitung (Ta, Au, Bi usw.) kommt neuerdings noch die beim Kupfersulfid. Nichtmetallische Elektronenleitung, wie sie hier vorliegt, ist bisher wenig untersucht. Die Leitfähigkeit  $\rho$  wächst, wie experimentell festgestellt worden ist, proportional  $e^{-\frac{COINSE}{T}}$ , worin  $T$  die absolute Temperatur ist. — Für die Ionenleitung in festen Körpern gilt die Formel  $\rho = A_1 \cdot e^{-\frac{H_1}{T_1}} + A_2 \cdot e^{-\frac{H_2}{T_2}} + \dots$ , worin  $A_{1,2}$  die Lockerungsarbeiten,  $B_{1,2}$  die Ionenabspaltungsarbeit nach SMEKAL bedeuten.

Im zweiten Vortrage dieser Fachsitzung behandelte Prof. Dr. GEBHARDT (Dresden) Versuche aus Newtons Optik, die er zum Teil schon in den Unterrichtsblättern 35, S. 313 (1929) veröffentlicht hat. Er vertrat dabei den Standpunkt, daß es unbedingt notwendig sei, den Physikunterricht auch historisch einzustellen. Zum Schluß ging er auf das umgekehrte Spektrum (nach KIRSCHMANN) ein und zeigte im Versuch, daß die Spektralanalyse auch unter Verwendung des umgekehrten Spektrums möglich ist<sup>1</sup>.

Die Vorführung einfacher neuer Geräte für Schülerübungen, die nach Angaben des Vortragenden gebaut sind, unternahm sodann Prof. Dr. E. C. MÜLLER (Stettin). Bei diesen Übungsgeräten fiel vor allem die Verwendung leicht erreichbarer und leicht zu bearbeitender Werkstoffe auf (z. B. Korklinoleum). Über Einzelheiten vgl. das Buch des Vortragenden, E. C. MÜLLER: Vereinfachte Schülerversuche im Lehrzimmer. Braunschweig 1930.

Dann führte Dr. W. GROSCH (Kiel) bewegliche Diapositive zur Akustik und einen neuen Pendelapparat vor. Die selbst gefertigten Diapositive zeigten die Verdünnung und Verdichtung der Luft in tönenden Pfeifen usw. recht anschaulich. KUNDSche Staubfiguren erregte er mittels einer Kinderpfeife in einem kleinen Reagenzrohr, das durch Papierröllchen nach Wunsch verlängerbar ist und in dem Magnesia als feiner Staub die Staubfiguren recht gut zeigte. Im zweiten Teil seines Vortrages führte er einen

neuen Apparat zur Aufzeichnung von Interferenzen vor. Zwei Pendel von beliebig veränderlicher Schwingungsdauer tragen gemeinsam eine Leiste, die in ihrer Mitte eine Schreibvorrichtung hat. Diese zeichnet die aus den Schwingungen beider Pendel resultierende Schwingungsform auf. Schließlich zeigte der Vortragende noch einen Pendelapparat zur Demonstration der Resonanz. Ein einseitig befestigter Stab wird am freien Ende von einem Pendel mit beliebig veränderlicher Schwingungszeit bewegt. Der Stab trägt bifilare Pendel mit festen Schwingungszeiten, von denen stets nur dasjenige mitschwingt, dessen Schwingungsdauer mit dem des bewegenden Pendels übereinstimmt.

Zum Schluß führte Priv.-Doz. Dr. L. BERGMANN (Breslau) glänzende Versuche mit einem Kurzwellensender vor. Sie sind mit der gesamten Apparatur in dieser Zeitschrift 43, S. 122 (1930), veröffentlicht.

In der biologischen Fachsitzung sprach Geheimrat Prof. Dr. FLEISCHMANN (Erlangen) über anschauliche Modelle im tierkundlichen Unterricht. Räumliche Modelle sind notwendig, um das Verständnis der Schüler für den inneren Bau der Tiere zu wecken. Empfohlen wurde die eigenhändige Anfertigung der Modelle durch Lehrer und Schüler zur Verminderung der Unkosten. Wie dies mit einfachen Mitteln geschehen kann, wurde an der Hand einiger Beispiele gezeigt. — Stud.-Prof. Dr. PABSTMANN (Bamberg) behandelte sodann den Entwicklungsgedanken im Unterricht der höheren Schule. Über die Bedeutung des Lehrfilms im biologischen Unterricht sprach Stud.-Assessor LOEWENHAUPT (Waldshut), während Stud.-Prof. Dr. PRIEHÄUSSER (Regensburg) über den Unterricht und die Übungen in Biologie auf der Oberstufe der bayerischen Oberrealschulen berichtete. Die Vorträge beschloß Stud.-Prof. KORNEL SCHMIDT (Würzburg) mit Ausführungen über Naturkunde und Photographie und Vorführung von Lichtbildern aus der Insektenbiologie, die die Bedeutung der Photographie für den naturkundlichen Unterricht erkennen ließen.

In der zweiten allgemeinen Sitzung am 15. April sprach zuerst Prof. Dr. EBERT (Würzburg) über neue Brücken zwischen Chemie und Physik. Zunächst ging er auf die Anwendungen der physikalischen Untersuchungsmethoden auf chemische Stoffe ein und wies auf einzelne Tatsachen, wie z. B. Beziehung zwischen der charakteristischen Röntgenstrahlung der Elemente und ihrer Stellung im periodischen System, auf KOHLRAUSCHS Leitfähigkeitsmessungen, auf EMIL FISCHERS Synthese des Zuckers und die Polarisation des Lichtes sowie auf die Röntgenstrahlenanalyse hin. Aus diesen Ausführungen ging klar hervor, wie stark die Eigenschaftslehre der Stoffe durch physikalische Methoden gefördert worden ist. Erst in den Anfängen steckt aber die zweite große Aufgabe, die Lehre vom chemischen Vorgang physikalisch zu entwickeln. Ziel dieser Forschung ist, den chemischen Vorgang durch Variation der physikalischen Bedingungen völlig zu beherrschen. Erst diese Fähigkeit würde ein

<sup>1</sup> Zum umgekehrten Spektrum vgl. u. a. P. HANCK: Diese Zeitschr. 29, S. 257 (1916) und A. WENZEL: Diese Zeitschr. 33, S. 92 (1920).

