

Neue Apparate zur Wellenlehre.

Von Dr. A. Klaus in Charlottenburg.

Das Verständnis der Schwingungsvorgänge ist für den physikalischen Unterricht von grundlegender Bedeutung, da die wichtigsten Gebiete der Akustik, der Optik und der elektrischen Schwingungskreise auf ihrem Fundamente ruhen. Alle diese Vorgänge lassen sich auf wenige Grundfragen zurückführen:

1. Wie entsteht eine Welle?
2. Wie setzen sich Wellen zusammen?
3. Wie kommt die Resonanz zustande?
4. Wie werden zusammengesetzte Wellen in ihre Komponenten zerlegt?

Diese Fragen im Unterricht dem vollen Verständnis der Schüler klarzulegen, wird die Aufgabe jedes Physiklehrers sein. So wertvoll und unentbehrlich möglichst vielseitige Versuche hierbei sind, deren es eine ganze Reihe auf allen angeführten Gebieten gibt, sind doch andererseits gerade hier übersichtliche mechanische Modelle von denkbar größtem Nutzen, wenn sie in langsamen, in jeder Bewegungsphase leicht zu verfolgenden Vorgängen das Nachgehen in die einzelnen Bewegungselemente ermöglichen. Diesem Zwecke sollen die im folgenden geschilderten Apparate dienen. Die Anfertigung hat die Firma L. Preuschoff, Berlin S 42, übernommen, wobei neben durchsichtiger Konstruktion und zuverlässiger Ausführung besonders auf Preiswürdigkeit geachtet wurde.

1. Entstehung von Transversal- und Longitudinalwellen aus demselben Elementarvorgang.

Neben der MACHSchen Wellenmaschine bestehen eine Anzahl brauchbarer Modelle, die durch Pendel- und Kreisschwingungen von Kugeln die Entstehung der Welle klarlegen. Während die MACHSche Maschine den Nachteil hat, dem Schüler die Transversalwelle aus einer ungünstigen Perspektive zu zeigen, die deren Form nicht klar erkennen läßt, haben die übrigen mir bekannten Modelle den Nachteil, die Wellenform bereits fertig zu zeigen und nur das Fortschreiten der Welle zu demonstrieren. Beiden — allerdings nicht schwerwiegenden — Nachteilen soll der folgende Apparat abhelfen, dessen Preis weniger als die Hälfte der MACHSchen Maschine neuerer Ausführungsform beträgt.

Auf einer Kurbelwelle AB (Fig. 1) sitzen lose 13 Exzenter E , über deren Ränder einarmige, an den Enden kreisrunde Pappscheiben tragende Hebel ($a, b \dots n$) liegen, die sich durch die gedrehten Exzenter in vertikale Pendelschwingungen versetzen lassen. Da die Exzenter zunächst alle in gleicher Lage zur Kurbelwelle stehen, ruhen auch die Pappscheiben in einer horizontalen Geraden, der Gleichgewichtslage des Mediums entsprechend. Fest auf der Kurbelwelle sitzen sektorartig ausgeschnittene Scheiben S , deren Öffnungswinkel von Scheibe zu Scheibe um 30° zunehmen. Dornartige Mitnehmer sind an den Exzentern befestigt und greifen in die Ausschnitte ein. Beim Drehen der Kurbel geraten daher die Hebel nacheinander mit 30° Phasen-

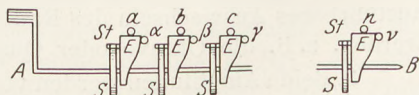


Fig. 1.

verschiebung in Pendelbewegung und erklären die Entstehung der Wellenbewegung, wobei die erste und dreizehnte Scheibe in gleicher Phase schwingen.

Die Exzentrerscheiben sind nun nicht überall gleich dick, sondern an der Stelle größter Entfernung von der Achse am dicksten, der Rand in Form einer Sinuslinie gewölbt. Ein zweiter Satz von (zweiarmigen) Hebeln ($\alpha, \beta \dots \nu$) wird mit einem Ende seitlich durch Federn gegen die Exzenter gedrückt, so daß die an den freien Enden befestigten Pappscheiben horizontale Schwingungen ausführen. Sie geraten in gleicher Weise auch nacheinander in Bewegung.

Das ganze ruht in einem handlichen Kasten, an dessen gegenüberliegenden Längsseiten die Quer- bzw. Längswellen sichtbar sind. Leicht läßt sich zeigen, daß die Verdichtungen die Phasenverschiebung $\lambda/4$ gegen die Wellenberge haben.

2a. Apparat zur Demonstration zusammengesetzter Wellen.

Das Prinzip der Überlagerung zweier Wellen kann durch folgende meines Wissens neue Anordnung gezeigt werden. In einem feststehenden Rahmen A (Fig. 2) kann ein zweiter B gleiten, der seinerseits die Führung zu einem dritten Rahmen C abgibt. Letzterer trägt an seinem oberen Ende eine Fassung zur Aufnahme eines Stückes Zeichenkreide (Z). Die Bewegung der Rahmen B und C geschieht durch Räder (β und γ) und Pleuelstangen (b und c), so daß bei Drehung der Räder die Rahmen in Pendelungen versetzt werden, die keine sichtbaren Abweichungen von echten Sinusschwingungen haben, wie unten gezeigt werden soll.

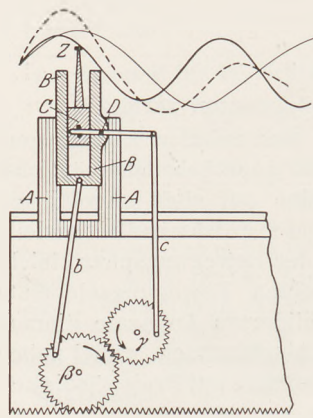


Fig. 2.

Während der Rahmen B unmittelbar von seiner Pleuelstange bewegt wird, geschieht die Übertragung der Stange c auf Rahmen C mit Hilfe eines Hebels, dessen Drehpunkt D am Rahmen B befestigt ist. Ein ganz einfacher Handgriff gestattet ferner, die Amplitude der Schwingung sowie die Phase beliebig zu ändern, erstere bis auf den Wert 0, so daß bei Fortschreiten des Rades β keine Schwingung, sondern nur die der Gleichgewichtslage entsprechende Gerade aufgeschrieben werden kann. Dadurch sind folgende Möglichkeiten gegeben:

1. Die Amplitude bei γ wird auf Null gestellt, bei β nicht: Der Rahmen B schwingt und nimmt durch den festen Punkt D den Zeichenstift mit, der infolge der gleichzeitig ausgeführten fortschreitenden Bewegung eine Sinuslinie an die Tafel schreibt.

2. Die Amplitude bei β wird auf Null gestellt, bei γ von Null verschieden: Der nunmehr bei D feste Hebel überträgt die Bewegung der Pleuelstange c auf den Rahmen C , und Z schreibt die entsprechende Sinusschwingung mit kürzerer Wellenlänge auf. In der Figur ist das Schwingungsverhältnis 3:2 angenommen; durch leicht ausführbares Auswechseln des Rades γ kann auch eine andere Oberschwingung erzeugt werden, z. B. die Oktave oder Quarte.

3. Beide Amplituden werden von Null verschieden genommen: Die Elongationen addieren bzw. subtrahieren sich, je nachdem die Bewegungen von B und C gleichsinnig bzw. ungleichsinnig sind. Z schreibt die zusammengesetzte Schwingungsform vor den Augen des Schülers auf. Ein einfacher Mechanismus gestattet dabei, die Interferenzwelle in bunter Farbe hervorzubringen. Mit dieser Interferenzeinrichtung können u. a. die Beziehungen unter den drei Phasen des sog. Drehstromes erläutert werden, die für das Verständnis der Dreiecks- und Sternschaltung grundlegend sind: Man zeichnet drei einfache Sinuskurven mit einem Phasenabstand von je 120° und bildet als vierte Kurve die Interferenzwelle aus zweien von ihnen; es ergibt sich bei letzterer das Spiegelbild der dritten Phase, womit klar wird, daß die Gesamtsumme der Amplituden stets Null ergibt.

Es erübrigt noch, die Form der vom Ende der Pleuelstange erzeugten Schwingung zu untersuchen. Eine Gerade von der Länge l (Fig. 3) bewege sich mit einem Endpunkte Q ($\xi|\eta$) auf einem Kreise (r), mit dem anderen Endpunkte P auf einer Mittelpunktsekante; wie groß ist der Abstand x von der Mittellage B , die die Entfernung $a = \sqrt{l^2 - r^2}$ vom Kreismittelpunkt O hat? Aus $\triangle PFQ$ folgt:

$$l^2 = r^2 + (a + x - \xi)^2 = r^2 + a^2 + x^2 + \xi^2 + 2x(a - \xi) - 2a\xi = r^2 + a^2 + x^2 + 2x(a - \xi) - 2a\xi$$

$$l^2 = l^2 + x^2 + 2x(a - \xi) - 2a\xi \quad \text{oder} \quad x^2 + 2x(a - \xi) - 2a\xi = 0,$$

woraus unter Weglassung der hier nicht brauchbaren negativen Wurzel folgt:

$$x = -a + \xi + \sqrt{a^2 + \xi^2} = -a + \xi + a \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{\xi}{a} \right)^2 \right],$$

letztere Umformung mit Hilfe des binomischen Lehrsatzes, wenn ξ als klein gegen a vorausgesetzt wird. Wird in

$$x = \xi + \frac{1}{2} \cdot \frac{\xi}{a} \cdot \xi = \xi \left(1 + \frac{1}{2} \frac{\xi}{a} \right)$$

noch der Phasenwinkel φ eingeführt, gerechnet von dem der Mittellage B entsprechenden Ausgangspunkt A , so wird mit $\xi = r \cdot \sin \varphi$:

$$x = r \sin \varphi \left[1 + \frac{1}{2} \frac{r}{a} \sin \varphi \right].$$

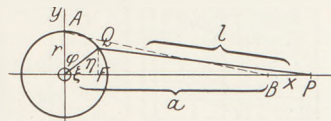


Fig. 3.

Die Abweichung von der reinen Sinusschwingung wird danach durch das Verhältnis $r:a$ bestimmt. Diese hat ihren größten Wert für $\varphi = (2\kappa + 1) \frac{\pi}{2}$, also an den Amplituden, wo sie infolge des flachen Verlaufes der Kurven besonders wenig stören, dagegen ist sie in der Umgebung der Wendepunkte so gut wie Null. Bei einem Verhältnis $r:a = 0,1$ ist bei einer Gesamtausladung der Schwingung von 10 cm ($r = 5$ cm) die Abweichung vom wahren Amplitudenwert nur 0,5 mm, also für das Auge nicht mehr wahrnehmbar. Praktisch werden daher reine Sinuslinien aufgezeichnet.

Zusatz: Auch die Erzeugung elliptischer Schwingungen läßt sich nach diesem Prinzip zeigen, indem die Schwingungsrichtung des Rahmens C gegen die von B um 90° gedreht wird. Beliebige elliptische (Kreis-)Polarisationen können erzeugt werden.

2b. Erzeugung stehender Wellen durch Interferenz einfacher Sinusschwingungen.

Das unter 2a geschilderte Verfahren der Überlagerung einfacher Wellenformen ermöglicht die Herstellung eines Modelles zur überzeugenden Veranschaulichung der Entstehung stehender Wellen aus zwei gleichen entgegengesetzt fortschreitenden Grundwellen. Dieses Modell wird von der Firma L. Preuschhoff, Berlin S 42, nach Art der Flachmodelle für Wärmekraftmaschinen zu niedrigen Preisen angefertigt.

Zwei Kurbelwellen WW und VV (Fig. 4) bewegen durch Exzenter, die mit Phasenverschiebung auf ihnen befestigt sind, zwei Rahmensysteme $B_1 B_2 \dots B_{13}$ und $C_1 C_2 \dots C_{13}$, von denen letztere durch Übertragungen betätigt werden, deren Festpunkte an den Rahmen B sitzen. (Die Übertragung geschieht hier durch Rollen, nicht durch Hebel, wie in der Figur der Übersichtlichkeit wegen angedeutet.) Die Bewegung der Rahmen C kann wahlweise durch die Rahmen B erfolgen, indem nur die Welle WW gedreht wird, oder unabhängig von B , indem die Welle VV betätigt wird. Ein einfacher Handgriff gestattet die gleichzeitige Drehung beider Wellen. Dann zeigen die Rahmen C eine stehende Welle, die durch die an ihnen befestigten leuchtendroten Scheiben r (am Modell größer als in der Figur) sichtbar wird. Durch die Exzenter auf VV wird oberhalb C ein zweites System von Rahmen bewegt, die graue Scheiben (g) tragen, während an den Rahmen B schwarze Scheiben (s) hängen. Alle Scheiben heben sich weithin sichtbar von weißem Grunde ab. Die Phasenverschiebung der

Exzenter ist so gewählt, daß bei Betätigung der Welle W durch die schwarzen Scheiben eine von links nach rechts fortschreitende Sinuswelle dargestellt wird; man sieht dann die roten Scheiben genau die gleichen Bewegungen wie die schwarzen ausführen. Durch V wird eine in entgegengesetzter Richtung, also von rechts nach links, fortschreitende Welle der grauen Scheiben erzeugt, und wiederum führen die roten Scheiben genau die gleichen Bewegungen wie die grauen aus. Bei gleichzeitiger Drehung beider

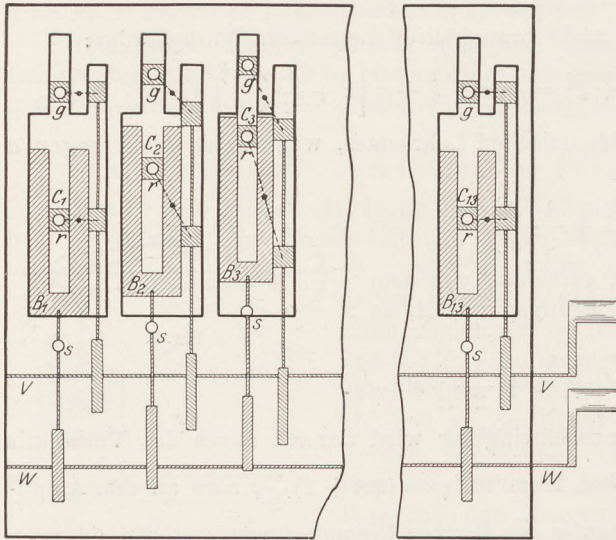


Fig. 4.

Kurbeln schreiten die gleichartigen Wellen der farblosen Scheiben in entgegengesetzter Richtung über die Fläche, die roten Scheiben zeigen als Interferenzergebnis eine stehende Welle mit Knoten bei den Scheiben 1, 7, 13 und mit Bäuchen bei 4 und 10. Die Entwicklung dieses Ergebnisses im Unterricht ist stets zeitraubend und trotzdem nicht unmittelbar einleuchtend, da fertige Abbildungen zu Hilfe genommen werden müssen.

Das Ergebnis beleuchtet in sinnfälliger Weise die Energieverhältnisse bei Interferenzen: niemals wird Schwingungsenergie vernichtet oder wie bei Absorptionen in andere

Energieformen übergeführt, sondern nur räumlich anders verteilt. Den Knotenpunkten mit der Energie Null stehen z. B. Schwingungsbäuche mit doppelter Amplitude gegenüber, die die vierfache Schwingungsenergie der einzelnen Komponente aufweisen. — An den durch das Modell dargestellten diskreten Punkten der Welle läßt sich durch eine leichte Rechnung das Energieprinzip bestätigen. Die beiden fortschreitenden Wellen haben die Amplitude a , die zwölf zu einer Welle gehörenden schwingenden Punkte (der dreizehnte gehört zur nachfolgenden Welle) stellen eine zu $12a^2$ proportionale Gesamtenergie dar, und diejenige beider fortschreitenden Wellen ist zu $24a^2$ proportional. Dagegen sind die Amplituden der stehenden Wellen im Bauch $2a$ und von da symmetrisch nach beiden Seiten fortschreitend $2a \sin 60^\circ$, $2a \sin 30^\circ$, $2a \cdot \sin 0^\circ$, also gleich $2a$, $a\sqrt{3}$, a , 0 . Die Summe über die Quadrate bei den zwölf Punkten ergibt ebenfalls $24a^2$. — Bewegliche Zeichnungen irgendwelcher Art können die räumliche Verteilung der Schwingungsenergie nicht zum Ausdruck bringen und stehen hierin hinter dem Modell erheblich zurück.

3. Die Resonanz als Wirkung periodischer schwacher Stöße.

Die Erscheinung, eine Schwingungsbewegung durch gleichgestimmte anzuregen, kann leicht auf verschiedenen Gebieten hervorgerufen und durch zwei gleichartige, vermittelt einer elastischen Verbindung gekoppelte Pendel demonstriert werden. Allein dieser letztere Erläuterungsversuch hat den Nachteil, daß der nur so geringfügige Anstoß nicht unmittelbar in die Augen springt, der durch die additive Wirkung seiner kleinen Energien die kräftige Gesamtwirkung hervorbringt. Dies beweist überzeugend der folgende Apparat.

Auf einer scharfen Schneide ruht ein Pendel von ungefähr $\frac{3}{4}$ Sek. Schwingungsdauer mit großem Pendelkörper (Fig. 5). Auf der Achse ist ein Schwingungssystem

nach Art eines Metronoms montiert, das bei jedem Schlag durch einen Mitnehmer abwechselnd eins der beiden an den Seiten des großen Pendels herabhängenden Gewichte G_1 und G_2 abhebt, so daß bei jedem Metronomschlag ein schwacher Stoß gegen die Pendelstange geführt wird. Da in demselben Augenblick, in dem G_1 abgeben wird, das gleichgroße G_2 in das Schwingungssystem des Metronompendels übernommen wird, bleibt dessen Trägheitsmoment ungeändert, wodurch die konstante Schwingungsdauer gewährleistet ist. Allerdings geht jedesmal die Bewegungsenergie von G in Verlust, doch ist dies im Verhältnis zur überwiegenden Masse des Bleikörpers Pb ohne wesentlichen Einfluß. Die Masse des verschiebbaren Metronomkörpers M ist so abgeglichen, daß eine Abstimmung bzw. Verstimmung beider Pendelsysteme ermöglicht ist. Trotzdem G_1 und G_2 je nur den hundertsten Teil der Masse des Hauptpendels betragen, tritt eine kräftige Resonanz schon innerhalb einer halben Minute ein.

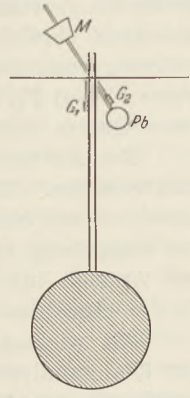


Fig. 5.

Sind m_1, l_1, a_1 bezüglich Masse, Pendellänge und Amplitude des Hauptpendels, m_2, l_2, a_2 entsprechend die von G_1 und G_2 , so wird die Energie der Schwingung gewöhnlich aus der potentiellen Energie mgh des Pendelkörpers im Umkehrpunkt U (Fig. 6) abgeleitet, wobei

$h = l - \sqrt{l^2 - a^2}$; setzt man $a = l \cdot \sin \alpha$, so wird $h = l(1 - \cos \alpha) = 2l \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}$, und die Schwingungsenergie wird $2mgl \sin^2 \frac{\alpha}{2}$. Nach n Metronomschlägen würde mithin ohne Reibungsverluste gelten:

$$n \cdot 2m_2gl_2 \sin^2 \frac{\alpha_2}{2} = 2m_1gl_1 \sin^2 \frac{\alpha_1}{2},$$

$$n = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \left(\frac{\sin \frac{\alpha_1}{2}}{\sin \frac{\alpha_2}{2}} \right)^2.$$

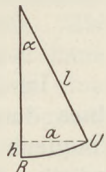


Fig. 6.

Ist das Massenverhältnis 100 : 1, das Längenverhältnis 10 : 1, so müßte bei einem Ausschlagswinkel $\alpha_2 = 35^\circ$ des Metronoms und dem schon deutlich sichtbaren Winkel 5° der Resonanzschwingung

$$n = 100 \cdot 10 \cdot 0,021 \approx 20$$

sein, d. h. in etwa 15 Sekunden tritt bereits gute Resonanz ein. Werden die Reibungsverluste gering gehalten, so wird diese Wirkung bei sehr guter Abstimmung annähernd erreicht.

4. Auflösung zusammengesetzter Schwingungen in ihre Komponenten.

Auf Grund des Verständnisses der Resonanz läßt sich weiter die Zerlegung zusammengesetzter Schwingungen in ihre Bestandteile zeigen, also das entgegengesetzte Prinzip wie unter 2a darstellen. Auf eine Scheibe S (Fig. 7), die in gleichmäßige Drehung versetzt werden kann, wird ein Metallkranz K aufgesetzt, dessen Rand die Form der Sinuslinie bzw. der zusammengesetzten Schwingungen hat, wie sie dem Schüler aus eigenen Zeichnungen oder aus dem Wellenzeichner unter 2a bekannt sind. Die Kränze werden für die Schwingungsverhältnisse 2 : 1, 3 : 2, 4 : 3 von der Firma L. Preuschoff hergestellt. Gegen den Rand des Kranzes wird das Ende eines Hebels gedrückt, dessen zweiter Arm eine mit Resonanzfedern $F_1 \dots F_4$ versehene Leiste trägt, die nach den Schwingungsverhältnissen

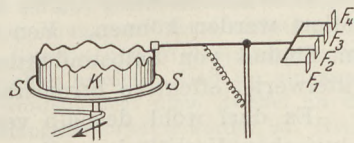


Fig. 7.

Grundton, Quarte, Quinte, Oktave abgestimmt sind. Wird nun der Kranz mit der einfachen Sinuslinie aufgesetzt, so schwingt bei bestimmten Tourenzahlen immer eine Feder mit. Die Resonanz kann an den weithin sichtbaren hellen Scheiben am Ende der Federn überall wahrgenommen werden. Beim Aufsetzen der Kränze mit zusammengesetzten Schwingungsformen schlagen jedesmal zwei Federn aus, falls Resonanz erreicht wird, und zwar beim Quintenkranz gleichzeitig F_1 und F_3 , dann bei Steigerung der Tourenzahl F_2 und F_4 ; ebenso schwingen beim Quartenkranz paarweise F_1 und F_2 , bei höherer Tourenzahl F_3 und F_4 , weil das Verhältnis Oktave : Quarte einer Quinte entspricht.

Der Antrieb der Scheibe muß gleichmäßig erfolgen, also am besten durch einen Elektromotor. Die Verwendung wird überall da sehr leicht sein, wo eine Schwungmaschine mit elektrischem Antrieb zur Verfügung steht. Im anderen Falle wird auch die Koppelung mit einem vorhandenen Motor ohne Schwierigkeit durchführbar sein. Der Antrieb mit einer durch die Hand betriebenen Schwungmaschine genügt nicht, da die einzelnen Drehungen nicht gleichmäßig genug sind.

Als wichtigste Anwendungsgebiete dieser Zerlegungen kann auf die Erscheinung der Klanganalyse im Ohr, die Mehrfachausnutzung von Fernsprechleitungen, sowie überhaupt auf die Abstimmung im drahtlosen Nachrichtenverkehr, ferner auf alle selektiven Absorptionsercheinungen der Atomtheorie verwiesen werden.

Auch dieses Gerät wird, wie alle vorher beschriebenen, von der Firma L. Preuschoff, Berlin S 42, hergestellt.

Der schwingende Kontakt als Gleichrichter.

Von Walther Schicktansky in Wachtnitz.

Im Jahrgang 38, Seite 247, dieser Zeitschrift befindet sich die Beschreibung eines durch technischen Wechselstrom in Schwingung gesetzten Kontaktes, dessen Frequenz gleich der des in der Erregerspule fließenden Wechselstromes ist. Die Anordnung besteht aus einer geradlinig gestreckten Bandstahlfeder, deren eines Ende eingeklemmt und deren anderes hakenförmig nach unten gebogen ist, so daß es beim Schwingen periodisch in ein darunter befindliches Gefäß mit Quecksilber taucht. Die Schwingungen werden erregt, indem ein Elektromagnet und ein permanenter Magnet gleichzeitig auf die Feder einwirken, so daß die Feder in der gleichen Frequenz schwingt wie der Wechselstrom, der den Elektromagneten erregt. Die Feder ist durch entsprechende Bemessung ihrer Länge so abgestimmt, daß die Frequenz ihrer Eigenschwingungen der Frequenz des Wechselstromes gleicht.

Es muß zugegeben werden, daß diese zur Verwendung als Gleichrichter empfohlene, aus einfachsten Mitteln zusammenstellbare Konstruktion für den angegebenen Zweck nicht nur brauchbar, sondern auch in ihrer prinzipiellen Wirkungsweise gut zu übersehen und leicht zu verstehen ist.

Weniger einfach sind aber die dabei auftretenden Stromverhältnisse, sie sind vielmehr sogar derart kompliziert, daß an dieser scheinbar einfachen Anordnung beinahe alle wichtigen Erscheinungen im Wechselstromkreis beim Experimentieren mit ihr studiert werden können. Von diesen nenne ich besonders die Phasenverschiebung, den Einfluß von Selbstinduktion und Kapazität, die Messung pulsierender Ströme. (Mittelwerte, effektive Stromstärke!)

Es darf wohl deshalb vermutet werden, daß eine eingehende Darlegung der elektrischen Verhältnisse dieses einfachsten Modelles eines Pendelgleichrichters den elektrophysikalisch unterrichtenden Schulmann nicht nur in seiner Eigenschaft als Apparate-Techniker sondern auch in rein unterrichtlicher Beziehung interessieren dürfte.

Man setzt einen solchen Gleichrichter in Tätigkeit, indem man die Erregerspule an eine passende Wechselspannung (technisches Wechselstromnetz) legt, ihre und des

permanenten Magneten Entfernung von der Feder so wählt, daß die Schwingungsamplituden ein Maximum (mindestens 10 mm) erreichen. Dann stellt man einen zweiten Wechselstromkreis her, indem man eine andere oder dieselbe Wechselstromquelle mit der Feder, dem Quecksilbergefäß und einem passenden Stromverbraucher in Reihe schaltet. Sobald dieser zweite Kreis geschlossen wird, zeigt z. B. ein Drehspulinstrument Gleichstrom an, es treten aber am Quecksilber-Kontakt erhebliche Funken auf, die den Apparat zu dauernder Benutzung sehr bald unbrauchbar machen. Die Funkenbildung kann zwar vermindert oder beseitigt werden, indem man Löschkondensatoren benutzt, d. h. Kondensatoren von genügender Kapazität parallel zur Funkenstrecke schaltet. Es wird aber aus dem weiter Erörterten hervorgehen, daß dies das Übel an den Symptomen kurieren heißt. Von dem mit Gleichstrom arbeitenden Hammerunterbrecher ist es bekannt und leicht erklärlich, daß am eigentlichen Unterbrechungskontakt Funken entstehen müssen. Man muß sie, soweit sie nicht geradezu funktionell erforderlich sind, mit in den Kauf nehmen oder sie durch Gegenmittel (wie Löschkondensatoren) zu vermindern suchen. Sie heißen „Unterbrechungsfunken“! Diesen Namen führen sie nicht, weil ein Stromkreis unterbrochen, d. h. geöffnet, sondern weil der elektrische Strömungsvorgang unterbrochen wird. Mit anderen Worten: Wenn die Öffnung eines Stromkreises zu einer Zeit erfolgt, in der er stromlos ist, erfolgt auch keine Bildung eines Unterbrechungsfunkens. Es mag hierbei erwähnt werden, daß es für die Klarheit einer Darlegung von großem Werte ist, wenn zwischen den Begriffen „den Stromkreis öffnen“ und „den Strom unterbrechen“ eine peinliche Unterscheidung gemacht wird, und daß dies besonders auch für den Unterricht gilt. Denn nur im Stromkreise des konstanten Gleichstroms hat die Öffnung des Kreises immer auch eine tatsächliche Unterbrechung des elektrischen Strömungsvorganges zwangsläufig zur Folge. Aber im Wechselstromkreis ist es anders. Hier ist es denkbar, daß die Öffnung des Leiterkreises zu einem Zeitpunkt erfolgen kann, in dem der Momentanwert des Stromes = 0 ist. Von einer Unterbrechung eines elektrischen Strömungsvorganges kann dann nicht die Rede sein, obgleich der Sprachgebrauch auch in diesem Falle von Stromunterbrechung spricht¹. In der Tat kann man ja durch einen einfachen Handversuch zeigen, daß man einen unter Strom befindlichen Wechselstromkreis bei vielen, in kurzen willkürlichen Abständen folgenden Öffnungen zuweilen ohne die Erscheinung der Unterbrechungsfunken öffnen kann, während dies bei Gleichstrom nie möglich ist. Wenn nun die Kontaktöffnungen stets zu den 0-Zeiten des Stromes erfolgen, so wird es nie zur Funkenbildung kommen. Diese Bedingung kann durch eine Anordnung, wie sie eingangs erwähnt wurde, erfüllt werden. Sie muß also einen Stromkreis periodisch öffnen und schließen, darf aber dabei durchaus keinen Strom unterbrechen. Das bedeutet: Ein richtig arbeitender, also von selbst praktisch funkenfrei gehender Gleichrichter ist kein Stromunterbrecher, sondern hat mit diesem nur äußerliche Ähnlichkeit. Zur weiteren Erörterung diene das graphische Bild des Wechselstroms, die Sinuskurve, die uns den Strom als Funktion der Zeitlinie $O_1 - O_2 - O_3$ darstellt (siehe Fig. 1). Wenn die eine Kontaktseite (in der Ausführung von P. HANCK nach Jahrg. 38, Seite 247 ds. Zeitschr. der

¹ Die Tatsache, daß es mit diesen Unterscheidungen fast nirgends, auch selbst nicht in wissenschaftlichen Arbeiten ganz genau genommen wird, ist wohl auf den geschichtlichen Werdegang der Elektrizitätslehre zurückzuführen. Zuerst waren die Gleichspannung und der Gleichstrom da; das Lehrgebäude der Elektrizität und alle dahingehörenden Begriffe und Wortprägungen sind ursprünglich nur in bezug auf jene beiden Erscheinungen gebildet worden. Daß sie ein wenig voreilig auf die Erscheinungen des Wechselstromes angewandt wurden, liegt ohne Zweifel an der geringen wissenschaftlichen Beachtung, die dem Wechselstrom anfänglich zuteil geworden ist. Heute ist das parallel mit der Entwicklung der Wechselstromtechnik und der drahtlosen Übertragungen anders geworden, und die Lehre von der strömenden Elektrizität (Elektrokinematik) kann mit Recht in die Unterkapitel von den konstanten Strömen und von den periodisch variierenden Strömen eingeteilt werden. Es ist wohl auch zu erwarten, daß sich die Terminologie des Wechselstroms (der elektrischen Schwingungen) weiterhin noch um einiges von der des Gleichstroms emanzipieren wird.

Eisenstift) die andere Kontaktseite (das Quecksilber) im Augenblicke O_1 berührt und im Augenblicke O_2 wieder losläßt, ist der Gleichrichter ideal im Betriebe. In der Praxis wird es kaum glücken, die 0-Punkte mathematisch genau zu erwischen, sondern die Kontaktgebungen und -lösungen werden etwa bei den Zeitpunkten t_1, t_2, t_3 und t_4 liegen, die in der Zeichnung übertrieben entfernt von O_1 und O_2 eingesetzt sind. Man kann sich aber mit einer genügenden Annäherung an O_1 und O_2 begnügen. Diese ist genügend, wenn bei leichter Verdunklung keine auffällige Funkenbildung bemerkbar wird. Ein absolut funkenfreies Gehen des Gleichrichters ist deshalb nicht zu erreichen, weil der technische Wechselstrom immer kleinen Schwankungen in

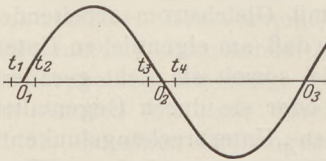


Fig. 1.

