

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang.

Sechstes Heft.

November 1913.

Einfache theoretische und experimentelle Demonstration der Coriolisschen Kraft.

Von

Prof. Dr. Otto Wiener in Leipzig.

Die von G. HADLEY im Jahre 1735 zum ersten Mal gegebene Ableitung für die Ablenkung, die die Winde infolge der Erdrotation erfahren, wird noch heute von manchen Lehrbüchern wiederholt. Diese Ableitung beruht bekanntlich auf dem Hinweis, daß ein von niederen zu höheren Breiten, beispielsweise auf der nördlichen Hemisphäre von Süden nach Norden gerichteter Wind einen durch die Erdrotation bedingten Überschuß der westöstlich gerichteten Geschwindigkeit mitbringt und so der Südwind zum südwestlichen Wind wird.

Diese Erklärung trifft insofern den wahren Kern des Vorgangs nicht, als danach ein reiner West- oder Ostwind keine Ablenkung infolge der Erdrotation erfahren dürfte, während in Wirklichkeit der Betrag der ablenkenden Kraft von der Windrichtung unabhängig ist.

Die richtige Theorie der Relativbewegungen auf einem rotierenden Körper wurde 1835 von CORIOLIS gegeben und 1860 von Ferrel¹⁾ auf die Ablenkung der Winde durch Erdrotation angewandt.

Nun wird auf die Ableitung der CORIOLISSCHEN Kraft in elementaren Lehrbüchern in der Regel nicht eingegangen. Mit Rücksicht auf die außerordentlich wichtige meteorologische Anwendung dieses Satzes erscheint daher eine einfache theoretische und experimentelle Demonstration für den Unterricht sehr erwünscht. Es sind immerhin schon verhältnismäßig einfache Ableitungen von verschiedenen Seiten sowohl in der Meteorologischen Zeitschrift²⁾ als auch in der vorliegenden³⁾ veröffentlicht worden, jedoch wohl keine von solcher Durchsichtigkeit, wie ich sie im folgenden zu geben beabsichtige.

Zu diesem Zwecke benutze man den POINLOTSCHEN Satz, nach dem die Über-einanderlagerung der Rotation eines starren Körpers und einer senkrecht zur Rotationsachse gleichzeitig verlaufenden Translationsgeschwindigkeit sich für einen gegebenen Augenblick durch eine einfache Rotation von gleicher Winkelgeschwindigkeit um eine neue Achse, die Momentanachse, ersetzen läßt⁴⁾.

Man kann ihn, wie folgt, einfach beweisen: Ist Z (s. Fig. 1) das ursprüngliche Zentrum der Drehbewegung, c die Translationsgeschwindigkeit und M das Momentanzentrum im Abstände a von Z , so daß $a \cdot \omega = c$ wird, P ein beliebiger Punkt, so ist $r_0 \cdot \omega = PQ$ die durch die Rotation bedingte Geschwindigkeit von P , zu der sich die

¹⁾ Die vorstehenden geschichtlichen Angaben finden sich in dem Lehrbuch der Meteorologie von HANN. 2. Aufl., Leipzig 1906, S. 313 ff.

²⁾ Nils Ekholm, Meteorol. Zeitschr. **11**, 137 (1894).

³⁾ M. Koppe, diese Zeitschr. **10**, 16 (1897). A. Schmidt, ebenda **13**, 207 (1900).

⁴⁾ Poinlots „Théorie nouvelle de la rotation des corps“ erschien 1834 in Paris und wurde von Schellbach (Berlin, W. Hayn, 1851) übersetzt.

Translationsgeschwindigkeit $c = QR$ geometrisch addiert; daraus resultiert eine Gesamtgeschwindigkeit PR , die wegen der leicht zu beweisenden Ähnlichkeit der Dreiecke PQR und PZM auf MP senkrecht steht und gleich $r \cdot \omega$ ist, d. h. so groß, als ob die Rotation um das Momentanzentrum allein bestünde.

Denken wir uns zunächst der Einfachheit halber eine gleichförmig rotierende Scheibe von solcher Einrichtung, daß ein darauf beweglicher materieller Punkt, in Wirklichkeit etwa eine Kugel, an ihrer Bewegung teilnimmt, d. h. relativ zu ihr in Ruhe bleibt, wenn sie ursprünglich relativ zu ihr in Ruhe war. Das kann dadurch

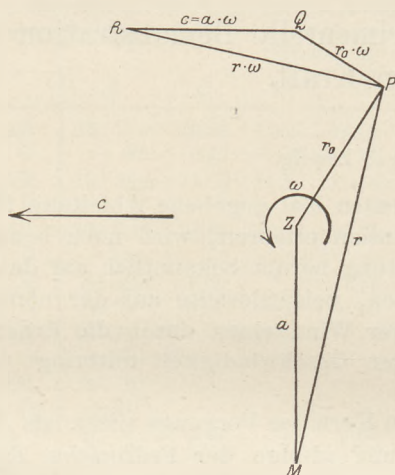


Fig. 1.

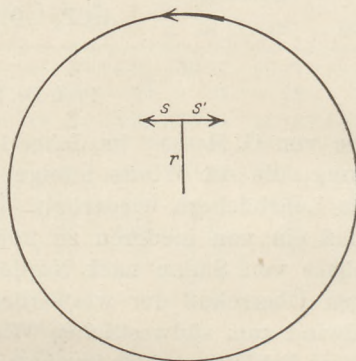


Fig. 2.

erreicht werden, daß die Zentrifugalkraft an jeder Stelle in geeigneter Weise kompensiert wird, z. B. indem man der Scheibe eine parabolische Aushöhlung erteilt. Von den bei der Relativbewegung des Punktes auftretenden scheinbaren Kräften wird dadurch die radiale von vornherein ausgeschaltet, und es fragt sich nur, ob noch etwa außerdem eine andere auftritt, die dann also dazu senkrecht, d. h. tangential gerichtet sein müßte.

Nun lassen wir noch eine weitere Vereinfachung der Aufgabe eintreten dadurch, daß wir die ganze Scheibe mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt denken, die der Rotationsgeschwindigkeit des Punktes der Scheibe, auf dem die Kugel im gegebenen Augenblicke ruht, gleich und entgegengesetzt ist. Durch diese konstante Geschwindigkeit wird die Relativbewegung in keiner Weise beeinflußt, zugleich aber der Vorteil erzielt, daß die Momentanachse in jenen Punkt der Scheibe hineingelegt und die Aufgabe auf die einfachere zurückgeführt worden ist, die Relativbewegung eines materiellen Punktes aufzufinden, der sich von der Rotationsachse der Scheibe aus in Richtung irgend eines Radius mit gewisser Geschwindigkeit c bewegt (vgl. Fig. 2). Und zwar gilt diese Zurückführung für zwei aufeinanderfolgende, unendlich kleine Zeitelemente; für das erste, weil in dem Ausgangspunkt die Geschwindigkeit, und für das zweite, weil auch die Beschleunigung, nämlich die Zentrifugalbeschleunigung, zum Verschwinden gebracht wurde. Für eine Untersuchung, die nur eine etwa noch weiter vorhandene Beschleunigung aufzusuchen wünscht, darf daher das Momentanzentrum als dauerndes Zentrum der Rotation angesehen werden.

Nach der kleinen Zeit t wird nun der mit der Geschwindigkeit c bewegte materielle Punkt in dem Abstände $r = ct$ vom Mittelpunkt anlangen. In dieser Zeit t hat der Punkt der Scheibe, nach dem sich der materielle Punkt hinbewegt, infolge der Rotation der Scheibe einen seitlichen Weg $s = r \cdot \omega \cdot t$ zurückgelegt, worin ω die Winkelgeschwindigkeit bedeutet. Setzt man nun die Entfernung r aus der ersten

Gleichung ein, so wird $s = c \cdot \omega \cdot t^2$, und dieser Weg ist dem scheinbaren Weg s' des materiellen Punktes auf der Scheibe gleich und entgegengesetzt.

Da diese scheinbare seitliche Abweichung mit dem Quadrat der Zeit proportional ist, so läßt sie sich auffassen als bedingt durch eine zur Geschwindigkeit c senkrecht gerichtete Beschleunigung. Denn, setzt man in der Tat: $s = \frac{1}{2} b t^2$, so ergibt sich durch Vergleichung mit dem früher gefundenen Wert von s

$$b = 2 \cdot c \cdot \omega,$$

das ist die CORIOLISSCHE Beschleunigung, die man nur mit der Masse des materiellen Punktes zu multiplizieren braucht, um die CORIOLISSCHE Kraft zu finden. Diese Beschleunigung steht also stets senkrecht zu der Geschwindigkeit c und ist mit ihr proportional, wobei der Proportionalitätsfaktor durch die doppelte Winkelgeschwindigkeit dargestellt wird. Da mithin durch diese Beschleunigung die Größe der Geschwindigkeit des materiellen Punktes nicht beeinflußt wird, so wird die scheinbare ablenkende Kraft auch bei der weiteren Bewegung stets von gleicher Größe und zur Richtung der Geschwindigkeit senkrecht bleiben, d. h. der Punkt muß relativ zur Scheibe einen Kreis beschreiben, und zwar in einem dem Drehungssinn der Scheibe entgegengesetzten Sinne.

Will man nun diese Bewegung experimentell verwirklichen, so genügt es, der Scheibe eine kugelförmige statt einer parabolischen Aushöhlung zu erteilen, wenn man sich auf kleine Rotationsgeschwindigkeiten beschränkt.