völlig rationales Vorgehen in der Chemie bedeuten, dessen Wichtigkeit für Industrie und Wirtschaft auf der Hand liegt. Als Beispiele für diesen Gedanken führte der Vortragende die Elektrochemie sowie die Bedeutung der Thermodynamik für chemische Vorgänge an. Wie diese Gebiete zeigen, ist die Verbindung zwischen Physik und Chemie, die keine Brücke im üblichen Sinne ist, sondern mehr eine Verwachsung, schon älteren Datums. Den Anstoß zu der neuen Phase der Verwachsungen zwischen beiden Gebieten gab der Umstand, daß die Physik der Chemie den überraschenden Beweis für die Unrichtigkeit der Behauptung geliefert hat, es sei nicht möglich,

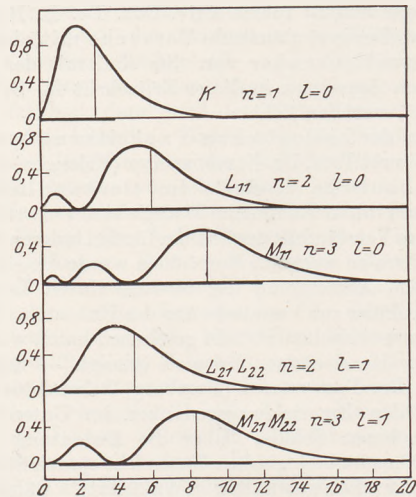


Fig. 1.

das Atom zu zerlegen. Damit war die Elementarform der Elemente zu einem physikalischen Problem geworden. Und da sich das Atom nach den neuesten Forschungen im wesentlichen nur aus zwei verschiedenen Bausteinen zusammensetzt, den Protonen und den Elektronen, so kann man wohl den Schluß ziehen, daß man die 92 Elemente auf nur zwei Grundstoffe zurückführen kann, womit die Chemie zu einem Grenzgebiet der Physik würde, deren physikalische Gesetzmäßigkeiten zu finden allerdings noch der Zukunft vorbehalten ist. Gewisse Teile der Physik gewinnen heute schon an eigentümlicher allgemeiner Bedeutung, deren gemeinsame Bearbeitung von beiden Gebieten her zu einer wesentlichen Vereinfachung der gesamten exakten Naturwissenschaften führen wird. Ob und wie weit diese Verschmelzung zwischen Physik und Chemie bereits jetzt für den Elementarunterricht der Schulen gewisse Richtpunkte liefern kann, bleibt zu erörtern.

Als nächster sprach Prof. Dr. FLURY (Würzburg) über biologische Grenzgebiete des chemischen Unterrichts. Nach Ansicht des Vortragenden wird im chemischen Unterricht zu viel anorganische Chemie und chemische Technologie betrieben, während die chemischen Vorgänge im täglichen Leben, im Haushalt und in der

Natur zu wenig Berücksichtigung finden. Im Mittelpunkt des chemischen Unterrichts sollte der Mensch stehen, der chemische Aufbau seines Körpers und seine Funktionen, wobei der Ernährung besondere Aufmerksamkeit zu widmen wäre. Behandelt werden muß nicht nur die Zusammensetzung der Nahrung, sondern auch die Zubereitung, Verdauung, ihr Wert, ihre Regulierung usw. Die Bedeutung und der Bau der Hormone bieten viel Interessantes. Zu berücksichtigen sind auch als besondere biologisch-chemische Grenzgebiete die Stoffwechselkrankheiten, die Genußmittel und die Gifte. Endlich sollte die Biochemie der Pflanze und die Beziehungen der Pflanzenwelt zur Tierwelt mehr gewürdigt werden.

Im Anschluß daran sprach Geheimrat Prof. Dr. SOMMERFELD (München) über die Anschaulichkeit in der modernen Physik. Von den beiden großen Errungenschaften der Physik des 20. Jahrhunderts, der Relativitätstheorie und der Quantentheorie, warf man der ersteren große Abstraktheit und mathematische Schwierigkeit vor, während die letztere sich ihres bildhaften Charakters wegen besonderer Beliebtheit erfreute. Heute aber ist das Verhältnis beider fast umgekehrt. Während die Relativitätstheorie in ihrem Festhalten an der exakten Darstellung der Erscheinungen in Raum und Zeit ein unverbrüchliches kausales Schema liefert, nachdem der Zustand eines Systems, wenn er nur für einen Augenblick einmal bekannt war, für alle Folgezeiten zwangsläufig abgeleitet werden kann, setzt die Quantentheorie jetzt an Stelle der eindeutigen kausalen Zusammenhänge statistische Mittelwerte. SCHRÖDINGER führte für die Elektronenwelle die Wellengleichung ein, der DIRAC eine besonders gute Form gab. Das angeregte Elektron im Wasserstoffatom hat die Wahl zwischen mehreren Bahnen, auf die es zurückspringen kann. Die Übergangswahrscheinlichkeit ist von der Quantentheorie allein beherrscht. Aber auch der Ort des Elektrons ist heute nicht mehr eindeutig definiert, sondern es besteht nur eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit für den Aufenthaltsort des zu einer Welle „verschmierten“ Elektrons. An der Hand einiger Figuren (vgl. Fig. 1) erläuterte der Vortragende diese Eigentümlichkeit der neuesten Quantenmechanik. In der Figur ist in den obersten 3 Teilen die Besetzung der K-, L- und M-Schale des Wasserstoffatoms mit Elektronen so wiedergegeben, daß der stark ausgezogene Strich auf der jedesmaligen Abszissenachse den Radius der früher angenommenen eindeutigen Kreisbahnen des Elektrons angibt, während die darüberliegende Kurve die Wahrscheinlichkeit des Ortes des Elektrons nach der neuesten Theorie darstellt. Die eingezeichnete Ordinate gibt den Ort der Wahrscheinlichkeit  $\frac{1}{2}$  wieder. Ähnliches gilt für das freie Elektron. Während man früher einem Elektron, das an einem Atomkern vorüberflog, eine bestimmte Bahn zuwies, ist diese Darstellung heute zu detailliert. Denn heute tritt an die Stelle des diskreten punktförmigen Elektrons die Elektronenwelle von der Wellenlänge