Frequenz und Phase unterworfen ist. Doch die hierdurch entstehenden Funken treten nur in unregelmäßigen Abständen auf und sind als harmlos anzusehen. Solange jedoch die Funken mit der Regelmäßigkeit der herrschenden Frequenz auftreten, schwingt der Gleichrichter noch nicht zufriedenstellend. Die praktisch genügende Funkenlosigkeit ist um so leichter erreichbar, je kleiner die Stromstärke ist. Die Fehlzeiten $O_1 - t_1$ oder $O_1 - t_2$ können dann verhältnismäßig groß sein, ohne daß die den Zeitpunkten t_1 und t_2 entsprechenden Momentanwerte der Stromstärke ein unerwünschtes Maß überschreiten. Das Gegenteil ist natürlich bei großer Stromstärke, also bei steiler Sinuskurve der Fall.

Es soll nun untersucht werden, auf welche Weise ein möglichst idealer Gang des Schwingkontaktes erreicht werden kann. Dabei muß davon ausgegangen werden, daß es sich bei der beschriebenen Zusammenstellung und wohl bei fast allen auf ähnlichem Prinzip beruhenden „Pendelgleichrichtern“ um drei getrennte schwingende Systeme handelt:

1. der Wechselstrom der Erregerspule: elektrische Schwingungen,
2. die schwingende Feder: mechanische Schwingungen,
3. der gleichzurichtende Nutzstrom: elektrische Schwingungen.

Es ist offenbar, daß beim Gleichrichten die Systeme 2 und 3 völlig synchron, also gleichfrequent und gleichphasig schwingen müssen. Es ist dies aber nicht ohne weiteres der Fall, auch bei der scheinbar günstigsten Annahme nicht, daß der Nutzstrom (System 3) und der Erregerstrom (System 1) vollkommen mit gleicher Phase schwingen. Denn die Schwingfeder eilt dem Erregerstrom um einen nicht unerheblichen Zeitbetrag nach, der ja bekanntlich auch durch einen Winkel ausgedrückt zu werden pflegt, wobei die Beziehung herrscht

$$\frac{t}{T} = \frac{\varphi}{360}, \text{ also } \varphi = 360 \cdot \frac{t}{T}.$$

In dieser Gleichung ist t der zeitliche Nacheilungsbetrag, T die Zeitdauer einer Periode, φ der Nacheilungswinkel. Die Größe des Nacheilungswinkels der schwingenden Feder gegenüber der Erregerspannung ist in erster Linie abhängig von der Selbstinduktion der Spule und von der magnetischen Trägheit des Eisenkernes (Hysterese des Erregereisens). Wenn also auch Erregerspannung und Nutzspannung in gleicher Phase wären, so hinkt trotzdem die Kontaktsteuerung den Nullpunkten des Nutzstromes immer hinterher. Diese Nacheilung der Federbewegungsphase hinter dem Nutzstrom muß durch geeignete Mittel beseitigt werden. Es kann dies einestheils geschehen, indem man der Spule einen sehr hohen Ohmschen Widerstand gibt und andererseits, indem man in Reihe mit ihr eine Kapazität schaltet, also dem Erregerstrom eine Tendenz zur Voreilung gibt. Der Praktiker kommt am besten zum Ziel, wenn er sich bei einer gegebenen Anordnung aufs Ausprobieren verlegt und die Größe der Kapazität solange variiert, bis er einen funkenfreien Gang bei Belastung mit Ohmschem Widerstand erzielt. Dadurch erübrigt sich die Einschaltung von Löschkondensatoren.

Es wird natürlich nicht bei jeder Anordnung die Annahme zutreffen, daß Erregerspannung und Nutzspannung gleichphasig sind, beispielsweise, wenn die Erregewicklung an die primären Klemmen eines Transformators angeschlossen ist und der Nutzstrom aus der sekundären Seite genommen wird oder umgekehrt. Die Primärspannung eines Transformators eilt bekanntlich der Sekundärspannung um annähernd 180° voraus. Man kann in solchen Fällen die Phasendifferenz zwischen Pendel und Nutzstrom als die algebraische Summe der Differenzen zwischen den Systemen 1 und 2 und zwischen den Systemen 1 und 3 auffassen und grundsätzlich genau so verfahren, wie oben beschrieben wurde. Am richtigsten ist es wohl, wenn man die Erregerspule so bemißt, daß man sie an dieselbe Spannung legen kann, die den gleichzurichtenden Wechselstrom erzeugt. Diese Schaltung ist aus Fig. 2 ersichtlich.

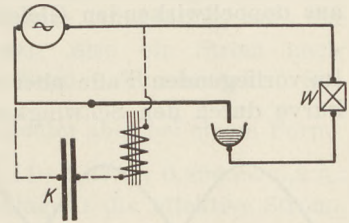


Fig. 2.

Nun sei auch auf die Verhältnisse hingewiesen, die sich ergeben, wenn man statt W einen Stromverbraucher mit Gegenspannung einschaltet, also etwa eine Akkumulatorenbatterie. Dann ergibt sich die graphische Darstellung nach Fig. 3, in der die Gerade BB die Akkumulatorenspannung darstellt. Es bedarf keiner näheren Begründung, daß dann die Zeitpunkte der Kontaktschließung und -aufhebung ganz andere sein müssen. Die Zeitpunkte t_1 und t_2 dürfen dann keineswegs in unmittelbarer Nähe der Nullpunkte liegen, weil zu diesen Zeiten der Momentanwert der Wechselspannung geringer ist als die Batteriespannung und daher Rückströme aus der Batterie in den Wechselstromerzeuger fließen würden. Es geht aus der Darstellung hervor, daß ein funkenfreies Laufen des Apparates bei Akkumulatorenladung nur zu erzielen ist, wenn die Schließungs- und Öffnungszeitpunkte zeitlich mit den Schnittpunkten a und b der Akkumulatorenspannung mit der Sinuskurve zusammenfallen. An diesen Zeitpunkten ist der Stromkreis stromlos, und der Ladestrom wird durch den abgeschnittenen oberen Teil der Sinuskurve dargestellt. Die Zeitdauer der Kontaktgebung ist also geringer als beim Arbeiten ohne Gegenspannung, und dieses Erfordernis kann bei der angegebenen Anordnung durch richtige Bemessung der Entfernung des Quecksilberspiegels von dem Kontaktstifte erreicht werden.

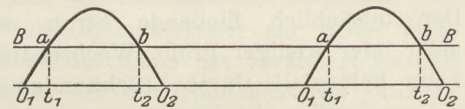


Fig. 3.

Es sei noch erwähnt, daß diese Einstellung der Kontaktdauer nur für einen bestimmten Betrag der Gegenspannung richtig ist, daß also Batterien von verschiedenen Zellenzahlen nicht ohne jedesmalige Neueinstellung geladen werden können. Streng genommen, müßte sogar während des Ladens auf die steigende Batteriespannung Rücksicht genommen werden.

Es sei noch erwähnt, daß diese Einstellung der Kontaktdauer nur für einen bestimmten Betrag der Gegenspannung richtig ist, daß also Batterien von verschiedenen Zellenzahlen nicht ohne jedesmalige Neueinstellung geladen werden können. Streng genommen, müßte sogar während des Ladens auf die steigende Batteriespannung Rücksicht genommen werden.

Es ist interessant und unterrichtlich verwertbar, den Vorgang auch etwas quantitativ zu verfolgen. Hierzu braucht man je ein gutgedämpftes Wechselstrom-Amperemeter, möglichst Hitzdrahtinstrument, (kein Weicheiseninstrument!) und einen Gleichstrommesser auf magnetischem Prinzip (Drehspul-Instrument), beide möglichst für einen Meßbereich von etwa 0 bis 2 Ampère. Beide werden mit dem Gleichrichter und dem oben erwähnten Stromverbraucher (Widerstand) in Reihe geschaltet. Es wird sich dann zeigen, daß das galvanometrische Instrument immer einen kleineren Wert zeigt als das andere. Dieser Wert beträgt auch im günstigsten Falle, also bei absolut funkenfreiem Gange, nur etwa 0,64 der vom Wechselstrominstrument angezeigten Stromstärke. Hitzdraht- und dynamometrische Instrumente beruhen bekanntlich auf Wirkungen, die dem Quadrat der Stromstärke proportional sind. Bei pulsierenden Strömen zeigen diese Instrumente daher den quadratischen Mittelwert der Momentanstromstärken. Hingegen beruhen die Magnetinstrumente auf Wirkungen, die der Stromstärke geradlinig proportional sind. Sie zeigen daher bei pulsierenden

Strömen den arithmetischen Mittelwert der Momentanstromstärken. Der quadratische Mittelwert pulsierender Ströme ist identisch mit der „effektiven“ Stromstärke der Technik, und er ist allein zu berücksichtigen, wo es sich um Leistung von Wärme oder mechanischer Kraft (Magnetismus) handelt. Der arithmetische Mittelwert, der beim symmetrischen Wechselstrom immer Null ist, also nur bei Strömen mit Gleichstromkomponente beobachtet werden kann, kommt in der Praxis vor allem bei elektrochemischen Leistungen, z. B. Akkumulatoren-Ladung, durch pulsierende Gleichströme vor; er wird auch galvanometrische Stromstärke genannt. Der Faktor, mit dem man den galvanometrischen Mittelwert irgendeines pulsierenden Stromes multiplizieren muß, um den effektiven Wert zu erhalten, heißt Formfaktor. Er ist bei Sinus-Strömen aus doppeltwirkenden Gleichrichtern von der Form der Fig. 4

$$f = 1,11.$$

Im vorliegenden Falle aber wird der (beispielsweise) negative Teil der Wechselstromkurve durch den Schwingkontakt herausgeschnitten, so daß sich sinusförmige Ströme

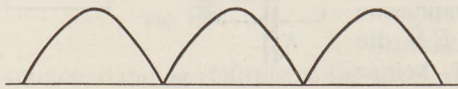


Fig. 4.

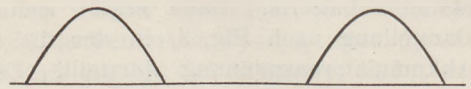


Fig. 5.

von der Form der Fig. 5 ergeben. Der Formfaktor ist dann $f = 1,57$ (reziproker Wert $= \frac{1}{1,57} = 0,636$). Zeigt nun bei unserer Anordnung das galvanometrische Instrument

Stromstärken an, die unter dem angegebenen Werte von 0,636 des effektiven Stromes liegen, so ist dies ein Zeichen, daß die Gleichrichtung des Stromes durch den Schwingkontakt mangelhaft ist. Es werden dann auch Funken zu sehen sein. Der tatsächlich fließende Strom wird ein Kombinationsstrom sein und eine mehr oder weniger große Wechselstromkomponente enthalten. Dieses Mißverhältnis kann keinesfalls durch Löschkondensatoren beseitigt werden, selbst wenn es damit gelingen sollte, die Funken fast ganz zu unterdrücken.

Zuletzt seien noch einige Maßangaben mitgeteilt, die einen Anhalt beim Bau einer Gleichrichter-Anordnung gewähren. Bei seinen Versuchen benutzte der Verfasser das durch Biegen und Hämmern gestreckte Stück einer Weckeruhr-Feder. Das aus den Klemmbanken hervorragende Stück war 78 mm lang, und die Feder hatte einen Querschnitt von $8 \times 0,4$ mm. Aus weiter unten ersichtlichen Gründen ragte die Feder auch auf der anderen Seite der Klemmbanken einige Zentimeter aus diesen hervor. Die Maße der Erregerspule:

a) Spulenkörper (aus Holz), lichte Entfernung zwischen den Flanschen 32 mm, Durchmesser des Hohlraums 10 mm.

b) Wicklung, emaillierter Kupferdraht, Durchmesser 0,28 mm, Windungszahl 2000, Kupfergewicht 71 g, Widerstand kalt 36Ω .

c) Kern, bestehend aus einem 75 mm langen, 3 mm starken Eisennagel, der auf einer Länge von 50 mm mit einem 50 mm breiten Streifen von lackiertem Eisenblech von 0,2 mm Dicke bis zu einer Stärke von 10 mm umwickelt wurde, so daß er sich mit genügender Reibung in die Spule schieben ließ. Der Kern ragte 18 mm aus dem oberen Ende der Spule, der nicht umwickelte Teil des Nagels ragte ungefähr 20 mm aus dem unteren Ende der Spule hervor und wurde durch Einstecken in eine Bohrung des Grundbrettes zum Festhalten der Spule verwendet.

Die Kontaktvorrichtung war einerseits eine Nähndel, die in eine ausgefeilte Kerbe am Ende der Feder eingelötet war. Der andere Teil war eine kleine Blechbüchse, wie sie in Kolonialwarenläden als Safran-Büchsen erhältlich sind. Sie war mit ihrem Boden auf den Kopf einer käuflichen Messingschraube (etwa 5 mm-Metallgewinde) aufgelötet. Auf dem oberen Teil einer aus Weißblech gebogenen Brücke \square war

konzentrisch zu einer daselbst vorhandenen Bohrung die zur Schraube gehörige Mutter aufgelötet. Diese Vorrichtung gestattet, die Blechbüchse und mit ihr den Quecksilberspiegel ohne Mühe in kleinsten Beträgen heben und senken zu können und zwar einfach dadurch, daß die Schraube mit dem Quecksilbergefaß in der Mutter gedreht wird.

Bei den mit dieser Anordnung getätigten Versuchen wurde eine Spannung von 12 Volt an die Erregerspule gelegt. Die gleiche Spannung wurde auch für den Nutzstromkreis gewählt und als Stromverbraucher ein Widerstand von 6Ω eingeschaltet. Bei funkenfreiem Gange zeigte ein Drehspulen-Amperemeter eine Stromstärke von 0,9 A und ein Hitzdrahtinstrument eine solche von 1,4 A. Die Rechnung ergibt: Bei ständig eingetauchtem Kontaktstift kommt das OHMSche Gesetz in Frage, und die effektive Wechselstromstärke muß 2 A betragen. Da unsere Anordnung nur die gleichgerichteten Hälften der Wechselstromkurve ausnutzt, also ein Strom nach Fig. 5 entsteht, ist während der Schwingungen die effektive Stromstärke (das

quadratische Mittel!) nur $\sqrt{\frac{2^2 + 0^2}{2}} = \sqrt{2} = 1,41$ A; das bedeutet aber bei einem Form-

faktor = 1,57 eine galvanometrische Stromstärke von $1,41 : 1,57 = 0,896 \sim 0,9$ A. Diese Rechnung kann auch den umgekehrten Gang einschlagen: die effektive Stromstärke muß bei Wechselstrom nach $\text{OHM} = 2$ A sein. Bei vollkommen gleichgerichtetem Strom nach Fig. 4 würde der Formfaktor 1,11, die galvanometrische Stromstärke also $2 : 1,11 = \sim 1,8$ A sein. Da aber nur eine Hälfte der Kurve ausgenutzt wird, ist das arithmetische Mittel = 0,9 A und der effektive Wert = $0,9 \cdot 1,57 = 1,41$ A.

Es zeigte sich mit großer Schärfe, daß der funkenfreie Betrieb mit der Erreichung eines Maximums der Stromstärke zusammenfällt. In einer bestimmten gegenseitigen Lage des Elektromagneten und des Dauermagneten und in einer bestimmten Entfernung beider von der Schwingfeder wurde ein Kapazität von 10 MF (Telefon-Kondensatoren) benötigt, um das Optimum des Betriebes zu erreichen. Es ergab sich jedoch, daß diese Lage der beiden Schwingungserreger zur Feder nicht verändert werden kann, ohne daß auch die Größe der Kapazität verändert werden muß; ja es konnte eine Lage gefunden werden, in der die Kondensatoren gänzlich ausgeschaltet werden konnten. Dies ist ein scheinbarer Widerspruch zu den oben dargelegten Erörterungen über die Nacheilung der Federphase. Seine Erklärung liegt darin, daß die Beschaffenheit des erregenden resultierenden Magnetfeldes ebenfalls von großem Einfluß auf die Phase der Federschwingungen ist. Ein genaueres Eingehen darauf erfordert komplizierte Darlegungen über die Beziehungen zwischen der Kraft, die zur Biegung einer Feder notwendig ist und jener Kraft, die der Magnet auf die stetig verschieden entfernte Feder in den einzelnen Momentan-Entfernungen tatsächlich ausübt. Es sei hier nur daran erinnert, daß die zur Durchbiegung erforderliche Kraft bei nicht zu großen Bewegungen geradlinig proportional dem Wege der Durchbiegung ist, während die vom Magnet gelieferte Zugkraft (in erster Annäherung!) umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung ist. Hieraus geht schon hervor, daß vor allem ein nicht-homogenes Feld, wie es besonders einseitig mit einem Pol wirkender Magnet liefert, sehr wohl beschleunigend auf die Phase der Federschwingung wirken, also eine durch andere Ursachen hervorgerufene Nacheilung ganz oder teilweise aufheben kann.

Endlich noch einige praktische Winke. Es gibt noch eine andere Anordnung, die verschiedene Vorteile hat. Man schiebt die Spule (ohne Kern) über das jenseitige, nicht schwingende Stück der Feder und ruft somit in ihr wechselnden Magnetismus hervor. Auf der schwingenden Seite ordnet man einen Hufeisenmagnet so an, daß sich die Feder zwischen den zwei Polen befindet. Man wird finden, daß man dann mit Leichtigkeit weit größere Amplituden erzielt. Noch mehr ist dies der Fall, wenn auch die Spule über den schwingenden Teil der Feder geschoben wird, nur muß man dann natürlich eine zweite andere Spule von größerem Durchmesser und geringerer Länge wählen, damit die Feder in ihrem Hohlraum unbehindert schwingen kann.

Wenn man die Hufeisenmagnete so stellt und gegebenenfalls gleichzeitig entsprechend geformte Polschuhe verwendet, daß das Feld, in welchem die Feder sich befindet, homogen ist und die Feder eine symmetrische Lage zu den Polen hat, ist die Erzielung eines funkenfreien Ganges ohne Kondensatoren im Erregerstromkreis unmöglich. Sobald man aber den Magneten so verschiebt, daß ein Pol der Feder näher ist als der andere, kann man eine Lage ausfindig machen, in der auf Kondensatoren verzichtet werden kann, besser muß. Damit ist der oben erwähnte Einfluß des Magnetfeldes auf die Phase der Federschwingungen demonstriert und auch im Prinzip erklärt. Ein Übelstand ist der, daß die beim Einstellen oder aus anderen Ursachen vorkommenden Funken sowohl die Stahlnadel als auch die Quecksilber-Oberfläche schnell oxydieren, wodurch Störungen unvermeidlich sind. Auch erschüttert die schnell ein- und austauschende Nadel den Quecksilberspiegel derart, daß nicht nur kleine Kügelchen von Hg herausgeschleudert werden, sondern auch schnelle störende Niveauschwankungen entstehen. Der Verfasser bedeckte deshalb das Quecksilber mit einer so hohen Schicht von Glycerin, daß sich die Nadel auch bei großen Schwingungen nicht außerhalb des Glycerinspiegels erhebt. Der Gleichrichter arbeitet dann recht zufriedenstellend. Beim ersten Einstellen muß so verfahren werden, daß man zuerst ohne Kondensatoren arbeitet und durch Probieren eine Lage der erregenden Teile findet, bei der die Feder ausreichende Schwingungen macht. Sodann wird der Nutz-Stromkreis immer nur Augenblicke geschlossen und unter Heben oder Senken des Quecksilbergefaßes eine Entfernung von dem Ruhepunkte des Kontaktstiftes gesucht, in der die Funken entweder ganz verschwinden oder ein Minimum erreichen. Im ersteren Falle sind Kondensatoren nicht vonnöten; im zweiten Falle schalte man stufenweise steigend solange Kapazität in Reihe mit der Spule, bis die Funken verschwinden. Schaltet man an Stelle eines OHMSchen Widerstandes Akkumulatoren in den Nutzstromkreis, so braucht man lediglich den Quecksilberspiegel zu senken und zwar um so mehr, je höher die Akkumulatorenspannung bei gleichbleibender Wechselstromspannung ist. —

Es sei noch erwähnt, daß dieser schwingende Kontakt ein experimentelles Mittel ist, mit dem man den sinnfälligen Funken zur Demonstration und als grobes Maß der Phasenverschiebung zwischen Wechselströmen benutzen kann.

Kleine Mitteilungen.

Das stillstehende Autorad — eine optische Täuschung.

Von Studienrat W. Kisse in Berlin-Schmargendorf.

Wohl einem jeden von uns wird schon einmal aufgefallen sein, daß ein Rad eines vorbeifahrenden Autos für einen Augenblick still zu stehen scheint. Während man im allgemeinen die Speichen des Rades infolge der Drehung nicht sieht, werden sie gelegentlich für einen Augenblick sichtbar, so wie man es auch an den radialen Streifen der Wimshurstmaschine beobachten kann, wenn ein Entladungsfunke das Dunkel erhellt.

Demgemäß zweifelte ich keinen Augenblick daran, daß die Erscheinung eine optische Täuschung ist. Um so mehr überraschte es mich, daß andere darüber anders dachten. So zog ein Student der technischen Hochschule zur Erklärung den Kardanantrieb heran, der beim Stillstand des einen Rades die Geschwindigkeit des auf der andern Seite befindlichen verdoppeln solle.

Da gerade viele Autos des Weges fuhren, war die Gelegenheit, Beobachtungen anzustellen, günstig, und bald hatten wir gefunden, daß sich die Erscheinung zuweilen im Takt unseres Gleichschritts wiederholte. Noch schien ein zufälliges Zusammentreffen vorzuliegen; als wir jedoch den Gleichschritt aufgaben und jeder zu einer

andern Zeit, nämlich beim Aufsetzen seines linken Fußes, dem andern den Eintritt des Stillstandes mitteilte, war mit Sicherheit erkannt, daß die Ursache nicht im Auto, sondern im Beobachter zu suchen ist.

Was ist nun die Ursache?

Versuche, die im Physikzimmer mit einer entsprechend bemalten Papierscheibe von etwa 25 cm Durchmesser angestellt wurden, ergaben, daß auch hier der scheinbare Stillstand durch Aufstoßen des Fußes hervorgerufen werden konnte; aber auch ein Schlag gegen den Kopf, das Schütteln des Kopfes, das Anzupfen der Brille, sowie das Hin- und Herblicken bei ruhiger Kopfhaltung leisteten dieselben Dienste. Es wurde so offenbar, daß die Speichen immer dann deutlich sichtbar werden, wenn sich das Bild des sich drehenden Rades auf der Netzhaut verschiebt.

Da das Schütteln und Stoßen des Kopfes allmählich Übelkeit erzeugte, besah ich die Scheibe durch einen dicht ans Auge gehaltenen Spiegel, der sich um eine an seiner Fassung befindliche Achse leicht drehen ließ. Es zeigte sich nun ganz deutlich, daß bei der Drehung des Spiegels um eine vertikale Achse nur die Speichen der oberen Hälfte und bei entgegengesetzter Drehung nur die der unteren sichtbar wurden.

Die Ursache ist folgende: Verschiebt sich das Bild der sich drehenden Scheibe auf der Netzhaut, dann addieren sich für die eine Hälfte die Geschwindigkeiten, die jeder Bildpunkt infolge der Drehung und Verschiebung hat, während sie sich auf der andern Seite ganz oder zum Teil aufheben; die Bilder dieser Speichen verharren also eine gewisse Zeit auf derselben Stelle der Netzhaut und werden dadurch sichtbar.

Die Aufhebung der Geschwindigkeiten kann nun, genau genommen, nur für einen einzigen Punkt einer jeden Speiche eintreten, und zwar muß dieser um so mehr vom Mittelpunkte entfernt sein, je größer bei gleicher Drehung die Verschiebungsgeschwindigkeit ist. Meine Beobachtungen bestätigten dies; da mich jedoch ihr subjektiver Charakter nicht befriedigte, versuchte ich die Erscheinungen auf der photographischen Platte festzuhalten.

Die Anordnung der Vorrichtungen ist aus der Fig. 1, die bis auf die Ansicht der Scheibe *S* den Grundriß gibt, zu erkennen. *S* ist die auf der Welle des Motors *M* sitzende Scheibe, *L* eine VOLKMANNsche Bogenlampe, welche die Scheibe beleuchtet, *Sp* der mit einer Kugellagerachse verbundene Spiegel und *A* der photographische Apparat. Der Kreis um den Spiegel deutet eine Holzscheibe *H* an, die eine langsame, aber doch gleichmäßige Drehung des Spiegels ermöglicht.

Fig. 2 bestätigt das bisher Gesagte. Das Bild der Scheibe ist gleichförmig über die Platte gewandert. Dabei haben die Speichen nur in der oberen Hälfte einen Eindruck hinterlassen, und zwar eine netzartige Figur, deren Spitzen zufällig am Rande liegen; es

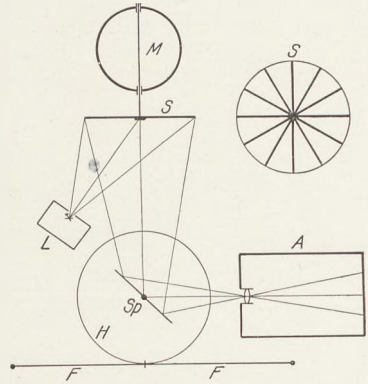


Fig. 1.

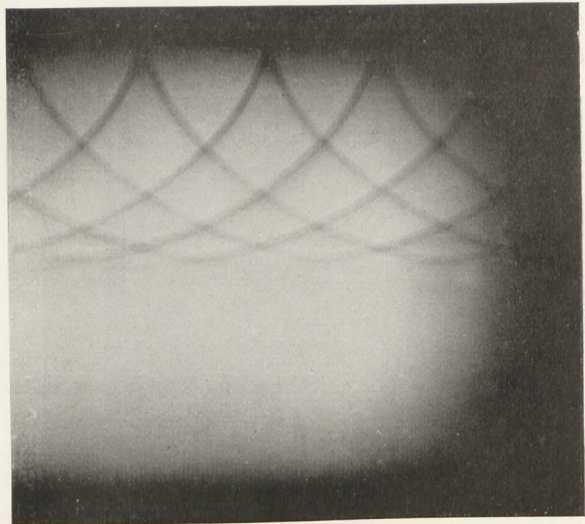


Fig. 2.

sind dies die Punkte, bei denen sich Drehung und Verschiebung aufheben. Die Entstehung der merkwürdigen Kurven wird später bei der Betrachtung des 4. Bildes klar werden.

Durch Anbringen gespannter Schraubenfedern FF am Umfang der Holzscheibe H gelang es, den Spiegel in Dreh-Schwingungen zu versetzen. Das Ergebnis ist die Fig. 3. Das helle Zweieck

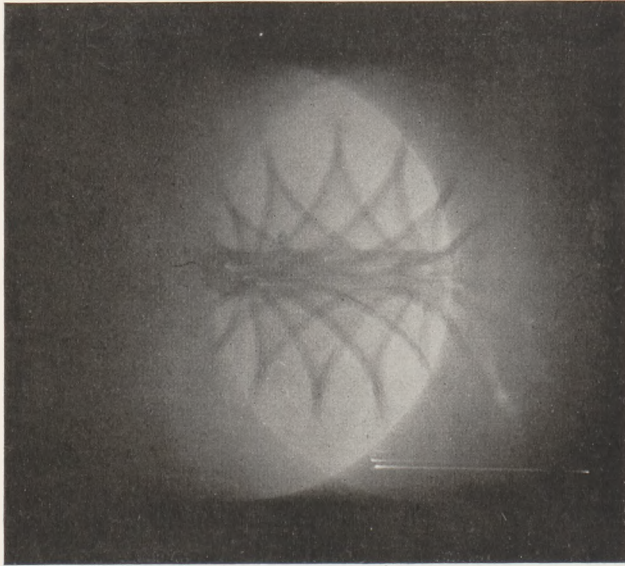


Fig. 3.

ruht von der Übereinanderlagerung des Scheibenbildes her, das auf der Platte einmal hin- und hergeschwungen ist. Bei jeder Halbschwingung ist eine Hälfte der Sternfigur erzeugt worden. Die Sternspitzen sind in der Mitte am weitesten von der Mittellinie entfernt, da die Verschiebungsgeschwindigkeit beim Durchgang durch die Ruhelage am größten ist. Die Belichtungsdauer ist anscheinend gleich der Schwingungsdauer.

Die Fig. 4 zeigt eine Aufnahme, bei der Schwingungsweite und Schwingungsdauer des Spiegels erheblich herabgesetzt sind; letzteres wurde durch Ersatz der schweren Schwingscheibe durch eine leichte er-

reicht. Anfangs liegen die Spitzpunkte außen, nach der Umkehr mehr in der Mitte der Speiche, die Geschwindigkeit ist erheblich geringer, die Schwingung eine stark gedämpfte — das Bild ruht von einer älteren Versuchsanordnung her.

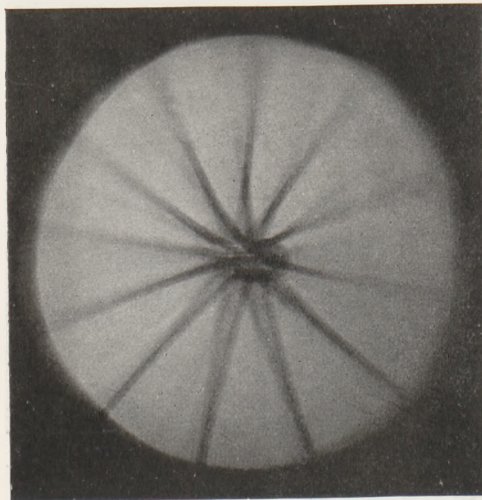


Fig. 4.

Fig. 5, eine der letzten Aufnahmen zeigt mit überraschender Klarheit, was das Auge in direkter Beobachtung nie sehen kann, wie sich nämlich die Speichenbilder durch Übereinanderlagerung von Verschiebung und Drehung ergeben und die geraden Speichen sogar gekrümmt erscheinen. Die Belichtungsdauer ist etwa gleich der halben Schwingungsdauer, da die untere Hälfte nicht ausgezeichnet ist; denn die leichten dunklen Schatten sind wohl durch Übereinanderlagerung je zweier benachbarter dunkler Sektoren zu erklären.

Fig. 6 zeigt demgegenüber alle Speichen, bis auf die mehr oder weniger horizontalen, im Einklang mit der Theorie, da die Verschiebung eine horizontale ist. Daß die Scheibe nicht kreisrund erscheint, beruht darauf, daß sich der Photoapparat bei der

Bedienung verschob, so daß der Rand des Spiegels die vollständige Abbildung verhinderte.

Will man nun diese Versuchsergebnisse auf die Erscheinungen anwenden, die bei direkter Beobachtung und unter Ausschaltung des Spiegels sichtbar werden, so muß man wohl annehmen, daß die Augenachse durch äußere Einwirkungen

in stark gedämpfte Schwingungen versetzt wird; diese lassen dann einige, aber nicht alle Speichen, sichtbar werden, was uns zu dem falschen Urteil verleitet, daß das Rad stillsteht.