Es wurde eine Scheibe von 50 cm Durchmesser benutzt, deren Mittelpunkt 2 cm unter dem Niveau ihres Randes lag. Die Scheibe wurde durch einen kleinen Elektromotor mit Vorgelege langsam in Rotation versetzt⁵⁾. Ließ man dann die Scheibe in etwa 2,5 Sek. eine Umdrehung ausführen, so blieb eine Kugel, die relativ ruhend in der Mitte zwischen dem Mittelpunkt und dem Rand aufgelegt wurde, auch dauernd in Ruhe. Eine einfache Rechnung zeigt, daß dann in der Tat die Schwerebeschleunigung der Zentrifugalbeschleunigung mit genügender Genauigkeit das Gleichgewicht hält. Am Rand überwiegt dann zwar ein wenig die Zentrifugalkraft, doch wirkt das kaum störend auf die Versuche ein, die auf quantitative Genauigkeit um so weniger Anspruch erheben können, als die Reibung immerhin störend auf die Erscheinung einwirkt.

Um die Bewegungen relativ zur Scheibe deutlich hervortreten zu lassen, genügt es, irgendwelche einfache Linien auf die helle Holzscheibe zu malen. Es wurden ein paar schwarze radiale Striche und ein konzentrischer Kreis angebracht.

Legt man jetzt die Kugel in die Mitte der Scheibe, erteilt der Scheibe die geeignete Geschwindigkeit und gibt dann der Kugel einen Anstoß, so führt sie eine Kreisbewegung aus, die sie nach kurzer Zeit wieder zum Anfangspunkt zurückführt, wobei der Drehungssinn dem der Scheibe entgegengesetzt erscheint.

Legt man die Kugel an eine Stelle in der Mitte zwischen Zentrum und Rand, so führt sie bei einem kleinen Anstoß ebenfalls Kreisbewegungen aus, und zwar gegen die Mitte hin, wenn der Anstoß entgegengesetzt der Rotation der Scheibe ist, gegen den Rand hin, wenn er im gleichen Sinne erfolgte, was eintreten muß, wenn die Rotation der Kugel dem der Scheibe stets entgegengesetzt sein soll.

Will man nun die Anwendung auf die Bewegung eines materiellen Punktes an der Erdoberfläche und somit auf die Winde machen, so hat man sich für einen Punkt von der geographischen Breite φ die Erdrotation zu zerlegen in eine Momentanrotation um eine vertikale Achse im Betrage von $\omega \cdot \sin \varphi$, und eine, die horizontal

⁵⁾ Die Apparatur hat Herr Universitätsmechaniker Donner am Leipziger Physikalischen Institut, herstellen lassen und zusammengestellt.

in Richtung des Meridians verläuft. Die letztere bedingt aber keine Kräfte parallel zur Oberfläche, sodaß allein die CORIOLISSCHE Kraft mit der Beschleunigung

$$b = 2 \cdot c \cdot \omega \sin \varphi$$

in Erscheinung tritt.

Dies ist in der Tat die infolge der Erdrotation nach dem CORIOLISSCHEN Satz auftretende Beschleunigung des Windes senkrecht zu seiner Bahn.

Für die nördliche Hemisphäre ist der in der Figur angegebene Rotationssinn der richtige. Die scheinbare Ablenkung des Windes (s' in der Figur) geschieht daher hier für einen mit dem Winde blickenden Beobachter stets nach rechts.

Physikalisches Institut der Universität Leipzig, August 1913.

Ein neuer Demonstrationsapparat zur bequemen und genauen Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.

Von

Werner Boy und Julius Grebler in Barmen.

Der im folgenden beschriebene Apparat gehört zu jenen Typen von Apparaten gleichen Zweckes, die durch Reibung Wärme erzeugen und die Reibungsarbeit und die aus ihr erhaltene Wärmemenge messen. Der bisher meist benutzte Demonstrationsapparat von PULJ wie auch der in Band 17, S. 334 dieser Zeitschrift von HESPE angegebene Apparat sind in der

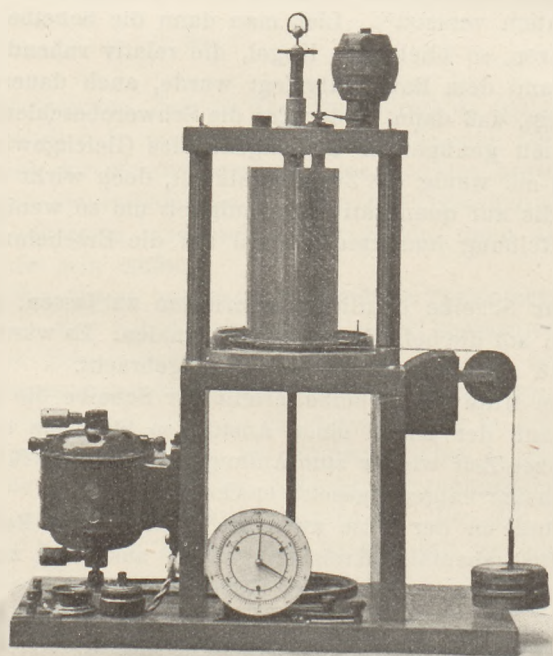


Fig. 1.

Anwendung nicht so einfach, wie es für Unterrichtszwecke wünschenswert ist. Das liegt vornehmlich daran, daß die Größe der Reibung sich während des Versuchs ändert, wodurch eine Veränderung der die Reibung messenden Gegenkraft notwendig wird. Es müssen in kurzen Zeitintervallen Gewichte zugefügt bzw. abgenommen oder Zeigerstellungen abgelesen werden. Dadurch wird einerseits die Beobachtung erschwert und andererseits die nachfolgende Berechnung verwickelt. Überdies sind bei dem PULJ'schen Apparat die erhaltenen Resultate wenig befriedigend. Die Fehler betragen auch bei guter Beobachtung bis 10%, d. h. es sind Werte zwischen 469 mkg und 385 mkg zu erwarten.

Mit diesen Bemerkungen sind die Gesichtspunkte gekennzeichnet, die uns bei der Konstruktion eines neuen Apparats geleitet haben. Die von uns gestellten Forderungen waren: 1. Beseitigung der Veränderlichkeit der Reibung und damit Erzielung leichterer Handhabung und Verminderung der Rechnung auf den geringstmöglichen Betrag. 2. Sicherung genauer Versuchsergebnisse.

Die letzte Forderung kann nur erfüllt werden, wenn die Wärmekapazität des Kalorimeters nicht zu klein ist, wenn also auch die umgesetzte Arbeit einen ziemlichen Betrag erreicht. Die ungenauen Resultate des PULJUSCHEN Apparats wie die noch bedeutend ungenaueren der bekannten Anordnung von GRIMSEHL sind der Kleinheit des Kalorimeters zuzuschreiben.

Der im folgenden beschriebene Apparat ist aus dem von HESPE hervorgegangen, hat aber mit diesem nur noch die Form des Kalorimeters gemein.

Wir haben wiederholt den Apparat im Unterricht ausprobiert; auch bei physikalischen Schülerübungen ist er mehrfach benutzt worden. Selbst bei genauer Beobachtung des Temperaturganges lassen sich Erklärung, Versuch und Berechnung in einer Unterrichts- bzw. Übungsstunde erledigen. Um ein Bild von der Genauigkeit zu geben, setzen wir die Resultate von 10 nacheinander ausgeführten Versuchen hierher: 431; 429; 424; 423; 429; 426; 429; 431; 428; 426. Mittel: 427,6 mkg.

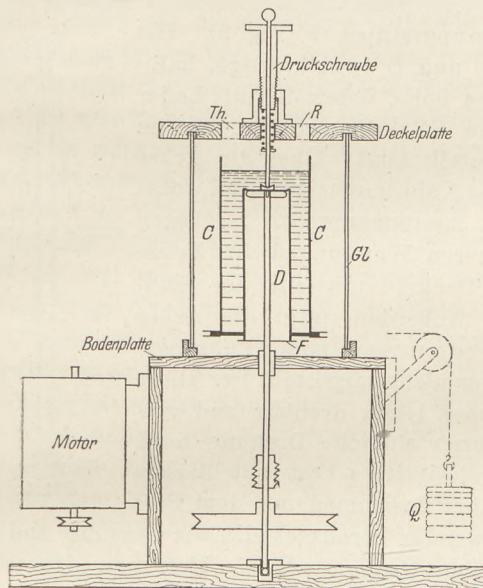


Fig. 2.

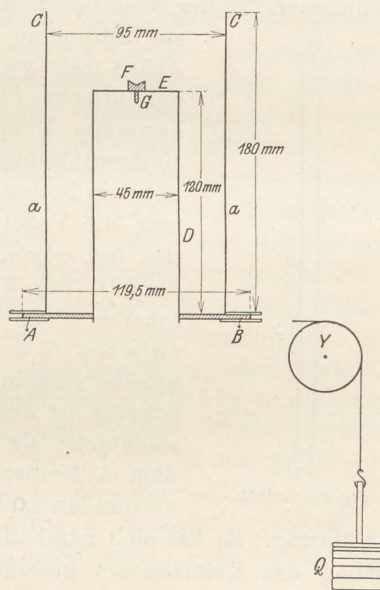


Fig. 3.

Auch für Vorlesungszwecke dürfte der Apparat geeignet sein. Wenn auf eine genaue Beobachtung des Temperaturganges verzichtet wird, läßt sich die Vorführung in 5—10 Minuten erledigen, und unter Verwendung eines geeigneten Thermoelements mit Spiegelgalvanometer läßt sich auch die Temperatursteigerung einem großen Auditorium gut vorführen. Fig. 1 zeigt den fertig montierten Apparat ohne den später erwähnten Schutzzyylinder. (Die jetzige Ausführungsform weicht in den Dimensionen der nebensächlichen Teile etwas von der Abbildung ab.)

Fig. 2 zeigt schematisch im Querschnitt die Anordnung des Apparats. In dem Innenraum des mit Wasser gefüllten Kalorimetergefäßes *C* bewegt sich ein durch Elektromotor angetriebenes Reibzeug. Die der Kraft der Reibung entgegenwirkenden Gewichte *Q* halten das Gefäß während des Versuchs in der Schwebe. Tourenzahl und Drehmoment der Gewichte bestimmen die Reibungsarbeit, während die Temperaturerhöhung und Wärmekapazität des gefüllten Kalorimeters die entsprechende Wärmeenergie ergeben.