$\lambda$  und der Geschwindigkeit  $v$ , die mit der PLANCK-  
schen Konstanten  $h$  und der Masse  $m$  des Elektrons  
nach DE BROGLIE in der einfachen Beziehung  
stehen:  $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ . Eine diskrete Lokalisierung  
des Elektrons ist heute nicht mehr möglich, man  
kann nur die Wellenfront angeben. Somit ergibt  
es sich, daß die Entstehung der Röntgenstrahlen  
heute als ein Problem der Optik behandelt wird.  
Wie das Lichtquant, so ist auch die Elektronen-  
welle als ein Energieknoten aufzufassen. Daß  
man es beim Elektron mit einer Welle zu tun hat,  
zeigen sehr gut die Aufnahmen von Elektronen,  
die durch ein Glimmerblättchen von unter  $0,1 \mu$   
Dicke gegangen sind. Solche Aufnahmen des  
japanischen Forschers S. KIKUCHI zeigte der  
Vortragende (vgl. Fig. 2 u. 3). Fig. 2 ist mit einem  
Beugungsbilde zu vergleichen, das man von einem  
durch ein Kreuzgitter gegangenen Lichtstrahl  
erhält. Im Gegensatz zum dreidimensionalen  
Lauediagramm ist es nur zweidimensional. Wird  
das Plättchen aber etwas dicker, so zeigt sich  
schon bei einer Dicke von etwa  $1 \mu$  eine Tiefen-  
wirkung des Gitters. Das Diagramm bekommt  
dann Ähnlichkeit mit dem LAUE-Diagramm.  
Neben den LAUE-Flecken tritt aber noch, wie  
Fig. 3 zeigt, eine Streifung auf. Dies Bild war  
gewonnen durch Aufnahme eines Elektronen-  
strahls, der durch einen Glimmerkristall von  $0,1 \mu$   
Dicke gegangen war. Die Streifung des Bildes  
ist als Folge der diffusen Reflexion der Elektronen-  
wellen an den Netzebenen des Kristallgitters auf-  
zufassen. Ein weiteres Bild, das der Vortragende  
zeigte, gab eine Aufnahme eines  
Elektronenstrahls wieder, der  
mit 30 bis 40000 Volt Geschwin-  
digkeit durch eine Metallpoly-  
kristallfolie (Silberfolie) von  
weniger als  $1 \mu$  Dicke gegangen  
war. Es zeigte die bekannten  
DEBYE-SCHERER-Ringe. Die  
Wellenstruktur des Elektrons er-  
möglicht hiernach also eine Er-  
forschung der Kristallgitter, wie  
wir sie auch mit Röntgenstrahlen  
ausführen können. — Besondere  
Bedeutung hat in diesem Zu-  
sammenhang noch die Unschärfe-  
relation von HEISENBERG:  $\Delta q \cdot$   
 $\Delta p = h$ , worin  $\Delta$  die Unschärfe,  
 $p$  den Impuls und  $q$  die Orts-  
koordinate bedeuten soll. Sie  
zeigt die Grenze für die Beob-  
achtungsschärfe zweier zusam-  
mengehörender Größen. Sie hängt  
mit dem Atomismus der Materie  
zusammen und ist mit den Beug-  
ungerscheinungen des Lichts in  
Parallele zu stellen. Die neueste  
Quantentheorie bringt diese Un-  
schärfe mit sich. Mit dieser neuen Form der Quan-  
tentheorie fällt die Kausalität im alten Sinne. Es  
ist in der neuen Quantenmechanik nicht mehr  
möglich, genau mit aller Schärfe den Zustand der  
Welt vorauszusagen; nur mit statistischem Spiel-

raum ist diese Aufgabe zu erfüllen, wobei eine  
Unschärfe in den Bestimmungen unvermeidlich ist.  
Die Angaben des Ortes und der Geschwindigkeit

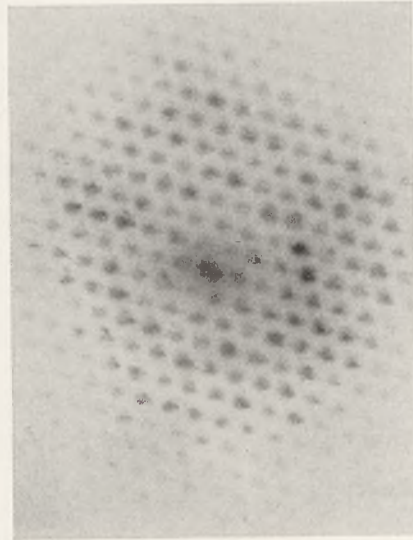


Fig. 2.

z. B. lassen sich in ihrer Schärfe nur auf Kosten  
des einen von beiden einengen. Auch die Emission  
des Lichtes kann zeitlich nicht lokalisiert werden,  
d. h. ob das Licht ausgesandt wird vor, während  
oder nach dem Übergang von einem Zustand in

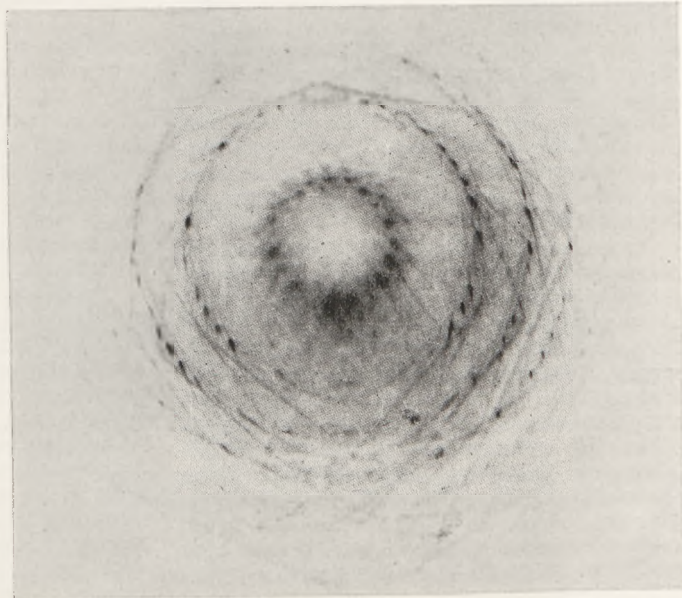


Fig. 3.

einen anderen, läßt sich nicht sagen. Nach unserer  
heutigen Ansicht sind Anfangs- und Endzustand  
gleichmäßig am Verlauf der Emission beteiligt.  
An die Stelle der alten kausalen Bestimmtheit  
treten auch hier statistische Spielräume. Der

Wert dieser neuen Theorie ist aber durch diese Konsequenz durchaus nicht erschüttert. Denn das Vertrauen zur Quantenmechanik beruht ja gerade darauf, daß sie alle Errungenschaften der alten Theorie über die Spektrallinien und Atomstruktur verschärft wiedergibt und darüber hinaus die Wellennatur der Materie, insbesondere die Elektronenbeugung, in einer mit den Experimenten völlig übereinstimmenden Weise vorausagt.