Die Erscheinung zeigt sich jedoch auch ohne solche Einwirkungen wie Stoß und Schlag. Versucht man nämlich, unverwandt auf dieselbe Stelle der Scheibe zu blicken, dann ereignet es sich über kurz oder lang, daß der Blick abirrt. Einer der Muskeln, die das Auge richten, zieht sich ruckartig etwas zusammen, und die von der Theorie geforderte Verschiebung des Bildes auf der Netzhaut mit allen ihren Folgen ist da¹. Es mag hierbei daran erinnert werden, daß unser Blick auch beim Lesen nicht gleichmäßig über die Zeilen gleitet, sondern sprunghaft weiterrückt; nur so können wir trotz der Bewegung sehen. Auch die Tauben und Hühner würden beim Schreiten auf dem

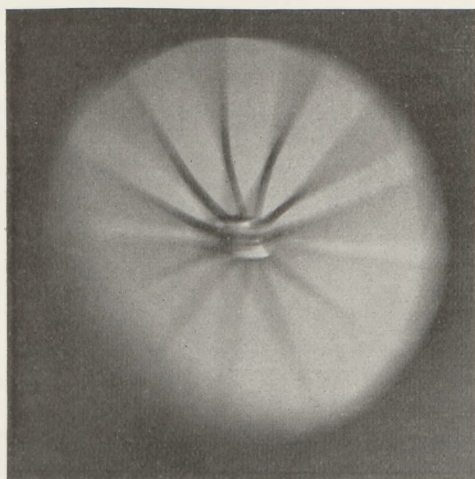


Fig. 5.

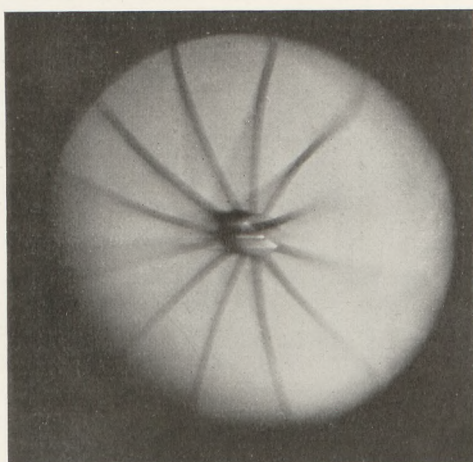


Fig. 6.

Erdboden ihre nächste Umgebung so undeutlich vorbeifliegen sehen, wie wir es aus der fahrenden Eisenbahn heraus an den Schwellen des Nachbargeleises beobachten können. Durch ein den Schritten angepaßtes Vorwärts- und Rückwärtsschwingen des Kopfes gelingt es ihnen, wenigstens zeitweilig den störenden Einfluß des Gehens auszugleichen.

Schließlich ist noch der Fall denkbar, daß von den Augenmuskeln derjenige zusammenzuckt, der das Auge um seine Achse drehen kann. Geschieht dies und sind dann noch Sinn und Geschwindigkeit der Drehung beim Augapfel die gleichen wie beim Bilde der Scheibe, dann müssen alle Speichen in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig scharf erscheinen. Versuche, die das tatsächliche Vorkommen auch dieses Falles beweisen, habe ich nicht angestellt; vielleicht gelingt dies einem andern.

Zwei Versuchsanordnungen zur Messung des Brechungsquotienten von Flüssigkeiten in den praktischen Übungen.

Von Dr. Paul Werner in Pilsen (Böhmen).

1. Methode.

Die erste Methode beruht auf der Beobachtung, daß eine Münze, die auf dem Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes liegt, gehoben erscheint, wenn wir senk-

¹ Die Zeitspanne zwischen zwei solchen unwillkürlichen Bewegungen des Auges ist bei verschiedenen Personen verschieden und anscheinend bei ermüdeten oder nervösen Menschen kleiner als bei einem ausgeruhten oder ruhigen. Ein Kollege glaubt daher, daß man mit Hilfe einer solchen Scheibe die Nervosität beurteilen könne; doch ist meines Erachtens auch die Übung im Fixieren eines Punktes von großer Bedeutung.

recht auf sie blicken. Haben wir das Gefäß bis zur Höhe l_1 mit Wasser gefüllt, so erscheint uns die Münze nur von der geringeren Wasserhöhe l_2 überschichtet.

In Fig. 1 bedeuten n und o zwei benachbarte Strahlen, die ins Auge des Beobachters gelangen. Es ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{l_1}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{d}{l_2}; \quad \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Da α und β sehr klein sind, können wir tg durch \sin ersetzen und erhalten also $n = \frac{l_1}{l_2}$. Die Meßmethode ist überaus einfach, die einzige Schwierigkeit besteht darin, die scheinbare Tiefe des Wassers zu messen.

Dies kann geschehen, indem man ein optisches Gerät, das eine Scharfeinstellung erlaubt, auf die Münze einstellt. Als solche Geräte kommen in Betracht das Mikroskop, der Projektionsapparat und schließlich unser Auge. Bei Verwendung des Mikroskopes kann die Tiefe des brechenden Mediums naturgemäß nur gering sein. Eine Glasplatte ist geeignet.

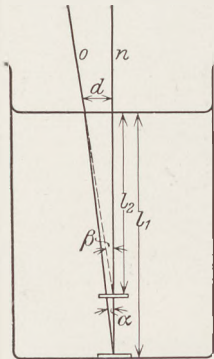


Fig. 1.

F. KOHLRAUSCH teilt in seinem Lehrbuch der Praktischen Physik (13. Aufl. 1921, S. 270) eine Methode mit, bei der das Brechungsverhältnis einer Planplatte unter dem Mikroskop gemessen wird, indem man zuerst auf einen markierten Punkt auf der Vorderseite der Glasplatte und dann auf sein an der Rückseite gespiegeltes Bild einstellt. Die Strecke, um die man das Mikroskop senken muß, ist gleich der doppelten scheinbaren Dicke der Glasplatte. Die direkt gemessene Dicke der Planplatte dividiert durch die scheinbare ergibt den Brechungsquotienten der Platte.

Man kann statt des Mikroskopes das Objektiv eines Projektionsapparates, statt der Planplatte den Wasserkühler desselben verwenden. In der Mitte der Vorder- und Rückseite des Kühlers wird mit Tusche je ein Punkt gemacht. Durch Verschieben des Objektivs stellt man die beiden Punkte abwechselnd scharf ein. Die Größe der Verschiebung des Objektivs ergibt die scheinbare Dicke des Kühlers. Den Einfluß der beiden Glasplatten des Kühlers kann man vernachlässigen.

Wenn wir uns im ersten Falle der im Wasser liegenden Münze zur Schätzung der scheinbaren Wassertiefe unseres Auges bedienen, so haben wir ganz andere Verhältnisse vor uns, als wenn wir etwa einen photographischen Apparat verwenden. Wir können den Apparat zuerst auf die Münze im leeren Glase scharf einstellen, dann das Glas mit Wasser füllen und, ohne an der Einstellung des Apparates etwas zu ändern, ihn so hoch heben, daß die Münze wieder scharf erscheint. Bedienen wir uns aber des Auges, so müssen wir wegen seiner Akkommodationsfähigkeit das zeitliche Nacheinander durch ein räumliches Nebeneinander ersetzen. Wir werden also in möglichste Nähe der in Wasser gesehene Münze eine Marke bringen, die wir in Luft sehen.

Man kann also etwa ein Batterieglas verwenden, die Münze auf den Boden knapp neben die Seitenwand legen, außen an die Seitenwand einen Papierstreifen kleben und mit einem Bleistift außen auf dem Papierstreifen die scheinbare Wassertiefe durch die scheinbare Lage der Münze markieren. Noch näher können wir die in Luft gesehene und die in Wasser gesehene Marke nebeneinander bringen, wenn wir uns eines Wassergefäßes mit durchsichtigen, planparallelen Seitenwänden bedienen und in horizontaler Richtung am Wasserspiegel entlang blicken. Die eine Marke ist dann unterhalb, die andere oberhalb des Wasserspiegels anzubringen. Die Marken stellt man sich am einfachsten her, indem man in runde Blechscheibchen als Füße Stricknadelstücke einlötet. Die Stricknadeln werden ins Wasser gestellt, so daß sie zum Teil daraus hervorragen. Es ist dann zwar bei der vom Auge entfernten

Nadel das aus dem Wasser ragende Stück, bei der näheren das im Wasser befindliche Stück überflüssig, stört aber wenig. Auch die Bedingung, daß die Seitenwand des Gefäßes durchsichtig und planparallel sein muß, kann umgangen werden, wenn wir uns in der in Fig. 2 angedeuteten Weise eines Spiegelstreifens bedienen, der unter 45° Neigung ins Wasser gestellt wird.

Er muß auf der Rückseite gut lackiert sein, damit er durch die Feuchtigkeit nicht leide. Wie der Aufriß der Fig. 2 zeigt, wird das Auge in eine solche Stellung gebracht, daß wir im Spiegel die Wasseroberfläche auf eine horizontale Gerade verkürzt sehen. Bewegen wir das Auge aus der Verbindungsebene der beiden Nadeln um die Strecke d seitwärts, so sehen wir, wie dies im Grundriß der Fig. 2 dargestellt ist, jede der beiden Nadeln A und B in zwei seitlich verschobene Stücke zerhackt. Die durch Wasser gesehene Stücke der Nadeln A und B , sowie auch die zugehörigen Sehstrahlen sind gestrichelt gezeichnet, die in Luft gezeichneten Nadelstücke und Sehstrahlen aber voll ausgezogen.

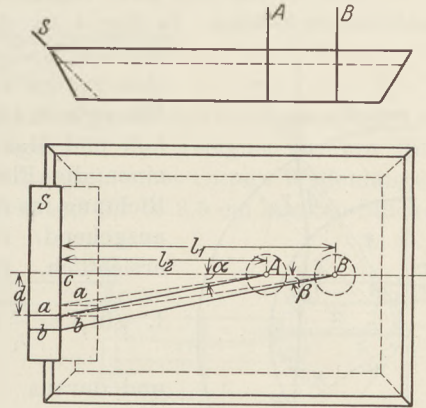


Fig. 2.

Wir verschieben nun die Nadel A so lange, bis beim Seitwärtsbewegen des Kopfes sowohl nach links als auch nach rechts aus der Verbindungsebene der beiden Nadeln das oberhalb des Wassers gesehene Stück a der Nadel A sich genau mit dem im Wasser gesehene Stück b der Nadel B fortsetzt. Man mißt nun l_1 und l_2 auf Millimeter genau und berechnet n aus der Formel $n = \frac{l_1}{l_2}$.

2. Methode.

Die zweite Methode beruht auf einer Anwendung des Grundgedankens, der in dieser Zeitschrift 34, 128; 1921 zur Messung des Brechungsquotienten des halbkreisförmigen Glaskörpers von HARTLS optischer Scheibe dient. Legt man eine halb mit Flüssigkeit gefüllte Flasche auf ein weißes Blatt Papier, so daß ihr Inhalt einen halbzylinderförmigen Raum einnimmt, so bemerkt man an den Rändern dieses halbzylinderförmigen Flüssigkeitskörpers zwei durch Totalreflexion spiegelnde Streifen. Dividiert man den Durchmesser der Flasche durch den Abstand der spiegelnden Streifen, so erhält man den Brechungsquotienten n .

Obwohl infolge des Glases, der Unregelmäßigkeit in der Glasdicke usw. große Abweichungen zu erwarten waren, erhielt ich zu meiner Überraschung recht gute Werte von n für Wasser, Alkohol und Schwefelkohlenstoff. Es wurden deshalb die wichtigsten Fehlerquellen rechnerisch geschätzt und eine Meßanordnung ausgearbeitet, welche der Genauigkeit der Messung entspricht, die so groß ist, als sie bei einer Messung ohne Berücksichtigung der Farbenzerstreuung überhaupt zu erwarten ist.

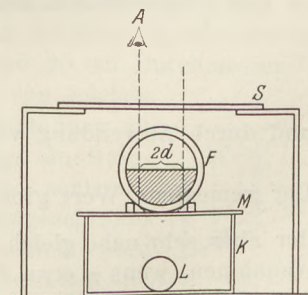


Fig. 3.

Zunächst die Meßanordnung (siehe Fig. 3). In dem Kästchen K , das oben mit einer Mattscheibe M (weißem Papier auf Glasscheibe) bedeckt ist, befindet sich die Glühlampe L . Auf M liegt die halb mit Flüssigkeit gefüllte Flasche F . Sie ist durch zwei kleine Klötzchen, Münzen oder dergleichen am Rollen verhindert. Über das Ganze ist eine große Schachtel gestülpt, in der sich eine Ausnehmung befindet, durch die die Flasche in ihrer ganzen Breite sichtbar ist. Über dieser Ausnehmung liegt der Spiegelstreifen S . Entlang am Rande des Spiegels ist ein etwa 2 mm breiter

Papierstreifen angeklebt. Auf diesem Streifen werden mit einem scharf gespitzten Bleistift 4 Marken gemacht, die den Durchmesser $2R$ der Flasche und den Abstand der beiden Streifen $2d$ markieren. Das Auge A wird mittels des Spiegelstreifens S genau senkrecht über die zu markierenden Objekte gebracht.

Wir wollen nun zwei Fehlerquellen schätzen. Zunächst den Einfluß des Glases und seiner Stärke. In Fig. 4 ist der ringförmige Raum zwischen den Halbkreisen mit den Radien R und r aus Glas zu denken. In dem oberen Quadranten vom Radius r befindet sich Luft, im unteren die Flüssigkeit. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in Luft, Flüssigkeit und Glas seien beziehungsweise c_1, c_2 und c_3 . Wir verfolgen einen die Flüssigkeit durchsetzenden Strahl, der in vertikaler Richtung ins Auge gelangt in umgekehrter Richtung, vom Auge ausgehend. Die Bedeutung der Winkel α bis o ist aus Fig. 4 ersichtlich. Es bestehen folgende Winkelbeziehungen:

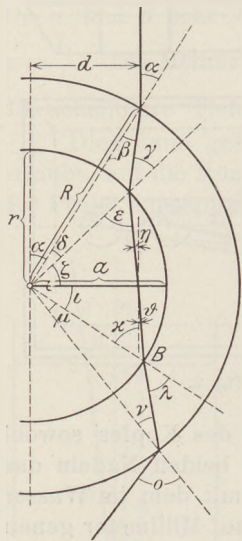


Fig. 4.

$$\text{I. } \sin \beta = \frac{c_3}{c_1} \sin \alpha, \quad \text{II. } \sin \gamma = \frac{R}{r} \sin \beta, \quad \text{III. } \sin \epsilon = \frac{c_1}{c_3} \sin \gamma$$

$$\text{und daraus} \quad \text{IV. } \sin \epsilon = \frac{R}{r} \sin \alpha.$$

Aus $\sin \alpha = \frac{d}{R}$ folgt $\sin \epsilon = \frac{d}{r}$ und daraus die Bedingung $r > d$.

Ferner ist

$$\text{V. } \sin \kappa = \frac{c_2}{c_3} \sin \lambda, \quad \text{VI. } \sin \nu = \frac{r}{R} \sin \lambda, \quad \text{VII. } \sin o = \frac{c_1}{c_3} \sin \nu$$

$$\text{und daraus} \quad \text{VIII. } \sin \kappa = \frac{c_2 R}{c_1 r} \sin o.$$

Durch Anwendung des Sinussatzes ergibt sich

$$\text{IX. } \alpha = \frac{r \sin \epsilon}{\cos \eta} \quad \text{und} \quad \text{X. } \alpha = \frac{r \sin \kappa}{\cos \vartheta} \quad \text{und durch Gleichsetzung beider} \quad \text{XI. } \frac{\sin \kappa}{\sin \epsilon} = \frac{\cos \vartheta}{\cos \eta}$$

Beachtet man, daß $\sin \alpha = \frac{d}{R}$, daß o für die Grenze der Totalreflexion 90 Grad

ist und $\frac{c_1}{c_2}$ gleich dem Brechungsquotienten der Flüssigkeit n , so folgt

$$\text{XII. } \frac{R}{d} = n \frac{\sin \kappa}{\sin \epsilon}$$

$$\text{und durch Anwendung von XI:} \quad \frac{R}{d} = n \frac{\cos \vartheta}{\cos \eta}$$

Der gemessene Wert gibt also den Brechungsquotienten bis auf einen Faktor $\frac{\cos \vartheta}{\cos \eta}$, der aber sehr nahe gleich 1 ist, da η und ϑ kleine Winkel sind. Bei sehr ungünstigen Annahmen, wenn η etwa 7 Grad ist, kann der so entstehende Fehler $+ 1/2\%$ betragen.

Ein weiterer Fehler ergibt sich, wenn die Flüssigkeit nicht die Hälfte der Flasche ausfüllt, sondern höher oder tiefer steht. Zur Schätzung ziehen wir die beiden extremen Fälle in Betracht, daß die Flüssigkeit bis zum Punkte A gestiegen oder bis zum Punkte B gesunken ist. Dies sind die beiden Fälle, in denen die Grenze der Totalreflexion schon sichtbar oder eben noch sichtbar ist. Für den ersten Fall ergibt sich die Beziehung $\kappa = \epsilon - (\eta - \vartheta)$, für den zweiten Fall $\kappa = \epsilon + \eta - \vartheta$, wobei die Winkel die der Fig. 4 dem Sinne nach entsprechende Bedeutung haben.

Durch Anwendung von XII folgt für den ersten Fall $\frac{R}{d} = n \frac{\sin [\epsilon - (\eta - \vartheta)]}{\sin \epsilon}$,

für den zweiten Fall $\frac{R}{d} = n \frac{\sin (\epsilon + \eta - \vartheta)}{\sin \epsilon}$. Rechnet man diese Fehler für einen

speziellen ungünstigen Fall durch, so erhält man im ersten Fall einen negativen, im zweiten einen positiven Fehler von 2 bis 3%. Die Höhe der Flüssigkeit ist also nicht ohne merklichen Einfluß. Man wird die Flasche zur Hälfte, eher etwas weniger als mehr, füllen.

Herstellung eines Schul-Spektrometers.

Von P. Nickel in Berlin.

Wegen mangelnder Mittel zur Beschaffung eines guten Spektrometers hat der Verfasser sich selbst aus Holz einen Apparat hergestellt, der geeignet ist, mit Hilfe von Prismen Brechungskoeffizienten zu messen und mittels eines Gitters Wellenlängenbestimmungen vorzunehmen. Auf ein Hartholzkreuz aus $6,5 \times 3,5$ cm starken Stücken von 25 cm Länge ist eine vierkantige Säule $4,5 \times 4,5 \times 15$ cm aufgeschraubt, die die übrigen Teile des Spektrometers trägt (Fig. 1). Zur Anfertigung des Tisches wurde eine buchene Platte von 20 mm Stärke auf 15 cm Durchmesser abgedreht und gleich auf der Drehbank in der Mitte mit einer Bohrung von etwa 5,5 mm Durchmesser versehen, in welche noch mit einem (konischen) Gewindebohrer ein Gewinde eingeschnitten wurde. Die Achse ist aus einem 10 mm dicken Stück Rundmessing, in einem anderen Falle aus 8 mm starkem Eisendraht (Gardinenstange)

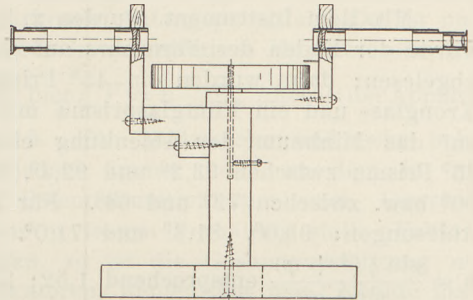


Fig. 1.

hergestellt worden, welches an einem Ende auf etwa 7 mm Durchmesser abgedreht und mit einem groben Gewinde versehen wurde, um sie fest in den Holzsteller einschrauben zu können. Außerdem ist es nötig, das Ende anzukörnen oder mit einer scharfen Spitze zu versehen zum Zwecke der leichteren Zentrierung der Teilung. Spannt man den Teller mit der Achse, nachdem sie fest eingedreht ist, in die Drehbank, so muß er gut laufen. Wer im Zeichnen geschickt ist, wird nun auf den Teller gutes, nicht zu starkes Zeichenpapier leimen und selbst eine Gradteilung herstellen, sonst schraubt man einen Halbkreis- oder Vollkreistransporteur aus dünnem Neusilberblech auf, wie er, bis auf $\frac{1}{2}$ Grade geteilt, im Handel zu haben ist. Man erhält z. B. bei Gebrüder Wichmann, Berlin, Karlstr. 13, Halbkreisteilungen mit 15 und 20 cm Durchmesser für 1,55 bzw. 2,65 RM; Vollkreisteilungen sind mit Ausnahme von solchen mit 12,1 cm Durchmesser (2,75 RM) nur auf besondere Bestellung zu bekommen. Für die unten angegebenen Messungen genügt ein Halbkreis, der auf der Platte nach der Ankörnung der Achse zentriert, zunächst festgeklemt und dann mit mehreren Schraubchen angeschraubt wird. Für die Träger des Fernrohrs und Spaltrohrs sind Hartholzleisten von etwa 4 cm Breite und 1,6 cm Dicke erforderlich; sie erhalten die Bohrungen am besten auf der Drehbank; besonders der Fernrohrarm muß gut senkrecht zur Fläche gebohrt werden, so daß er sich, ohne lose zu sitzen, mit leichter Reibung um die Achse drehen läßt. Die Achse wird in eine entsprechende Bohrung der Säule eingesetzt und durch eine Schraube geklemmt.

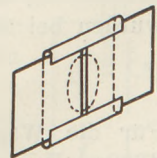


Fig. 2.

Spalt- und Beobachtungsfernrohr sind aus nahtlosem Messingrohr von 0,45 mm Wandstärke gefertigt, wie man es in beliebigen Weiten, in unserem Falle mit 26, 25, 24 und 23 mm äußerem Durchmesser, im Handel bekommt (z. B. bei Cochius, Berlin, Alexandrinenstr. 35). Man wählt die ineinander steckbaren und schiebbaren Weiten nach den vorhandenen Linsen aus. Die Objektive werden durch ein eingelötetes Rohrstück und einen vorsteckbaren Ring im Tubus gehalten. Als Linsen fanden in einem Falle achromatische Gläser mit 25 mm Durchmesser und etwa 11,5 cm Brennweite, wie

sie, mit geringen Fehlern behaftet, von der Oigee, Berlin-Schöneberg, billig abgegeben werden, Verwendung; bei einem zweiten Instrument waren es sogar nur Brillengläser mit 22 mm Durchmesser und 18 cm Brennweite. Der Spalt wurde mit Hilfe eines 3,5 cm breiten Messingstreifens von 0,8 mm Stärke hergestellt, der, wie Fig. 2 zeigt, an den gegenüberliegenden Seiten umgebogen, für 2 Messingstreifen als Führung dient. Unter Einlegen eines Kupferdrahringes ist dieser Teil an ein Messingrohrstück von 25 mm äußerem Durchmesser gelötet. Die Okularbüchse ist ebenfalls leicht aus einem etwa 5 cm langen Rohrstück (23 mm äußerer Durchmesser) und einer 0,8 mm starken Messingscheibe anzufertigen; sie enthält zwischen Korkringen 2 Plankonvexlinsen mit etwa 4 cm Brennweite und einen Blechring mit quer aufgelötetem Drähtchen, das die Visierlinie bildet. Die Stellung des Fernrohrs wird abgelesen mittels eines zugeschärften Nagels, der in den Fernrohrhalter neben dem Rohr so eingetrieben ist, daß er dicht über der Teilung hinstreicht.

Mit dem Instrument wurden z. B. folgende Messungen gemacht. 1. Zunächst wurde der Faden des Fernrohrs auf den Spalt eingestellt und an der Teilung 119,0⁰ abgelesen; dann wurden ein 45⁰ Prisma (einem Prismenfernrohr entstammend), ein Kronglas- und ein Flintglasprisma mit $\varphi = 60^{\circ}$ brechendem Winkel aufgesetzt und auf das Minimum der Ablenkung eingerichtet. Das Spektrum lag dann für das 45⁰ Prisma zwischen 93,2⁰ und 92,4⁰, für die beiden 60⁰ Prismen zwischen 81,6⁰ und 80⁰ bzw. zwischen 72⁰ und 68⁰. Für Natriumlicht ergaben sich der Reihe nach die Ablesungen: 93,0⁰, 81,3⁰ und 71,0⁰. Die Brechungsverhältnisse sind danach aus $n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta + \varphi)}{\sin \frac{1}{2}\varphi}$ entsprechend 1,52; 1,51 und 1,62. Mit dem Flintglasprisma wurden die Wasserstofflinien *C*, *F* und *f* bei 71,5⁰, 70⁰ und 69⁰ beobachtet. Die Brechungskoeffizienten sind daher für diese Linien: 1,61, 1,63 und 1,64. 2. Eine Gitterkopie auf Glas von KARL ZEISS mit 140 Strichen pro Millimeter ergab für Natriumlicht für die beiden symmetrisch zur Mitte gelegenen Linien 1. Ordnung eine Ablesung von 113,6⁰ und 123,2⁰, für die Linien 2. Ordnung 128,0⁰ und 109,0⁰.

$$\text{Danach ist } \lambda = \frac{1}{140} \cdot \sin 4,8^{\circ} = 0,00059 \text{ mm}$$

$$\text{oder } \lambda = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{140} \cdot \sin 9,5^{\circ} = 0,00059 \text{ mm.}$$

Für die Kopie eines Rowland Gitters mit 14 495 Strichen pro Zoll ($a = 25,4 : 14\,495 = 0,00175$ mm) ergaben die Linien 1. Ordnung die Einstellungen: 138,0⁰ und 98,6⁰. Bei engem Spalt waren die beiden *D* Linien deutlich getrennt, doch erlaubt die grobe Gradteilung keine gesonderte Einstellung für *D*₁ und *D*₂. Die Linien 2. Ordnung wurden bei 160,1⁰ und 75,6⁰ erhalten.

$$\text{Es ist daher } \lambda = 0,00175 \cdot \sin 19,7^{\circ} = 5890 \text{ \AA.E.}$$

$$\text{und } \lambda = \frac{1}{2} \cdot 0,00175 \cdot \sin 42,25^{\circ} = 5890 \text{ \AA.E.}$$

Für die Wasserstofflinien *C*, *F* und *f* wurden als Wellenlängen 6590, 4830 und 4290 \AA.E. gemessen.

Ein einfacher elektrostatischer Verstärker.

Von H. Greinacher in Bern.

Allgemeines.

Das Prinzip der elektrostatischen Influenz läßt sich in den verschiedensten Weisen zu Verstärkerzwecken benutzen. Von allgemeinerer Bedeutung sind indessen nur die Influenzelektriermaschinen geworden, während alle die anderen zahlreichen Einrichtungen dieser Art keine größere Verbreitung gefunden haben. Im folgenden möchte ich nun kurz zeigen, wie solche Apparate immerhin gut geeignet für Demonstrationsversuche und auch zum Gebrauch in Übungspraktika sein können,

und soll hier auf eine besonders einfache Ausführungsform hingewiesen werden. Der Apparat steht in seiner Funktion etwa in der Mitte zwischen einem Tropfenkollektor¹ und einer Wasserinfluenzelektrisierungsmaschine². Während indessen beim Tropfenkollektor die Aufladung asymptotisch einem Maximalwert zustrebt und bei der Wasserinfluenzmaschine in fortwährend steigendem Maße zunimmt, wächst sie hier einfach proportional der Tropfenzahl. Was die Leistungsfähigkeit anlangt, wäre somit die Influenzmaschine in erster Linie geeignet, um als Indikator für kleine Elektrizitätsmengen zu dienen. Allein die Verhältnisse sind dort viel zu wenig einfach³, als daß der Apparat für quantitative Versuche in Frage käme. Denn, selbst wenn man sich mit einer, die tatsächlichen Verhältnisse nur teilweise erfassenden Rechnung begnügt, so erhält man für die Aufladung nach n Tropfenpaaren die Beziehung $V = V_a \left[1 + \left(\frac{c}{C} \right)^2 \right]^n$.

Hierbei bedeuten c die Kapazität eines gerade abfallenden Tropfens, C die Kapazität des (einen) Konduktors und V_a das zu verstärkende Anfangspotential. Da ist nun wohl der additive Apparat weniger wirksam, aber in quantitativer Hinsicht sehr viel günstiger. Denn die Aufladebeziehung lautet hier: $V = n \frac{c}{C} V_a$. Auch ist der Apparat in Konstruktion und Handhabung sehr einfach. Für Meßzwecke und sehr hohe Verstärkungsgrade (bis 360 000) wird man jedoch immer noch zu dem in der Ausführung allerdings viel komplizierteren Potentialmultiplikator nach EINSTEIN⁴ greifen müssen. Hier findet eine Multiplikation in festem Verhältnis statt. Faktor: a . Verwendet man dann n Übersetzungsstufen, so ist die Gesamtverstärkung a^n .

Alle diese und ähnliche Apparate⁵ (Duplikatoren, Replenisher usw.) könnte man insgesamt als mechanische Potentialpumpen bezeichnen. Daneben gibt es aber, wie hier der Vollständigkeit halber erwähnt sei, noch eine zweite Klasse von Apparaten, bei denen bewegte Teile (rotierende Scheiben, fallende Tropfen) nicht vorkommen. Das sind die ebenfalls auf Influenzierung beruhenden elektrischen Potentialpumpen. Durch Verwendung von Wechselstrom und elektrischen Ventilen lassen sich Schaltungen herstellen, mit denen Spannungsvervielfachung in theoretisch beliebig hohem Betrage erzielt werden kann⁶. Diese Apparate haben infolge ihrer größeren Leistungsfähigkeit eine gewisse praktische Bedeutung erlangt (Kondensatorapparate der Röntgentechnik).

Ausführung des Verstärkers.

Die Anordnung besteht sozusagen aus der einen Hälfte einer Wasserinfluenzmaschine und ist unmittelbar aus Fig. 1 ersichtlich. Jeder Tropfen führt Influenzladung 1. Art mit sich und gibt sie vollständig an den Konduktor C ab. Dieser lädt sich proportional der Tropfenzahl auf, da die aus ihm wieder ausfließenden Tropfen keine Ladung mit sich führen können. Rein theoretisch wird der Aufladung nur dadurch eine Grenze gesetzt, daß die durch C ausgeübte elektrostatische Abstoßung schließlich gleich dem Tropfengewicht wird. Man würde also, so paradox dies klingt, eine um so größere Aufladung erzielen, je kleiner die Tropfenladung, d. h. je kleiner die influenzierende Ladung von Z gewählt wird. Die Aufladung wird aber außerdem auch durch die Kraftlinien beeinflusst, die von außen in die beiden Zylinder Z und C hineingelangen. Bei hoher Aufladung von C wird die Influenzierung der Tropfen herabgesetzt und kann die entgegengesetzte

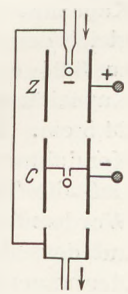


Fig. 1.

¹ W. THOMSON: 1860. Lit. etwa bei WIEDEMANN. Die Elektrizität, 1893. Bd. 1, S. 152.

² Siehe WEINHOLD: Physikalische Demonstrationen, 1921, S. 704. Lit. ebenfalls bei WIEDEMANN, S. 152.

³ J. C. MAXWELL: Elektrizität, 1883. S. 169.

⁴ EINSTEIN: Physik. Z. 9, 216; 1908. C. und P. HABICHT: Physik. Z. 11, 532; 1910.