Das Kalorimeter. Fig. 3 zeigt den Achsenschnitt des aus vernickeltem Messing hergestellten, in allen seinen Teilen zylindrischen Kalorimeters. In dem Schnurlauf bei *AB* liegt ein Stahlseil von 0,5 mm Dicke, dessen eines Ende mit der Scheibe *AB* geeignet verbunden ist, dessen anderes Ende über eine Rolle führt und die Gewichte

trägt, die der Reibungskraft das Gleichgewicht halten. Die inneren Wandungen des Raumes D sind die Reibflächen. Der Deckel E trägt oben die Pfanne F , auf der Unterseite einen „Führungsstift“ G . Die Größenverhältnisse des Kalorimeters sind so gewählt, daß bei richtiger Füllung mit Wasser die Wärmekapazität aller erwärmten Teile gerade 1000 g beträgt.

Die Drehungsachse mit dem Reiber (Fig. 4a u. b). Eine vertikale, etwa 40 cm lange, kräftige Achse läuft mit ihrem unteren Ende in dem Druckkugellager I und wird etwa 25 cm höher von einer Büchse K geführt. Etwas über dem Grundlager trägt die Achse das Antriebsrad O , darüber eine Schraubenspindel N , in die das Zahnrad eines Zählwerks eingreift. Das uhrförmige Zählwerk mit großem Zifferblatt ist weithin ablesbar. Es hat zwei Zeiger, von denen der eine bis 100, der andere die ganzen Hunderter bis 3000 zählt.¹⁾

Das obere Ende der Achse trägt eine wagerechte Kreisscheibe L von ca. 4 cm Durchmesser. In der Mitte besitzt die Achsenendfläche eine zylindrische Einbohrung M

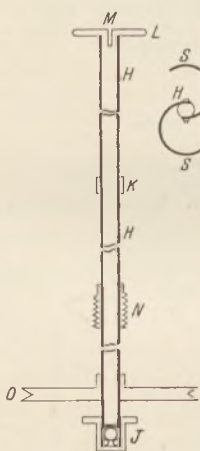


Fig. 4a und 4b.

zur Aufnahme des Führungsstiftes G (Fig. 3). Die Achse trägt zwischen K und L zwei kräftige, halbzylindrische, etwa 10 cm hohe, federnde, mit Leder bezogene Messingbleche SS , die in Fig. 4b im Horizontalschnitt dargestellt sind. Über die Achse mit dem Reiber wird das Kalorimeter gestülpt, wobei man die Federn leicht zusammenpreßt. Sie legen sich fest gegen die inneren Wandungen des Zylinders D (Fig. 3). Der Deckel ruht auf der Endscheibe L der Achse. Außerdem trägt die Achse zwischen K und den Federn noch eine „Führungs-scheibe“, die in der Figur nicht dargestellt ist. Diese Scheibe ist auf der Achse leicht drehbar und verschiebbar; sie wird durch einfache Drehung nach dem Aufsetzen des Kalorimeters fest mit diesem verbunden und dient ihm zusammen mit dem Stift

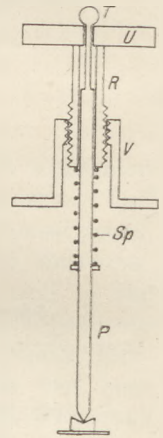


Fig. 5.

zur Führung. Es hat sich nämlich als notwendig herausgestellt, die Reibung und die Führung des Kalorimeters getrennten Teilen anzuvertrauen. Tut man das nicht, so wird die Führung nicht sicher, und so treten neben den Drehbewegungen recht unangenehme, zu manchem Mißerfolg führende pendelartige Schwingungen des Kalorimeters auf.

Dreht sich nun die Achse im Sinne des Uhrzeigers, so wird sie vermöge der Reibung das Kalorimetergefäß mitzunehmen streben. Die Gewichte suchen das Kalorimeter in entgegengesetztem Sinne zu drehen.

Schülern macht man nach unsern Erfahrungen die vorliegenden Verhältnisse am einfachsten dadurch klar, daß man ihnen sagt: Man kann sich die Achse fest denken und dafür das Kalorimeter durch das Gewicht herangezogen. Dann ergibt sich für die Reibungsarbeit pro Umdrehung $R_1 = 2\pi q \cdot Q$, wo q der Hebelarm der Gewichte Q ist. Dieser Hebelarm ist gleich dem Radius der Scheibe = $59\frac{3}{4}$ mm, vermehrt um den Radius des Drahtes gleich $\frac{1}{4}$ mm, also gleich $60 \text{ mm} = 0,06 \text{ m}$. Ist n die Tourenzahl, so ist die gesamte Reibungsarbeit:

$$R = 2\pi n q Q.$$

Der Reibungsregler. (Fig. 5.) Setzt man den Apparat in Tätigkeit, so erkennt man, daß die Reibung fortwährenden Schwankungen unterliegt. Die Drehbewegung des Kalorimeters ist durch einen Anschlag, der gegen federnde Puffer schlägt, auf etwa 100° beschränkt. Der Anschlag bewegt sich bei richtiger Größe des Gewichtes mit dem Kalorimeter hin und her und liegt bald am rechten, bald am linken Puffer. Um nun die Reibung konstant zu halten, ist über dem Kalorimeter

ein vertikaler „Druckstift“ angeordnet, dessen Spitze in die Pfanne F des Kalorimeters drückt. Der Druckstift endet oben in einem Knopf T . Drückt man auf diesen Knopf, so preßt sich der Deckel E gegen die Scheibe L , und infolgedessen erhöht sich die Reibung zwischen E und L . Um ein Ermüden des Fingers bei starkem Druck zu verhindern, ist die Anordnung so getroffen, daß der Druck auch durch Einstellen einer Feder geändert werden kann. Der obere Teil des Druckstiftes ist durch die axiale zylindrische Durchbohrung einer Schraubenspindel R geführt. Diese Schraube dreht sich in einer Mutter V , die mit dem Gerüst des Apparats fest verbunden ist. Gegen die Grundfläche der Schraubenspindel drückt eine Spiralfeder Sp , deren anderes Ende auf einer plattenförmigen Erweiterung des Druckstiftes ruht. Dreht man die Schraube mittels der Kopfscheibe U , so wird die Feder gespannt oder entspannt und der Druck und damit die Reibung geändert.

Das Gerüst und sonstiges Zubehör. (Fig. 2.) Das Gerüst besteht aus drei Etagen: der Grundplatte, die das Drucklager trägt, der Bodenplatte, die mit der Grundplatte fest durch Bretter verbunden ist, und der Deckelplatte. Die zweite Platte bildet den Boden des Kalorimeterraumes. Sie trägt das Lager K und die Puffer zur Begrenzung der Bewegung des Kalorimeters. Außerdem steht auf ihr ein Holzring mit treppenförmigem Absatz, in den ein verspiegelter Glaszylinder gesetzt wird, der oben in eine Nut der Deckelplatte eingreift. Er schützt das Kalorimetergefäß vor Wärmeverlusten durch Leitung und Strahlung. Zwischen Holzring und Glaszylinder bleibt vorn ein schmaler Spalt. Durch diesen reicht ein mit dem Kalorimeter verbundener Zeiger, der dessen Stellung und Bewegung anzeigt. Auf der Bodenplatte stehen drei vernickelte Metallsäulen, auf die die Deckelplatte aufgeschraubt wird. Diese trägt die Mutter V für den Druckstift. Durch Löcher ragt in das Wasser des Kalorimeters hinein ein passendes Thermometer und eine Rührvorrichtung. Gerührt wurde entweder durch Einblasen von Luft mittels eines Gasometers oder eines kleinen Handgebläses aus Kautschuk, oder durch ein mechanisches Rührwerk (horizontale Schraubenflügel in senkrechtem Rohr), das durch einen kleinen, an der Deckelplatte befestigten Motor angetrieben wurde (Fig. 1). Als Antrieb des Reibzeuges diente ein Elektromotor von $\frac{1}{16}$ PS. Natürlich kann bei passend angeordneter Übertragung jeder nicht zu schwache Motor benutzt werden. Bei unserem Apparat ist der Motor mit vertikaler Achse an einem Seitenbrette des Gerüsts befestigt.

Darstellung eines Demonstrationsversuches.

Die Wärmekapazität der festen Teile beträgt 127 g. Wir füllen 873 g Wasser ein, setzen den Apparat zusammen, lassen den Motor angehen und hängen so viel Gewichte an, daß man durch Anspannen der Druckfeder bequem Gleichgewicht herstellen kann. Dabei kommt man mit Gewichten aus, die in kleinsten Stufen von 50 g oder 100 g steigen, so daß die Gewichte stets bequeme Zahlen sind und das Auswiegen der Reibung sich im Bruchteil einer Minute erledigt. Der Motor wird abgestellt, das Zählwerk wird eingeschaltet und damit ist der Versuch vorbereitet.

Wir lassen das mechanische Rührwerk eine Minute arbeiten und lesen dann die Zimmertemperatur ($Z.T. = 17,7^{\circ}$) und die Temperatur des Kalorimeters an dem in $\frac{1}{10}^{\circ}$ geteilten Thermometer ab (Anfangstemperatur = $15,3^{\circ}$). Der Motor wird angelassen und nach $n = 3020$ Umdrehungen des Reibzeuges abgestellt. Durch Nachdrehen der Schraube oder durch leichten Druck auf den Druckstift wird dafür gesorgt, daß während des Versuches das Gefäß zwischen den beiden Anschlägen schwebt. Wir lassen dann das Rührwerk zweimal $\frac{1}{2}$ Minute mit 1 Minute Pause arbeiten und lesen die Temperatur wieder ab (Endtemperatur = $19,3^{\circ}$). Die Temperaturerhöhung beträgt: $\Delta t = 4^{\circ}$, die erzeugte Wärmemenge also 4 Kal., da die Wärmekapazität ja 1 kg ist. Die geleistete Arbeit R ist: $R = 2 \pi \cdot n \cdot g \cdot Q$. Hier ist

der Hebelarm $q = 0,06$ m, das Gewicht $Q = 1,500$ kg, die Tourenzahl $n = 3020$. Daraus ergibt sich: $R = 1708$ mkg. Für das Wärmeäquivalent folgt daraus:

$$A = 427 \text{ mkg.}$$

Natürlich leiten wir den Versuch so, daß sich besonders einfache Zahlenwerte ergeben. Wir wählen die Temperaturerhöhung ganzzahlig, und zwar so, daß sich die Wärmeabgabe an die Umgebung und der Wärmezufuß von außen ausgleichen. Das ist der Fall, wenn man mit der Temperatur nicht so stark über Zimmertemperatur hinausgeht, wie man unter Zimmertemperatur begonnen hat (wegen der Pause vor der Schlußablesung). Dann entnimmt man aus einer Tabelle die Tourenzahl, die bei dem vorhandenen Ausgleichsgewicht die gewünschte Temperaturerhöhung liefert.