In der chemischen Fachsitzung sprach Priv.-Doz. Dr. W. JANDER (Würzburg) über Grundtatsachen der Geochemie nach neueren Ergebnissen. Die Geochemie beschäftigte sich früher nur mit allen chemischen und physikochemischen Vorgängen auf der Erde. Im letzten Jahrzehnt hat sie dadurch einen großen Fortschritt erlangt, daß sie einige Grundfragestellungen verändert hat. Früher beschäftigte man sich besonders mit der Chemie der Verwitterung und der Sedimentation und erforschte im allgemeinen die Grundgesetze bei der Erstarrung des Magmas. Heute steht dagegen mehr die Frage nach der Verteilung der Elemente im Erdinnern und in der Erdkruste im Vordergrund des Interesses. Wesentlich ist die Frage nach den Gesetzmäßigkeiten, nach denen ein Element sich in den Mineralien findet. Zwei Probleme wurden sodann eingehend erörtert, nämlich zunächst die Frage, wie die allgemeine Verteilung der Elemente auf der gesamten Erde ist und wie das Erdinnere aussieht, weiter als zweites Problem die Verteilung der Elemente in der Erdkruste.

Dann behandelte Prof. WUNDERLICH (Oldenburg) quantitative chemische Schülerübungen, wobei er nach einleitenden methodischen Bemerkungen eine Reihe erprobter Versuche mitteilte, die sich gut zu einem Lehrgang ausgestalten lassen. Schließlich sprach Prof. Dr. RISCHBIETH (Hamburg) über neuere gasvolumetrische Unterrichts- und Vorlesungsversuche und illustrierte seine Ausführungen durch praktische Versuche<sup>1</sup>.

In den am Dienstag mit der chemischen, am Mittwoch mit der geographischen Fachsitzung zusammenfallenden mathematischen Fachsitzungen sprach zunächst Prof. Dr. HAUPT (Erlangen) über Existenzbeweise in der elementaren und höheren Mathematik. Dann erläuterte Oberstud.-Dir. Dr. WIELEITNER (München) KEPLERs Faßrechnung; Oberstud.-Rat Dr. WIDDER (Würzburg) behandelte die stereographische Abbildung im Unterricht, und schließlich führte Oberstud.-Dir. KLUGE (Glogau) in seinem Vortrage über den Rechenstab im Unterricht einen neuen trigonometrischen Rechenstab vor. Ferner hielt am Mittwoch Studienrat Dr. TRAUTHAN (Bielefeld) einen Vortrag über mathematisches Denken und allgemeine Kulturerwicklung. Zunächst erläuterte er den Einfluß des mathematischen Denkens auf das Kulturideal der Kulturvölker. Die Übertragung mathematischen Denkens auf

technische und naturwissenschaftliche Gegenstände gelingt leicht, zumal wir die Naturgesetze als nicht beweisbare Gesetze betrachten. Bei der Erklärung der Ideenwelt aber hätte man eine bessere Lösung erwarten können. Eine Universalmethode konnte noch nicht gefunden werden, doch hat man einige typische mathematische Begriffsbildungen und Fragestellungen mit Vorteil übernommen. Zum Schluß seines Vortrags ging Dr. TRAUTHAN noch kurz auf die Stellung SPENGLERs zur Mathematik unter diesem Gesichtspunkte ein. — Dann sprach Prof. Dr. SEEMANN (Nürtingen) über Psychologie der Rechenfehler und Prof. Dr. EBNER (Aachen) über das Komplexe in der Technik. Den Abschluß bildete ein Vortrag von Oberstud.-Rat KUHN (Nürnberg) über Pro-pädeutik im Großen und im Kleinen.

In der erdkundlichen Fachsitzung am Mittwoch (16. 4.) sprach als erster Geheimrat Prof. Dr. SAPPER (Würzburg) über Tropenakklimatisation in ihrer Bedeutung für Siedlung und Wirtschaftsgeographie. Dann führte Priv.-Doz. Dr. WELTE (Würzburg) in seinem Vortrage über die morphologischen Probleme in Franken seine Hörer in die Geologie Frankens ein. Zum Schluß gab Dr. K. WIEN (München) aus eigener Anschauung einen trefflichen Bericht von der deutsch-russischen Pamirexpedition, die unter Leitung von W. R. RICKMERS im Sommer 1928 die unbekannteren Hochgebirge von Pamir erforschte.

In den geschäftlichen Sitzungen des Vereins schloß sich dieser u. a. den Leitsätzen an, die der deutsche Philologenverband für die Neuordnung des Studiums aufgestellt hatte und denen für die zukünftigen Philologen der Unterrichtsausschuß des deutschen Hochschulverbandes, der mathematische Reichsverband und der DAMNU zugestimmt haben, unter der Bedingung, daß durch ausreichende praktische Tätigkeit in den Laboratorien auch in den Zusatzfächern ein wissenschaftlich einwandfreier Unterricht gewährleistet wird. Ferner wurde Bereitstellung ausreichender Mittel zur Fortbildung unserer Fachkollegen von Staat und Städten gefordert.