⁵ Siehe WINKELMANN'S Handbuch der Physik. Bd. IV, 1, S. 51.

⁶ H. GREINACHER: Verh. dtsch. Phys. Ges. 16, 320; 1914. Physik. Z. 17, 343; 1916. Z. f. Physik. 4, 195; 1921.

von Z schließlich kompensieren. Ferner werden die in C drinnen abfallenden Tropfen Ladung in fortwährend steigendem Maße mit sich nehmen. Um diese beiden, für quantitative Versuche unerwünschten Einflüsse möglichst auszuschalten, müssen Z und C lang bzw. eng gewählt werden. Bei kleinem Durchmesser von Z ist überdies die Influenzierung der Tropfen eine größere. Indessen sind hier aus praktischen Gründen gewisse Grenzen gesetzt. Eine Ansicht des fertig zusammengesetzten Apparates¹

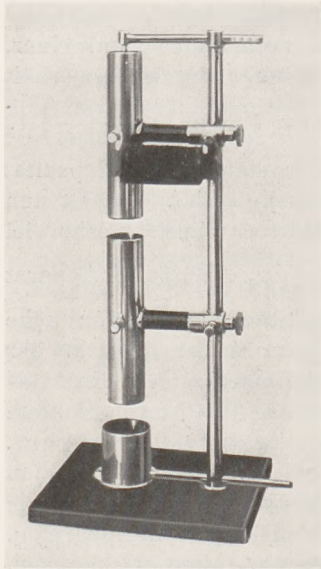


Fig. 2.

(mit an Z angehängter Zambonisäule) gibt am besten über die gewählten Dimensionsverhältnisse Aufschluß (Fig. 2). Erwähnt sei nur noch, daß sich im Innern des Zylinders C und im Auffangzylinder unten Drahtnetze befinden, die das gelegentliche unerwünschte Heraufspritzen der Tropfen verhüten.

Versuche.

Elektrostatische Versuche. Will man den Apparat als Influenzmaschine benutzen, so lädt man Z etwa mit einem geriebenen Hartgummistab auf, oder man hängt, um für längere Zeit konstante Verhältnisse zu haben, eine Zambonisäule zwischen Z und das Stativ. Den Wasserstrahl wählt man gerade so intensiv, daß er sich noch innerhalb des Zylinders Z in Tropfen auflöst. Man wird dann aus dem Konduktor C kleine Fünkchen ziehen können. Eine Glimmlampe leuchtet auf, wenn man die eine Zuführung mit der Hand berührt, die andere an den Konduktor hält. Man erhält alle paar Sekunden eine Entladung. Die Vorgänge können messend verfolgt werden, wenn man C mit einem Elektroskop verbindet. Läßt man nur langsam austropfen, so sieht man sich

das Elektroskop ruckweise aufladen. Durch Annähern eines geriebenen Hartgummistabes läßt sich auch die Polarität der Aufladung nachweisen, die immer entgegengesetzt der Ladung des influenzierenden Zylinders Z ist.

Die Einrichtung läßt sich auch für Elektrometereichungen verwenden, da man C Elektrizitätsmengen in bestimmten Beträgen zuführen kann. Die durch einen Tropfen mitgeführte Ladung muß allerdings durch Eichung bekannt sein. Immerhin läßt sie sich angenähert auch aus der Beziehung $e = cV$ berechnen. Denn die Kapazität eines Tropfens ist bei dem relativ großen Zylinderdurchmesser (3 cm) gleich dem Tropfenradius zu setzen. Dieser wurde durch Wägung von 100 Tropfen zu 0,24 cm bestimmt. Unter Zugrundelegung dieses Wertes ergab sich für die Kapazität von C (inkl. des für diese Messung verwendeten Einfadenelektrometers) 24,5 cm. Wurde nämlich Z auf 39,7 Volt aufgeladen, so erteilten 45 Tropfen dem Konduktor C ein Potential von 17,3 Volt, woraus man erhielt: $45 \cdot 0,24 \cdot 39,7 = 17,3 C$. Daß die Tropfenladung proportional mit V wächst, wurde noch besonders verifiziert: Wurde nämlich V verdoppelt, so genügte die halbe Tropfenzahl, um den Konduktor auf dasselbe Potential aufzuladen. Große Genauigkeit ist naturgemäß von solchen Messungen nicht zu erwarten.

Galvanische Versuche. Der Nachweis kleiner Potentialdifferenzen mit dem Blattelektroskop gelingt leicht. Legt man beispielsweise statt der Zambonisäule einen Akkumulator an, so erhält man bei gut reguliertem Wasserstrahl schon innerhalb $\frac{1}{2}$ Minute einen Ausschlag. Binnen kurzem entspricht er mehreren hundert Volt. Der Sinn der Aufladung dreht sich um, wenn der Akkumulator kommutiert wird. Es lassen sich so mit ungeeichten Elektroskopen messende Versuche an galvanischen Elementen mit

¹ Der Apparat wird von A. Utz, Werkstätten für physikalische Apparate, Bern, hergestellt.

bemerkenswerter Genauigkeit ausführen. Allerdings muß dann der Wasserdruck während der Messung konstant bleiben. Es wurde für diesen Fall eine größere mit Wasser gefüllte Flasche unter Zwischenschaltung eines Hahnes mit dem Apparat verbunden und das Wasserniveau in der Flasche durch entsprechende Zufuhr aus der Wasserleitung her konstant gehalten. Es ergaben sich dann für ein und dieselbe Aufladung des Elektroskops (5 Teile) folgende Zeiten:

	Sekunden		E. m. K. Volt	E. m. K. Verhältnis		
	+ Pol	- Pol				
Für Blei-Akkumulator	43,6 } 43,0 }	43,3	55,3 } 56,8 }	56,1	2,056	1,513
Für Edison-Akkumulator	65,8 } 64,0 }	64,9	97,2 } 98,5 }	97,9		

Die Abweichungen zwischen den einzelnen Messungen sind also nur unbedeutend. Jedoch sind die Werte für + und - sehr verschieden. Dies ist auf Rechnung einer Kontaktpotentialdifferenz zwischen Ausflußöffnung und Innenwand des Zylinders *Z* zu setzen. Bezeichnet man diese mit *X*, die Spannungen des Blei- und Edisonakkumulators mit *A* bzw. *E* und bedenkt man, daß die Aufladezeiten umgekehrt proportional dem Potential von *Z* sind, so gilt

$$A + X = \frac{k}{43,3} \quad \text{und} \quad E + X = \frac{k}{64,9}$$

$$A - X = \frac{k}{56,1} \quad \text{und} \quad E - X = \frac{k}{97,9}$$

Hieraus folgt dann

$$\frac{A}{E} = \frac{\frac{1}{43,3} + \frac{1}{56,1}}{\frac{1}{64,9} + \frac{1}{97,9}} = 1,596,$$

ein Wert, der bis auf 5% mit dem am Voltmeter bestimmten (1,513) übereinstimmt. *X* erhält man z. B. aus

$$\frac{A + X}{A - X} = \frac{56,1}{43,3} \quad \text{zu} \quad X = A \frac{56,1 - 43,3}{56,1 + 43,3} = 0,26 \text{ Volt.}$$

Der Zylinder *Z* (vernickelt) verhält sich also um rund 1/4 Volt positiver als die Ausflußöffnung (Messing). Indem man verschiedene Metallzylinder in *Z* einschiebt, lassen sich so in leicht ersichtlicher Weise die betreffenden Kontaktpotentiale messen.

Wechselstromversuche. Legt man an *Z* bzw. an das Stativ die Spannung des Wechselstromlichtnetzes (110 — 120 Volt) an, so beobachtet man im allgemeinen keinen Ausschlag am Elektroskop, da die Influenzierung durch *Z* im Mittel ebenso oft im einen wie im anderen Sinne erfolgt. Immerhin kann man durch geeignete Regulierung des Wasserstrahls einen Ausschlag erzielen, der allerdings zumeist stark schwankt und gelegentlich wieder verschwindet. Die Periodenzahl des Wechselstroms muß offenbar in einem ganzzahligen Verhältnis zur Tropfenfrequenz stehen, eine Beziehung, die sich auf die Dauer nicht erfüllen läßt. Hübsch ist die Erscheinung, die auftritt, wenn man *Z* mit dem einen Pol der Wechselstromzuführung nur kurz berührt. Dann behält *Z* das Potential, das im Moment des Abhebens gerade vorhanden war: das Elektroskopblättchen steigt. Berührt man nun in kleinen Zeitintervallen fortwährend kurz aufs neue, so läuft das Blättchen bald nach links, bald nach rechts und läuft bald rascher, bald langsamer. Die Richtung der Bewegung gibt an, ob bei positiver oder negativer Halbwelle unterbrochen wurde, die Schnelligkeit die Höhe der dabei vorhandenen Momentanspannung. Der Wahrscheinlichkeit entsprechend wird man unter einer bestimmten Anzahl von Kontakten im Mittel eine ebenso große Zahl von Links- wie von Rechtsbewegungen des Elektroskopblättchens finden.

Die Wechselstromgleichrichtung läßt sich sehr gut zeigen. Man verbindet z. B. mit dem Lichtnetz eine (Metallfaden)-Glühlampe und schaltet in die eine Zuleitung eine Grätzsche Ventilzelle ein. Diese läßt sich in einfachster Weise durch ein Reagenzglaschen mit NaHCO_3 -Lösung, in die ein Fe- und ein Al-Draht eintauchen, realisieren. Verbindet man jetzt die Enden der Lampe noch mit Z und Stativ, so beobachtet man eine lebhafte Aufladung des Elektroskops. Die Aufladung ist so stark, daß auch die Glimmlampe aufleuchtet. Das Vorzeichen der Ladung läßt erkennen, daß der Strom in der Ventilzelle vom Fe zum Al fließt. Kommutieren der Zelle bewirkt auch Zeichenumkehr der Ladung. Der Versuch läßt sich im übrigen auch dahin abändern, daß man die Glühlampe durch irgendeinen Telephonkondensator ($1 - 2 \mu\text{F}$) ersetzt.

Ionisationsversuche. Der Apparat kann auch zur Demonstration von irgendwelchen Ionisierungseffekten benutzt werden und ersetzt bis zu einem gewissen Grade eine Verstärkerröhre. Der Zylinder Z spielt die Rolle des Gitters in der Elektronenröhre, C entspricht der Anodenplatte, das Elektroskop ist der Indikator. Man verbindet Z etwa mit dem Ionisationsgefäß (Plattenkondensator oder dgl.) und erdet ihn zu Beginn. Die Ladung, die er durch den Ionisationsstrom in einer gewissen Zeit annimmt, läßt sich nun wiederum in verstärktem Maße am Elektroskop erkennen. Die vielen Versuche, die sich mit diesem Verstärker ausführen lassen, sollen hier nicht im einzelnen aufgeführt werden. Die Anwendungsweise liegt ja auf der Hand. Es sei nur noch auf die Messung von Ionenbeweglichkeiten, etwa nach der Rutherford'schen Wechselstrommethode, hingewiesen, wo der Apparat ohne weiteres als Indikator benutzt werden kann.

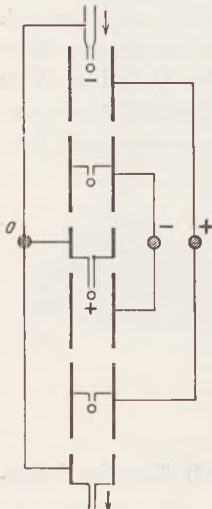


Fig. 3.

Additor und Multiplikator.

Die Vielseitigkeit der Versuche, die man mit dem einfachen Verstärker ausführen kann, lassen das ihm zugrundeliegende additive Prinzip als zweckmäßig erkennen. Handelt es sich aber, wie bei den Elektrisiermaschinen, um die Erzeugung größerer Elektrizitätsmengen, so ist ihm das multiplikative Prinzip bei weitem überlegen. Zum Schlusse sei noch gezeigt, wie sich auch ein Additor in einen Multiplikator (Gegenstromprinzip) verwandeln läßt. Man hat ihn in gewisser Hinsicht nur zu verdoppeln und die beiden Teile in geeigneter Weise miteinander zu verbinden. Man erhält so eine selbsterregende Wasserinfluenzmaschine von der in Fig. 3 skizzierten Anordnung. Diese unterscheidet sich von der bisher gebräuchlichen Maschine dadurch, daß hier zwei Additoren hintereinander, dort aber nebeneinander geschaltet sind. Das hat dann den Vorteil, dass man mit einem einzigen Wasserzuluß auskommt.

Bern, Physikalisches Institut der Universität.

Zwei physikalische Zeichengeräte.

Von W. Ungerer in Offenburg (Baden).

1. Das Wellenlineal.

Wer einmal versucht hat, an der Wandtafel eine exakte Zeichnung zum Verlauf der Stromstärke bei Dreiphasenstrom oder die Darstellung einer fortschreitenden Welle wiederzugeben, weiß, wie mühsam und zeitraubend solche Zeichnungen sind. Diese Arbeit kann man sich ersparen durch die Anfertigung einer Schablone, wie sie nachfolgend geschildert wird. Auf starken Karton oder ein Brettchen Laubsägeholz oder noch besser dreifach geleimtes Holz zeichnet man eine Sinuskurve, Länge 50 cm, Höhe 14 cm. Dies geschieht am besten so, daß man erst eine Zeichnung auf starkem Zeichenpapier entwirft, diese ausschneidet und durch mehrmaliges Aufzeichnen und

Umkehren die entstandenen Unregelmäßigkeiten ausgleicht. Dann überträgt man die Kurve auf das Holz. Da nun die Kreide eine erhebliche Breite besitzt, so muß die Kurve so abgeändert werden, daß die Kreide die wirkliche Kurve beschreibt. Dies ist in Fig. 1 (übertrieben) dargestellt. Parallel zu der Sinuslinie zeichnet man eine neue Kurve, die 1 cm Abstand hat. Vorher markiert man durch senkrechte Striche vor allem die Nullstellen, wie in der Figur angegeben. Noch mehr Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich, wenn man eine weitere Schablone anfertigt, bei der die Ordinaten auf die Hälfte gekürzt sind. Dann lassen sich fast alle Zeichnungen zur Wellenlehre in ganz kurzer Zeit erledigen, und zwar immer so, daß der Schüler die Entstehung verfolgen kann. Einige Fälle seien hier aufgezählt: Das Fortschreiten einer Welle und der Zusammenhang zwischen Longitudinal- und Transversalwellen; siehe MACH-HARBORDT, Seite 243; Superposition von Wellen; siehe z. B. die guten Figuren bei POSKE. Darstellung der harmonischen Bewegung.

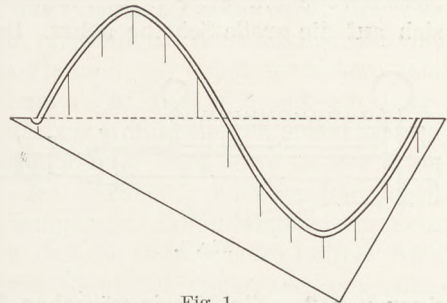


Fig. 1.

Entstehung der LISSAJOUSschen Figuren aus zwei gleichen, zueinander senkrechten harmonischen Bewegungen; bei der in Fig. 1 gegebenen Einteilung entstehen Kreis, Ellipse und Gerade.

Bei Wahl eines geeigneten Einfallswinkels läßt sich sehr schön zeigen, wie bei Anwendung des HUYGENSschen Prinzips auf die Reflexion und Brechung die neue Wellenfront entsteht.

Verlauf von Spannung und Stromstärke bei Wechselströmen, insbesondere Dreiphasenstrom.

Endlich sei bemerkt, daß die Schüler sich für die Vielseitigkeit des Zeichengerätes sehr bald interessieren, wenn man sie anleitet, sich entsprechend verkleinerte Papier-schablonen anzufertigen.

2. Der Epizykloidenzirkel.

Versucht man, einem Schüler das Ptolemäische Weltsystem auseinanderzusetzen, so merkt man bald, daß Zykloiden und Epizykloiden an der Grenze seines Vorstellungsvermögens liegen. Nun gibt es zwar Modelle, die die Kurve eines Kreispunktes wiedergeben, wenn der Kreis auf einer Geraden rollt; gerade beim Ptolemäischen Weltsystem handelt es sich aber um Kreise, die an andern Kreisen entlang rollen¹. Zur Veranschaulichung diene der folgende Apparat: Eine Holzscheibe von 2,5 cm Dicke und 30 cm Durchmesser trägt in der Mitte eine eiserne Achse und ist auf einem Untersatz so befestigt, daß sie sich wagrecht etwa 3 cm über der Zeichenebene befindet. In Fig. 2 ist hierzu der Fuß eines alten physikalischen Apparates verwendet. An dieser Scheibe rollt eine zweite von 6 bis 10 cm Durchmesser und auch 2,5 cm Dicke, die den Zeichenstift trägt.

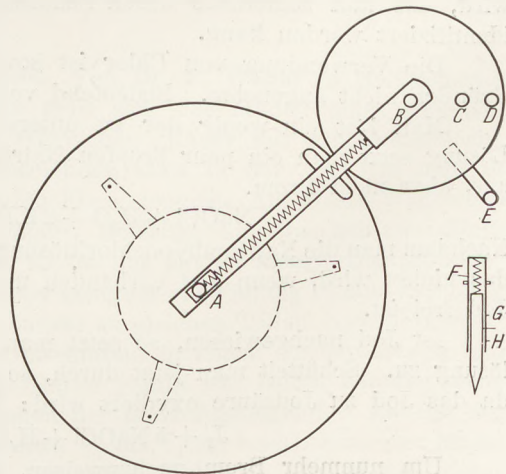


Fig. 2.

¹ Vgl. Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schul-gattungen, herausgegeben von H. SCHOTTEN und W. LIETZMANN unter Mitarbeit von W. HILLERS, 58. Jahrg. 1927, Leipzig B. G. Teubner. Heft 4. S. 163: A. WEIMERSHAUS, Bahn des Mondes und der Sonne. Heft 9, S. 407: F. SCHILLING, Die Mondbahn hat keine Wendepunkte.

Die Achse dieser Scheibe ist an einem rechtwinkligen starken Messingblech befestigt, das seinerseits an einem Messingrohr angelötet ist. Das Messingrohr ist bei *A* ausgesägt, so daß die Achse *A* knapp hineinpaßt, in der Richtung *AB* aber reichlich Spielraum hat. Um eine möglichst sichere Führung zu erreichen, ist unter dem Messingrohr ein alter Schleifkontakt angelötet, durch den der bewegliche Arm *AB* sich auf die große Scheibe stützt. Durch eine starke Feder (Türfeder) wird die Scheibe

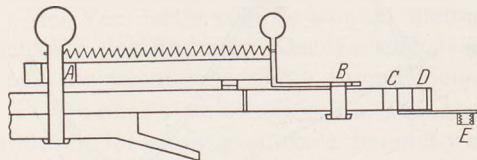


Fig. 3.

nach *A* hingezogen, wobei kleine Unregelmäßigkeiten im Durchmesser der Scheiben sich von selbst ausgleichen, da das Messingrohr in der Richtung *AB* nachgeben kann. Um den Apparat leicht handhaben zu können, sind, wie Fig. 3 zeigt, zwei Holzknöpfe angebracht (in Fig. 2 weggelassen). Die Einrichtung des Zeichenstiftes zeigt die Neben-

figur von 2. Ein Messingröhrchen ist oben zugelötet, darin sitzt der Bleistift, den die eingeschlossene Feder nach unten drückt. Das Röhrchen ist von *G* bis *H* aufgeschlitzt. In dem Schlitz bewegt sich ein kleiner Nagel, der den Bleistift am Herausfallen verhindert. Das Ganze kann bei *C* oder *D* von unten eingesetzt werden und ist durch einen Anschlag am Herausschlüpfen verhindert. Um auch einen Punkt außerhalb des „Epizykels“ benutzen zu können, ist bei *E* eine kleine Schraubmutter angebracht, in die nach Bedarf ein kurzer Bleistift eingeschraubt werden kann.

Die Figuren werden bei den angegebenen Maßen sehr groß und deutlich. Daß ihre Entstehung auch manches reizvolle mathematische Problem enthält, das hier zahlenmäßig verfolgt werden kann, erübrigt sich zu sagen.

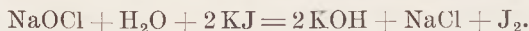
Ein neues Verfahren zum Nachweis von Brom und Jod nebeneinander.

Von Studienrat Dr. F. Harms in Oldenburg i. O.

Um die beiden Halogene Brom und Jod nachzuweisen, fällt man bekanntlich durch wenig Chlorwasser zunächst das Jod aus, identifiziert es durch Schütteln mit Schwefelkohlenstoff oder Chloroform und setzt nunmehr Chlorwasser im Überschuß zu, wodurch das Jod zu Jodsäure oxydiert und etwa vorhandenes Brom ausgefällt wird, das nun seinerseits durch Schütteln mit Schwefelkohlenstoff oder Chloroform identifiziert werden kann.

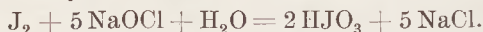
Die Verwendung von Chlor ist sowohl aus praktischen wie aus hygienischen Gründen nicht angenehm. Bedeutend vorteilhafter ist das folgende Verfahren:

Man löst ein wenig der zu untersuchenden Substanz in Wasser. Zu dieser Lösung setzt man ein paar Tropfen Natriumhypochloritlösung. Diese fällt zwar Jod aus, aber nicht Brom.



Nachdem man die Natriumhypochloritlösung zugesetzt hat, schüttelt man mit Chloroform, das violett wird, wenn Jod vorhanden und ungefärbt bleibt, wenn die Substanz von Jod frei ist.

Ist Jod nachgewiesen, so setzt man einen Überschuß von Natriumhypochloritlösung zu. Schüttelt man jetzt durch, so verschwindet die Färbung des Chloroforms, da das Jod zu Jodsäure oxydiert wird:



Um nunmehr Brom nachzuweisen, setzt man etwas Schwefelsäure zu. Diese scheidet Brom aus Bromiden aus:



Enthält die Substanz ein Bromid, so muß also beim Durchschütteln das Chloroform jetzt braun gefärbt werden, im anderen Falle aber farblos bleiben.

Für die Praxis.

Zur Umkehrung der Natriumlinie. Von Theodor Elsäßer in Altdöbern (N.-L.).

Bei dem Versuch zur Umkehrung der Natriumlinie ist es üblich, die Na-Flamme zwischen der Lichtquelle und dem zur Erzeugung des Spektrums notwendigen Spalt anzubringen, so daß das ganze Licht, das durch das Prisma zerstreut wird, gleichzeitig den glühenden Natriumdampf passiert. Mir erscheint der Versuch instruktiver, wenn man die Anordnung so trifft, daß die Na-Flamme beweglich zwischen dem Prisma und dem Schirm aufgestellt wird. Man benutzt zu diesem Zweck ein langstieliges eisernes Löffelchen (sog. Phosphorlöffel), das zur Aufnahme von einem kleinen Stückchen metallischen Natriums dient. Der Bunsenbrenner wird etwa in der Mitte zwischen Prisma und Schirm aufgestellt. Sobald in dem darüber gehaltenen Löffelchen der Na-Dampf beginnt aufzuleuchten, bewegt man Brenner und Löffel langsam von dem violetten Ende her durch das Spektrum und zwar so, daß der Schatten des Löffels etwa in der Mitte zwischen dem oberen und dem unteren Rand des Spektrums erscheint. Man bemerkt bei der Wanderung keine Veränderung des Spektrums, bis man mit dem Na-Licht in das Gebiet des Gelb kommt. Hier tritt sofort die dunkle Linie in der oberen Hälfte des Spektrums auf, während die untere Hälfte, die keinen Na-Dampf passiert hat, unverändert bleibt. Die Erscheinung verschwindet wieder, sobald das Gebiet der gelben Strahlen verlassen ist.

Sehr augenfällig läßt sich bei dieser Versuchsanordnung auch die Identität der hellen und dunklen Na-Linie nachweisen, wenn man als Lichtquelle eine Bogenlampe benutzt. Es genügt, etwas Kochsalz in den Lichtbogen zu blasen; dann erscheint in der unteren Hälfte des Spektrums die helle Linie, genau darüber die dunkle, so daß eine unmittelbare Vergleichsmöglichkeit gegeben ist. Diese Versuchsanordnung hat vor der im MÜLLER-POUILLET (Lehrbuch der Physik, 1907, Bd. 2, S. 661 f., § 323.) beschriebenen den Vorteil der Einfachheit und Übersichtlichkeit voraus. Es kommt hinzu, daß dabei jeder Teil des Spektrums gesondert untersucht werden kann.

Um deutliche Erscheinungen, besonders bei dem letzten Versuch zu erzielen, wählt man mit Vorteil die das Spektrum erzeugende Lichtquelle möglichst heiß, die Na-Flamme dagegen möglichst kühl. Mit Bogenlampe und Bunsenbrenner lassen sich alle angegebenen Versuchsercheinungen einwandfrei beobachten. Die direkte Beleuchtung des Spektrums durch die Natriumflamme wirkt bei ausreichender Entfernung vom Schirm nicht störend.

Einfaches Modell eines Raketenwagens. Von Dr. F. Weber in Heiligenstadt (Eichsfeld.) — Auf höchst einfache Art kann man sich das Modell eines Raketenwagens herstellen: Man nehme ein kleines Wägelchen (Räder aus Aluminiumblech), das sich durch besonders leichte Bauart auszeichnet, etwa in der Art, wie man es bei den Versuchen zu den Gesetzen der schiefen Ebene benutzt. Auf dieses Wägelchen lege man ein passendes Stück dünnes Asbestpapier. Befestigt man oben mit zwei Bindfäden ein Reagenzglas in der Fahrtrichtung, so ist das Modell fertig. Die „Rakete“ braucht nur noch geladen zu werden. Besonders geeignet zur Füllung ist eine Mischung aus chlorsaurem Kalium und gewöhnlichem Zucker zu gleichen Teilen (vgl. „Fixfeuerzeug“). Man mischt die Substanzen durch Umschütteln in einem Proberöhrchen und gibt soviel Masse in die Rakete, daß sie zur Hälfte gefüllt ist. Durch Klopfen suche man zu erreichen, daß der Zündstoff den Boden der horizontalliegenden Rakete der Länge nach gänzlich bedeckt (Die Schicht sei etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ cm hoch). Über der Masse muß sich noch hinreichend Luft befinden, da bekanntlich der Zucker bei dieser Reaktion stark aufquillt und gegebenenfalls die Rakete verstopfen könnte. Die Zündung erfolgt, nachdem man in die Öffnung mittels eines Glasrohres einige Tropfen konzentrierter Schwefelsäure hat einfließen lassen. Der Wagen setzt sich bald darauf selbsttätig in Bewegung und wird ein bis zwei Meter weit vorgetrieben.

Gefahren sind mit dem Versuch nicht weiter verbunden. Selbstverständlich muß man die Schüler vom Experimentiertische zurücktreten lassen und muß auch vorher alles, was etwa feuergefährlich sein könnte, weggeräumt haben. Beachtet man alle Vorsichtsmaßnahmen, so verläuft der Versuch harmlos. Auch der Wagen wird nicht beschädigt.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Zur Lichtbeugung an weiten Spalten¹. Bericht von C. HEINRICH in Schwerin a. W.

Die FRESNELSchen Beugungserscheinungen, die sich allerdings nicht für Präzisionsmessungen der Wellenlänge, dafür aber sehr schön für Übungsexperimente eignen, wo es auf eine allzu hohe Genauigkeit nicht ankommt, sind bisher experimentell wohl ausschließlich hinsichtlich der Beugung an einem Draht und an einer kreisförmigen Öffnung untersucht worden. H. GREINACHER macht es sich in der Arbeit „Zur Lichtbeugung an weiten Spalten“ zur Aufgabe, auch einmal die Beugungserscheinungen an weiten Spalten zu studieren und mit Hilfe der FRESNELSchen Theorie der Elementarzonon in einfacher Weise zu deuten.

Beugung an einem keilförmigen Spalt.

Will man sich zunächst einen Überblick über die Erscheinungen bei verschiedenen Spaltweiten verschaffen, so wendet man praktisch einen keilförmigen Spalt an, der gleichzeitig alles zeigt, was man sonst nur nacheinander durch Verändern der Spaltweite eines Parallelspaltes beobachten kann. Fig. 1 gibt die photographische Aufnahme eines solchen Beugungsbildes wieder.

Die Versuchsanordnung dazu war die folgende. Das Licht einer kleinen Bogen-

lampe wurde durch einen Kondensator so weit als möglich parallel gemacht, danach durch eine etwa 1 mm breite spaltförmige Blende ausgeblendet und durch ein Blauglas gefiltert. Das so vorbereitete Parallelstrahlenbündel fiel auf den Beugungsspalt

(4,5 cm lang, oben 1 mm, unten 4,5 mm breit) und danach auf die etwa in 1 m von dem Spalt aufgestellte Platte. Diese befand sich in einem photographischen Apparat, dessen Objektiv herausgenommen worden war, und der mit dem Spalt durch eine innen geschwärzte Röhre verbunden war zur Ablendung fremden Lichtes. Die Belichtungszeit betrug 5 Sekunden. „Der Beugungsspalt war so hergestellt, daß man auf einem angewärmten Objektträger etwas Paraffin verstrich und darauf eine Al-folie von 0,006 mm Dicke legte und glatt strich. Nach dem Abkühlen wurde die Spaltöffnung mit einer Schneidefeder herausgeschnitten und die freigelegte Glasfläche noch etwas mit Benzin geputzt.“

Die Aufnahme zeigt, daß die Zahl der dunklen Beugungsstreifen, die innerhalb des geometrischen Spaltbildes auftreten, mit zunehmender Spaltbreite wächst. — Oberhalb der Stelle 1 käme das schon vielfach photographierte Gebiet der Beugung an einem engen Spalt (s. z. B. GRIMSEHL, Lehrb.).

Beugung an einem Parallelspalt.

Durch Anwendung eines Spaltes mit parallelen Schneiden, dessen Breite man verändern kann, lassen sich die verschiedenen auf der Platte festgehaltenen Beugungserscheinungen auch nacheinander subjektiv sehr schön beobachten. Man stellt dazu in genügend großem Abstand vom Spalt (5 m und mehr) die Lichtquelle auf und beobachtet auf der anderen Seite des Spaltes die Beugungsfigur mit einer starken Lupe (8—10fache Vergrößerung). Bei Lampen mit mehreren leuchtenden Fäden ist so weit abzublenden, daß nur das Licht eines zum Spalt parallelen Fadenstückes auf diesen fällt. Bei einer ausgedehnten, nicht fadenförmigen Lichtquelle, z. B. einer Quecksilberdampf Lampe, arbeitet man so, daß man das an einer dünnen und blanken Metallstange reflektierte Licht benutzt, dabei aber das direkte Licht der Lampe völlig vom Spalt abblendet.

Öffnet man den Spalt allmählich, so ist man zunächst im Gebiet der Beugungserscheinungen an engen Spalten. Links und rechts neben der Spaltöffnung erscheinen Beugungsstreifen, die bei weißem Licht farbig sind. Je weiter man den Spalt aufdreht, um so näher kommen sich diese Streifen, um schließlich ganz undeutlich zu werden und zuletzt endlich einem dunklen Streifen in der Mitte des geometrischen Spaltbildes Platz zu machen. „Damit kommt man in das typische Gebiet der Interferenzerscheinungen eines weiten Spaltes. Man sieht nun die Mitte abwechselnd wieder hell und dunkel werden, wobei die Zahl

¹ Nach der gleichnamigen Arbeit von H. GREINACHER, Bern, Helvetica Physica Acta. 1, 263 bis 272; 1928.