Dieses Verfahren ist aber durchaus nicht notwendig und, wo die Zeit im Unterricht und besonders in praktischen Übungen zur Verfügung steht, nicht einmal anzuraten. In diesem Falle sind exakte Untersuchungen vorzuziehen, schon deshalb, weil hier ein durchsichtiges Beispiel vorliegt, das die Ausschaltung der Fehlerquellen bei wissenschaftlichen Untersuchungen zeigt. Bei diesen Versuchen benutzen wir ein Beckmannsches, in $\frac{1}{100}^{\circ}$ geteiltes Thermometer, bei dem mit Lupe noch $\frac{1}{1000}^{\circ}$ geschätzt werden kann, beobachteten vor und nach dem Versuch 5–10 Minuten den Temperaturgang und befreiten dadurch das Resultat von den durch Rührung, Wärmeleitung und Strahlung bedingten Fehlern. Eine genaue Beschreibung dieser Versuche wollen wir übergangen, da das Wesentliche in der Abhandlung von HESSE und den Lehrbüchern der praktischen Physik enthalten ist.

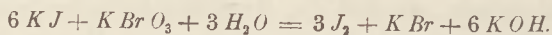
Der Apparat wird nach unseren Angaben von Rud. Brink, Mech. Werkstätte in Barmen, Mittelstraße, angefertigt.

Demonstration der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit mittels des Galvanometers.

Von

M. Centnerszwer.

1. Prinzip. In den Vorlesungen über allgemeine und physikalische Chemie macht sich die Schwierigkeit geltend, die Grundgesetze der Lehre von der Geschwindigkeit chemischer Reaktionen in anschaulicher Weise zu demonstrieren. Noyes und Blanchard¹⁾ haben zu diesem Zwecke die Reaktion zwischen Kaliumjodid und Kaliumbromat empfohlen:



Das Fortschreiten der Reaktion läßt sich an der Blaufärbung des Stärkekleisters durch das Jod verfolgen. Dieser elegante Versuch ist jedoch nur zur qualitativen Demonstration geeignet.

Zur Messung und zur Veranschaulichung des Verlaufs einer chemischen Reaktion kann man die Änderung einer beliebigen physikalischen Eigenschaft des Systems benutzen, so z. B. der Dichte, des optischen Brechungskoeffizienten, des Drehungswinkels der Polarisationssebene u. a. m. Zur einfachen und gleichzeitig anschaulichen Demonstration scheint jedoch das elektrische Leitvermögen die größten Vorzüge zu besitzen, und es fällt nicht schwer, geeignete Reaktionen zu finden, deren Fortschritt durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit quantitativ verfolgt werden kann.

¹⁾ Zeitschr. f. physikal. Chemie 36, 15 (1901).

2. Die Reaktion. Wir wählen als Beispiel die von Kreman²⁾ untersuchte Wechselwirkung zwischen Methylsulfat und Methylalkohol:



Die Methylgruppe des Methylsulfats wird durch den Wasserstoff des Methylalkohols ersetzt; es entstehen Methylschwefelsäure und Dimethyläther. Die Reaktion ist der Hydrolyse der Ester ähnlich; die Spaltung des Schwefelsäureesters wird im gegebenen Fall durch den Alkohol bewirkt, weswegen man diese Reaktion als „Alkolyse“ bezeichnen kann.

Von den vier an der Reaktion beteiligten Stoffen besitzt nur einer eine nennenswerte elektrische Leitfähigkeit: die Methylschwefelsäure. Zwar leitet auch Methylsulfat in alkoholischer Lösung den elektrischen Strom, aber seine Leitfähigkeit kann im Vergleich mit derjenigen der entstehenden Säure vernachlässigt werden. So geht mit der fortschreitenden Spaltung des Esters ein ständiges Anwachsen der Leitfähigkeit des Gemisches Hand in Hand. Die Geschwindigkeit dieses Anwachsens liefert uns ein Maß der Reaktionsgeschwindigkeit.

3. Die Theorie. Bezeichnen wir die Konzentration des Methylsulfats zur Zeit t durch a , diejenige des Methylalkohols durch b und die Konzentration der Methylschwefelsäure zur selben Zeit durch x (wobei wir die Konzentrationen durch die Zahl der Mole pro Liter ausdrücken), so haben wir für die Reaktionsgeschwindigkeit folgende Beziehung³⁾:

$$\frac{dx}{dt} = k_1 \cdot a \cdot b.$$

Scheinbar ist die Reaktion bimolekular. Berücksichtigen wir jedoch, daß wir die Reaktion in methylalkoholischer Lösung ausführen, wobei der Methylalkohol in großem Überschuß vorhanden ist, so können wir die Konzentration desselben (b) im Laufe des Versuchs für unveränderlich ansehen und das Produkt $k_1 \cdot b$ zu einer Konstante k zusammenziehen. Wir erhalten dann für die Reaktionsgeschwindigkeit den Ausdruck:

$$\frac{dx}{dt} = k a,$$

welcher einer einfachen monomolekularen Reaktion entspricht. Führen wir in unsere Gleichung die Anfangskonzentration des Methylsulfats: A ein, so erhalten wir:

$$a = A - x$$

und folglich

$$\frac{dx}{dt} = k(A - x). \quad 1)$$

Diese Gleichung läßt sich einfach integrieren⁴⁾ und liefert uns:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{A}{A - x}. \quad 2)$$

Wir nehmen an, daß die Leitfähigkeit des Gemisches in jedem Moment direkt proportional der Konzentration der gebildeten Methylschwefelsäure ist. Folglich ist

$$x = \kappa \cdot \lambda,$$

wenn λ die (spezifische) Leitfähigkeit und κ einen Proportionalitätsfaktor bezeichnet. Nachdem die Umsetzung beendet ist, messen wir wieder die Leitfähigkeit und erhalten dafür den Wert: λ_∞ . Die Konzentration der Säure ist in diesem Punkt der Anfangskonzentration des Esters gleich. Folglich haben wir:

$$A = \kappa \cdot \lambda_\infty.$$

²⁾ Monatshefte f. Chemie 27, 1265 (1906).

³⁾ Nernst, Theoretische Chemie, V. Aufl., S. 551 (1907).

⁴⁾ Nernst und Schönflies, Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, München 1875, S. 109.

Setzen wir diese Werte in unsere Grundgleichungen 1) und 2), so erhalten wir:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot x (\lambda_{\infty} - \lambda) \quad 1a)$$

und

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{\lambda_{\infty}}{\lambda_{\infty} - \lambda} \quad 2a)$$

Es soll hier die Bemerkung nicht unterdrückt werden, daß die Annahme einer Proportionalität zwischen x und λ nur aproximativ gelten kann. Streng genommen, wird man erwarten dürfen, daß die spezifische Leitfähigkeit in einem etwas langsameren Tempo wachsen muß als die Konzentration, weil sich die molekulare Leitfähigkeit der Säuren mit steigender Konzentration etwas vermindert. Jedoch kommt für unseren Zweck eine etwaige Differenz aus diesem Grunde nicht in Betracht, wie folgende zwei Versuche zeigen.

4. Genaue Versuche. Zum Nachweis der Gültigkeit der Gleichungen 1a) und 2a) habe ich in Widerstandsgefäßen von der Form, welche für flüchtige Lösungsmittel gewöhnlich benutzt wird⁵⁾, Lösungen des Dimethylsulfats in absolutem Methylalkohol bereitet und von Zeit zu Zeit ihre spezifische Leitfähigkeit mit dem Telephon und der Wheatstoneschen Brücke gemessen. Die erhaltenen Resultate sind in den folgenden Tabellen angegeben. Darin bezeichnen:

t die Zeit (in Minuten),

λ die spezifische Leitfähigkeit,

k die Geschwindigkeitskonstante: $k = \frac{\log \lambda_{\infty} - \log (\lambda_{\infty} - \lambda)}{0,4343 t}$.

Tabelle 1.

$\frac{1}{2}$ normale Lösung von $(CH_3)_2SO_4$ in CH_3OH . Versuchstemperatur: 25°. Spezifische Leitfähigkeit des benutzten Methylalkohols: 7×10^{-6} .

t	$\lambda \cdot 10^4$	k
0'	1,4	—
60	26,1	0,00189
120	43,6	0,00167
180	59,5	0,00160
255	76,0	0,00152
300	83,7	0,00146
370	96,7	0,00143
425	104,3	0,00138
475	112,2	0,00137
∞	233,4	—

Mittel 0,00154

$\frac{1}{4}$ normale Lösung von $(CH_3)_2SO_4$ in CH_3OH . Versuchstemperatur: 25°. Spezifische Leitfähigkeit des benutzten Methylalkohols: 7×10^{-6} .

t	$\lambda \cdot 10^4$	k
0'	0,8	—
60	13,5	0,00160
120	24,4	0,00154
180	33,5	0,00148
255	43,3	0,00143
300	47,6	0,00136
370	55,1	0,00133
425	59,9	0,00130
480	64,4	0,00127
∞	140,3	—

Mittel 0,00141

⁵⁾ Vgl. Walden und Centnerszwer, Zeitschr. f. physikal. Chemie **39**, 517 (1901). — Ostwald-Luther-Drucker, Physiko-chemische Messungen, S. 469, Leipzig 1910.