Neben der üblichen Ausstellung von Lehrmitteln und Büchern wurde eine Ausstellung von Schülerübungsgeräten in den Physikräumen der Oberrealschule gezeigt. Hier wurden nicht nur ausgezeichnete, z. T. selbst gefertigte, Übungsapparate und Übungsaufgaben in Aufbau und Ausführung gezeigt, sondern auch die wichtige Aufbewahrung aller der vielen Geräte in vorbildlicher Weise war gut vor Augen geführt. Gerade diese Ausstellung nahm das Interesse der Teilnehmer ganz besonders in Anspruch, stammte sie doch aus der Praxis der Oberrealschulen Würzburg und Ludwigshafen sowie der Münchener Volkshauptschulen und konnte so am besten für die Praxis an anderen Schulen ausgewertet werden.

Mehrere botanische, geologische und technologische Exkursionen führten zum Schluß der Tagung die Teilnehmer in die reizvolle Umgebung Würzburgs.

A. Wenzel.

<sup>1</sup> Vgl. hierzu z. B. diese Zeitschr. 43, S. 132 (1930).

## Aus Werkstätten.

**Gerätekästen für physikalische Schülerübungen** der Firma Leppin & Masche in Berlin SO 16, Engelufer 27.

Der Gedanke der Schülerpraktika mußte dazu führen, geeignete Aufgaben zu sammeln, aber auch entsprechende Apparate zu schaffen. Neben Apparaten für Schülerübungen nach Angaben von HERM. HAHN, KARL NOACK, ERNST GRIMSEHL u. a. m. wurden von uns die Apparate nach Stewart & Gee hergestellt<sup>1</sup>, deren Durchkonstruktion wir auf Anregung von englischer Seite übernommen hatten und die wir 1897 auch in einer deutschen Sonderliste veröffentlichten.

In allen Fällen wurden feste, in sich abgeschlossene Apparate verwendet, und es entsprach der natürlichen Entwicklung

tung forderten. Nicht für alle Arbeiten ist das kleine Gerät gedacht, sondern wo es sich als notwendig erweist, wird das bekannte große Gerät nach VOLKMANNS herangezogen.

Die leitenden Gedanken waren die, daß je

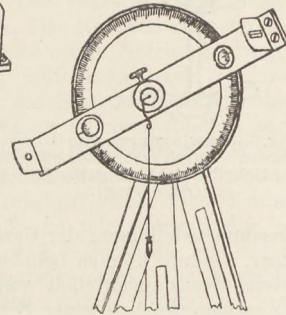
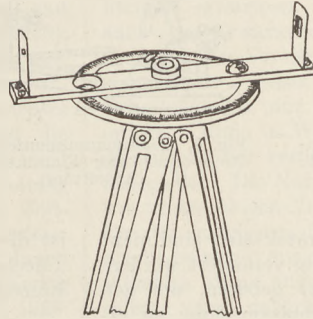


Fig. 2. Theodolitmodell auf Stativ. Horizontalstellung (Anleitung).

Fig. 3. Vertikalstellung (Anleitung).

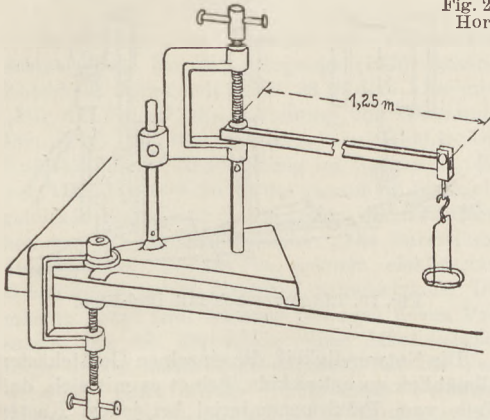


Fig. 1. Aufbau für Durchbiegungsversuche.

dieser Apparate, daß für die Herstellung Holz in ausgiebigstem Maße zur Anwendung kam.

Nun ist aber Holz kein geeignetes Konstruktionsmaterial. Wenn es für die Selbsterstellung gewählt wird, so ist das ganz verständlich, dagegen kommt es — abgesehen von der recht wichtigen Exportfrage — für ein Aufbaugerät industrieller Herkunft heute nicht mehr in Betracht.

Dem alten VOLKMANNSchen Gedanken an einen „Baukasten“ folgend, haben wir nun „Gerätekästen für Schülerarbeiten“ zusammengestellt und hierfür Präzisionsmaterial als Aufbaugerät herangezogen. Der besondere Zweck verlangte aber die Schaffung eines kleinen Präzisionsgerätes, weil die Raumverhältnisse auf dem Arbeitstisch sowie im Schrank einerseits, die Preisbemessung andererseits Forderungen waren, welche Beach-

größer die Not in der Beschaffung der Geldmittel ist, um so wichtiger deren Verwendung zur Schaffung bleibender Werte wird.

Mag man das Präzisionsgerät vielleicht noch für teuer halten, so bleibt doch das eine unumstößlich: es behält infolge seiner Anpassungsfähigkeit seine Bedeutung und seinen Wert, auch wenn die Methoden und die Versuche im Laufe der Entwicklung Wandlungen erfahren. Weiterhin leitete uns der Gedanke, dem Arbeitenden ein Gerät in die Hand zu geben, welches sorgfältig durchkonstruiert und derart ausgeführt ist, daß nicht nur die Sicherheit der Aufbauten gewährleistet ist, sondern auch der Anfänger, der Nichtfachmann, erkennt, daß er ein sehr ernst zu nehmendes Arbeitsgerät zur Verfügung gestellt bekommt.

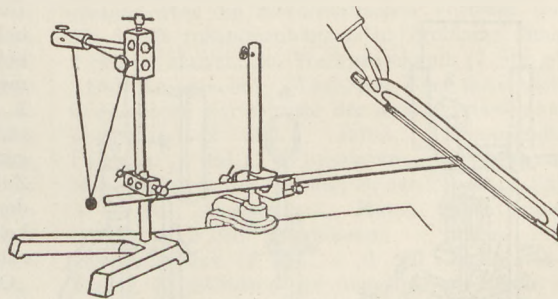


Fig. 4. Längsschwingungen von Stäben (Anleitung). (GRIMSEHL: Physik I, S. 607, § 230. TYNDALL: Der Schall 1897, S. 95.)