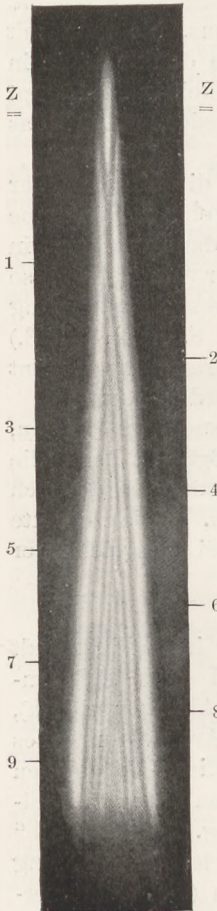


Fig. 1.

der schwarzen Streifen immer um eins zunimmt.“

Deutung mit Hilfe der FRESNELSchen Theorie.

Der Verfasser, der sich auf E. VERDET, Oeuvres, Leçons d'optique physique I, Paris 1869, S. 381 und 385 (deutsche Übersetzung Karl Exner, 1881) stützt, versucht, die Überlegungen, die sich über die Beugung an einer Kreisöffnung anstellen lassen, entsprechend auf den vorliegenden Fall zu übertragen. Gegeben ist ein Spalt von der Breite d (s. Fig. 2), auf den eine ebene Welle auftrifft. Wir untersuchen die Intensität an einem Punkte P , der sich gegenüber der Spaltmitte im Abstande a befindet, indem wir die bekannten FRESNELSchen Elementarzonen einzeichnen, die hier Streifen von nach dem Rande zu abnehmender Breite darstellen.

In der Fig. 2 ist die Annahme gemacht, daß der Strahl nach dem Spaltrand um $3 \cdot \frac{\lambda}{2}$ länger ist als der Mittelstrahl. Wir erhalten in P ein Maximum der Intensität im Falle einer ungeraden Zahl von Zonen, ein Minimum im Falle einer geraden Zahl. Hierbei machen wir die Voraussetzung, daß zu der Erscheinung in P nur der schmale Streifen des Spaltes einen Beitrag liefert, der P direkt gegenüber liegt, d. h. in seiner Längsrichtung (MS) senkrecht zur Mittelachse des Spaltes verläuft. Die Berechtigung dieser Voraussetzung liegt auf der Hand, da man den Spalt in der Richtung der Mittelachse als eine unbegrenzte Fläche ansehen darf, läßt sich aber auch durch Abblenden eines sehr schmalen Querstreifens (Querspalt von 40μ Weite) experimentell erhärten. Da die Elementarzonen ungleich breit sind im Gegensatz zur kreisförmigen Blende, so erhält man in P bei der Beugung an einem weiten Spalt niemals Auslöschung, sondern nur Maxima und Minima der Intensität.

Die FRESNELSche Theorie führt an Hand der Fig. 2 zu folgender Beziehung, falls n die Zahl der Zonen auf den halben Spalt bedeutet, und a_n diejenigen Abstände des Punktes P und d diejenigen Spaltbreiten bezeichnen, für die stets eine ganze Zahl von Elementarzonen auf den Spalt fallen.

$$a_n^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \left(a_n + n \cdot \frac{\lambda}{2}\right)^2 \quad \dots (1)$$

Vernachlässigt man das Glied mit λ^2 , so ergibt sich:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{n \cdot a_n} \quad \dots \dots (2)$$

n gerade: Minimum in P ,
 n ungerade: Maximum in P .

Verwertbar bei den Messungen sind nur die Minima, da die Intensitätsmaxima zu wenig scharf ausgeprägt sind.

Der Messung zugänglich ist die Spaltbreite d und der Abstand a_n , dagegen nicht die Zahl n , wenn man die Wellenlänge als gesuchte Größe voraussetzt. Hier kommt man nur weiter, wenn man nicht nur den Punkt P allein berücksichtigt,

sondern auch die zu beiden Seiten von P liegenden Minima, sowohl dann, falls in P ein Minimum, als auch dann, falls in P ein Maximum der Intensität herrscht. Was gibt aber das Recht, auch diese Seitengebiete zur Betrachtung heranzuziehen, wo doch bisher die Theorie nur für die Punkte P , d. h. den zentralen Interferenzstreifen hergeleitet wurde? Warum sollen weiter die Minima zu beiden Seiten der Mitte gerade bei dem gleichen Abstand am schärfsten erscheinen, für den die Intensität in P einen extremen Wert hat? Diese Fragen lassen sich durch einen Versuch immerhin ziemlich weitgehend stützen. Untersucht man nämlich die Abstände a_n , für die 1, 2, 3 usw. Interferenzstreifen scharf auftreten, und trägt diese Werte a_n als Funktion der Streifenzahl auf, so ergibt sich eine glatte Kurve,

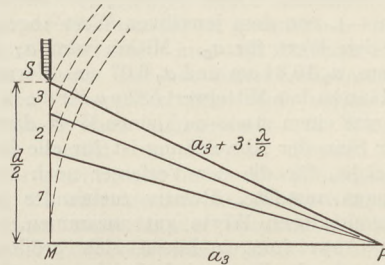


Fig. 2.

während man im Falle der Unrichtigkeit der Vermutungen eine schwankende Kurve erwarten sollte. „Wir dürfen unsere theoretische Beziehung daher ebensowohl für eine gerade wie eine ungerade Zahl von Interferenzstreifen anwenden. Da die Streifenzahl z stets um 1 kleiner ist als die Zahl der Elementarzonen, d. h. $n = z + 1$, so kann (2) jetzt auch geschrieben werden

$$\lambda = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{(z + 1) \cdot a_z} \quad \dots \dots (3)$$

wo z nun gerade und ungerade sein darf. Umfaßt z. B. der halbe Spalt drei Elementarzonen, so herrscht in P Helligkeit, während links und rechts je ein Interferenzstreifen erscheint.“

Versuchsergebnis:

Aus der Arbeit sei eine Messung angeführt, die mit einer ausreichend abgeblendeten Kohlefadenlampe unter Vorschaltung eines Rotglases (Hübl-Filter: $616-660 \mu$) gemacht wurde. In einer Entfernung von 7,25 m von der Lampe befand sich eine achtfach vergrößernde Lupe. Dazwischen war ein Spektrometerspalt (Länge 1 cm) aufgestellt, dessen bei den Messungen konstant gehaltene Breite unter dem Mikroskop zu 1,057 mm ausgemessen worden war. „Der Spalt konnte auf einem mit Maßstab versehenen Schlitten verschoben werden. Es wurden nun die Stellungen aufgesucht, wo die Interferenzstreifen ihren größten Kontrast aufwiesen.“ Die zugehörigen, bei einer Meßreihe abgelesenen Zahlen gibt die folgende Tabelle an, die gleichzeitig einen Einblick in die Einstellgenauigkeit gestattet.

Z = 1	2	7
30,6	22,2		11,25
30,6	22,1		11,4
31,1	22,4		11,4
30,4	22,05		11,4
31,6	21,95		11,4
30,86	22,14		11,37

Um aus diesen Zahlen das zugehörige a_z zu finden, hatte man prinzipiell die Stelle zu ermitteln, an der die Interferenzstreifen entstanden. Diese ist dadurch gegenüber der Lupe charakterisiert, daß an dieser Stelle irgendein Gegenstand (z. B. der Spalt selbst), durch die Lupe gesehen, scharf erscheint. Diese Stellung (— sie betrug 5,3 cm —), von dem jeweiligen Wert abgezogen, ergibt den Wert für a_z . Mithin wird a_1 gleich 25,56 cm, a_2 16,84 cm und a_7 6,07 cm. Formel (3) führt dann zu dem Mittelwert $582 \mu\mu$ für die Wellenlänge, was einen etwas zu kleinen Wert darstellt.

Der Sinn der Abweichung ist für alle Farben der gleiche, für die der Verfasser noch weitere Messungen anstellte. Relativ zueinander passen die verschiedenen Werte gut zusammen.

Die Abweichungen lassen sich größtenteils erklären, durch die vereinfachenden Annahmen, die den bisher benutzten Überlegungen zugrunde liegen. Erstens ist nach der Theorie noch der Abstand A zwischen Lampe und Spalt gegenüber a zu berücksichtigen durch den Faktor $(A + a)/A$, der die vorliegenden Werte um $1 - 2\%$ vergrößert. Zweitens ist die Formel (3) exakt durch eine Formel zu ersetzen, wie sie VERDET für den Fall gegeben hat:

$$\lambda = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{\left(n - \frac{1}{4}\right) \cdot a_n} \text{ bzw. } \lambda = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2}{\left(z + \frac{3}{4}\right) \cdot a_z} \quad (4)$$

Die Formeln zeigen, daß mit wachsendem z die Werte der vereinfachten Formel (3) sich den Werten der Formel (4) immer mehr nähern. Dies besagt, daß nicht alle Messungen gleich zu bewerten sind, sondern daß man vielmehr am besten die Beobachtungen mit niedriger Streifenanzahl ganz fortläßt. Unter Berücksichtigung dieser Korrekturen ergibt eine Messung für die rote Heliumlinie (richtig $587 \mu\mu$), die zunächst zu $525 \mu\mu$ gefunden war, den Wert $585 \mu\mu$ ($(A + a)/A = 730/700$).

Die „Differenzmethode“.

Neben der bisher geschilderten Methode läßt sich eine „Differenzmethode“ verwenden, bei der

die Verschiebung Δ_z des Spaltes bestimmt wird aus der Stellung, bei der in der Mitte ein Interferenzstreifen erscheint, in die nächste Stellung gleicher Art. Da in diesem Fall die Zahl z der Interferenzstreifen bzw. die Zahl n der Elementarzonon sich um 2 ändert, so ergibt Formel (2)

$$a_{n-2} - a_n = \Delta_z = \frac{2 \cdot (d/2)^2}{\lambda \cdot n \cdot (n-2)} \quad (5)$$

Da $n = (z + 1)$ ist, so erhält man:

$$\lambda = \frac{d^2}{2 \cdot \Delta_z \cdot (z^2 - 1)} \quad (6)$$

Auch hierfür läßt sich mit Hilfe von Formel (4) ein genauerer Ausdruck herleiten.

Bestimmung des Brechungsindex verschiedener Medien.

Praktisch wendet man hierzu einen Spalt mit meßbar veränderlicher Breite an; doch läßt sich auch die Methode der „Spaltverschiebung“ durchführen, wie sie oben geschildert wurde. Die eine Grenzfläche des Mediums kommt dicht an den Spalt, die andere in die Einstellebene der Lupe. Untersucht man Flüssigkeiten, so gießt man diese praktisch in eine der beim Saccharimeter verwendeten Glasröhren.

Zunächst bestimmt man ohne die Flüssigkeit die Spaltweite d , die etwa zu drei Interferenzstreifen gehört. Dann füllt man die Flüssigkeit ein und verändert die Spaltweite solange (Spaltweite d'), bis wieder bei dem unverändert gebliebenen Abstände a drei Interferenzstreifen zu sehen sind. Dann ist (Gleichung 2), falls ν das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeiten in Luft und Wasser, also den Brechungsindex, bezeichnet:

$$\lambda = \frac{\lambda'}{\nu} = \left(\frac{d}{d'}\right)^2$$

Da es sich hier um eine Vergleichsmessung handelt, so fallen die oben genannten Korrekturen fort.

Versuchsergebnis:

Für Wasser in einem Polarimeterrohr von 20 cm Länge ergab sich:

$d = 34,90$ Einheiten der Trommel des Spaltes

$d' = 30,96$ „ „ „ „ „

Hieraus errechnet sich ν zu $(34,90/30,96)^2 = 1,32$. Ein Farbfilter war wegen der geringen Dispersion des Wassers nicht nötig.

Die Methode dürfte in der Einfachheit der theoretischen und experimentellen Voraussetzungen für Demonstration und Übungspraktika gute Dienste tun.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Hugo Dingler: Das Experiment, sein Wesen und seine Geschichte. München 1928, Ernst Reinhardt Verlag. 258 S. Brosch. RM 8.80. Originalbericht von Dr. EUGEN STOCK in Berlin.

Das neueste Werk DINGLERS stellt eine Weiterführung und Ergänzung der Gedanken dar, die in seinem „Zusammenbruch der Wissenschaft“

zur Geltung kamen¹. Obwohl auch für andere Einzelwissenschaften die vorliegenden Gedankengänge von Bedeutung sind, exemplifiziert DINGLER besonders auf die Physik als die Wissenschaft, die uns erlaubt, die Natur „in die Hand“ zu bekommen, sie durch „Handlungen zu normen und — mit

¹ S. den Bericht dieser Zeitschrift 39, 289 (1926).

absichtlichem Doppelsinn — zu begreifen. Das systematische Mittel hierfür ist das messende Experiment, das nach DINGLER nicht die berühmte „Frage an die Natur“ darstellt, sondern eine pragmatische Bedeutung hat: aus einer sinn-gemäßen Kombination konstanter Bausteine wird ein Erfolg erzielt, der ursprünglich die einzige Unbekannte in der gewählten Anordnung ist und durch das Experiment selbst eindeutig bestimmt wird. Das Experiment verläuft um so eindeutiger, führt um so exakter zum jedesmal gleichen Erfolg, je mehr die Bedingung erfüllt ist, daß seine Bausteine sämtlich bekannte und vor allem konstante Elemente sind. Die experimentelle Wissenschaft, der gegenüber die theoretische nur die Rolle einer Hilfswissenschaft zu spielen hat, bedarf also gewisser konstanter Elemente, und zwar müssen wir jetzt an den Aufbau der Physik aus ihren Anfängen denken, wo also die Wissenschaft selbst noch nicht in der Lage ist, an der Entscheidung, ob Konstanz eines Bausteins vorliegt oder nicht, mitzuwirken. Um nun diese Entscheidung treffen zu können, brauchen wir eine Definition, der das betreffende Element zu gehorehen hat. Diese Definition darf nun noch keine von der Wissenschaft erst auszubildenden Begriffe enthalten, sondern bezieht ihre Anwendbarkeit aus subjektiv-natürlichen Fähigkeiten der menschlichen Natur. Als solche kommen allein die Fähigkeiten zu gewissen Relationsurteilen in Frage, insbesondere solche über Gleichheit und Unterscheidbarkeit. Historisch und sachlich steht hier am Anfang die Festlegung geometrisch konstanter Formen, d. h. die Gewinnung des deformationsfreien Körpers. Wir definieren zunächst eine Fläche von der Eigenschaft, daß ihre Seiten S_1 und S_2 , abgesehen von der Umrandung, nicht unterschieden werden können, und nennen sie Ebene. Nehmen wir an, wir hätten eine Ebene E_1 mit ihren Seiten S_1 und S_2 , ferner eine Ebene E_2 , (der Charakter als Ebene wird zunächst roh wahrgenommen), so müssen E_1 und E_2 formal ununterscheidbar sein (nach Def.). Es muß also eine Seite S_3 von E_2 auf beide Seiten von E_1 „passen“. Ist das oberhalb der Grenze der Wahrnehmbarkeit nicht der Fall, so werden die Ebenen so lange aufeinander abgeschliffen, bis die Definition erfüllt ist. Dieses Verfahren entspricht auch dem praktischen Vorgehen z. B. bei der Eröffnung einer Werkzeugfabrik. Der Schnitt zweier solcher Ebenen heißt Gerade. Nun läßt sich die Definition des deformationsfreien Körpers angeben: 1. Wird er so bewegt, daß zwei Punkte (seines Innern etwa) dauernd auf einer Geraden g , die der Ebene E angehört, gleiten, und wird ein Punkt P des Körpers, welcher g nicht angehört, dabei dauernd in E belassen, dann beschreibt jeder seiner Punkte dauernd ein und dieselbe Gerade. 2. Wähle ich irgendeine beliebige dieser Geraden g_1 zur Geraden g , und irgendeinen Punkt P_1 des Körpers zum Punkte P , dann beschreibt jeder Punkt des Körpers dieselbe Gerade wie in 1, und P_1 bleibt dauernd in der durch $(g_1 P_1)$ bestimmten Ebene E_1 . 3. Dieselben Aussagen wie in 1 und 2 gelten für jede beliebige

Wahl der beiden Ausgangspunkte und des Punktes P im Körper. 4. Es soll bei einer solchen Bewegung (Translation) kein Unterschied im Körper bemerkbar sein, ob er nach der einen oder nach der anderen Richtung der Geraden bewegt werde. (Hierbei wird wieder die Relationserkenntnis der Ununterscheidbarkeit benutzt, eine irreduzible Fähigkeit unseres Bewußtseins.)

Für die Praxis pflegt diese Definition des starren Körpers vereinfacht zu werden. Sie ist — und darin stimme ich DINGLER zu — nicht eine beliebige unter anderen ebenso möglichen, sondern die in allen Werkstätten für Instrumentenbau tatsächlich zugrunde liegende. Man erkennt sofort, daß der wie oben definierte starre Körper in seinen Teilen die Beziehungen der euklidischen Geometrie erfüllt. Bezüglich des Materials und der Umweltbedingungen strebt man nun danach, Körper zu erhalten, die als geometrisch konstant gelten. Dabei bedient man sich folgender Regeln: 1. Ein Körper, an dem keine Veränderung unmittelbar bemerkbar ist, wird vorläufig als geometrisch starr angenommen. 2. Wird eine größere Anzahl von Körpern dauernd untereinander geprüft, und finden Abweichungen statt, so daß die überwiegende Anzahl der Körper ihre Relationen untereinander konstant erhält, und nur einer oder eine kleine Zahl von ihnen in ihren Relationen zu den übrigen eine Abweichung zeigt, dann sagen wir (bis zum Beweise des Gegenteils), daß sich die kleinere Gruppe relativ zur anderen geändert habe.

Auch darin ist DINGLER zuzustimmen, daß sich nicht umgekehrt aus diesen Regeln eine praktische Definition des starren Körpers gewinnen läßt, die an Eindeutigkeit mit der oben gegebenen konkurrieren kann. Der bei diesem „Koinzidenzverfahren“ zur Herstellung des starren Körpers auftretende Nachteil gegenüber dem oben erwähnten ist vor allem, daß Ebene und starrer Körper voneinander unabhängige Definitionen haben. Es liegt dieser Definition kein einheitliches Prinzip zugrunde, das dafür garantiert, überall den in seinen Eigenschaften identischen starren Körper zu ermitteln. Der praktische Wert des Koinzidenzverfahrens ist nach DINGLER lediglich der, daß es ein Mittel bietet, um über Deformationen eines Körpers in der Zeit eine Aussage machen zu können. Die Absichten DINGLERS beurteilt man nur richtig, wenn man stets daran denkt, daß es sich hier um das praktische Verfahren handelt, konstante Formen herzustellen, ohne die man eben praktische Messungen nicht ausführen kann.

Der Gedankengang DINGLERS enthält nun auch eine Offensive gegen den prinzipiellen Relativismus, zunächst bezüglich der Raumstruktur, dann aber auch bezüglich einer damit engstens zusammenhängenden Formulierbarkeit von Aussagen über Naturabläufe usw., wie sie im Gefolge der Relativitätstheorie üblich geworden sind. DINGLER spricht hier von „Matrizenapriorismus“ und „Zahlenwolke“ als den Mitteln dieser relativistischen Physik, womit folgendes gemeint ist. Man stellt bei den Relativisten logische Formen

her, und zwar a priori, wie z. B. verschiedene Geometrien, topologische Raumstrukturen usw. und versucht, diese Gedanken-Matrizen mit der Realität, oder besser ihrem gedanklichen Substrat, den Erscheinungen, zur Deckung zu bringen. Das geschieht durch Herstellung solcher Funktionen, die die durch Messungen erhaltenen Tabellen von Maßzahlen am besten umfassen. Man erhält so eine rein abstrakte Physik, die völlig den Zusammenhang mit den konstanten Formen der Realität verliert. Gerade diese sind aber nach DINGLER die *conditio sine qua non* des Experiments und damit der Physik überhaupt. Benutzt man also den auf Grund obiger Definition hergestellten starren Körper, und das geschieht mit jedem Meßinstrument, so ist es ein Widerspruch in sich, eine Abweichung von der euklidischen Geometrie irgendwo feststellen zu wollen. Versucht man, z. B. nach CARNAP, der Raum (Berlin 1922), irgendeinen Körper als starr zu definieren, so ist das theoretisch möglich. Aber nie kann darauf eine Experimentalphysik von Grund auf errichtet werden.

Man wird DINGLER zustimmen müssen, daß die Herstellung konstanter Formen unbedingtes Erfordernis für das Zustandekommen einer Wissenschaft von der Realität ist, daß ferner der von ihm als das Verfahren der Praxis erkannte und in seiner Bedeutung gewürdigte Weg zur Herstellung des starren Körpers kaum durch ein anderes Verfahren ersetzbar ist. Wenn er aber dann (S. 108) sagt: „Dabei sind alle diese Dinge ganz absolut und unabhängig von sonstigen physikalischen Beziehungen, so kann z. B. das Gravitationsfeld auf diese direkten geometrischen Messungen keinerlei Einfluß ausüben, weil alle anderen physikalischen Wirkungen selbst erst relativ zu diesen geometrischen Formen festgestellt werden, sie diesen gegenüber also sekundär und abhängig sind. Damit ist zum erstenmal diese wichtige Entscheidung über die sog. „Geometrie unseres Raumes“ endgültig gefallen und das Problem erledigt“, — so scheint es mir doch, als ob DINGLER eine Behauptung aufstellt, die gar nicht in der Richtung seiner Beweisführung liegt. Denn es ist doch ein Unterschied, wenn ich sage: Wir sind durch die Gegebenheiten unserer leib-seelischen Beschaffenheit und der Umwelt veranlaßt, vielleicht auch gezwungen, unseren Messungen einen euklidisch-starren Körper zugrunde zu legen (wobei also ein berechtigtes subjektives Moment mitspricht) — oder wenn ich von der „Geometrie unseres Raumes“ rede, eine Wendung, die nur rein objektiv zu verstehen ist.

Was heißt denn „unser Raum“? Es ist doch hier nur der physikalische Raum gemeint, an den man mit Meßinstrumenten herangehen kann und der im Gegensatz zu den idealen mathematischen Räumen insofern Realität aufweist, als er entweder materiell erfüllt oder begrenzt ist. Das Wort „materiell“ ist hier im weitesten Sinne zu verstehen, indem auch Wirkungen materieller oder quasimaterieller Realitäten wie Kraftfelder mit darunter fallen. Der physikalische Raum tritt

uns also als eine reale Gegebenheit gegenüber, an der wir entweder feststellen können, sie sei euklidisch organisiert oder auch nicht. Zu dieser Feststellung wird uns der als möglichst konstant hergestellte starre Körper Dienste leisten, aber bei seiner Verwendung muß man voraussetzen, daß er seine euklidische Struktur beibehält, was unbeweisbar ist. Denn auch Vergleichskörper könnten ihre Struktur in derselben Weise ändern, weil wir nie einen Körper aus dem Zusammenhang der Natur herauslösen können, um ihn von ihren Wirkungen unabhängig zu machen. Allerdings ist diese Schwierigkeit unbehebbar, solange wir überhaupt Physik treiben wollen. Wir entschließen uns also, einen Körper als starr anzuerkennen. Damit sind wir im Prinzip bei der Ansicht CARNAPS (s. o.) — wenn wir auch zugeben, daß auf Grund unserer Sinneswahrnehmungen, und diese bilden doch immer eine letzte Instanz unserer physikalischen Urteile — der im Sinne DINGLERS hergestellte starre Körper „besser geeignet“ ist, als ein beliebig gewählter. So wenig nun aber eine Kugelfläche durch ein Ebenenstück exakt vermeßbar ist, so wenig besteht eine Sicherheit darüber, daß ein physikalischer Raum durch starre Körper exakt vermessen werden kann. Diese Exaktheit wäre aber erforderlich, wenn ich über „die Geometrie unseres Raumes“ etwas durch Messungen ermitteln will. Es besteht eben eine durch nichts verwischbare Dualität zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Raum, woher es mir durchaus möglich erscheint, daß ich bei Verwendung von starren Körpern bei der Ausmessung eines Raumstückes zu dem Resultat gelangen kann, daß in ihm euklidische Maßbeziehungen oberhalb der Meßgenauigkeit nicht gelten.

Obwohl DINGLER die Entwicklung von physikalischen „Weltbildern“ ablehnt, will ich doch an das alte Paradoxon von der Endlichkeit und Begrenztheit des Raumes erinnern, wie es KANT z. B. Proleg. § 51 aufgreift. Ein euklidischer Raum läßt diese Antinomie bestehen, ein nicht euklidischer gestattet, sie zu vermeiden.

Es scheint mir doch, als ob DINGLER bei seiner Bewertung der theoretischen Physik als reiner Hilfswissenschaft für die experimentelle denjenigen Bestrebungen nicht gerecht wird, die die geistige Durchdringung der Zusammenhänge in der Natur für mindestens ebenso wichtig halten, wie ihre praktische Beherrschung. Er beurteilt das Verfahren der theoretischen Physik mit seinem Begriff der „Zahlenwolke“ auch nicht zutreffend. Derartige Funktionsherstellungen spielen in der Technik oft, in der theoretischen Physik aber nur seltener die Rolle, die er als allgemein hinstellt. Zutreffend ist der Gegensatz, wie ihn z. B. SCHWOLSON in seinem Buch „die Evolution des Geistes der Physik“ darlegt. Er sagt dort (S. 194): Diese Evolution ist durch das Auftreten von unverständlichen Hypothesen gekennzeichnet. Solche Hypothesen gab es in der alten Physik nicht. Der Leser wird mir entgegenhalten, daß solcher Hypothesen nur zwei gezählt worden sind:

erstens die Hypothese, daß die Strahlung eine sich fortpflanzende elektromagnetische Schwingung sei, und zweitens die Quantenhypothese, welche mit der PLANCK'schen Konstante h und der freilich etwas mystischen Methode der Quantelung in Zusammenhang steht. Wir antworten: ja, es sind nur zwei, doch haben sie die ganze Physik in Besitz genommen, sind in fast alle ihre Abschnitte eingedrungen und haben jene elektromagnetische Weltauffassung geschaffen, welche die alte, mechanische ersetzt hat. Dorthin, wo ihr Einfluß noch nicht zu spüren ist, suchen die Forscher sie mit allen Kräften hineinzubringen . . . zweifellos befinden sie sich auf dem richtigen Wege.

Während nun CHWOLSON, doch gewiß eine Autorität auf dem Gebiet der Physik, der Ansicht ist, daß der Gegensatz zwischen der alten, „verständlichen“ Physik mechanistischer Prägung und der neuen, mit Hypothesen von eigenartigem Charakter gespeisten, zugunsten der neuen Auffassung entschieden werden wird, ist DINGLER aus prinzipiellen Erwägungen heraus der entgegengesetzten Ansicht. Ebenso gegensätzlich ist die Einschätzung des Wertes der Relativitätstheorie bei beiden Autoren. CHWOLSON setzt auf sie „große Hoffnungen“, sieht in ihr keinerlei „unverständliche Hypothesen“, während DINGLER mit seiner Feststellung der euklidischen Geometrie als der einzig möglichen, soweit Messungen in Frage kommen, die EINSTEIN'sche Theorie in die „Zahlenwolke“ verbannt. Die Brücke zwischen der alten und der neuen Physik soll, wie wir im weiteren noch sehen werden, bei DINGLER vom alten Ufer aus geschlagen werden. CHWOLSON dagegen ist der Meinung, daß es Elemente des Weltalls geben könne, die als solche unserer Erkenntnis prinzipiell unzugänglich sind (ich erinnere an das Leib-Seele-Problem: Ignorabimus) und nur in ihren Wirkungen erkennbare Erscheinungen hervorrufen, z. B. elektromagnetischen Raum, Atominneres. Verfolgen wir nun den Gedankengang, der nach DINGLER zwangsläufig zur Aufrechterhaltung der alten Physik führen muß und demgegenüber es wohl nur einen Akt von wissenschaftlichem Pazifismus bedeutet, wenn DINGLER den Konstruktionen von SCHRÖDINGER und HEISENBERG ein Kompliment macht, weil sie nicht zu ontologischen Erklärungen ihrer Theorien neigen.

Wir haben gesehen, daß konstante Formelemente die Vorbedingung aller Physik bilden, daß sich als solche die starren Körper ergeben, die auf Grund ihrer allein möglichen Herstellungspraxis die euklidische Geometrie involvieren. Sollen nun auch Veränderungen in den Bereich der Betrachtung gezogen werden, so kommt es darauf an, auch hier konstant wiederkehrende Veränderungsformen zu definieren. Die einfachste Veränderung ist eine Bewegung. „Man muß die Welt des Veränderlichen ganz analog auffassen, wie die Welt der konstanten Formen. Denn es ist ja unser Ziel, eben in dieser Welt des Veränderlichen ebenfalls konstante Bausteine zu gewinnen. Diese Bausteine werden natürlich selbst

eine Veränderung enthalten müssen, da die Veränderung etwas Irreduzibles, aus dem Unveränderlichen nicht Ableitbares ist. Aber es wird diese Veränderung dadurch doch zu einem festen Baustein, der eindeutig verwendet werden kann, wenn die Veränderung, die er enthält, nach festen, eindeutigen Gesetzen sich abspielt. . . . So wird es also Bausteine geben, in denen „etwas geschieht“, wo eine Veränderung vor sich geht, und nicht nur eine Veränderung, sondern eine solche Verbindung von Dingen, daß ihre beiderseitige Anwesenheit zum Zustandekommen der Veränderung notwendig ist. Nicht nur wie in der Kinematik ein Objekt kann also dabei in Frage kommen, sondern mindestens zwei. Wir sagen dann, daß das eine Objekt vom anderen eine „Wirkung erleide“ und daß das eine auf das andere eine „Wirkung ausübe“ (S. 114). Wählt man nun als diese Objekte zwei Kugeln, so kann die Wirkung von verschiedener Art sein. Die Wirkung kann a) bei Berührung, b) aus der Ferne erfolgen. Mit Recht hebt DINGLER hervor, daß die Fernwirkung nichts Seltsameres an sich habe als die Nahwirkung. „Da die Wirkung in einer geradlinigen Bewegung der „bewirkten“ Kugel bestehen soll, wobei beide Kugeln als fest, d. h. undurchdringlich angenommen seien, so kann die einzig mögliche Wirkung im Falle a) nur in einer Entfernung der bewirkten Kugel von der wirkenden bestehen, d. h. in einer sog. Abstoßung. Bei dem Falle b) der Fernwirkung, würden an sich beide Möglichkeiten bestehen, da aber die Abstoßung schon anderweitig gegeben, werden wir der Eindeutigkeit halber hier die Anziehung bei unserer Gestaltenbildung verwenden.“ (S. 116). Damit sind nach DINGLER alle Fälle, die überhaupt auftreten können, auf Grund der Elemente: Zwei Kugeln, gegenseitige Bewirkung, Bewegung längs einer Geraden, zur Verwendung gekommen.

Wenn wir DINGLER'S Gedankengang in ein logisches Schema bringen wollen, ergibt sich somit folgendes.