Die Konstanten zeigen ganz gute Übereinstimmung. Kreman fand bei $31,5^{\circ}$ die Konstante gleich 0,00081. Im hiesigen Laboratorium ist bei 25° die Konstante gleich 0,00115 auf titrimetrischem Wege bestimmt worden. Die Gültigkeit der Formeln 1a) und 2a) kann daher als bewiesen gelten.

5. Demonstrationsversuche. Zur Demonstration der Änderung des elektrischen Widerstandes wird Gleichstrom der Lichtleitung von 110 Volt Spannung benutzt. Die Pole der Hauptleitung *A* und *B* (Fig. 1) werden durch den Lampenrheostat *CD* aus 10 hintereinandergeschalteten Glühlampen geschlossen. Die Zellen mit den Reaktionsgemischen *E, F, G, H, I* und das Galvanometer *K* sind im Nebenschluß angebracht, und zwar so, daß sie einzeln mit der Stromquelle und dem Galvanometer verbunden werden können. Das Schema der Schaltung ist aus der Fig. 1 ersichtlich. Die Widerstandszellen *E, F, G, H, I* sind parallel geschaltet. Die beiden Hauptleitungen sind mit dem Lampenrheostat und dem Galvanometer verbunden. Zwischen jede einzelne Zelle und die Hauptleitung ist ein Stöpselkontakt eingeführt. In dieser Weise kann man jede Zelle einzeln mit dem Galvanometer verbinden.

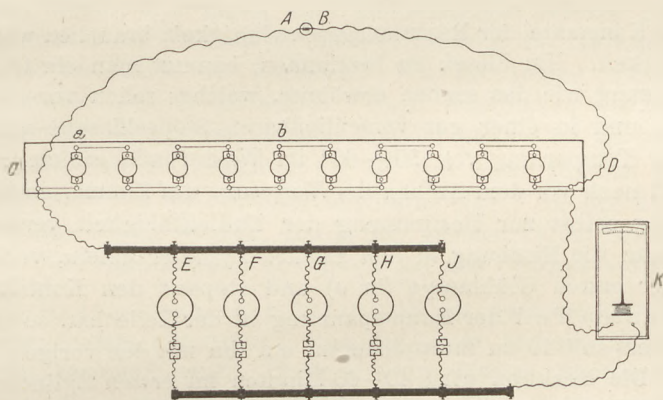


Fig. 1.

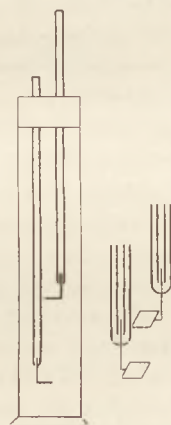


Fig. 2.

Das Galvanometer ist ein wenig empfindliches vertikales Demonstrationsgalvanometer mit einer weit sichtbaren Skala von einem großen Bereich. Der Ausschlag des Galvanometers um einen Teilstrich entspricht einer Stromstärke von ca. 2 Milliampere.

Als Widerstandszellen benutzt man kleine Meßzylinder von 250 ccm Inhalt (Fig. 2). Jeder Zylinder wird durch einen doppelt durchbohrten Kork verschlossen. Durch die Bohrungen sind Glasröhren mit eingeschmolzenen Platinelektroden durchgeführt. Die Elektroden bestehen aus quadratischen Blechen von 0,5 cm Kantenlänge. Sie sind horizontal gebogen. Der Elektrodenabstand ist in allen Zellen gleich und beträgt 6 cm.

6. Der zeitliche Verlauf. In den ersten Zylinder führen wir 210 ccm Methylalkohol hinein. Im gegebenen Zeitpunkt werden 5 ccm (= 0,0525 Mol.) Methylsulfat⁶⁾ aus einer Pipette zugegeben, der Inhalt mittels der Elektroden durchmischt und sofort das Galvanometer eingeschaltet. Man erhält auf diese Weise eine $\frac{1}{4}$ normale Lösung von Dimethylsulfat. Gleich am Anfang beobachtet man einen Ausschlag von 2 Teilstrichen und notiert die Ausschläge des Galvanometers in Intervallen von je 5 Minuten. Folgende Tabelle enthält die in einem solchen Versuch erhaltenen Werte⁷⁾.

⁶⁾ Die Dichte des Methylsulfats bei Zimmertemperatur beträgt 1,321; sein Molekulargewicht beträgt 126,1.

⁷⁾ Die Experimente sind vom Herrn stud. chem. A. Blumberg ausgeführt worden, welchem ich für seine wertvolle Hilfe an dieser Stelle bestens danke.

Tabelle 3.

Zeit	Ausschlag am Galvanometer	Ausschlag am Milliamperemeter	Konstante: k
Anfang	2	5	—
5'	4	9,5	(0,0092)
10	6	14	0,0069
15	8	17	0,0056
20	10	22	0,0055
25	11,5	26	0,0052
30	13	29	0,0049
35	15	34	0,0050
40	16	36,5	0,0048
45	17	40	0,0047
50	18	44	0,0047
∞	80	210	—

Man beobachtet hierbei, daß die Geschwindigkeit der Reaktion, gemessen durch die Änderung des Galvanometerausgangs pro Minute, mit der Zeit fällt im Einklang mit der Formel 1).

Zur Berechnung der Konstante der Reaktionsgeschwindigkeit brauchen wir noch den Endwert der Leitfähigkeit. Um diesen zu bestimmen, benutzt man ein Gemisch von gleicher Zusammensetzung wie das soeben erwähnte, welches schon vor der Vorlesung vorbereitet wurde und in einer gut verschließbaren Stöpselflasche während einer Stunde bis zu einer Temperatur von 50° – 60° im Wasserbade erhitzt worden war. Dieses Gemisch wird noch vor dem Anfang der Vorlesung auf Zimmertemperatur abgekühlt und im Vortrag selbst zur Bestimmung der Endleitfähigkeit verwendet. Zu diesem Zweck gießt man die Mischung in den zweiten Zylinder hinein, verbindet das Galvanometer mit der ersten Glühlampe (in a) und stöpselt den Kontakt ein. Da man jetzt nur den zehnten Teil der Hauptspannung in der Zelle hat, so ist der Ausschlag des Galvanometers mit 10 zu multiplizieren, um ihn mit den vorigen Daten vergleichbar zu machen. Die Reaktion wird 40–60 Minuten im ersten Zylinder verfolgt und dann werden die Konstanten berechnet.

7. Einfluß der Anfangskonzentration. Man kann die Formel 1) direkt prüfen, wenn man x gleich Null macht, d. h. die Reaktionsgeschwindigkeit im Anfangsstadium der Reaktion prüft. Man wählt dieses Verfahren in allen denjenigen Fällen, in denen durch Auftreten neuer Stoffe Abweichungen von normalem Reaktionsverlauf hervorgerufen werden (van 't Hoff).

Um den Einfluß der Anfangskonzentration auf die Reaktionsgeschwindigkeit zu prüfen, verfahren wir folgendermaßen. In den Zylinder G werden 105 ccm und in den Zylinder H 52 ccm Methylalkohol eingeführt. Dann wird in beide Zylinder dieselbe Menge Methylsulfat wie im Versuch 1 mittels der Pipette eingefüllt (5 ccm = 0,0525 Mol.). Nach dem Umrühren erhalten wir im Zylinder C eine $\frac{1}{2}$ normale und im Zylinder D eine ganznormale Lösung des Esters. Wir verbinden nun wieder beide Zellen einzeln mit dem Galvanometer, nachdem letzteres wiederum an das Ende des Lampenrheostats angeschlossen wurde, und bestimmen die Ausschläge des Galvanometers in denselben Intervallen wie in E . Wenn die Nadel an das Ende der Skala gelangt ist, verbinden wir das Galvanometer mit dem Pol der fünften Glühlampe (in C). Wir können so den Gang der Reaktion weiter verfolgen und durch Multiplikation mit 2 (entsprechend der Verminderung der Spannung auf die Hälfte) die Leitfähigkeiten im weiteren Bereich bestimmen.

Wir sehen aus der Tabelle 4, daß sich die Ausschläge und folglich auch die Reaktionsgeschwindigkeiten in den Zylindern E , G und H wie 1:2:4 verhalten. Folglich ist die Reaktionsgeschwindigkeit proportional der Konzentration.

Tabelle 4.

Zeit	Ausschläge des Galvanometers		
	Zylinder A: $\frac{1}{4}$ n.	Zylinder C: $\frac{1}{2}$ n.	Zylinder D: $\frac{1}{1}$ n.
Anfang	2	4	8
5'	4	7	14
10'	6	10,5	18
15'	8	13,5	
20'	10	17	
25'	11,5	18,5	
30'	13		
35'	15		
40'	16		
45'	17		

8. Einfluß der Temperatur. Der fünfte Zylinder enthält dieselbe Menge Methylalkohol wie der erste (210 ccm). Er befindet sich in einem Becherglas mit Wasser, welches durch eine kleine Flamme bei einer Temperatur von etwa 40° gehalten wird. Wir fügen zum Methylalkohol wieder 5 ccm Methylsulfat hinzu, rühren mittels der Elektroden um und stöpseln das Galvanometer an das freie Ende der zweiten Lampe des Rheostats. Wir beobachten jetzt, daß die Ausschläge des Galvanometers sich in demselben Tempo verschieben wie im Zylinder *E*. Da jedoch die Spannung im fünften Versuch fünfmal kleiner ist als im Versuch *A*, so schließen wir daraus, daß die Reaktion bei 40° mit einer fünfmal größeren Geschwindigkeit vor sich geht wie bei Zimmertemperatur (20°). In der Tat ist durch van 't Hoff darauf hingewiesen worden, daß in den meisten Fällen bei einer Temperaturerhöhung um 10° die Reaktionsgeschwindigkeit auf das Doppelte bis Dreifache erhöht wird.