Die Auswahl der Versuche geschah teils in Anlehnung an bekannte bewährte Aufgaben, teils fügten wir neuere hinzu, welche gerade durch die vielseitige Anpassungsfähigkeit des Präzisionsgerätes ermöglicht werden. Zur Erleichterung des Aufbaus entstanden Vorlagen für eine große Reihe vorgeschlagener Aufgaben, sowie Anleitungen, in denen weitere zum Teil messende Versuche angeführt werden. Hierbei kann es sich nur um Vorschläge handeln, denn die

<sup>1</sup> STEWART and GEE, practical physics for schools and the junior students of colleges. Übersetzt von Prof. Dr. KARL NOACK; Berlin: Julius Springer.

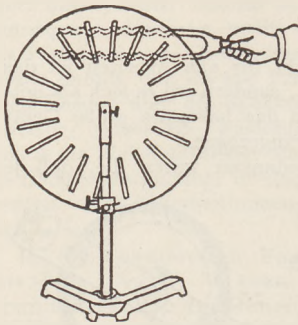


Fig. 5. Schwingungen von Stimmgabeln durch stroboskopische Scheibe sichtbar gemacht (Anleitung).

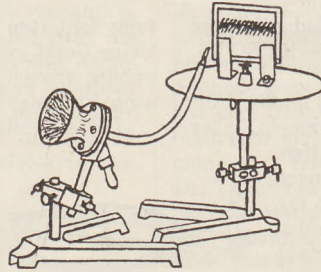


Fig. 6. Flammenmanometer mit Drehvorrichtung (Flammenbilder) (Anleitung).

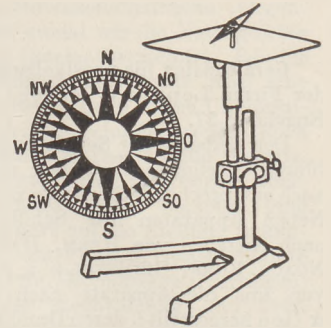


Fig. 7. Aufbau eines Kompasses mit Windrose (Deklinationsnadel).

Zusammenstellungen der Gerätekästen sind nicht starr, sondern können beliebig verändert werden. Diese Bewegungsfreiheit war geboten, um den langsamen Ausbau einer Schulsammlung zu ermöglichen, sowie mit Rücksicht auf etwa schon vorhandene Hilfsmittel.



Fig. 8. Kobaltmagnet, hufeisenförmig, hält zylindrischen Kobaltmagneten in der Schwebe (Koerzitivkraft).

Außer Vorschlägen für eine Grundanschaffung sind Ergänzungen vorgesehen, welche den Übergang zu Demonstrationsversuchen bilden. Es ergeben nämlich die einzelnen Aufbauten Apparate von solcher Beschaffenheit, daß sie sehr wohl zur Demonstration herangezogen werden, sowie festgeschlossene Apparate bleiben können, wenn die Zerlegung unerwünscht ist.

Die Preise sind nicht höher, sondern oft niedriger als die für gleichwertige feste Apparate.

Über das Material selbst und die 4 ersten zusammengestellten Gerätekästen berichtet unser

ist die „Wärme“ fast fertiggestellt, und aus der „Mechanik II“, der „Elektrizität“ usw. sind Einzelaufgaben abgeschlossen.

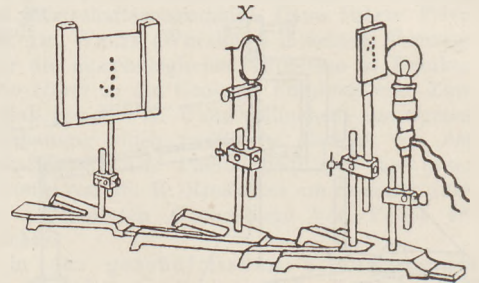


Fig. 10. Linsenversuch mit Perl-Eins.

Die Notwendigkeit, die einzelnen Gerätekästen allmählich zu entwickeln, bringt es mit sich, daß Teile vom Präzisionsmaterial bei jedem Kasten immer wieder aufgeführt werden. Um den richtigen Überblick zu ermöglichen, haben wir in der Veröffentlichung die Kostenzusammenfassung so aufgestellt: A. Allgemeines Gerät, Präzisionsmaterial; B. Sondergerät; C. Gerätekasten mit Zubehör. Man erkennt so den Anteil des stets wiederkehrenden Präzisionsgerätes, der z. B. im Falle „Optik“ fast die Hälfte der Anschaffungskosten ausmacht. Das Ideal wäre erreicht, wenn erst ein Kasten „Allgemeines Gerät, Präzisionsmaterial“ und dann Kästen für die einzelnen Gebiete geschaffen wären. Damit wäre auch die Unterbringungsfrage, der eine besondere Bedeutung zufällt, noch besser zu lösen, als es zunächst durch die Wahl der Kästen möglich ist. An der Weiterentwicklung wird ernstlich gearbeitet; es ist jedoch keine

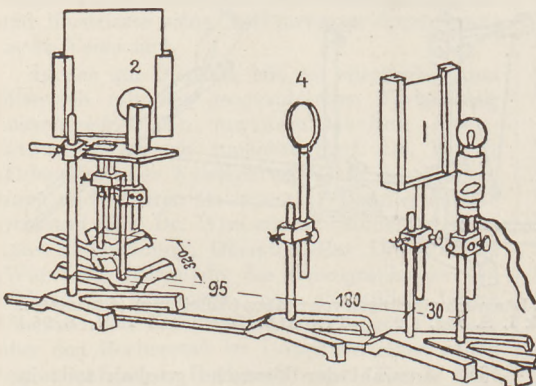


Fig. 9. Wiedervereinigung des Spektrums zu Weiß. Vgl. Anleitung.

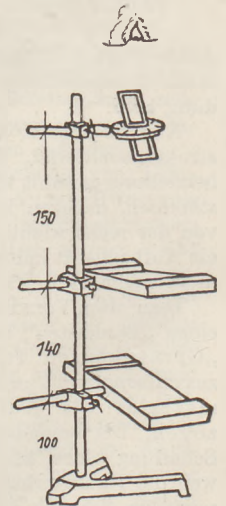


Fig. 11. Polarisation.

neuestes Heft physikalische Flugblätter 7/8; die Kästen sind benannt: „Maß und Messen“, „Akustik“, „Magnetismus“ und „Optik“. Zahlreiche Einzelaufgaben aus anderen Gebieten sind bereits bearbeitet, wenn auch die Zusammenfügung zu einem Gerätekasten noch nicht erfolgt ist. So

ist die „Wärme“ fast fertiggestellt, und aus der „Mechanik II“, der „Elektrizität“ usw. sind Einzelaufgaben abgeschlossen.

geringe Zahl von Problemen zu lösen, um allen Forderungen gerecht werden zu können.