Voraussetzungen: Es seien zwei reale Kugeln isoliert von aller übrigen Realität angenommen. Sie befinden sich zur Zeit $t = 0$ in relativer Ruhe zueinander (1. Fall), oder sie bewegen sich mit konstanter Geschwindigkeit gegeneinander längs ihrer Zentralen (2. Fall). Wir betrachten zunächst nur Fall 1. Die Kugeln üben aufeinander eine Wirkung aus. Diese soll in einer Anziehung bestehen, „weil die Abstoßung (für Fall 2) schon anderweitig gegeben“ (S. 116) ist. Hiermit meint DINGLER den Einwand widerlegt zu haben, warum denn gerade eine Anziehung stattfinden müsse, was mir recht wenig zwingend scheint. Mit der angenommenen Geradlinigkeit der eintretenden Bewegung könnte man sich abfinden, weil die Zentrale Symmetrieachse des Systems beider Kugeln ist. Daß aber überhaupt eine Bewegung stattfinden müsse, kann man mit DINGLER nicht, wie er es gegen einen Einwand D. MAHNKE'S (Archiv für Gesch. d. Math. X, 230) tut, damit begründen, „daß wir uns hier im Reich des Veränderlichen befinden, diese also nicht selbst

negiert werden kann, ohne gegen die Definition zu verstoßen“. A priori ist durchaus möglich, daß es Materialien gibt, die indifferent gegeneinander sind, wie z. B. ein Stück Holz im magnetischen Felde. Ebensowenig ist die apriorische Ableitung des NEWTONSchen Wirkungsgesetzes zwingend, die DINGLER wie folgt gewinnt. Eine Kugel K wirkt, wenn überhaupt (und dies wird vorausgesetzt), nach allen Richtungen gleich. Nun benutzt DINGLER den Begriff der „Gesamtwirkung“ ohne nähere Definition. Es scheint, als ob der Begriff des Kraftflusses dabei Pate gestanden hätte. Diese Gesamtwirkung w soll in jeder zu K konzentrischen Kugelfläche gleich und konstant sein. Pro Quadratcentimeter in der Entfernung ϱ vom Mittelpunkt ist dann $w_\varrho = \frac{w}{4\pi\varrho^2}$. Die Gesamtwirkung der zweiten Kugel K_1 sei w_1 . Dann ist ebenso $w_{1\varrho} = \frac{w_1}{4\pi\varrho^2}$. „Allgemein ist die Wirkung (von K) auf einen Teil der Kugelschale (vom Radius ϱ) gleich $\frac{w}{\varrho^2} \cdot c$, wo c eine Konstante. Liegt nun in der Entfernung ϱ eine andere Kugel K , von der Gesamtwirkung w_1 , so sei die Wirkung von K auf K_1 bestimmt durch $W = w_1 \cdot \frac{w}{\varrho^2} \cdot c$. Diese Formel bewirkt, daß die Wirkung von K auf K_1 dieselbe ist, wie die von K_1 auf K .“ (Die Kugeln müssen hierbei als von verschwindendem Radius angesehen werden.) Die Wirkung soll nun in einer Beschleunigung bestehen. Sie ist ferner in der Entfernung ϱ durch $\frac{w}{\varrho^2} \cdot c$ zu messen; folglich ist $\frac{w}{\varrho^2} \cdot c$ das Maß der Beschleunigung. „Bezeichnen wir die bewegungerzeugende Wirkung (W) als „Kraft“, die „Gesamtwirkung“ als ihre Masse, dann können wir sagen, daß diese Kraft definiert ist als das Produkt von Masse und Beschleunigung.“

Soweit befinden wir uns im Gebiet der Definition von Begriffen, die allerdings unscharf blieb (Gesamtwirkung!) und erst nachträglich Sinn erhält durch die Einmündung in die herkömmliche Terminologie. Es kommt nun darauf an, in der Natur solche Erscheinungen zu suchen, bzw. herzustellen, die den begrifflichen Forderungen genügen. Wenn das aber nun nicht ginge? Oder wenn jemand andere Elementargestalten definierte, für die es keine Realisierung gibt, wie sie das NEWTONSche Gesetz für DINGLERS zwei Kugeln liefert?

Wir wollen indes zunächst mit kritischen Bemerkungen sparen, bis der Gedankengang in einiger Abgeschlossenheit vorliegt. Es ist immer wieder daran zu erinnern, daß es sich bei DINGLER um einen theoretischen Aufbau der Physik handelt, dem das Ziel logischer Konsequenz und Geschlossenheit vorschwebt. Ferner daran, daß diese Physik nicht anders als von Menschen gemacht werden kann, deren Eigentümlichkeit, Willenswesen zu sein, sich zu dieser oder jener Definition, zu dieser oder jener Handlung zu entschließen, nicht ausgeschaltet werden kann.

Ähnlich wie KANT sagte, „das ‚ich denke‘ muß alle meine Vorstellungen begleiten“, muß hier das „ich will“ — nämlich zum mindesten überhaupt Physik treiben — hinter allen Maßnahmen von definitorischer Bedeutung stehen. Dieser Voluntarismus der Grundüberzeugung, der ja auch in der Axiomatik einer jeden überhaupt möglichen Mathematik am Anfang bestehen muß (absichtlich sei gerade dieses Beispiel aus naheliegenden Gründen herangezogen), ist, wie DINGLER erkennt, niemals zu eliminieren. Folglich ist das Ideal einer objektiven Wahrheit, die für einen Gott so gut bestünde wie für einen strebenden Menschen, ein Inbegriff von an sich bestehendem System von Wissenschaft, als Erkenntnisinhalt unmöglich. Dieser Verzicht auf ein Scheinideal, dem bisher alle Wissenschaft nachjagt, hat aber zur Folge, daß der Mensch als Erkenntniswesen einen Freiheitsgrad gewinnt: er kann an den Anfang Definitionen stellen, deren konsequente Beachtung ihn nicht der Gefahr aussetzt, eines Tages schon errichtete Teile seines Wissenschaftsgebäudes wieder einreißen zu müssen. Wie man die meisten Funktionen nach FOURIERSchen Reihen entwickeln kann (dieses Beispiel erwähnt DINGLER selbst), so müssen sich auch alle physikalischen Tatsachen durch Superposition der definitorisch festgesetzten Elementargestalten darstellen lassen.

Von den Elementargestalten haben wir für den Bereich des Unveränderlichen den deformationsfreien Körper kennen gelernt, der die euklidische Geometrie involviert; für den Bereich des Veränderlichen das NEWTONSche Gesetz. DINGLER zeigt nun (S. 120), daß die Form des NEWTONSchen Gesetzes für die Mechanik das Energieprinzip implizite enthält. Ferner folgt aus ihm unter Verwendung der Wage die Möglichkeit, Massen zu vergleichen, und zwar, da es sich im Falle des Gleichgewichts bei einer Wage ermöglichen läßt, beide Massen unter gleiche äußere Bedingungen zu bringen, bzw. Verschiedenheiten leicht zu eliminieren, unter Ausschaltung „störender Umstände“, also mit größter Exaktheit.

Auch die zweite Elementargestalt (E. G.) des Veränderlichen, die in der Bewegung zweier Kugeln längs ihrer Zentralen gegeneinander besteht, die sog. „Nahwirkungsgestalt“, kann zur Vergleichung der Massen verwendet werden. Wenigstens sollte man dies zunächst erwarten. Es werde also als zweite E. G. die (wie üblich formulierte) Gesetzmäßigkeit des zentralen Stoßes definiert, und zwar wieder unter Voraussetzung aller Störungsfreiheit, also im Vakuum. Im Gegensatz zur Massenvergleichung mit der Wage, bei der eine Störungsfreiheit sehr exakt herstellbar ist, läßt sich der zentrale Stoß stets nur sehr ungenau experimentell verwirklichen. Jedes Experiment darf, wie DINGLER es ausdrückt, zur Bestimmung von nur einer Unbekannten dienen. Diese Bedingung ist aber beim zentralen Stoß nicht erfüllt. Denn wollte man ihn zur Bestimmung der beteiligten Massen (oder einer von ihnen) benutzen, so müßte der Grad der Störung (Reibung, Luftwiderstand) bekannt sein. Es bleibt also nur der umgekehrte Weg: die Massen

müssen nach der ersten E. G. bestimmt sein, die dort erhaltenen Werte also als für einen Körper charakteristische Konstanten beibehalten werden, so daß der Grad der Störung durch das Experiment bestimmt wird. Mit anderen Worten: die zweite E. G. dient zur Definition des Vakuums als desjenigen Mediums, in dem die Stoßgesetze exakt gelten. Als weiterer Baustein wird dann der freie Fall genannt, ebenfalls zur Definition des Vakuums geeignet, das Pendel, die einfachen und zusammengesetzten Maschinen. Etwas summarisch erklärt DINGLER (S. 136): „Es ist klar, daß unsere Definition von Kraft das NEWTONsche Trägheitsprinzip unmittelbar im Gefolge hat. Ebenso das Prinzip der Unabhängigkeit der Kräfte (das einen weiteren Teil der Kraftdefinition darstellt) hat das Prinzip der Zusammensetzung der Kräfte im Gefolge. Das Prinzip der Gleichheit von Arbeit und lebendiger Kraft [wobei auf die Gleichung $sp = \frac{1}{2}mv^2$ verwiesen wird (Anm. d. Verf.)] hat die Erhaltung der lebendigen Kraft im Gefolge. Und für die NEWTONsche Gravitationsformel gilt das alles sowieso.“ Als ein Mangel für die Geschlossenheit des Aufbaues fällt mir das Fehlen einer Definition der Zeit oder der Zeitmessung auf. Zwar wird S. 112 davon gesprochen, daß die Zeit definiert sei, jedoch suche ich diese Definition vergeblich. Später wird das Pendel als geeignetster Zeitmesser bezeichnet. Es liegt also jedenfalls der Gedanke zugrunde, daß periodische Prozesse zur Definition der Dauer verwendet werden sollen, wenn ihre logische Struktur aus definierten Elementargestalten erkennbar ist. Daß nun ein Vorgang, der aus bekannten Bausteinen besteht, exakt gesetzlich verläuft, ist nach DINGLER Tautologie. Im anderen Fall muß, wie z. B. bei der Wanderung des Merkurperihels, mit „hinreichendem Denkaufwand“ geprüft werden, ob theoretisch die unmittelbare Attraktion ausreicht, die Erscheinung wieder zu geben. Sonst „müssen eben andere Umstände zur Erklärung herangezogen werden“ (S. 142). Das Wesentliche aber ist, daß solche Fälle niemals gegen unsere Definitionen etwas aussagen können, „da diese Fälle selbst ja erst in ihrem Vorhandensein auf Grund unserer Elementargestalten festgestellt worden sind, also überhaupt nur relativ zu ihnen eine Geltung, eine Existenz und einen Sinn haben“. Es kann also nach DINGLER keine nicht-newtonische Physik geben. Jede Abweichung von deren Folgerungen würde entweder einen Fehler in der Anwendung der Definitionen und der daraus zu ziehenden Schlüsse bedeuten, oder beweisen, daß die betreffende Erscheinung noch nicht mit unseren Bausteinen theoretisch erfaßbar ist. „Es müssen die Elementargestalten immer erst definiert sein, mit denen wir arbeiten wollen, und diese Elementargestalten sich passiv von der Natur geben lassen zu wollen, hieße, sich diese Definition (die nur von uns ausgehen kann) von der Natur geben zu lassen.“ Über die elementaren Bausteine selbst heißt es (S. 150): „Da diese Bausteine keinerlei sonstigen Nebenbedingungen unterliegen, so sind wir bei ihrer praktischen Her-

stellung völlig ungehindert und können unsere Maßnahmen allein von dem Wunsch leiten lassen, sie störungsfrei herzustellen. Da sie ja die allerersten Bausteine ihrer Art sind, so haben wir die Möglichkeit, rücksichtslos alle erreichbaren Umstände so lange zu variieren, bis eine Realisierung unseres gewünschten Bausteines vorliegt. Bei ihrer Herausarbeitung brauchen wir keinerlei Rücksicht zu nehmen auf andere Gestalten und Abgrenzungen. Somit ist nichts vorhanden, was eine Realisierung in jeder Genauigkeit einschränken oder verhindern könnte. Beachtet man den Aufbau der physikalischen Experimente und die Abhängigkeitshierarchie der einzelnen Messungen, dann zeigt sich, daß alle weiteren Messungen selbst erst wieder möglich werden durch die Elementargestalten, niemals also genauer messen können als die Elementargestalten selbst. Wenn man irgendwo behauptet, nicht-euklidische Geometrien und nicht-newtonische Mechaniken einzuführen, so war das ausnahmslos an Stellen, wo keine direkten Messungen von Elementargestalten vorlagen, sondern wo man aus anderen Messungen sehr komplexer Vorgänge auf die Elementargestalten glaubte zurück-schließen zu müssen.“ Folglich, so ist DINGLERS Meinung, kann aus spätliegenden Experimenten, die sämtlich die Elementargestalten voraussetzen und benutzen, nicht rückwärts eine Abänderung der Elementargestalten verlangt werden. Eine Theorie, die dies folgert, will quasi den Vater zum Enkel machen.

Es schwebt hier wohl die Erinnerung an den MICHELSON-Versuch und seine formale Erklärung durch LORENTZ vor. Zugegeben, daß demgegenüber DINGLERS Einwände anerkannt werden könnten — ist das aber auch gegenüber EINSTEINS Grundlegung der Fall? Es war bisher nur vom Bezirk der Mechanik die Rede. Beschränken wir uns zunächst hierauf. Der Mechanik liegt eine Geometrie zugrunde. Soweit die Realisierung geometrischer Vorstellungen in Frage kommt, halte ich DINGLERS Ausführungen für höchst glücklich und beachtenswert. In dem Augenblick aber, wo DINGLER die Physik durch die Aufstellung seiner zwei Elementargestalten und der daraus ableitbaren weiteren Bausteine (freier Fall, Pendel usw.) kanonisieren will, regt sich Widerspruch. DINGLER leugnet den Charakter des Experiments als einer Frage an die Natur. Gewiß, wer hier sinnvoll fragen will, muß die Möglichkeiten der Antwort übersehen können. Dazu gehören in der Wissenschaft wohldefinierte Begriffe. Folglich müssen Definitionen jener Frage vorausgehen, also vor allem Experiment festgelegt sein. Sollen aber diese Definitionen nicht nur im luftleeren Raum der Logik, sondern auch in Anwendung auf Naturvorgänge Gültigkeit haben, so stammen die in den Definitionen verwandten Begriffe mindestens zum Teil aus der Anschauung. Eine Passivität des Denkens hinsichtlich der Aufstellung der Definitionen findet also doch statt. Die Frage ist nur, ob die Definitionen zweckmäßig gewählt sind, d. h. ob der Anteil der reinen Logik und der Anschauung im richtigen Verhältnis steht.

Die Beantwortung dieser Frage liefert die Vergleichung der logischen und experimentellen Konsequenzen. Wenn hierbei Diskrepanzen auftreten, ist es a priori möglich, zwei Auswege zu beschreiten: entweder man behält die bisherigen Definitionen bei und sucht „durch Denkarbeit“, also sog. Hypothesen die Unstimmigkeit zu beseitigen. Das ist DINGLERS Vorschlag, den er z. B. für die Drehung der Bahnachse des Merkur einschlagen würde. Es ist gerade an diesem Beispiel bekannt, daß die mit den Mitteln NEWTONScher Mechanik versuchten Auswege sehr unbefriedigend wirken. Man müßte z. B. unsichtbare Massen annehmen, die aber gerade bei dem sonnennahen Merkur, nicht auch bei anderen Planeten, jene Abweichung zwischen Theorie und Beobachtung zur Folge haben.

Der zweite Ausweg ist der, daß man in eine Revision jener ersten Definitionen eintritt, wie dies bei der Umwandlung von Theorien schon oft der Fall war, oder daß man neue Bausteine in DINGLERSchem Sinne heranzieht, die mit den bisherigen nur in loser Beziehung stehen. Relativitäts- und Quantentheorie sind Standardbeispiele dieser Fälle. Welcher Weg nun im gegebenen Fall zu beschreiten ist, ist keine reine Frage der Zweckmäßigkeit. Vielmehr ist hier die Stelle, wo philosophische Überlegungen einen entscheidenden Einfluß auf die Form einer Fachwissenschaft ausüben.

Auch DINGLERS Stellung ist hier prinzipiell, also auf philosophischer Grundlage basiert. Ihm schwebt das alte Ideal eines in sich festgefügt Systems der Physik vor, am Anfang Definitionen, darauf ein unangreifbares und unwandelbares Gebäude von Folgerungen. Er hält für diesen Zweck die NEWTONSche Physik für ausreichend, ja darüber hinaus für notwendig, weil euklidische Geometrie und Elementargestalten der klassischen Mechanik auch historisch die Grundlagen der geltenden Physik bilden, weil alle Meßapparate darauf beruhen. Er betont scharfsinnig den Anteil von Freiheit, also Willkürlichkeit, bei der Wahl der ersten Bausteine und stellt damit ihren logischen Charakter fest: sie sind Axiome, die aber ähnlich wie die der Geometrie so naheliegen, daß eine andere Wahl, obwohl denkbar, doch praktisch ausgeschlossen bleiben mußte. Und nun kommt der entscheidende Schluß, bei dem zu prüfen ist, ob er nicht ein Fehlschluß ist. Gemessene Abweichungen von den logisch erschließbaren Folgerungen können niemals zu dem Resultat führen, daß die Grundlagen geändert werden müssen, weil diese überhaupt erst ermöglichen, jene Abweichungen festzustellen. Dieser Schluß scheint bestechend. Und doch kann ich DINGLER aus folgendem Grunde nicht beistimmen.

Eine Physik als System, wie sie auch DINGLER auffaßt, erhebt den Anspruch, alle beobachtbaren Vorgänge zu umfassen. Stellt sie an den Anfang ein Axiomensystem, so muß dieses widerspruchsfrei und vollständig sein. Nun wäre die Frage der Vollständigkeit gewährleistet, wenn auch die außermechanischen Vorgänge wie elektrische,

magnetische, Strahlung usw. auf mechanische zurückführbar wären. Nach DINGLER genügt hier der „Anschluß“ an seine Elementargestalten, die z. B. erst die Voraussetzung bilden sollen, daß so etwas wie das COULOMBSche Gesetz existiert. Sein Nachweis mit der Drehwaage setzt euklidische Abstandsmessung und den Begriff der Kraft voraus. Die Tatsache, daß die Dimension der Elektrizitätsmenge im CGS-System ausdrückbar ist, sei schon ein deutlicher Hinweis auf den engen Zusammenhang mit den E. G. Der neu auftretende Begriff Elektrizitätsmenge werde durch die Beziehung auf die E. G. erst definiert. Diese Behauptung stimmt nur insofern, als der Begriff der Menge, aber nicht, soweit Elektrizität als solche definiert wird. Sie ist etwas gegenüber den mechanischen Begriffen Neuartiges, das aus jenen niemals erschließbar ist, und das in seinem Wesen niemals aus jenen definiert werden kann. Es ist gerade das Kennzeichnende des Wesens Natur, im Gegensatz zu den rein gedanklichen Gebilden der Mathematik, daß eine Vollständigkeit eines physikalischen Axiomensystems unerreichbar bleibt. Der Schluß liegt nun nahe, daß es bei Auftreten neuartiger Erscheinungen wohl berechtigt ist, die Grundlagen zu revidieren.

Denken wir uns z. B. einen Physiker, der wohl DINGLERS E. G. kennt, sowie ihren definitiven und daher unabänderlichen Charakter, der aber von den Erscheinungen des Magnetismus noch nichts weiß. Er möge in einem Raum experimentieren, dem außer dem Schwerfeld ein magnetisches überlagert ist und möge zu seinen Versuchen Stahlkugeln benutzen. Er muß nun zu dem Resultat kommen, daß die Folgerungen aus den E. G. nicht stimmen. Entweder wird er nun verborgene Kräfte annehmen, womit er von unserem Standpunkt gesehen Recht hätte, womit er aber gegen sein Axiomensystem verstößt, das er dann für unvollständig oder unbrauchbar erklärt. Oder er wird die Isotropie seines Raumes anzweifeln, wobei er sich auf RIEMANN berufen könnte, der am Schluß seiner berühmten Arbeit sagt: „Es muß also entweder das dem Raume zugrunde liegende Wirkliche eine diskrete Mannigfaltigkeit bilden oder der Grund der Maßverhältnisse außerhalb, in darauf wirkenden bindenden Kräften, gesucht werden. Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu NEWTON den Grund gelegt, ausgeht und diese, durch Tatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben, allmählich umarbeitet; solche Untersuchungen, welche, wie die hier geführte, von allgemeinen Begriffen ausgehen, können nur dazu dienen, daß diese Arbeit nicht durch Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhanges der Dinge nicht durch überlieferte Vorurteile gehemmt wird.“ Schließlich könnte unser Physiker allerdings auch das Konsequente tun, was es in Befolgung von DINGLERS Anweisung gibt, er könnte nämlich an seinem Verstand zweifeln und auf physikalische Erkenntnis ver-

zichten. Mit der zitierten Stelle und ihrer Illustration durch ein Beispiel ist daran erinnert, daß es sich bei der Annahme eines isotropen Raumes um eine Hypothese handelt, die der NEWTONschen Physik und damit DINGLERS Meinung zugrunde liegt. Es ist hier nicht der Platz, um auszuführen, daß in der EINSTEINschen Theorie, die ja DINGLER befehdet, ein System von viel größerer Geschlossenheit und Allgemeinheit vorliegt, das die Schwierigkeiten der absoluten Bewegung, der Formulierung des Trägheitssatzes und schließlich der Gravitation löst.

Somit scheint mir DINGLERS Behauptung, es könne eine Abweichung zwischen Beobachtung und konsequenter Anwendung seiner E. G. nie dazu führen, jene Grundlagen zu ändern, zu unglücklichen Folgerungen zu führen. Die gleichen Schwierigkeiten, die NEWTONS Physik so unbefriedigend erscheinen lassen, sollen nun verewigt werden. Man kann einer Tatsachenswissenschaft, deren Bereich nie abgeschlossen ist, keinen Panzer aufzwängen wollen.

Nun behauptet DINGLER, daß es ihm gar nicht auf Theorie ankomme, sondern auf das Experiment. Er gibt auch die Möglichkeit zu, daß die Realität in einer nicht auszuschaltenden Weise ein „unberechenbares irrationales Element“ enthält, das sich in Störungen auswirkt. Aber trotzdem soll es das Wesen des exakten Experiments, nämlich die Realität in konstante und eindeutig wiederherstellbare Formen einzufangen, gestatten, eine immer genauere Aussage darüber zu machen, was unter gegebenen Umständen erfolgt. „Man erkennt vor allem, daß wir hier vor einer Physik stehen, die in einem gewissen Sinne die rechnende Theorie überhaupt nicht mehr nötig haben würde (S. 171).“ Andererseits wird zugegeben, daß die konsequente Benutzung der E. G. doch „ein denkerischer Vorgang und ein Übergang in die Theorie“ (S. 174) ist. Ferner heißt es, daß vom praktischen Gesichtspunkt aus die Theorie nur den Zweck hat, „den denkerischen Leitfaden für das experimentelle Nachbauen der Erscheinungen abzugeben“. Aus diesen und einer ganzen Reihe weiterer Äußerungen gewinnt man den Eindruck, daß DINGLER ein Ressentiment gegen physikalische Theorien hat, die nicht Schritt für Schritt an experimentelle Tatsachen anknüpfen; die zum Beispiel Gedankenexperimente benutzen, die zu einem „Weltbild“ Veranlassung geben — was er ausdrücklich als verfehlte Aufgabe ablehnt —, die nach seinem Ausdruck „in der Zahlenwolke“ landen.

Es folgt aus alledem, daß DINGLER die Aufgabe der Physik beschränken will. Wie aus seinen früheren Schriften als philosophischer Standpunkt ein Voluntarismus ersichtlich wurde, kann man hier von einem Einlenken zum Pragmatismus sprechen. Wissen, was rebus sic stantibus passieren wird, das ist das Ziel. Weiter, die Umstände herbeiführen, unter denen das und das passieren muß. Es ist dies im wesentlichen die Aufgabe, die die Physik im Hinblick auf die Technik einzunehmen hat, und mit der sie sich für diesen Zweck allenfalls begnügen kann. Für diese Aufgabe ist nach DINGLER das NEWTONsche System ausreichend und notwendig, weil unvermeidlich. Der Raum, in dem zu experimentieren ist, bleibt stets endlich. Der Begriff des Unendlichen, gemeint ist das Universum (das nach NEWTON allerdings zu Antinomien führt), hat in der Physik nichts zu suchen, wie ja auch die Mengenlehre zeigt, daß im rein arithmetischen Gebiet das Unendliche zu Schwierigkeiten führt.

Aber DINGLER bleibt nicht konsequent. Er will es nach keiner Seite hin völlig verderben und richtet auch an Theoretiker der „Zahlenwolke“ einige Komplimente. Aber dort hat er auch Ressentiments, so gegen WEYL, und Sympathien, wie gegen HEISENBERG. PLANCK wird nicht erwähnt.

Man wird sich demgegenüber auch erlauben dürfen, Sympathien zu haben, und zwar bei aller Wertschätzung des experimentell-pragmatischen Standpunktes doch mehr für eine Physik, die es als ihre Aufgabe ansieht, auch ihre theoretischen Fundamente erkenntniskritisch zu durchleuchten. Männer wie FARADAY und MAXWELL wären doch von DINGLERS Standpunkt abzulehnen gewesen, denn seine erste E. G. setzt die Fernwirkung fest, und zwar kategorisch. Die Durchleuchtung des Zeitbegriffs, und zwar wohlgerneht des in Verbindung mit Messungen stehenden, der der Ausgangspunkt für EINSTEIN war, wäre unmöglich gewesen. Denn irgendwo sitzt die NEWTON-DINGLERSche Normaluhr des Weltgebäudes, deren Zeit jedes Schiffschonometer angibt. Aber von Weltzeit zu sprechen, ist horribile dictu — ihr Physiker habt euer Pendel, damit begnügt euch.

Ich glaube, daß ich den wohlgemeinten und beachtenswerten Ansichten des Verfassers gerecht geworden bin. Aber im ganzen steht seine Auffassung von Physik zu der der führenden Physiker im selben Verhältnis wie die Aufgabe eines Verwaltungsbeamten zu der des Souveräns.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Kurvenzirkel Saturn. Konstruiert von Dipl.-Ing. W. ARNDT in Dresden. Berlin, Ferd. Ashelm.

Jede Kurve kann als Evolute einer anderen Kurve aufgefaßt werden. Der Erfinder hat mit einer Ziehfeder oder einer Bleifeder eine Trommel und eine Fixiervorrichtung verbunden, auf der sich ein Seidenfaden aufwickeln läßt. Er liegt

doppelt, so daß man nach Belieben eine Schlaufe abnehmen kann. Die Schlaufenlänge ist fixierbar. Ist die Evolute gegeben, so wird sie mit Nadeln ausgesteckt. Befestigt man die Schlaufe an dem äußersten Punkt der Evolute, so kann die Evolute mit einem Zuge gezogen werden, und zwar gleich mit Tinte. Im Schulunterricht wird diese An-

wendung wenig vorkommen, wohl aber die Ausnutzung der Schlaufe bei Ellipsenkonstruktionen. Die Ellipsen werden natürlich nicht ganz exakt, da die Ziehfeder etwa 2 mm von der Schlaufenöse absteht. Doch sind die entstehenden Ellipsen immer noch viel besser als die freihändigen Zeichnungen unserer Primaner. Es ist also zu empfehlen, der Unterstützungsbücherei einige Saturnzirkel einzuverleiben. *Albert Rohrberg.*

Universal-Kurvenlineale (logarithmische Spirale) aus Zelluloid nach Prof. F. BENNECKE in Potsdam. Gebr. Wichmann, Berlin. Preis RM 2.25.

Die Innen- und Außenränder dieses Kurvenlineals stellen die logarithmische Spirale $r = e^{\rho}$ dar. Man findet alle Krümmungen mit den Radien von 1 mm bis zu 60 cm, kann die Krümmungshalbmesser ziemlich genau ablesen, kann den Krümmungsmittelpunkt und den Krümmungskreis finden. Auch Bogenlängen können gemessen werden. Ich habe das Instrument einige Wochen benutzt und dabei gefunden, daß es bequem und praktisch ist. *Albert Rohrberg.*

Biegsame Kurvenlineale. Konstruiert von Dipl.-Ing. W. ARNDT in Dresden. Berlin, Ferd. Ashelm.

Diese Kurvenlineale sind aus nicht brechendem Gummi hergestellt. Meine Besprechungsstücke haben mehrere Wochen in der Nähe der Zentralheizung gelegen, ohne dabei Schaden zu nehmen. Natürlich kann man ihnen nicht jede beliebige Form geben, denn es dürfen keine Stauchungen des Gummis eintreten. Bei zu starker Krümmung wird auch die Spannung in den haltenden Fingern unangenehm. In diesen Grenzen aber sind die Lineale sehr praktisch. *Albert Rohrberg.*

Lebendige Mathematik. Eine allgemein verständliche Einführung in die Schau- und Denkweise der niederen und höheren Mathematik. Von FELIX AUERBACH. Breslau 1928, Ferd. Hirt. 455 S. RM 10.—

Bei der Lektüre dieses Buches habe ich mir die Frage vorgelegt, für welche Leser es geeignet sein mag. „Es ist für alle bestimmt, die den Wunsch haben, sich von ihrer Furcht vor der Mathematik zu befreien und einzusehen, daß sie auf einem grundsätzlichen Irrtum beruht“, beginnt das Vorwort, und „es setzt keinerlei Vorkenntnisse voraus“, sagt ein Begleitschreiben. Demnach müßte es sich an jeden Laien wenden. Das ist aber vollkommen ausgeschlossen, und auch an den „gebildeten Laien“ kann es sich nicht wenden. Es wird ihm einfach unmöglich sein, partielle Differentialquotienten, mehrfache Integrale, Fouriersche Reihen u. ä. m. auch nur in groben Umrissen zu verstehen. Liest man das Vorwort weiter, so hört man, daß dieses Werk Vorlesungen enthält, die der Verfasser vor künftigen Lehrern (nach der neuen Ausbildungsordnung) gehalten hat. Nach meiner Ansicht ist es auch auf den Kreis dieser Hörer beschränkt geblieben. Wer es verstehen will, muß etwa das

mathematische Pensum der Oberrealschule beherrschen. Dann hat er Nutzen von dem Buch; er findet eine Wiederholung und interessante Ausblicke auf Anwendungen aller Art.

Freilich ist die Methodik, die in dem Buche befolgt ist, längst überholt. Mit „unendlich kleinem dx “ sollte nirgends mehr gearbeitet werden, und so vollkommen anschauungslos wie hier sollte kein Differentialquotient hergeleitet werden („für unendlich kleinen Zuwachs würden wir eben genau den Grenzwert erhalten“). Die Herleitung des Differentials der quadratischen Funktion darf in dieser Form auch in keiner Prima geboten werden. Die Differentiationsvorschrift für Potenzen mit gebrochenen Exponenten wird regelrecht „erschlichen“. Überhaupt ist gar nicht einzusehen, was der Leser mit diesen und ähnlichen Regeln soll. Wie können ihm algebraische und transzendente Funktionen oder Primzahlen „lebende“ Mathematik darstellen, oder gar Differentiations- und Integrationsregeln!