9. Katalytische Einflüsse. Es ist auffallend, wie wenig die Umsetzung des Methylsulfats mit Alkohol von den — in anderen Fällen sehr wirksamen Katalysatoren beeinflusst wird. Platinschwarz, Wasser, Säuren sind ohne besondere Wirkung auf die Geschwindigkeitskonstante, wenn sie in geringen Mengen zugegeben werden. Außerdem wurden noch einige organische Stoffe, wie Anilin, Pyridin, Bromoform, in derselben Richtung untersucht: alle ohne nennenswerten Erfolg. Man kann daraus schließen, daß die Methylsulfatreaktion zur Demonstration der Katalyse kein geeignetes Objekt darbietet. Da jedoch die Anzahl der bekannten katalytischen Reaktionen sehr groß ist und viele von ihnen sehr elegant verlaufen, so dürfte der Mangel nicht sehr ins Gewicht fallen.

Riga, Physikalisch-chemisches Laboratorium des Polytechnischen Instituts.

Freihandversuche zu wichtigen Gesetzen des galvanischen Stroms.

Von

P. Luckey in Elberfeld.

Zu den folgenden Versuchen, die den Nebenschluß, das Voltmeter und die Wheatstonesche Brücke erläutern sollen, sind außer der Stromquelle nur ein paar Drähte, Klemmschrauben und solche Dinge nötig, die jeder Schüler zu Hause vorfindet. Es werden also weder Meßinstrumente noch besondere Widerstände benutzt. Als Stromquelle diente ein Wechselstrom von 110 Volt, der durch einen Einschraubkontakt einer Lampe entnommen und mit voller Spannung an die beschriebene Vorrichtung angeschlossen wurde. Wie sich die Versuche mit Hilfe einer Klingel auch mit Gleichstrom von 110 Volt anstellen lassen, wird unten gezeigt. Endlich kann

statt des Starkstroms auch der Strom eines kleinen, zum Galvanisieren dienenden Induktoriums benutzt werden.

1. Ein Handtuch wickelt man parallel den langen Seiten zu einer Rolle auf und umbindet diese in der Mitte zur Befestigung mit einer Hanfschnur. Jedes Ende umwickelt man mehrfach mit blankem Draht oder bequemer noch mit einem Stück dicker, weicher, nicht umspinnener Schnur aus feinen Kupferfäden, die in elektrotechnischen Läden zu kaufen ist. Ein etwa 5 cm langes Ende der Kupferschnur läßt man beiderseits überstehen, um die Rolle in den Strom einschalten zu können.

An die oberen Querhölzer der Lehnen von zwei Stühlen bindet man der Länge nach je einen kräftigen Leitungsdraht (Gardinenstange), der nach beiden Seiten zur Anlegung von Klemmschrauben einige Zentimeter übersteht. Die Stühle werden nun so einander gegenübergestellt, daß jene Drähte, die mit AA' und BB' bezeichnet werden mögen, parallel und um die Länge der Handtuchrolle voneinander entfernt sind. (B liege A gegenüber.) Die Sitze beschwert man reichlich. Nun durchtränkt man die Rolle gründlich mit Leitungswasser. Sollte dieses ihr trotz der Verunreinigungen, die das Handtuch aus der Waschlauge mitbringt, nicht die gewünschte Leitfähigkeit geben, so tut dies sicher eine schwache Kochsalzlösung. Die nasse Rolle schaltet man dann etwa bei A und B mit Klemmschrauben zwischen die Drähte und schließt an diese den Wechselstrom an.

Faßt man nun die Rolle so mit beiden Händen, daß diese sich berühren, so wird man keinen Strom spüren; führt man aber die Hände langsam auseinander (Fig. 1), so wird man stärker und stärker elektrisiert. Man kann natürlich auch mit der einen



Fig. 1.

Hand dauernd an einer Stelle, etwa bei A , anfassen und die andere allmählich von ihr entfernen. Der Versuch erläutert den Gebrauch des Voltmeters, den Spannungsabfall und das Arbeiten im Nebenschluß und bildet wohl die einfachste

regulierbare Vorrichtung zum Elektrisieren mit Starkstrom. Durch Anwendung stärkerer Konzentrationen beweist man die Zunahme der Leitfähigkeit mit der Konzentration.

Wünscht man Handhaben zum Galvanisieren anzuwenden, die man aus Leitungsschnüren, Tafelmessern mit Metallgriff und Klemmschrauben mit Klemme für Blech leicht improvisieren kann, so schließt man die eine an A an. Die andere muß einen auf dem Handtuch verstellbaren Kontakt haben. Man stellt ihn aus einer photographischen Klammer her, ähnlich wie W. VOLKMANNS es in dieser Zeitschr. (*XVIII*, S. 287 ff.) angibt; nur muß man an beiden Kiefern der Klammer nach vorn herausstehende große Bleche anbringen, die man passend biegt.

Statt des Wechselstroms schloß ich einen Gleichstrom von etwa 100 Volt an. Eine vorgeschaltete Klingel arbeitete bei ganz zurückgestellter Regulierschraube schwach (ohne an die Glocke anzuschlagen), aber andauernd als Unterbrecher, sobald ich zwischen AA' und BB' , also parallel zur ersten, eine zweite nasse Handtuchrolle einschaltete, die aber doppelt genommen war, so daß sie nur etwa den vierten Teil des Widerstands hatte. Da eine Kohlefadenlampe dasselbe leistete, so konnte man schließen, daß die der ganzen Länge nach genommene Rolle etwa den Widerstand von vier hintereinandergeschalteten Kohlefadenlampen hatte.

2. Man schaltet zwischen AA' und BB' zwei möglichst gleiche nasse Handtuchrollen parallel. Die so gebildeten einfachen Stromzweige können durch eine Brücke verbunden werden. Faßt man die Rollen an gegenüberliegenden Stellen, wie der Turner den Barren, so spürt man nichts (Fig. 2). Durch Verschieben der einen Hand bestimmt man nach beiden Seiten die Punkte, in denen eben ein schwacher Strom empfunden wird. Die Berührung mit bestimmten, durch Versuch zu ermittelnden Stellen eines Fingers erhöht die Empfindlichkeit. Halbiert man den Abstand der beiden „Schwellen“, so erhält man ziemlich genau die Nullstelle, wie

die Berührung mit den geschlossenen Lippen und endlich mit der Zungenspitze bestätigt. (Benutzt man den [langsamen] Klingelunterbrecher, so sieht man, wenn ein schwacher Strom bei den Lippen eintritt, im Takte des Klingelankers schwache Lichtscheine infolge der Reizung des Sehnerven. Man stelle den Versuch aber erst an, nachdem man mit der Hand die Nullstelle bestimmt hat.) Die Nullstelle kann natürlich auch mit einem Telephon aufgesucht werden.

3. Die Rolle AB bleibt wie früher. Die Rolle $A'B'$, deren Mitte C' heiße, werde von A' bis C' in Leitungswasser ausgewaschen, von C' bis B' aber mit einer kräftigeren Kochsalzlösung (eine Handvoll in 2 l) gut durchtränkt. Faßt nun die eine Hand bei C' an, so findet die andere die Stelle gleichen Potentials nicht mehr gegenüber, sondern an einer näher bei B gelegenen Stelle C . Das Verhältnis der Widerstände von $A'C'$ und $C'B'$ ist gleich dem Verhältnis, nach dem der Punkt C die wirksame Länge der Rolle AB teilt.

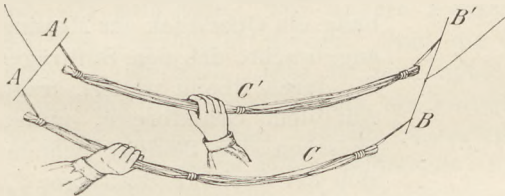


Fig. 2.

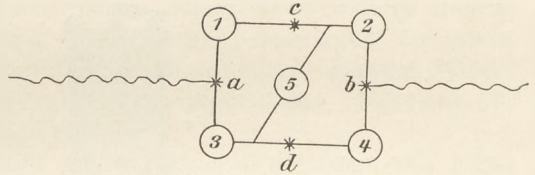


Fig. 3.

4. Die Wheatstonesche Brücke kann auch in der folgenden amüsanten Weise gebildet werden. Eine gerade Anzahl von Schülern — der Einfachheit halber seien es vier — bilden, nachdem sie ihre Hände angefeuchtet haben, einen Kreis (Fig. 3). Die Sterne bezeichnen die Stellen, wo sie sich mit den Händen anfassen. An zwei gegenüberliegenden solchen Handkontakten a und b werden die Handhaben einer Galvanisierungsquelle mitgefaßt. Als solche kann statt eines Faradators die unter 1. angegebene regulierbare Vorrichtung benutzt werden. Ein fünfter Schüler tritt in den Kreis. Faßt er mit nassen Händen bei c und d (Fig. 3) an, so wird er meist keinen Strom spüren. In den meisten Fällen wird aber die in Fig. 3 gezeichnete Stellung, bei der der Schüler 5) die Schüler 2) und 3) bei den rechten Ellenbogen (natürlich auf der nackten Haut) faßt, schon Strom spüren lassen. Bilden mehr Schüler den Kreis, so lassen sich die Brücken in der mannigfaltigsten Weise schlagen.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß, wenn die Starkstromleitung Erdschluß hat, der Fußboden isolierend sein, vor allem also trocken bleiben muß.

Ein Solenoidgalvanoskop für Schülerübungen.