Die eingestreuten Abbildungen sind den Auf-

bauvorlagen entnommen. Die „Physikalischen Flugblätter 7/8“ geben weitere Auskünfte und enthalten die erforderliche Preisübersicht.

### Korrespondenz.

**Bemerkung zu dem Bericht von C. HEINRICH:** Hilfsakkumulatoren als Starkstromquelle und Pufferbatterie (nach J. JUNG), 43, S. 165 (1930).

Herr Prof. J. JUNG teilt der Schriftleitung mit, daß die von ihm 1927 vorgenommene Konstruktion und Erprobung seines Hochstromelementes sowie die Veröffentlichungen darüber und die mannigfachen Versuche in „Physik und Chemie“ (Wien) 1928 und 1929 vollkommen unabhängig entstanden sind von den in englischen Zeitschriften veröffentlichten Arbeiten KAPITZAS, Cavendish-Laboratorium, Cambridge. Von diesen handeln die „Physikalischen Berichte“ (Verlag F. Vieweg) in den Jahren 1924, 1925, 1927, 1928.

**Darstellung von Natrium im elektrischen Schmelzofen.** Im 39. Jahrgange (1926) unserer Zeitschrift findet sich auf S. 38 in dem Abschnitt „Für die Praxis“ die Mitteilung von Oberstud.-Dir. Dr. R. FISCHER in Oberhausen (Rhld.): Die Umkehrung der Natriumlinie im Spektrum. Zu dem Versuche wird der an der genannten Stelle abgebildete elektrische Schmelzofen des Verfassers benutzt. R. FISCHER schreibt: „Die Darstellung des Metalles Natrium in meinem elektrischen Schmelzofen macht bisweilen Schwierigkeit. Ich möchte daher zum besseren Gelingen dieses Versuches, der die Herstellung eines Alkalimetalles zeigt, darauf aufmerksam machen, daß die Verwendung eines völlig wasserfreien Natriumhydroxyds als Grundbedingung anzusehen ist. Die den Ofen vertreibende Firma F. HUGERSHOFF in Leipzig, Carolinenstr. 13, liefert eine Vorschrift mit, in der es heißt: „Durch Erhitzen des Eisentiegels, der mit einigen Stangen NaOH beschickt wurde, wird eine Schmelze hergestellt, die man durch Abkühlen bis zur teigigen Masse erstarren läßt. Stabelektrode (–) nur wenig in die Masse eintauchen und Strom 1 bis 2 Ampere hindurchsenden. Nach einigen Minuten finden sich an der Kathode und auf der Schmelze oft größere Natriumteilchen. Sind blanke Natriumstücke nicht sichtbar, so stellt sich das Vorhandensein von Natrium durch Übergießen der erkalteten Schmelze mit Wasser heraus: die Natriumstückchen lösen sich ab und schwimmen unter den bekannten Erscheinungen auf dem Wasser umher.“ Hierzu sei bemerkt: Verwendet man altes Natriumhydroxyd, so schäumt es infolge des Wassergehaltes beim Erhitzen im Eisentiegel stark auf. Die Masse muß dann so lange geglüht werden, bis das Aufschäumen aufhört, d. h. bis alles Wasser verschwunden ist; denn bei Anwesenheit von Wasser ist die Bildung von freiem Natrium nicht möglich. Nun läßt man abkühlen, bis die Masse halb fest geworden ist. Um sie in diesem Zustande zu erhalten, kann man den in einer durchbohrten Kohleplatte steckenden Tiegel

während der Dauer der Reduktion durch eine Flamme erwärmen. Der Versuch gelingt jedoch auch ohne Erwärmen. Das Natrium ist nach Beendigung des Versuches oft in Natriumhydroxyd eingebettet. Daher muß man nach völligem Erkalten nicht nur die Stabelektrode mit dem unteren Ende in Wasser tauchen, sondern auch die Fläche der erstarrten Schmelze mit Wasser übergießen. Die Natriumteilchen lösen sich dann, wie in der obigen Vorschrift steht, leicht heraus. Da der gußeiserne Tiegel sehr starkwandig ist, macht es wenig aus, daß er durch die Hydroxydschmelze etwas angegriffen wird. Die Schmelze selbst wird natürlich durch Eisenoxyd und -hydroxyd verschmutzt.“

**Erinnerung an Friedrich Poske.** Am 28. September 1925 starb FRIEDRICH POSKE. Er hat unsere Zeitschrift begründet und ihr zielbewußt in 38jähriger Leitung die Eigenart aufgeprägt, die sich noch immer bewährt. Die Poskesche Zeitschrift — dieser Name bleibt bestehen — gedenkt in Treue des vor einem halben Jahrzehnt Abberufenen. *Mth.*

**Fortbildungskurs für akademisch gebildete Lehrer,** veranstaltet von der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Frankfurt a. M. vom 8. bis 18. Oktober 1930.

DEHN, Analyse elementar-geometrischer Sätze (2 Std.). EPSTEIN, Kreismessung, historisch und didaktisch (2 Std.). HELLINGER, Direkte Begründung der Integralrechnung (2 Std.). Aussprache über die mathematischen Vorträge und die damit zusammenhängenden Probleme (3mal 2 Std.). MADELUNG, Wellenmechanik (2 Std. + 2 Std. Aussprache). MEISSNER, Über neue spektroskopische Fortschritte der astrophysikalischen Forschung (2 Std.). BODA, Astronomische Übungen (2 Std.). WACHSMUTH, Experimentelle Bestimmungen der Konstanten der Physik (2 Std. + 2 Std. Aussprache). MAUZ, Gasentladung (2 Std. + 2 Std. Aussprache). — SEDDIG, Projektionstechnik (2 Std. + 2 Std. Aussprache). LINKE, Konstitution der Atmosphäre (2 Std. + 2 Std. Aussprache). MÜGGE, Wetterkunde vom Standpunkt der Luftkörperanschauung (3 Std. + 1 Std. Aussprache). SCHWARZ, Fortschritte auf dem Gebiete der anorganischen Forschung (2 Std.). BORSCHKE, Über freie organische Radikale (2 Std. + 2 Std. Aussprache). ZUR STRASSEN, Entwicklungsmechanik (3 Std. + 1 Std. Aussprache). OVERBECK, Der augenblickliche Stand der pollenanalytischen Forschung (2 Std. + 2 Std. Aussprache in Gemeinschaft mit Dr. FIRBAS).