Endlich sind gegen eine Reihe von Einzelheiten Einwendungen zu machen: warum e die „einfache und natürliche“ Basis der Logarithmen ist, geht aus den Ausführungen auf S. 214 durchaus nicht hervor. Abb. 92 erweckt keinen Eindruck von der räumlichen Gestalt des Ikosaeders, in Abb. 94 steht ein Stern falsch, das monokline System ist falsch definiert. Beim „Zusammenhang der Gebilde“ muß zuerst erklärt werden, wie die drei Ringe zu kleben sind, sonst kann der nicht eingeweihte Leser sich lange vergeblich bemühen. In Abb. 113 ist die von P ausgehende Parallele zur x -Achse falsch und sehr störend. Die vierte Dimension ist reichlich abstrakt behandelt und könnte wohl fehlen. Warum aber spricht der Verfasser nicht u. a. von Rechenstäben und Rechenmaschinen? Das ist doch wirklich lebendige Mathematik. *Albert Rohrberg.*

F. Klein: Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus. 3. Auflage. Dritter Band: Präzisions- und Approximationsmathematik. Ausgearbeitet von C. H. MÜLLER. Für den Druck fertig gemacht und mit Zusätzen versehen von FR. SEYFARTH. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen. Bd. XVI.) Berlin 1928, Julius Springer. Mit 156 Abbildungen. X und 238 Seiten. RM 13.50; gebunden RM 15.—

In der dritten Auflage erscheint die bekannte, bisher unter dem Titel „Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie (Eine Revision der Prinzipien)“ erschienene KLEINsche Vorlesung unter dem Titel „Präzisions- und Approximationsmathematik“ als dritter Band in der Sammlung „Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus“, deren ersten beiden Bänden sie inhaltlich in der Tat nahe steht. Der ursprüngliche Text ist im wesentlichen erhalten geblieben. Nur im dritten Teil der Vorlesung, in dem Abschnitt über Raumkurven und Flächen dritter Ordnung, sind weitergehende Ergänzungen gegenüber den früheren Auflagen vorgenommen worden. Das Gutachten über die „Beneke-Preis-

aufgabe für 1901“, das die gesammelten Werke KLEINS enthalten, ist weggeblieben.

Ohne Zweifel hat das Buch gegenüber der bisherigen Autographie durch die Drucklegung an Übersichtlichkeit sehr gewonnen und wird in der jetzigen Form manchen neuen Leser finden.

W. Kramer.

Mathematik und Sport. Mathematische und physikalische Aufgaben aus dem Gebiete der Leibesübungen. Von E. LAMPE. (Mathematisch-physikalische Bibliothek, Bd. 74.) Leipzig 1929, Teubner. 56 Seiten mit 34 Figuren. RM 1.20.

Verfasser hat seit einigen Jahren mehrfach in kleineren Aufsätzen auf das Mißverhältnis hingewiesen, das in der übertriebenen Meßgenauigkeit bei einzelnen Kennzeichen von Sportleistungen unter unzulänglicher oder gänzlich fehlender Beachtung anderer meßbarer Umstände liegt.

Auch die Schuljugend treibt heute Sport mit löblichem Eifer, aber auch mit bedenklicher Nachahmung des ganzen Aufwandes und Erfolgshaschens der Berufssportler. Wie diese Einseitigkeit am Ziele gleichmäßiger Ertüchtigung des Körpers vorbeiführt, haben sportkundige Turnlehrer mehrfach warnend aufgezeigt. Aber auch für die geistige Bildung ist es heilsam, wenn der Wichtigkeit solcher Scheingenauigkeit ein Dämpfer aufgesetzt wird. Diese Aufgabe weist Verfasser dem Mathematiker und Physiker zu, die hier an einem Stoff, der vielen Schülern lieb und wichtig ist, nachweisen können, wie das Urteil fehlerhaft, wenn es nur auf einige bequem meßbare Kennzeichen sich stützt, statt allen Bedingungen nachzugehen, von denen das Ergebnis abhängt. Übrigens gibt auch manche eingekleidete Aufgabe in Schulbüchern zu solcher Kritik Anlaß.

Verfasser bietet Aufgaben und Betrachtungen aus den Gebieten des Laufens, Werfens, Springens, der Ballspiele, des Radfahrens und verschiedener freier Sportbetätigungen. Die anerkannten Sportregeln setzt er jedesmal an den Anfang, aus ihnen und den geometrischen und physikalischen Notwendigkeiten leitet er die Bedingungen der Aufgaben und Fragestellungen ab.

Es ist kein schlechter Einfall, ein den Schülern bekanntes Gebiet, auf dem unzulängliche Meßkunst urteilverwirrend sich breit macht, zum Ausgangspunkt umsichtiger Denkübung zu machen. Für den Erfolg wird aber viel darauf ankommen, wann und wie von den Anregungen des Verfassers Gebrauch gemacht wird. Mir scheinen sie vergleichbar Arzneien, die der Arzt zur rechten Zeit verabreicht, die er aber nicht alle der Reihe nach einnehmen läßt.

Möge das Büchlein vielen zu der heilsamen Verwunderung darüber verhelfen, wieviel Umsicht und Nachdenken es erfordert, alltägliche und scheinbar einfache Vorgänge erschöpfend und gerecht zu beurteilen.

W. Vn.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. Fünfter Band, erste Hälfte: Physik der Erde. Herausgegeben von ALFRED WEGENER. Braunschweig 1928, Friedrich Vieweg & Sohn. 840 Seiten

mit 341 Figuren im Text und 7 Tafeln. Geh. RM 49.—; geb. RM 53.—.

Der vorliegende erste Teilband des fünften Bandes dieses bekannten und allgemein geschätzten „MÜLLER-POUILLET“—der zweite wurde an dieser Stelle schon besprochen—hat durch den Tod des ursprünglichen Herausgebers P. LUMMER und des Mitarbeiters E. WIECHERT eine Verzögerung in der Herausgabe erfahren, die sich insofern im Buche selbst bemerkbar macht, als einige Abschnitte die neueste Literatur ihres Gebietes nicht mehr haben berücksichtigen können, während andere sie bis 1928 einbezogen haben. Der Halbband beginnt mit der Lufthülle der Erde. Zunächst gibt v. FICKER (Berlin) eine eingehende Darstellung des heutigen Standes der Meteorologie. Die meteorologischen Elemente, ihre Messung und Berechnung führen in das Gebiet ein, das von der solaren Energieeinfuhr beherrscht wird. Die Anwendung der Gasgesetze auf atmosphärische Vorgänge leitet zu den atmosphärischen Bewegungen über, die den Kreislauf des Wassers in der Atmosphäre beeinflusst. Die meteorologischen Elemente sind Veränderungen in täglichen und jährlichen Perioden unterworfen, die eingehend erörtert werden. Ein besonderer Abschnitt ist der mittleren Verteilung der meteorologischen Elemente in horizontaler und vertikaler Richtung gewidmet. Den Abschluß dieses ersten Kapitels bilden die atmosphärischen Störungen. Im zweiten Kapitel folgt das neue Gebiet der Akustik der Atmosphäre von A. WEGENER und im dritten von demselben die Optik der Atmosphäre. Einleitend sind die Erscheinungen der Strahlenbrechung behandelt, sodann die diffuse Reflexion in der wolkenfreien Atmosphäre. Die Lichterscheinungen in Kondensationsprodukten wie Beugungserscheinungen, Regenbogen und Halo-Erscheinungen finden eingehende Würdigung. Daran schließt sich die Physik des Meeres von H. THORADE mit besonderer Hervorhebung der physikalischen Gesichtspunkte in neuartiger Darstellung. Weiter folgt die Physik der Gletscher von H. HESS, in der die mannigfachen neuen Fortschritte der Gletscherforschung niedergelegt sind, die seit dem Erscheinen des bekannten Lehrbuchs dieses Verfassers erzielt sind. Die folgenden drei Kapitel behandeln die in vielfacher Wechselbeziehung zueinander stehenden elektromagnetischen Erscheinungen der Erde. Zuerst schildert A. NIPPOLDT den heutigen Stand der erdmagnetischen Forschung. Dann bringt ANGENHEISTER einen Überblick über die in jüngster Zeit so rasch entwickelte Polarlichtforschung (Vorwort), die mit der Theorie des Polarlichts und den Forschungsergebnissen von VEGARD u. a. abschließt. Eine eingehende Behandlung fand ihrer Bedeutung entsprechend die Luftelektrizität durch BENNDORF und V. F. HESS mit ihren in neuerer Zeit stark angewachsenen Ergebnissen. Da reihen sich aneinander die Leitfähigkeit der Atmosphäre, die Ionisatoren der Atmosphäre, die ionenverrichtenden Vorgänge, die Ionisierungsbilanz der Atmosphäre, das normale ungestörte und das gestörte Erdfeld und schließ-

lich die elektrischen Ströme in der Atmosphäre. Das Schlußkapitel, das die Mechanik und Thermodynamik des Erdkörpers ausführlich bearbeitet, entstammt in einigen Teilen noch der Feder des verstorbenen WIECHERT. In dem größten Teil aber hat B. GUTENBERG den heutigen Stand der Forschung im Bereich der engeren Geophysik — Entwicklung der Erde, Schwerkraft, Geoid, Bewegungen der Erdachse und Polwanderungen, Gezeiten des Erdkörpers, Erdbeben, Geodäsie, Gestalt und Dichte der Erde und Druck in ihrem Innern — entwickelt und dabei ganz besonders auch die reichen neueren Ergebnisse der Erdbebenkunde mit einbezogen. Ein Namen- und Sachregister beschließt diesen starken, inhaltreichen Teilband. Wie schon aus dieser kurzen Inhaltsübersicht hervorgeht, enthält er all das, was dem eigentlichen Schulphysiker oftmals ebensowenig geläufig ist wie dem physikalisch nicht so interessierten Schulgeographen. Aber gerade darum ist das Buch für beide Fächer um so wertvoller. Sein Studium kann beiden Kategorien dringend empfohlen werden. *A. Wenzel.*

Der Unterricht in Physik. Von K. FRIEDRICH MÜLLER. Karlsruhe 1928, G. Braun. RM 3.75.

Das Buch bringt zusammenhängende Kapitel von bildendem Wert, die z. B. die Technik als den Grundpfeiler der materiellen Kultur zeigen. Eingehend werden zwei Gebiete behandelt: die Maxwell'schen Gleichungen und die freien Schwingungen in mechanischen, akustischen und elektrischen Kreisen.

Zur Ableitung der Gesetze werden ballistische Methoden verwandt; ihre Vorzüge vor den bisher meistens benutzten Messungen werden hervorgehoben. Von mechanischen Modellen für elektrische Vorgänge wird reichlich Gebrauch gemacht. Eingefügte Tabellen lassen die Analogien der Gesetze der Elektrizität zu denen der Mechanik erkennen; diese Zusammenstellungen, z. B. der Gleichungen für die verschiedenen Pendel und den Thomsonschen Schwingungskreis, erleichtern den Überblick über den Zusammenhang der verschiedenen Gebiete und die Einprägung der Gleichungen.

Die Aufnahme einer reichlicheren Anzahl guter Abbildungen würde den Wert des Buches erhöhen; die Erklärungen zum Flüssigkeitskondensator sind unzureichend.

Das Buch bietet viel Bemerkenswertes und verdient weiteste Beachtung. *H. S., Frkf. a. M.*

Vorlesungen über Elektrizität. Von Prof. Dr. Ing. A. EICHENWALD. Berlin 1928, Julius Springer. VIII, 664 Seiten, 640 Abbildungen. RM 36.—; geb. RM 37.50.

Dieses Lehrbuch über die Elektrizität erscheint zum ersten Mal in völlig umgearbeiteter deutscher Auflage, nachdem 5 Auflagen in russischer Sprache vorangegangen sind. Aus Experimentalvorlesungen entstanden, soll das Buch eine Einführung in die Elektrizitätslehre geben, eine Übersicht über ihre mannigfaltigen Gebiete gestatten und zu weiterem Studium anregen. Der Aufbau ist klar und übersichtlich: Der 1. Teil, der

wichtigste, beansprucht fast die Hälfte des Raumes, er führt von den einfachsten uralten Experimenten allmählich bis an die Grenze der modernen Relativitätstheorie; der 2. Teil beschreibt die Erscheinungen, die auf dem atomistischen Bau der Elektrizität beruhen, wie Elektrolyse, Gasentladungen und Radioaktivität; der 3. Teil behandelt die periodischen elektrischen Bewegungen, Wechselstrom, elektrische Schwingungen und Wellen. Die Entwicklung des Stoffes ist durchaus von den Vorstellungen der FARADAY-MAXWELLSchen Theorie beherrscht; die Darstellung geht stark auf das Experimentelle ein und wird unterstützt durch recht gute Abbildungen auch neuester Apparaturen. Leicht verständlich und klar geschrieben, eignet sich das Buch ausgezeichnet für das Selbststudium; ganz vom modernsten Standpunkt überarbeitet, führt es weit in die moderne Elektronentheorie hinein. Das Kapitel über die elektromagnetische Atomstrahlung geht neben der H- und α -Strahlung auch auf die optischen Erscheinungen ein, die ihre Erklärung in elektromagnetischen Vorgängen finden (Zeemann-, Stark-, Kerreffekt). Auch die Röntgenspektroskopie ist in den Grundzügen mitgeteilt und ein Abriss der Quantentheorie mit den Experimentaluntersuchungen von MILLIKAN und RUTHERFORD und der BOHR'schen Atomtheorie gegeben. So vermittelt das Buch uns ein fast einheitliches „elektromagnetisches Weltbild“.

Man kann dem gut ausgestatteten Band wegen seines reichen Inhalts und der recht ansprechenden Darstellung nur eine recht weite Verbreitung wünschen. Der fortgeschrittene Schüler und der Student wird mit größtem Nutzen dazu greifen; er ist zur Anschaffung für Unterrichtsbüchereien sehr zu empfehlen. *Nickel.*

Elektronen- und Ionenröhren. Von FERDINAND SCHEMINSKY-Wien. Abt. III (Physikalisch-chemische Methoden). Teil A, Heft 6 des Handbuches der biologischen Arbeitsmethoden, herausgegeben von Geh. Rat Prof. Dr. E. ABDERHALDEN. Wien und Berlin 1928, Urban und Schwarzenberg. 441 Seiten, 239 Abbildungen. Geh. RM 25.—.

Der vorliegende Band, der als ein Teil des groß angelegten Handbuches der biologischen Arbeitsmethoden erscheint, stellt sich als eine sehr klar geschriebene und eingehende Übersicht über die Eigenschaften und die Methoden der Anwendung der Elektronen- und Ionenröhre dar, die durchaus den neuesten Stand der Forschung berücksichtigt. Die spezielle Verwendung der Röhre zur Verstärkung bioelektrischer Ströme, akustischer Energieformen und die Registrierung von Lichterscheinungen bildet nur einen kleinen Ausschnitt der umfassenden, gründlichen Arbeit, in der neben der Darstellung der Eigenschaften der verschiedensten Röhrenarten die mannigfaltige Anwendung der Elektronenröhre als Gleich- und Wechselstromverstärker, als Meßinstrument, als Schwingungserzeuger eine eingehende Behandlung findet. Die verschiedensten Schaltungen werden hinsichtlich ihrer Schwierigkeiten und der nötigen Hilfseinrichtung bis ins einzelne besprochen. Das

Buch ist glänzend geeignet zur Einführung in das Verständnis der Wirkungsweise der Röhre wie auch, wegen seines reichen Inhaltes, als Handbuch für den praktisch arbeitenden Physiker und Biologen, der genaue Auskunft und Anleitung über die Eigenheiten der vielen Versuchs- und Meßanordnungen und der erforderlichen Hilfsmittel braucht. Wer sich mit der Verstärkung von Photo- und Ionenströmen, den Elementarstrahlen, Herztonen und bioelektrischen Strömen, oder mit ultramikrometrischen Messungen beschäftigen will, wird mit Nutzen zu diesem Buch greifen. Der Verfasser ist offenbar selbst ausgedehnt praktisch tätig gewesen, um alle Schwierigkeiten der Apparaturen und die Wege zu ihrer Umgehung und Behebung so genau kennen zu lernen. Das Werk verbindet wissenschaftliche Tiefe und Gründlichkeit in der Theorie mit gefälliger und bequemer Ausführlichkeit in den praktischen Fragen. Am Schluß des Buches findet sich ein ausführlicher Literaturnachweis zum weiteren Studium von Sonderfragen. Die Aufmerksamkeit der experimentierenden Physiker und Biologen sei nachdrücklich auf diesen vorzüglichen, sehr brauchbaren Band hingelenkt. *Nickel.*

Die Berechnung des Raumbedarfs für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht. Von W. VOLKMANN. (Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, 9. Heft.) 71 Seiten mit 32 Abbildungen. Leipzig, Quelle & Meyer. RM 4.—.

In den Kriegs- und Inflationsjahren ist so mancher Wunsch der Schulen nach Anpassung ihrer Unterrichtsräume an die veränderten Bedürfnisse und nach zeitgemäßer Ausstattung mit naturwissenschaftlichen Lehr- und Übungszimmern unberücksichtigt geblieben, weil andere Aufgaben staatlicher und städtischer Fürsorge dringender erschienen. Auf die Dauer war ein solcher Zustand natürlich nicht erträglich. Endlich mußte auch die Schule wieder zu ihrem Recht kommen, und so ist es nicht erstaunlich, daß in neuester Zeit an vielen Orten Schulbau- und Schulerweiterungspläne erwogen und ausgeführt werden. Welche Schwierigkeiten dann Schulmänner zu überwinden haben, den Baubehörden klar zu machen, welche räumliche Anordnung die zweckmäßigste und wieviel Raum für Klassen- und Sonderunterricht notwendig sei, das erfährt wohl der einzelne, wenn er in die Lage kommt, planen zu dürfen; den besten Überblick darüber erhält aber eine Zentralstelle wie die Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, bei der Anfragen und Bitten um Unterstützung von allen Seiten einlaufen. Wichtiger als die Beratung selbst ist dabei, daß von einer autoritativen Stelle festgestellt wird, welche Ansprüche, die von den Schulen gestellt werden, berechtigt sind und daher unbedingt berücksichtigt werden müssen.

W. VOLKMANN hat sich ein großes Verdienst nicht allein um den naturwissenschaftlichen Unterricht, sondern auch um die Schule ganz allgemein erworben, indem er in einem Heft der

Mitteilungen der preußischen Hauptstelle alle Fragen, die mit Umbau oder Neubau von Schulen, mit Raum- und Platzbedarf, mit Anordnung und Größe der Räume zusammenhängen, mit großer Sachkenntnis erörtert hat. An Bauherren, Architekten und Lehrer wendet sich die Schrift in gleicher Weise. Keine von diesen Stellen sollte Pläne in Erwägung ziehen, bevor sie nicht diese sachlichen, überzeugenden und wirklich nur das unbedingt Notwendige fordernden Ausführungen gründlich studiert hat. Die sachliche und verständige Begründung der Vorschläge, die in dem Buch gemacht werden, bewahrt ganz gewiß die Schullastenträger vor mancher überflüssigen Ausgabe und gibt der Schule Hinweise, wie sie mit den einfachsten Mitteln zu dem kommen kann, was sie für zeitgemäßen Unterricht braucht. In einem einleitenden Abschnitt bespricht VOLKMANN zunächst die Fragen allgemein. Dann gibt er ausgehend von dem Platzbedarf des einzelnen Schülers und der Anordnung der Sitzplätze, aber zugleich bezugnehmend auf das Äußere des Schulhauses und insbesondere die Lage der Fenster an, welche Ausdehnung und Tiefe und Länge für Klassenräume, für Hörsäle und Übungsräume für Physik, Chemie, Biologie und Erdkunde die zweckmäßigste ist. Alles ist auf das äußerste beschränkt, nur das Notwendigste gefordert. Den Ausführungen des Verfassers, der nicht die Mühe gescheut hat, sich überall da, wo Erfahrungen vorlagen, zu erkundigen, kann man daher bedingungslos zustimmen. Der dritte Teil des Buches behandelt schließlich die Raumberechnung für einzelne Schultypen, die großen realistischen oder gymnasialen Doppelanstalten, die kleinen Oberrealschulen und Gymnasien, das große Lyzeum und die Volksschule.

Wenn man bedenkt, daß ein Schulhaus für viele Jahrzehnte gebaut wird und daß es Menschen in der Zeit der Entfaltung ihrer körperlichen und geistigen Kräfte auf engem Raum zu Hunderten täglich vereint, dann kann man nur wünschen, daß ein solches Haus nicht gebaut wird, bevor es gründlich auf seine Zweckmäßigkeit und die Anpassungsfähigkeit an die unaufhaltsam fortschreitende Entwicklung beraten ist. Ich kenne keine Schrift, die in gleicher Weise eindringlich und überzeugend alle beteiligten Kreise dabei beraten könnte wie die vorliegende, in der ein Techniker zum Wort kommt, der die Schulbedürfnisse kennt. *K. Hahn, Hamburg.*

Eduard Duncker. Geschichte seines Wirkens. Von Dr. KARL ALBRECHT. Rathenow 1928, Verlag der Deutschen optischen Wochenschrift. 59 S.

Von EDUARD DUNCKER, dem Sohne des Begründers der Rathenower optischen Industrie, war bisher wenig bekannt. Seine Leistung wurde deshalb ziemlich niedrig eingeschätzt, und fast als einzige bemerkenswerte Tat galt, daß er EMIL BUSCH zu seinem Nachfolger erwählt hatte. Durch einen zufälligen Fund angeregt, hat Verf. planmäßig die sehr zerstreuten Nachrichten über ED. DUNCKER zusammengesucht und kann nun ein ganz anderes Bild von ihm zeichnen.

Das Unternehmen, das E. DUNCKERS Vater gegründet hatte, um armen Leuten und verwaisten Kindern Lebensunterhalt zu verschaffen, war 1806 durch den Austritt des Teilhabers WAGENER in schwere Schulden geraten. Die Kriegszeiten und AUGUST DUNCKERS schwere Erkrankung vermehrten die Not. EDUARD DUNCKER übernahm 1820 im Alter von 23 Jahren eine im Zerfall begriffene Erbschaft. Um sie zu retten, erwarb er das gut gehende Materialwarengeschäft der Witwe Hoppe, aus dem er seinen Lebensunterhalt herauswirtschaftete und noch Zuschüsse in den optischen Betrieb leistete. Die optische Anstalt brachte er durch unermüden Fleiß, eine klug durchdachte Absatzorganisation und Anwendung wirtschaftlicherer Herstellungsmethoden in die Höhe, so daß er 1845 seinem Neffen EML BUSCH ein wirtschaftlich gesundes Unternehmen mit ausgebreiteter fester Kundschaft, geübter Arbeiterschaft und guter Fabrikationseinrichtung übergeben konnte. Gleichzeitig übergab er der Stadt zur Verwaltung eine Stiftung von 20000 Talern, deren Verwendung im Sinne seines Vaters er vorschrieb. *W. Vn.*

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Von Prof. Dr. M. EBELING. 2. Teil: Organische Chemie. 223 Seiten. Berlin 1928. Weidmannsche Buchhandlung. Preis geb. RM 4.80.

Das in 4. Auflage herausgekommene Lehrbuch der organischen Chemie gleicht in seiner Anlage den vorausgegangenen. Es ist wie die meisten einschließlich der für den Universitätsgebrauch geschriebenen Lehrbücher der organischen Chemie aufgebaut, beginnt mit der Besprechung der qualitativen und quantitativen Analyse organischer Verbindungen, den Methoden zur Molekulargewichtsbestimmung, den Isomererscheinungen und bringt dann in üblicher Weise die Verbindungen, eingeteilt in ketten- und ringförmige Kohlenstoffverbindungen. In der Stoffauswahl hat sich der Verfasser die nötige Beschränkung auferlegt. Weniger wichtige und schwierigere Kapitel wie freie organische Radikale oder Alkaloide werden nicht berücksichtigt oder nur kurz gestreift, dagegen im täglichen Leben wichtige organische Verbindungen und ihre Technologie, so Alkohol, Zucker, Stärke, Papier und andere eingehend behandelt. In diesem Punkte ist die Neuauflage weiter ausgebaut worden.

Einen großen Vorteil des Buches sehe ich in der großen Auswahl treffender Versuche, meistens zur Darstellung oder Erkennung organischer Verbindungen, die allerdings wohl meist für den Demonstrationsunterricht durch den Lehrer berechnet sind. Die zahlreichen Abbildungen, besonders die industrieller Anlagen sind gut getroffen und führen in das Wesen der Fabrikation ein. Der technische Teil ist die Stärke des Buches, aber auch der theoretische befriedigt die an ein Schullehrbuch zu stellenden Ansprüche. Auch Beziehungen zu den Nachbarwissenschaften, insbesondere zur Biologie (Hefereinkulturen, Nahrungsmittel u. a. m.), sind reichlich angeknüpft, wogegen die Geschichte der organischen Chemie

gänzlich unberücksichtigt blieb. In den Einzelheiten ist das Buch sorgsam durchgearbeitet, so daß es unbedingt die Aufmerksamkeit der Herren Fachkollegen verdient. *Isberg.*

Kurzes Lehrbuch der Chemie in Natur und Wirtschaft. Von Prof. Dr. phil. und med. CARL OPPENHEIMER, Berlin, und Prof. JOHANN MATULA, Wien. Zweite neubearbeitete Auflage. 1. Band: Allgemeine Chemie von Prof. MATULA, Wien und Anorganische Chemie von Prof. OPPENHEIMER. 2. Band: Organische Chemie von Prof. OPPENHEIMER. Leipzig 1928, G. Thieme. Bd. 1: 566 Seiten. Geh. RM 23.—; geb. RM 26.—. Bd. 2: 471 Seiten. Geh. RM 19.—; geb. RM 22.—.

Das 1923 in erster Auflage erschienene Lehrbuch von OPPENHEIMER-MATULA ist in verändertem Gewande neu herausgekommen, in zwei Bände getrennt, deren erster die allgemeine Chemie und anorganische Chemie enthält, während der zweite die organische Chemie behandelt. Das Buch ist streng systematisch aufgebaut, dennoch keine trockene Sammlung von Tatsachen. Die beiden Grundpfeiler des Werkes bilden die Beziehungen der Chemie einmal zu den Naturvorgängen, besonders den biologischen, und zum anderen zur Technik. So sind die deskriptive Biochemie, Physiologie und Pharmakologie der Stoffe, ihre technologische Herstellung, Verwendung und wirtschaftliche Bedeutung ausführlicher behandelt, als in anderen mir bekannten Lehrbüchern, ja in der Aufzählung der Naturstoffe geht der Verfasser sogar reichlich weit. Er begründet das allerdings damit, zeigen zu wollen, wo die Grenzen der Chemie liegen und ein weites Feld noch der Bearbeitung harret. Bedauerlich für den Schulmann ist es, daß, wie der Verfasser selbst sagt, „so gut wie alles Methodische und Analytische fehlt“. Wir sind im Laufe der Zeit vom systematischen Aufbau des Unterrichts mehr und mehr abgekommen, auch die analytische Chemie ist für uns kein selbständiges Gebiet im Unterricht und in den Schülerübungen und muß daher im Lehrbuch Berücksichtigung finden. Der erste Teil des ersten Bandes (S. 1 bis 258) ist eine Einführung in die allgemeine Chemie, in der neben Elementen, Atomen und Molekülen, Konstitution usw. die wichtigsten Gegenstände der physikalischen Chemie behandelt werden. Der zweite Teil (S. 261 bis 550) bringt dann nach einer kurzen Einleitung die anorganische Chemie, die in Metalloide und Metalle eingeteilt ist.

Der zweite Band über organische Chemie ist gleichfalls in einen allgemeinen und einen speziellen Teil gegliedert. Nach einer Darstellung des Begriffs und der Zusammensetzung organischer Verbindungen, sowie der Eigenschaften des Kohlenstoffatoms, wird die Kettenbildung und der ringförmige Aufbau als Ursache für die große Zahl der Kohlenstoffverbindungen besprochen, eine Übersicht über die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie gegeben, die Konstitutions- und Isomererscheinungen erläutert und schließlich versucht, Zusammenhänge zwischen der chemischen Konstitution und den

Eigenschaften aufzudecken. Der spezielle Teil ist dann in üblicher Weise eingeteilt.

Hervorzuheben ist, daß der Verfasser sich überall bemüht hat, dem Geschichtlichen zu seinem Recht zu verhelfen. Der Stoff ist im Umfang jeweils seiner Bedeutung entsprechend behandelt, kümmerlich sind dagegen die Abbildungen, von denen der erste Band 65, der zweite gar nur 7 enthält, die noch nicht einmal alle gut sind.

Die Neuauflage hat sich dem heutigen Stand der Wissenschaft angepaßt. So ist das Kapitel über Kohle und Erdöl neu bearbeitet, die Theorie der Elektrolyte, der Atombau und die Valenztheorie, sowie die Werner-Pfeifferschen Anschauungen u. a. m. in modernstem Gewande behandelt. Auch die neue Auflage wird ihren Weg gehen und von Lehrern, Studenten, Chemikern und vor allem auch Biologen und Pharmazeuten mit Vorteil benutzt werden können. *Isberg.*

Chemie der Kohlenstoffverbindungen oder Organische Chemie. Von RICHTER-ANSCHÜTZ. 12. Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. R. ANSCHÜTZ. Leipzig 1928. Akademische Verlagsgesellschaft. 1. Band: Aliphatische Verbindungen, bearbeitet von Dr. Fr. REINDEL. 882 Seiten. Brosch. RM. 57.—; geb. RM 59.—.

Die letzte Auflage der bekannten „Organischen Chemie“ von RICHTER ist im Jahre 1909 in Bonn erschienen und hat, wie mehrere Neudrucke beweisen, eine starke Verbreitung gefunden. Nach einer Zeitspanne von 19 Jahren war eine Neubearbeitung unbedingt notwendig, um die neueren Forschungsergebnisse in das Werk aufzunehmen. So finden wir denn überall moderne Methoden, Begriffe und Arbeitshypothesen, jedoch in so knapper Form, daß der Umfang des ersten Bandes nur um 90 Seiten erweitert zu werden brauchte.

In der Einleitung (S. 1 bis 100) werden die allgemeinen Fragen der organischen Chemie entwickelt, so die Zusammensetzung der Kohlenstoffverbindungen, die Bestimmung der chemischen Molekularformel, die Konstitution, die Nomenklatur, die physikalischen Eigenschaften der organischen Verbindungen u. a. m. Der spezielle Teil (S. 101 bis 836) behandelt in stark systematischem Aufbau das gesamte Gebiet der aliphatischen Verbindungen so eingehend, daß er dem Lehrer, dem Studenten, Biologen, Pharmazeuten, Mediziner und selbst dem Chemiker, der Spezialstudien treibt, kaum eine Antwort schuldig bleibt. Von allen aufgeführten Verbindungen werden die wesentlichen Bildungsweisen und ihre Eigenschaften behandelt, bei den wichtigeren zugleich ihre Geschichte, der Nachweis ihrer Konstitution, ihre Erkennungsreaktionen, die Prüfung auf die verbreitetsten Verunreinigungen dieser Verbindungen und die hauptsächlichsten Derivate besprochen. Dagegen bleibt die organische Großindustrie und ihre wirtschaftliche Bedeutung, sowie die pharmakologische Wirkung der organischen Verbindungen gänzlich unberücksichtigt. Eine kurze zusammenhängende Be-

sprechung der wichtigsten Arbeitmethoden der organischen Chemie hätte unbedingt eine Bereicherung des Buches bedeutet.

Zu einem wertvollen Nachschlagewerk, das in keiner Lehrerbücherei der höheren Lehranstalten fehlen sollte, wird der RICHTER-ANSCHÜTZ vor allem dadurch, daß alle seine Angaben stets durch die Aufführung der Originalliteratur belegt werden und dadurch im Sonderfall das Zurückgreifen auf diese wesentlich erleichtert wird. Vor größeren Handbüchern wie etwa MEYER-JAKOBSEN, BEILSTEIN u. a. hat dies Werk den großen Vorteil der erheblich geringeren Anschaffungskosten. *Isberg.*

Quantitative chemische Versuche. Übungen für den Gebrauch an Hochschulen und höheren Lehranstalten. Von Prof. Dr. P. RISCHBIETH. 155 Seiten mit 19 Abbildungen und 3 Tafeln. Hamburg 1928, Boysen & Maasch. Preis geb. RM 6.25.