Von

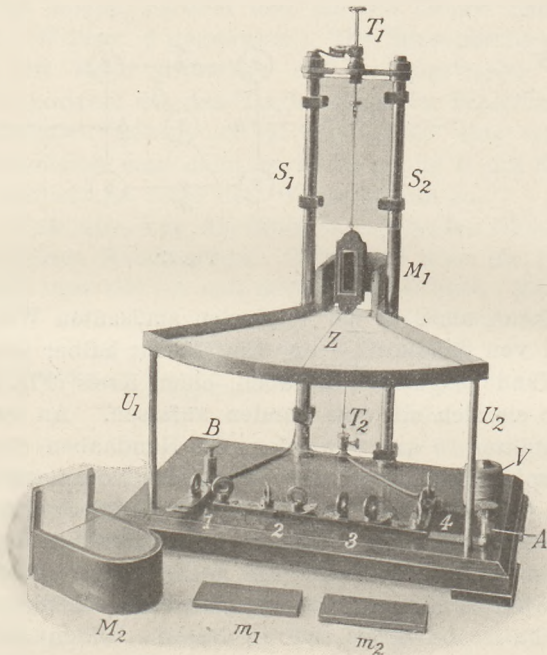
F. Stein, Oberlehrer in Butzbach, Hessen.

Im 25. Jahrgang dieser Zeitschrift beschreibt auf S. 337 u. f. Herr B. KOLBE in St. Petersburg ein Solenoidgalvanoskop für Schülerübungen. Da ich auf der Suche nach einem derartigen Instrumente war, so waren mir die Ausführungen des Herrn KOLBE sehr willkommen. Zuerst dachte ich an eine käufliche Erwerbung der Galvanoskope, da ich 10—12 Apparate, wie wir sie zum Arbeiten in gleicher Front benötigen, wegen Mangel an Zeit selbst nicht anfertigen kann. Auf Anfrage teilte mir die Firma KOHL in Chemnitz den Preis der beiden Typen mit, jedoch reichen hierzu unsere Mittel nicht aus (Type A kostet M 95, Type B kostet M 145). Daher

wandte ich mich an die Firma L. SCHMITTGALL in Gießen, welche mir für einen mäßigen Preis ein Galvanoskop gebaut hat, das sich für Schülerübungen gleichfalls eignen und den verschiedenen Anforderungen entsprechen dürfte. Bei der Ausführung wurde auf große Übersichtlichkeit, soliden Bau und leichtes Auswechseln einzelner Teile besonders Rücksicht genommen.

Das Grundbrett aus Eichenholz ($24 \times 17 \times 2$ cm) hat 4 kleine Füße, geringes Wackeln kann durch Unterlegen kleiner Holzkeile (aus Zündhölzern hergestellt) beseitigt werden. Auf Wunsch können natürlich auch Fußschrauben angebracht werden. Alle anderen Teile sind aus Metall hergestellt und vernickelt.

Am hinteren Rande des Grundbrettes befinden sich 5 cm voneinander entfernt die beiden etwa 30 cm hohen Säulen S_1 und S_2 (s. Fig.). Diese bestehen aus Messingrohr und sind am Grundbrette durch Verschraubung befestigt.



Am oberen Ende der Säulen ist ebenfalls durch Verschraubung ein Querstück aus Messing angebracht, das den Stifträger T_1 , durch Ebonit isoliert, trägt. Auf dem Grundbrette, mitten zwischen den Säulen, befindet sich der kleinere Stifträger T_2 .

In mittlerer Höhe ist an den beiden Säulen das Lager für die Hufeisenmagnete (M_1 und M_2) und die Skala angebracht. M_2 ist in dem Bilde abgehoben. Die beiden Weicheisenstücke m_1 und m_2 werden an die Schenkel der beiden Magnete angelegt. Dieses Lager ist aus Messingschienen von L-Querschnitt (10 mm breit und 1 mm dick) hergestellt, die Schienen laufen bis vor die Säulen parallel und biegen dann nach außen um, damit sie die Skala von 15 cm Halbmesser

und 80 Winkelgraden aufnehmen können. Vorn bildet ein 10 mm breiter Messingstreifen den Abschluß. Damit die Skala genau horizontal liegt, sind noch die beiden 5 mm starken Messingstützen U_1 und U_2 angebracht.

Das Solenoid ist ein Hartgummirähmchen mit 250 Windungen aus Kupferdraht; es trägt unten den horizontalen Zeiger Z , der frei über der Skala schwingt. Zur Dämpfung der Schwingungen ist am oberen Teil des Rähmchens eine Papierfahne eingesteckt, die in den von den Magnetschenkeln gebildeten Hohlraum reicht. Diese Luftdämpfung hat den Vorzug, daß das Galvanoskop jederzeit leicht in Gebrauch genommen werden kann; auch ist ein Verschütten von Wasser dabei ausgeschlossen. Allerdings erfolgt die Einstellung erst nach einigen wenigen Schwingungen, aber der Zeitverlust ist gering. Bei anderen Meßgeräten ist eine sofortige Einstellung auch nicht immer vorhanden.

Um den Luftraum nach außen möglichst abzuschließen, ist auf den oberen und unteren Magnet je ein Zelluloidblatt geklebt. Die vordere Fläche wird durch ein dünnes Glasblättchen abgedeckt, das die Magnete an zwei aufgekitteten Eisenstäbchen festhalten (siehe an M_2). Zur weiteren Dämpfung und zum Schutze der Lamettafäden sind an die Säulen Glasplatten angelegt, die durch Klammern fest-

gehalten werden. Auch die Skala ist durch eine Glasplatte abgedeckt, damit auf den Zeiger keine Luftströmungen einwirken.

Die Aufhängung des Solenoids geschieht durch Lamettafäden derart, daß diese an beiden Enden mittels kleiner Haken in die Stifträger und das Rähmchen eingehängt werden. Reißt einmal eine Aufhängung, so kann der Schaden sofort beseitigt werden, man hat sich nur einen kleinen Vorrat von Fäden bereitzuhalten.

Die Zuleitung des Stromes erfolgt stets durch die Klemmen A und B . Von A fließt der Strom nach T_2 , durch das Solenoid nach T_1 , von hier durch einen Leitungsdraht, der oben in die Säule S_1 geht und unten seitlich austritt, nach der Klemme B .

Zwischen den Anschlußklemmen sind auf dem Grundbrette die Nebenschlüsse angebracht; sie kommen in Zukunft vor die Säulen U_1 und U_2 zu liegen. Benutzt sind dabei Manganindraht und die von Noack empfohlenen Metallklötzchen. Sind die Riegel 1, 3 und 4 geschlossen und 2 geöffnet, dann liegt der Meßbereich zwischen 1—10 Milli-Amp.; sind 1, 2 und 4 geschlossen, so liegt der Meßbereich zwischen 10—100 Milli-Amp. Für andere Meßbereiche können leicht noch weitere Nebenschlüsse angebracht werden. Sind die Riegel 1 und 4 offen, dann muß der Strom durch V hindurch. Dies ist eine Spule aus Manganindraht mit so großem Widerstand, daß der Apparat dann als Voltmeter verwendet werden kann. Ich habe die Spule so ausgeglichen, daß ein Skalenteil $\frac{1}{10}$ Volt anzeigt.

Da die ganze Skala beiderseits 10 Teile hat, so lassen sich Ströme von 1—10 und 10—100 Milli-Amp. und Spannungen von $\frac{1}{10}$ —1 Volt messen. Dabei entspricht ein Skalenteil 3—4 Bogengraden. Der Widerstand des Apparates ist bei Benutzung ohne einen Nebenschluß etwa 11Ω , bei Benutzung der Nebenschlüsse 4 bzw. $\frac{1}{2} \Omega$, bei Benutzung als Voltmeter etwa 340Ω .

Die Empfindlichkeit des Galvanoskops ist überraschend; so gab z. B. der Induktionsstrom, der durch einen Magnetstab in einer Spule von 40 Windungen aus 0,5 mm Kupferdraht hervorgebracht wurde, einen Ausschlag von 4° — 5° . Ein Thermolement aus Eisen-Neusilber in der Spirituslampe erwärmt liefert nach einer halben Minute einen Strom von 2 Milli-Amp.

Da es mir wünschenswert erschien, daß bei den Versuchen des Lehrers ein gleichgebautes Galvanoskop benutzt werde, so wurde auch ein Galvanoskop hierfür eingerichtet. Zu diesem Zwecke erhielt der Zeiger eine senkrecht nach unten gerichtete Spitze, die Skala wurde auch nach vorn sichtbar aufgetragen, und der Messingstreifen wurde durch einen 2 cm breiten Zelluloidstreifen in Messingfassung ersetzt. In dieser Form kann das Galvanoskop für Einzel- und Klassenbeobachtungen benutzt werden.

Die Firma L. SCHMITTGALL in Gießen liefert das Galvanoskop ohne Nebenschlüsse für Einzelbeobachtungen zum Preise von M 40, für Klassenbeobachtungen zum Preise von M 45, die Anbringung von 2 Nebenschlüssen kostet M 10 mehr.

Eine zerlegbare Fallrinne mit elektrischen Kontakten.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Behandlung der Atwoodschen Fallmaschine bietet bekanntlich nicht nur in didaktischer, sondern auch in rein technischer Hinsicht Schwierigkeiten. Ist der Apparat, wie es wohl meist der Fall ist, nicht Präzisionsarbeit, so wollen die Versuche nicht klappen, oder — der Fußboden ist nicht unterwölbt und erleidet eine Durchbiegung, wenn die Schüler den Raum betreten. Die mit einem dreifüßigen Gestell versehenen Fallmaschinen dieser Art versagen in diesem Falle vollständig. Den

Apparat ein für allemal an der Wand zu befestigen, was das einzig Richtige ist, geht in manchen Kabinetten nicht an.

Die GALLEISCHE Fallrinne dagegen ist leicht verständlich und sehr bequem zu handhaben. Es kommt nur darauf an, den Apparat so zu bauen, daß er gut wirkt, nicht zu groß und -- leicht herstellbar ist.