Vollständiges Programm durch das Dekanat der naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Frankfurt a. M., Mertonstr. 17.

### Himmelserscheinungen im November und Dezember 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. <sup>1</sup>	Sternzeit <sup>2</sup>	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1930	h m	o	m s	h m s	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o
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
" 7	14 46	16,0	16 18	3 1 53	14 45	15,8	16 16	26,8	8 42	20,0	7 29	21,9	18 34	22,8
" 12	15 6	17,4	15 55	3 21 36	15 17	18,6	16 10	25,9	8 50	19,6	7 29	21,9	18 36	22,8
" 17	15 26	18,9	15 10	3 41 18	15 49	21,0	16 1	24,6	8 57	19,3	7 28	21,9	18 38	22,7
" 22	15 47	19,9	14 4	4 1 1	16 21	23,0	15 50	22,9	9 3	19,1	7 27	22,0	18 40	22,7
" 27	16 8	-21,0	-12 38	4 20 44	16 54	-24,4	15 38	-21,0	9 9	+18,9	7 26	+22,0	18 42	-22,7
Dez. 2	16 30	21,8	10 54	4 40 27	17 28	25,4	15 29	19,2	9 14	18,7	7 25	22,1	18 45	22,7
" 7	16 51	22,5	8 54	5 0 10	18 1	25,8	15 23	17,6	9 17	18,7	7 23	22,1	18 47	22,6
" 12	17 14	23,0	6 41	5 19 52	18 33	25,5	15 21	16,4	9 20	18,7	7 21	22,2	18 49	22,6
" 17	17 35	23,3	4 18	5 39 35	19 2	24,7	15 23	15,7	9 21	18,8	7 19	22,3	18 52	22,5
" 22	17 57	-23,4	-1 50	5 59 18	19 25	-23,4	15 28	-15,4	9 21	+19,0	7 16	+22,4	18 54	-22,5
" 27	18 20	23,4	+ 0 40	6 19 1	19 36	21,9	15 36	15,4	9 20	19,4	7 13	22,5	18 57	22,4
1931														
Jan. 1	18 42	-23,1	+ 3 6	6 38 44	19 29	-20,6	15 48	-15,8	9 17	+19,8	7 11	+22,6	18 59	-22,4

<sup>1</sup> Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

<sup>2</sup> Die Korrektur der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist ± 0<sup>s</sup>.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			
	Aufg.	Unterg.	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			
Nov. 2	6 59	16 28	15 25	2 3	Nov. 27	7 44	15 52	13 11	22 33	Dez. 22	8 8	15 48	10 35	17 44			
" 7	7 9	16 18	16 28	8 27	Dez. 2	7 50	15 49	14 0	3 22	" 27	8 10	15 51	11 48	23 50			
" 12	7 18	16 10	21 27	13 35	" 7	7 56	15 47	16 28	10 3	1931							
" 17	7 27	16 3	3 18	14 48	" 12	8 1	15 46	23 41	12 32	Jan. 1	8 11	15 56	12 53	4 58			
" 22	7 36	15 57	10 22	16 45	" 17	8 6	15 46	5 19	13 39								

Mondphasen 1930 M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Nov. 20	11h 21,2m	Nov. 28	7h 17,6m	Nov. 6	11h 28,1m	Nov. 13
	Dez. 20	2 23,7	Dez. 28	4 58,7	Dez. 6	1 39,9	Dez. 12	21 6,6

#### Verfinsterungen der Jupitertrabanten in M.E.Z. (E = Eintritt, A = Austritt.)

Trabant I		Trabant II		Trabant III		Trabant IV	
Nov. 6	22h 46,2m E	Dez. 15	21h 12,5m E	Nov. 3	20h 53,2m E	Nov. 13	20h 47,6m A
" 14	0 39,9 E	" 22	23 6,7 E	" 10	23 27,9 E	" 20	21 32,0 E
" 22	21 2,0 E	" 24	17 35,3 E	Dez. 5	20 28,6 E	" 21	0 47,0 A
" 29	22 56,8 E	" 30	1 1,1 E	" 12	23 3,0 E	Dez. 26	17 26,8 E
Dez. 7	0 49,8 E	" 31	19 29,7 E	" 20	1 37,4 E		
" 8	19 18,3 E			" 30	17 29,1 E		

#### 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
Nov. 7	—	—	A 21,7 D <sub>m</sub> 5,9	A 20,3 D <sub>m</sub> 6,1	D <sub>a</sub> 17,5 U 19,4
" 17	—	—	A 21,4 D <sub>m</sub> 6,2	A 19,6 D <sub>m</sub> 6,3	D <sub>a</sub> 17,3 U 18,8
" 27	—	—	A 21,0 D <sub>m</sub> 6,4	A 18,9 D <sub>m</sub> 6,6	D <sub>a</sub> 17,2 U 18,2
Dez. 7	—	A 5,9 D <sub>m</sub> 7,4	A 20,5 D <sub>m</sub> 6,6	A 18,2 D <sub>m</sub> 6,8	D <sub>a</sub> 17,1 U 17,6
" 17	—	A 5,1 D <sub>m</sub> 7,5	A 19,8 D <sub>m</sub> 6,8	A 17,4 D <sub>m</sub> 6,9	—
" 27	D <sub>a</sub> 17,0 U 17,2	A 4,6 D <sub>m</sub> 7,6	A 19,1 D <sub>m</sub> 6,9	D <sub>a</sub> 17,0 D <sub>m</sub> 7,0	—
1931					
Jan. 1	—	A 4,5 D <sub>m</sub> 7,6	A 18,7 D <sub>m</sub> 6,9	D <sub>a</sub> 17,1 D <sub>m</sub> 7,0	—

A = Aufgang; U = Untergang; D<sub>a</sub> und D<sub>m</sub> = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

Dezember 22 14h 40m Wintersanfang. Dezember 28 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.