Die Zusammenstellung der zahlreichen meist in dieser Zeitschrift veröffentlichten quantitativen Versuche von P. RISCHBIETH in einem handlichen Büchlein kann des Interesses aller Fachlehrer sicher sein. RISCHBIETH pflegt seit Jahrzehnten das Gebiet der gasvolumetrischen Versuche und hat es darin zu einer erstaunlichen Gewandtheit gebracht. Die Gasbürette hat er durch seine hübschen Vereinfachungen bekannter gasvolumetrischer Versuche und durch Ausarbeitung neuer Versuchsanordnungen zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für den chemischen Schulunterricht gemacht. Neben den gasvolumetrischen Versuchen finden wir in der Anleitung auch maß- und gewichtsanalytische, die nach des Verfassers Angaben in einer Übungsdoppelstunde ausführbar sind. Aus der Fülle der beschriebenen Versuche wird sich der Fachlehrer der Chemie leicht eine hinreichende Zahl für Demonstration und Schülerübungen aussuchen können, so daß es wenig bedeutet, wenn einzelne nicht jedem Lehrer mit der Sicherheit gelingen, daß er sie den Schülern vorführen oder gar von den Schülern ausführen lassen könnte. Dahin gehören die Versuche über das Wassergasgleichgewicht, die vollständige Analyse des Stickstoffoxyduls u. a. Auch, daß bei allen mit Wägungen verbundenen Versuchen mg gewogen werden müssen, weil mit der Gasbürette nur Gasmengen bis 100 ccm gemessen werden können, schränkt die Verwendbarkeit solcher Versuche für die Schülerübungen etwas ein, weil es nur vereinzelt Schulen geben dürfte, die eine hinreichende Zahl von Analysenwaagen mit der erforderlichen Empfindlichkeit zur Verfügung haben.

Sehr zu begrüßen wäre es, im Sinne des vom Verfasser im Vorwort geäußerten Vorschlages, wenn die Lehramtsstudierenden der Chemie neben ihren analytischen und präparativen Arbeiten auch einige von den gasvolumetrischen Versuchen aus dem RISCHBIETHschen Werkchen ausführten; dabei könnten sie, ohne Beeinträchtigung der Wissenschaftlichkeit ihrer Ausbildung, ihre Fähig-

keit im Experimentieren in ausgezeichneter und vom Standpunkte der Schule sehr erwünschter Weise vervollkommen.

Der vortrefflichen Anleitung zur Ausführung quantitativer Versuche sei weiteste Verbreitung gewünscht.

Dm.

Physikalisch-chemische Übungen. Von Prof. Dr. W. A. ROTH. Vierte vermehrte und verbesserte Auflage, 316 Seiten mit 71 Abbildungen. Leipzig 1928, Leopold Voß. Preis geb. RM 15.—.

Die früheren Auflagen der bekannten physikalisch-chemischen Übungen von W. A. ROTH, die an zahlreichen Hochschulen der Einführung in die physikalisch-chemischen Arbeitmethoden zugrunde gelegt werden, sind in dieser Zeitschrift besprochen worden. Die neue Auflage der ausgezeichneten Anleitung hat dem Fortschritt der Wissenschaft entsprechende Erweiterungen erfahren und ist besonders in den Abschnitten Thermochemie und Elektrochemie stark umgearbeitet worden. Zahlreiche qualitative und einfache messende Versuche und Arbeitsvorschriften daraus können im chemischen Unterricht an höheren Schulen Verwendung finden. — Ein ganz besonderer Vorzug des Buches besteht darin, daß es Versuch und Theorie sehr geschickt miteinander verbindet, so daß es gewissermaßen ein kleines Lehrbuch der physikalischen Chemie darstellt. Zum Vorteil reichen der Anleitung auch die ausgeführten Rechenbeispiele, die sich an viele Aufgaben anschließen, und die maßvolle Beschränkung auf die wirklich grundlegenden Aufgaben aus der physikalischen Chemie. *Dm.*

Komplexechemie. Einführung in die Chemie der komplexen Verbindungen. Von Prof. Dr. L. DEDE. (Sammlung Götschen Nr. 981.) Berlin u. Leipzig 1928, Walter de Gruyter & Co. Preis geb. RM 1.50.

Die Chemie der komplexen Verbindungen hat seit der Begründung der Koordinationslehre von WERNER so wesentliche Fortschritte gemacht, daß eine Darstellung dieses Gebietes nach dem heutigen Stande der Forschung aus berufener Feder in einem kleinen Götschenbändchen um so mehr Interesse begegnen dürfte, als das Studium der grundlegenden Originalliteratur wie auch der größeren Einzeldarstellungen von WERNER, WEINLAND, PFEIFFER u. a. sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, die nicht jedem zur Verfügung steht, der sich schnell über die Hauptfragen orientieren will.

Nach einer Einführung in die WERNERsche Koordinationslehre, die Theorie von KOSSEL und MAGNUS und in die Nomenklatur der Komplexverbindungen werden deren Hauptgruppen, nämlich Anlagerungsverbindungen, Einlagerungsverbindungen und innere Metallkomplexsalze an gut gewählten Beispielen beschrieben und in ihrem Aufbau erklärt. *Dm.*

Technische Gase, ihre Herstellung und ihre Verwendung. Von FRANZ MUHLERT und KURT DREWS. 416 Seiten mit 196 Abbildungen im Text

und auf 4 Tafeln. Leipzig 1928, S. Hirzel. Preis geh. RM 22.—; geb. RM 24.—.

Das Buch erscheint als Band IX der Sammlung Chemie und Technik der Gegenwart. Es will einen „Überblick über das große Gebiet der technischen Gase geben und den Zusammenhang der verschiedenen Gasindustrien unter sich und mit anderen chemischen und metallurgischen Industrien schildern“. Bei der großen Bedeutung, die Reaktionen zwischen Gasen schon heute in der synthetischen Industrie haben und in Zukunft sicher erst recht haben werden, eine lohnende Aufgabe.

Der erste Teil des Buches schildert zunächst die Gewinnung technisch wichtiger Einzelgase, Kohlendioxyd, Kohlenmonoxyd, Wasserstoff, Acetylen u. a. m., deren Verdichtung und Verflüssigung sowie ihre Anwendung in der Kältetechnik. Es folgt dann ein ausführlicher Abschnitt über die technischen Brenngase aus festen Brennstoffen, wie sie durch Entgasung oder durch Vergasung dieser Rohstoffe gewonnen werden. Die technischen Einrichtungen der Verfahren werden durch eine große Zahl guter Abbildungen und Zeichnungen erläutert und auf eine Reihe von Verfahren hingewiesen, die sich noch im Versuchsstadium befinden — Vergasung mit elektrischer Beheizung und Vergasung mit Sauerstoff oder mit sauerstoffreicher Luft. Der zweite Teil des Buches bringt dann die weitere Behandlung der Gase, ihre Fortleitung und Bewegung, Kühlung, Reinigung, Messung und Aufbewahrung, und erörtert ausführlich die Probleme, die mit der Ferngasversorgung zusammenhängen. Eine zusammenfassende Statistik über „das Gas in der Brennstoffwirtschaft“ bildet den Schluß des Buches. Wer eine gediegene und ausführlichere Einführung in das interessante Gebiet der technischen Gase sucht, sei auf das vorliegende Werk aufmerksam gemacht. *Große Kreul.*

Chemische Technologie und ihre chemischen Grundlagen in leichtfaßlicher Form. Von Dr. OTTO LANGE. Zum Selbststudium für Nichtchemiker, ein Nachschlagewerk für den Fachgenossen. 737 Seiten. Mit 277 Abbildungen im Text. Leipzig 1927, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Geb. RM 48.—.

Das Buch setzt nur die elementaren chemischen und physikalischen Kenntnisse voraus, wie sie der akademisch gebildete Nichtchemiker von der Schule mitbringen sollte. Darauf ist schon bei der Anordnung des Stoffes Rücksicht genommen, der in folgende Hauptabschnitte zerfällt: Wasser, Luft, Kohlenstoff, Phosphor und Schwefel, Metalle und Minerale. Wenn man erfährt, daß das Sachregister rund 3600 Stichworte umfaßt, kann man sich von der erstaunlichen Reichhaltigkeit des Werkes eine Vorstellung machen. Dem Verfasser ist es trotz dieser Stofffülle gelungen, der Gefahr einer zusammenhanglosen Aneinanderreihung von Beschreibungen und Aufzählungen zu entgehen; er hat es mit seltenem Geschick verstanden, ein Werk zu schaffen, das wie kein anderes dem gebildeten Laien den Blick öffnet für die chemischen Zusammenhänge, für die Bedeutung der chemi-

schen Rohstoffe und ihrer Wandlungen in Industrie und Wirtschaft, und das gleichzeitig ein so vollkommenes Nachschlagebuch darstellt. Überall ist das Grundlegende der chemischen Vorgänge und der technischen Verfahren kurz und doch vollständig, klar und anschaulich beschrieben, so daß die Darstellungen des Verfassers vielfach als mustergültig für die schulmäßige Darbietung technischer Prozesse dienen können. Die sehr zahlreichen, von allem Beiwerk befreiten, nur das Wesentliche bietenden Zeichnungen sind gleichfalls vorbildlich in ihrer Art.

Eine kleine Auswahl von Stichworten mag andeuten, was der Leser unter vielem anderem alles in diesem Werke findet: Kontaktsalpetersäure, Haber-Bosch-Verfahren, Kohleverflüssigungsverfahren von BERGIUS und FISCHER, künstlicher Graphit, synthetische Essigsäure, Urteer, Indanthrenfarbstoffe, Milch und Milcherzeugnisse, Fetthärtung, Seifenbereitung, Gewürze, Baumwolle, Färberei, Feuerwerkerei, Feuerlöschmittel, Alkalichloridelektrolyse, Zement, Erzaufbereitung, Erzverhüttung. Ein besonderer Vorzug des Buches besteht darin, daß man sich schnell und ausreichend auch über zahlreiche Rohstoffe und Erzeugnisse der chemisch-technischen Industrie unterrichten kann, über die der Lehrer der Chemie auf der Hochschule meist wenig oder gar nichts erfährt, die aber als Gegenstände des täglichen Gebrauches die Schüler vielfach stark interessieren und sie zu Fragen an den Lehrer anregen. So erhält man aus dem Werke u. a. Auskunft über Montanwachs, Carnaubawachs, über Tinten, z. B. Schreibtinte, Kopiertinte, Wäschesigniertinte, Schreibbandfarben und feste Tinten, über Salben, Puder, Haarpflegemittel, Mundwasser usw.

Den chemischen Handbüchereien höherer Schulen sei das Buch als ausgezeichnetes Nachschlagewerk bestens empfohlen. *Dm.*

Chemische Laboratorien, ihre neuzeitliche Einrichtung und Leitung. Von Prof. Dr. A. BEHRE. 113 Seiten. Mit 33 Plänen und Tafeln. Leipzig 1928, Akademische Verlagsanstalt m. b. H. Geb. RM 6.—.

Für die Einrichtung von chemischen Laboratorien in Fabriken und Untersuchungsämtern fehlte es bisher an einem Buche, das die bisherigen Erfahrungen zusammenstellt und auf praktische Neuerungen aufmerksam macht. Der Verfasser, der das chemische Untersuchungsamt der Stadt Altona leitet, hat sich dieser Aufgabe mit Geschick unterzogen und zu-

gleich die Unterrichts- und Forschungslaboratorien in seine Darstellungen mit aufgenommen. Da er sich an vollausgebildete Chemiker wendet, war die Beschreibung von allgemein benutzten Gerätschaften wie Glasgeräten, Brennern, Thermometern, Aräometern usw. nicht erforderlich.

Der erste und wichtigste Teil des Buches behandelt das Gebäude und seine baulichen Einrichtungen. Hier wird vor allem darauf hingewiesen, daß schon bei der Planung neuer Gebäude geachtet werden muß auf zweckmäßige Anordnung der Räume hinsichtlich der Licht-, Luft- und Windverhältnisse, auf richtigen Einbau der Entlüftungsanlagen, der Gas-, Wasser- und Abwasserleitungen, auf geeigneten Fußbodenbelag, Wand- und Möbelanstrich usw. Ausführlicher werden auch die elektrischen Anlagen, der Waagenraum, der Stinkraum, der Kühlraum und die Räume für physikalisch-chemische Arbeiten sowie die Ställe für Versuchstiere beschrieben. Die Sicherungseinrichtungen für Leben und Gesundheit, gegen Einbruch und Diebstahl, gegen Feuer und Explosionen werden kurz und treffend dargestellt.

Der zweite Hauptteil des Buches enthält die Beschreibung und Behandlung der Laboratoriumseinrichtungen im besonderen, nämlich der Arbeitstische, der Schränke, der Glasgeräte, der Chemikalien und Gifte sowie des Platins und seines Ersatzes. Am Schlusse dieses Abschnittes wird eine beachtenswerte Laboratoriumsordnung für ein Untersuchungsamt als Beispiel mitgeteilt.

Eine große Zahl von Plänen einzelner Laboratoriumsräume und ganzer Laboratorien an Hochschulen, Untersuchungsämtern und Forschungsstätten, dazu zwölf ausgezeichnete photographische Reproduktionen von Innenansichten aus Laboratorien — vom alchemistischen Laboratorium des Deutschen Museums an, über LIEBIGS berühmtes Laboratorium in Gießen, bis zu den modernen Laboratorien der Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. und der Firma Siemens und Halske — dienen zur Veranschaulichung des Buchtextes.

Wenn das Buch auch auf die chemischen Laboratorien höherer Schulen nicht zugeschnitten ist, so kann es bei Neubauten höherer Schulen und bei der Einrichtung ihrer Chemieräume doch viele wertvolle Ratschläge erteilen; auch für bestehende Laboratoriumseinrichtungen sind zahlreiche Vorschläge zur Verbesserung alter und zur Einführung neuer Hilfsmittel daraus zu entnehmen. *Dm.*

Vereine und Versammlungen.

Bericht über die 31. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Breslau (2. bis 6. April 1929).

Am Abend des 2. April fand eine feierliche Begrüßung der Teilnehmer in der ehrwürdigen

Aula Leopoldina der Universität statt durch den Vorsitzenden der Breslauer Ortsgruppe, Oberstudienrat Dr. PYRKOSCH, durch die Vertreter des preußischen Ministeriums für Kunst, Wissenschaft und Volksbildung, der Universität und Technischen Hochschule, wie auch durch das Provinzialschul-

kollegium und die Philologen- und Philologinnenverbände.

Am Morgen des 3. April wurde durch Studienrat Dr. JAECKEL im Vestibül der Technischen Hochschule eine reichhaltige Lehrmittel- und Bücher-Ausstellung eröffnet. Die allgemeine Sitzung in der Aula der Technischen Hochschule begann mit einem Vortrage von Professor WÄETZMANN über „Gehör und Stimme“. Der Vortragende gab einen Überblick über die Ergebnisse moderner Klanganalyse und behandelte kritisch die Resonanz- und Schallbilder-Theorie. Im folgenden Vortrag sprach Prof. HOFMANN, Direktor des Kaiser Wilhelm-Instituts für Kohleforschung, über „Technische Probleme der organischen Chemie“. An einer Reihe von Beispielen zeigte er die Gegenwarts- und Zukunftsaufgaben der organischen Technik. Das anfängliche Problem der Gewinnung von Stoffen aus Rohprodukten (Krapprot, Alizarin, Zucker usw.) ist durch die künstliche Synthese (Indigo, Kautschuk, Benzin usw.) ersetzt. Auf die Bedeutung der Katalysatoren in der modernen Industrie wurde hingewiesen. Die Schädlingsbekämpfung, Chemotherapie, Ernährungs- und Lichtchemie wurden behandelt. Ganz besonders wies der Redner immer wieder auf die erziehlichen Aufgaben der Naturwissenschaften hin. Die Schüler sollen reif und frei zur schöpferischen Tat gemacht werden. Sie müssen Probleme sehen lernen und zugleich die Erkenntnis erfahren, daß vor allem festes Ausharren in Durchführung der Aufgaben, auch bei Fehlschlägen, unbedingt notwendig ist.

Dann begann die Behandlung des ersten schulpolitischen Themas „Ausbildung der Referendare“. Im Herbst 1928 hatte der Verein eine Rundfrage veranstaltet. Das umfangreiche eingegangene Material ist von Studiendirektor Dr. GEORG WOLFF-Hannover bearbeitet worden, der darüber berichtete. Vor 12 Jahren wurde die Ausbildung der Referendare neu geordnet. Aber schon 1922 begann im Rheinland eine Zentralisationsbewegung für die Assessorenprüfung, und 1924 wurde das heute noch bestehende Prüfungsamt amtlich eingesetzt. Die Ausbildung erfolgt im ersten Jahre im gemischten Seminar, im zweiten in einem Bezirksseminar. Inzwischen sind auch andere Provinzen auf diesem Wege gefolgt. In diesem Sinne wird allgemein ein Studienamt gefordert, in welchem hauptamtlich Lehrkräfte für eine straffe und gut organisierte Ausbildung tätig sind. Ein eigenes Gebäude mit Werkstätten, Bibliotheken, Lehrmitteln und Muster-Sammlung ist erwünscht, um den Referendaren außer der allgemein üblichen Ausbildung auch eine solche im Experimentieren und in der Werkstatt zuteil werden zu lassen. Auf bereits bestehende Einrichtungen in Bayern, Württemberg und Hamburg wird hingewiesen. Aber auch die Hochschule soll neben der rein wissenschaftlichen Ausbildung mehr Rücksicht in den Vorlesungen und Übungen auf den späteren Beruf nehmen. Nach lebhafter Aussprache wurde einstimmig folgende Entschließung angenommen:

„Die Versammlung hält es für dringend erforderlich, daß

1. die Vorlesungen und Übungen an den Hochschulen unbeschadet ihres wissenschaftlichen Charakters mehr als bisher auf den späteren Beruf ihrer Studenten eingestellt werden, und daß die Hochschullehrer deshalb enge Fühlung mit dem Geist und mit dem Unterricht aller Arten von höheren Schulen suchen,

2. Landesstudienämter (in Preußen Provinzialstudienämter) unter hauptamtlicher Leitung mit eigenen Räumen, mit ausreichenden Lehrmitteln und mit einem ausgesuchten Lehrkörper gegründet werden,

3. der Staat sich nicht mehr mit der bisherigen Form der Ausbildung der Referendare begnügt, sondern ausreichend Geldmittel für diese bedeutungsvollen Lehrstätten der Erziehung und des Unterrichts zur Verfügung stellt, damit eine systematische und allseitige Heranbildung von tüchtigen Lehrern unter Anlehnung an die höheren Schulen erfolgen kann,

4. in der Assessorenprüfung jeweilig ein Fachprüfungsamt prüft, dessen Vorsitz ein Fachoberschulrat hat.“

In einer weiteren Entschließung nahm der Verein Stellung gegen jeden behördlichen Versuch, die Ausbildung der Studienräte an die Pädagogischen Akademien zu verlegen:

„Die 31. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts lehnt jeden Versuch ab, zugunsten einer Vereinheitlichung des Lehrstandes die wissenschaftliche Ausbildung herabzusetzen. Das Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften ist von Anfang an an die Universitäten und Technischen Hochschulen gebunden, die allein über die nötigen wissenschaftlichen Lehrkräfte und die erforderlichen Einrichtungen für die experimentellen und theoretischen Forschungsmethoden verfügen. Auch in der Pädagogik kann nur die Hochschule eine wissenschaftliche Ausbildung gewährleisten. Eine didaktische und methodische Ausbildung vor dem Studium verkennt den Charakter des wissenschaftlichen Unterrichts und kann die Ausbildung nach dem Studium nicht ersetzen.“

Am Nachmittag fanden gleichzeitig eine mathematische und eine chemische Fachsitzung statt. Prof. KNESER sprach im Anschluß an Arbeiten von MÖBIUS, DEHN und H. VOGT über Begriffe des Flächen- und Rauminhalts und zeigte die Möglichkeit, die Lehre vom Rauminhalt der Polyeder ohne Benutzung unendlicher Prozesse aufzubauen. Prof. SCHMIDLER von der Technischen Hochschule sprach über „Neuere Grundlagenforschungen der Mathematik“. Er ging von den Paradoxien der Mengenlehre und den finitistisch-intuitionistischen Theorien KRONECKERS, BROUWERS und WEYLS aus, zeigte die Zerstörung des Gebäudes der klassischen Analysis und legte als Ausweg die axiomatisch-formalistische Theorie HILBERTS dar. Studienrat Dr. JAECKEL sprach über das Thema „Zur Behandlung der höheren ebenen

Kurven im Rahmen der neuen Richtlinien“ aus seinen Erfahrungen im Unterricht. Oberstudienrat Dr. WITTING-Dresden zeigte in seinen Ausführungen „Die mathematische Behandlung eines vermuteten Druckfehlers“ an einem speziellen Beispiel über die Möglichkeit der Konstruktion eines Sehnenvierecks, wie man in analytischer Methode solche Dinge allgemein behandeln kann. — In der chemischen Abteilung sprach Prof. BILTZ über „Chemie im Schulunterricht mit Vorführungen“. Prof. EUCKEN gab eine Übersicht über die auf Grund der Elektronen-Theorie der Materie erklärbaren Erfahrungstatsachen in dem Vortrage „Über das periodische System der Elemente vom Standpunkt der heutigen Atomphysik.“ Daran schloß sich Prof. SUHRMANN mit „Neuzeitlichen Problemen der physikalisch-chemischen Strahlenbiologie“.

Am Abend waren die Teilnehmer vom Magistrat der Stadt Breslau in den festlich geschmückten Remter des Rathauses zu einem Festmahl geladen.

Am 4. April fand um 8 Uhr eine rein geschäftliche Sitzung in der Technischen Hochschule statt, in welcher Würzburg als Tagungsort für 1930 bestimmt wurde. In der folgenden allgemeinen Sitzung wandte man sich von 9 bis 13 Uhr dem zweiten schulpolitischen Thema zu. Auf Grund einer Rundfrage des Vereins über die gegenwärtige Lage des Unterrichts in Physik, Chemie und Biologie an den höheren Schulen gaben einen Bericht für Physik GÜNTHER-Dresden, für Biologie DEPDOLLA-Berlin, über Chemie DOERMER-Hamburg. Die Referate und die sehr ausführliche Diskussion deckten die derzeitige mißliche Lage des naturwissenschaftlichen Unterrichtes auf den verschiedenen höheren Lehranstalten auf. Der Verein nahm einstimmig dazu Stellung in folgender Entschliebung:

1. An allen Schulen, an denen der naturwissenschaftliche Unterricht zeitweise Unterbrechungen erleidet, wird er dadurch in seiner erziehlischen und bildenden Wirkung auf das schwerste beeinträchtigt.

2. Die ernstesten Schädigungen erfährt durch diese Unterbrechungen der naturwissenschaftliche Unterricht am Reform-Realgymnasium, an der realgymnasialen Studienanstalt und am Oberlyzeum. Die Unterbrechungen des Unterrichtes sind somit unter allen Umständen zu beseitigen.

3. An der preußischen Oberrealschule sind Chemie und Biologie aus der Reihe der eigentlichen Bildungsfächer verdrängt worden, denn der Bildungswert eines Unterrichtsfaches beruht ganz wesentlich auf der Kontinuität des Lehrgutes und der ununterbrochenen Steigerung der Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Schüler. Die Geschlossenheit der Oberrealschulbildung ist dadurch in Frage gestellt. Die ununterbrochene Durchführung von Chemie und Biologie ohne Beeinträchtigung der Physik muß daher dringend gefordert werden.

Am Nachmittag folgten eine physikalische und eine biologische Fachsitzung. Der Direktor des Physikalischen Instituts, Prof. CLEMENS SCHÄFER, sprach über „Ultrarote Schwingungen“. Behandelt wurden aus dem besonderen Arbeitsgebiet des Vortragenden die im Ultraroten liegenden Eigenschwingungen von Karbonaten und Nitraten in Untersuchungen an Absorptionsspektren, bei denen es sich vor allem um innere Radikalschwingungen der CO_3 - und NO_3 -Gruppe handelt. Prof. STEUBING behandelte „Die Bedeutung der Bandenspektren“ für die Erforschung des Moleküls, indem er eine Übersicht über unsere Kenntnisse solcher Spektren und den energetischen Aufbau gab. Studienrat Dr. STOCKMANN-Breslau besprach in einem Referat „Zur Durchführung des Dimensionsbegriffes“ die Behandlung im Unterricht; dabei wollte er die Symbole als physikalische Größen gedeutet und behandelt wissen. In der biologischen Abteilung trug Prof. PAX über „Schlesiens Sonderstellung in der Deutschen Fauna“ vor. Daran schloß sich Prof. WINTERSTEIN über „Das Problem des Alterns“. Über „Die Grundbegriffe der Vererbung vom Standpunkte der Entwicklungsmechanik“ sprach Prof. DÜRCKEN. Die Reihe der Vorträge beschloß Studienrat Dr. RUNGIUS-Waldenburg mit dem Thema „Die Lehraufgaben des biologischen Unterrichtes mit besonderer Berücksichtigung der Unterstufe“. Er gab einen Vorschlag zur Präzisierung und Vereinheitlichung des biologischen Unterrichtes.

Am 5. April führte Studienrat LEITNER-Erfurt Versuche mit dem SCHÜRHOLZ-SPRENGERSCHEN Demonstrations-Oszillographen aus seinem Unterricht und seinen Schülerkursen vor. Dann folgte eine Reihe von Vorträgen über Schlesien von hervorragenden Kennern. Prof. BEDERKE sprach über „Schlesiens Gebirgsbau“. Kreuz und quer führte Prof. SPACKELER seine Hörer durch die Provinz bei seinem Vortrag über „Schlesiens Erz und Kohle“. Prof. DIEFSCHLAG zeigte „Schlesiens Stahl- und Eisenindustrie, ihre geschichtliche Entwicklung und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung“. Anschließend sprach Direktor FEIGE, Leiter des meteorologischen Instituts zu Breslau-Krietern, in interessanter Weise über „Neuzeitliche Wetteranalyse“.

Am Nachmittag lief im Ufa-Theater ein biologischer Film, und es fanden Führungen durch die kunstgeschichtlich interessante Stadt, den Zoologischen Garten, das Zoologische Institut und das Observatorium in Krietern statt. Gleichzeitig wurden in der Buch- und Lehrmittelausstellung informierende Vorträge gehalten, insbesondere über „Technik im Unterricht“ von Dipl.-Ing. PAUL, Leiter der technisch-wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale zu Berlin. Den Schluß der Tagung bildete am 6. April eine Grenzlandfahrt nach Oberschlesien mit anschließenden Gruben- und Hüttenbesichtigungen.

L. Müller.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1930.

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

W. Z. 0h	Januar							Februar					März 2	
	I	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25		
♃ {	AR	20h 2m	20.27	20.41	20.37	20.17	19.51	19.36	19.36	19.47	20.6	20.29	20.55	21.24
	D	- 22,2°	- 20,1	- 18,1	- 16,7	- 16,6	- 17,4	- 18,4	- 19,3	- 19,8	- 19,9	- 19,5	- 18,5	- 17,0
♀ {	AR	18h 5m	18.32	18.59	19.27	19.54	20.20	20.46	21.12	21.37	22.1	22.25	22.49	23.12
	D	- 23,5°	- 23,5	- 23,2	- 22,6	- 21,7	- 20,6	- 19,1	- 17,5	- 15,7	- 13,6	- 11,4	- 9,1	- 6,7
♁ {	AR	18h 43m	19.5	19.27	19.48	20.10	20.31	20.51	21.12	21.32	21.51	22.11	22.30	22.49
	D	- 23,1°	- 22,6	- 22,0	- 21,6	- 20,6	- 18,9	- 17,6	- 16,2	- 14,7	- 13,0	- 11,3	- 9,4	- 7,6
♂ {	AR	18h 8m	18.25	18.41	18.58	19.15	19.31	19.48	20.4	20.20	20.36	20.52	21.8	21.23
	D	- 24,1°	- 24,0	- 23,9	- 23,6	- 23,2	- 22,7	- 22,1	- 21,4	- 20,6	- 19,7	- 18,7	- 17,6	- 16,5
♃ {	AR	4h 25m		4.21		4.19		4.18		4.19		4.21		4.24
	D	+ 21,0°		+ 20,9		+ 20,8		+ 20,8		+ 20,9		+ 21,0		+ 21,2
♁ {	AR	18h 16m				18.26				18.35				18.43
	D	- 22,6°				- 22,6				- 22,5				- 22,3

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

Zeitgl.	6h	6.	7.	7.	7.	8.	8.	8.	9.	9.	9.	10.	10.
		39m 41s	59.23	19.6	38.49	58.32	18.15	37.57	57.40	17.23	37.6	56.48	16.31
	+ 3m 13s	+ 5.33	+ 7.40	+ 9.34	+ 11.10	+ 12.28	+ 13.26	+ 14.4	+ 14.21	+ 14.19	+ 13.58	+ 13.20	+ 12.29

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

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

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

Aufg.	9h 49m	11.14	12.29	18.15	0.2	6.16	8.58	9.55	12.37	20.13	1.42	6.25	7.42
Unterg.	16h 53m	22.57	4.19	9.37	10.50	12.49	18.22	(24.34)	6.0	8.30	9.44	13.41	19.50

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Jan. 29. 19h 7,4m Febr. 28. 13h 32,7m	Jan. 8. 3h 10,8m Febr. 6. 17h 25,8m	Jan. 14. 22h 21,0m Febr. 13. 8h 38,6m

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

I		II		III		IV	
Jan. 3. 0h 58,3m A	Febr. 3. 21h 38,7m A	Jan. 5. 19h 31,1m A	Jan. 16. 16h 53,2m E				
„ 4. 19h 27,2m A	„ 10. 23h 34,4m A	„ 12. 22h 6,8m A	„ 16. 19h 21,7m A				
„ 10. 2h 53,9m A	„ 12. 18h 3,4m A	„ 20. 0h 42,7m A	„ 23. 20h 54,3m E				
„ 11. 21h 22,8m A	„ 18. 1h 30,1m A	„ 30. 16h 36,9m A	„ 23. 23h 23,4m A				
„ 18. 23h 18,4m A	„ 19. 19h 59,1m A	Febr. 6. 16h 44,4m E	„ 31. 0h 55,0m E				
„ 20. 17h 47,3m A	„ 26. 21h 54,9m A	„ 6. 19h 13,3m A	Febr. 28. 16h 58,4m E				
„ 26. 1h 14,1m A		„ 13. 19h 20,4m E	„ 28. 19h 34,1m A				
„ 27. 19h 43,0m A		„ 13. 21h 49,8m A					
		„ 20. 21h 56,6m E					
		„ 21. 0h 26,4m A					
		„ 28. 0h 32,9m E					

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

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

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

W. Z. Merkur in gr. östl. Elongation 19°15', Jan. 6. 0h. Jupiter stationär Jan. 31. 14h. Venus in oberer Konjunktion Febr. 6. 17h. Merkur in gr. westl. Elongation 26°14' Febr. 15. 9h.
 Sonne im Perigäum Jan. 3. 12h.
 A. Weill.