Auf Anregung des Herrn Prof. E. MACH (damals noch in Prag) stellte ich vor bald 30 Jahren eine einfache Fallrinne mit elektrischen Kontakten her, die erst seit Jahresfrist durch die nachstehend beschriebene vollständigere, auch zur Bestimmung der Endgeschwindigkeiten geeignete, ersetzt wurde.

Von den mir bekannt gewordenen Fallrinnen entsprach keine meinen Anforderungen: Billigkeit, leichte Herstellbarkeit und -- bei guter Wirkung -- geringe Größe. Die Fallrinnen von BERTRAM (Fricks phys. Techn. I, 2, Fig. 2236 und 2237) und FR. C. G. MÜLLER (Müllers Techn. Fig. 16 und 38) erschienen mir zu primitiv, indem das Passieren der Drahtbügel durch die Kugel keine sehr genaue Beobachtung gestattet.

Die Fallrinne von W. KÖNIG (d. Zeitschr. VII, 1893-94, S. 4) war schon wegen ihrer großen Dimension (440 cm) für meine Zwecke ungeeignet, auch scheint die Elfenbeinkugel (von 4,4 cm Durchmesser) zu groß. Ein Vorzug dieser Fallrinne ist, daß die Kugel beim Passieren der Merkpunkte dieses durch Drehen der beweglichen

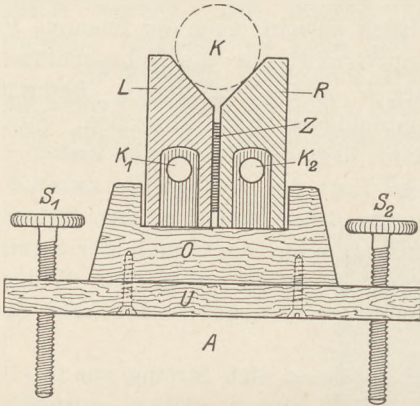


Fig. 1.

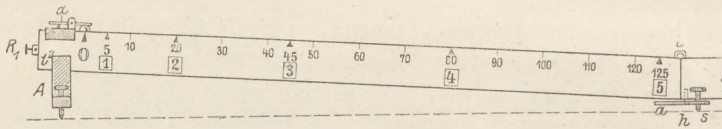


Fig. 2.

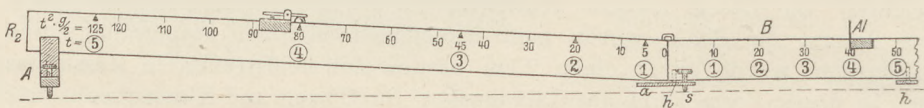


Fig. 3.

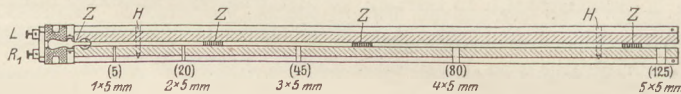


Fig. 4

Scheiben weithin sichtbar macht, auch gestattet sie die Bestimmung der Endgeschwindigkeit.

Die MACHSCHE vierfache Fallrinne (Mach-Odströil, Leitf. d. Naturl. und Meyers Naturl., 4. Aufl., Fig. 107) scheint mir, trotz mancher didaktischer Vorzüge, nicht bequem und übersichtlich genug.

HÖFLERS Schienenapparat (d. Zeitschr. VII, 281 und VIII, 184) gefiel mir des rollenden Wagens wegen nicht, zudem ist der Preis (M 110) ein sehr hoher.

Von diesen Fallrinnen hat keine einzige elektrische Kontakt-Signale.

Meine Fallrinne hat eine Länge von $135 + 55 + 20 \text{ cm} = 210 \text{ cm}$ und eine Höhe von 60 mm und kann bis auf die Kugel und die beiden Klemmschrauben leicht hergestellt werden. Neu dürfte an ihr sein, daß die Kontaktzeiten konstant sind. Sie

kostet — bei Selbsterstellung — gegen M 10. Die Kugel hat 25 mm Durchmesser und besteht aus vernickeltem Messing. (Eisen oder Stahl taugt nicht.)

Die Schienen aus abgelagertem astfreien Kiefernholz wurden für die Fallrinne 135 cm lang genommen. Für die kurze Schiene (*B*, Fig. 3 und 5) genügen 55 cm.

Nachdem auf den Schienen R_1 und R_2 die Teilung mit der Bleifeder vorgezogen, wurde L und R_1 (dann L und R_2) in richtiger Stellung zusammengelegt und zwischen Holzbacken eingeklemmt. An zwei Stellen (*HH*, Fig. 4) wurden durch L , bis etwa $\frac{5}{6} R_1$ (später R_2), mit einem amerikanischen Holz-Drillbohrer von ~ 5 mm Durchmesser Löcher gebohrt und aus hartem Holz passende Zapfen zugeschnitten und schwach konisch abgeschliffen.

Schiene L wurde ringsum, in zwei Lagen, glatt mit Stanniol beklebt (Stärkekleister) und vorsichtig glatt gerieben, besonders an der Lauffläche der Kugel. Nun wurden die Zapfen (mit dem stumpfen, zylindrischen Ende) senkrecht in L eingeleimt. An drei oder vier Stellen (*z*, Fig. 4) wurde ein Streifen aus dickem Karton durch Drahtstiftchen befestigt, damit beim Zusammensetzen beider Schienen (L und R_1) kein Kontakt stattfindet. Auch kann man die Kontaktstreifen auf der inneren Seite mit Papier überkleben.

An der Schiene R_1 sind bei 5, 20, 45, 80 und 125 cm Streifen Stanniol (bei dünnem Stanniol zwei Lagen) glatt herumgeklebt. Die vordere Kante der Streifen (1×5 mm, 2×5 mm, 3×5 mm, 4×5 mm, 5×5 mm breit) stimmt mit dem betreffenden Teilstrich überein. Nach völligem Trocknen wurde die Lauffläche mit Paraffin (kalt) und darauf mit einem wollenen Lappen glatt gerieben. — Infolge der — proportional der betreffenden Geschwindigkeit — wachsenden Breite der Stanniolstreifen ist die Kontaktdauer konstant, was durchaus notwendig ist¹⁾.

Auf der oberen, schmalen Fläche wurden die Stanniolstreifen durch ein aufgelegtes dünnes Metallplättchen und feine Drahtstiftchen (mit vorgebohrten feineren Löchern!) befestigt und auf der unteren Fläche (bei L und R_1) ein Streifen von dünnem Messingblech (15 mm breit) in der flachen Rinne angeschraubt. Bei R_1 wurde der Blechstreifen auf der inneren Seite verzinkt und die Schraubchen genau durch die Stanniolstreifen geführt (in den Zwischenräumen Drahtstifte). Unter den Blechstreifen kam ein Stanniolstreifen. Die Enden der Blechstreifen wurden vorn umgebogen und mit Klemmen versehen (*KK*, Fig. 1).

Nun wurden an der Skalenfläche (nahe den Kanten) jeder Stanniolstreifen mit einem Messer durchschnitten und abgelöst. Diese Fläche der Schienen (R_1 und R_2) wurde mit geschlagenem Eiweiß bestrichen und nach dem Trocknen die Teilstriche mit Tusche überzogen (die 0 rot).

Aus der vierten Schiene wurde in ähnlicher Weise die Doppelschiene (*B*, Fig. 3 und 5) hergestellt, die zur Bestimmung der Endgeschwindigkeiten dient. Das untere Ende des kurzen Schienenpaares ruht auf einem Brettchen von 6 mm Dicke, das auf den vorspringenden Rand des Kugelfanges geleimt ist.

Der Ständer (*A*, Fig. 1), auf dem das Vorderende der Laufschiene ruht, ist aus den Resten der Schienen hergestellt. Das aus hartem Holz hergestellte Brettchen (*u*) trägt zwei Holzschrauben (S_1 , S_2) mit aufgelöteten Messingplatten. Es ist mit dem oberen Stück (*o*) verschraubt.

Die Vorrichtung zum Loslassen der Kugel zeigt Fig. 6. Sie ist aus dünnem Messingblech hergestellt und die Gabel aufgelötet. Der Drücker (*d*) wird durch eine

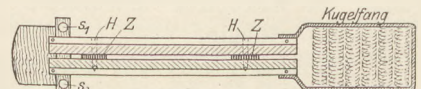


Fig. 5.

¹⁾ Versuche, die Kontakte durch kleine bewegliche Scheibchen zu ersetzen, gaben kein gutes Resultat.

schwache Spiralfeder nach oben gedrückt, so daß das andere Ende des Hebels sich mit leichtem Druck auf die herangeschobene Kugel legt, die beim Drücken (auf d) sofort ins Rollen kommt. Eine durch drei umgebogene Verlängerungen der umgebogenen Blechstreifen gehaltene Bleiplatte von $50 \times 40 \times 4$ mm gibt der Vorrichtung die nötige Stabilität.

Der Kugelfang (Fig. 5) ist etwa 200 mm lang; er wurde aus starker Pappe hergestellt und mit quergelegten Wattewülsten belegt. Die Ränder haben eine Höhe von 40 mm.

Bei Bestimmung der Endgeschwindigkeit (Schiene R_2) wird auf die kurze Schiene eine Aluminiumplatte (Al , Fig. 6) gestellt, an welche die Kugel mit hellem Klang anstößt; dabei wird das Blech abgeschleudert.

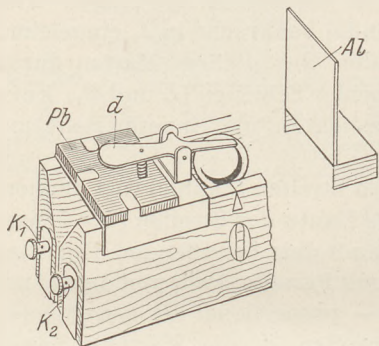


Fig. 6.

Um die die Zeit markierenden Ziffern recht deutlich hervortreten zu lassen, sind sie auf Papierscheiben mit Tusche gemalt und aufgeklebt. Darauf wurde diese Fläche der Schiene nochmals mit Eiweiß eingerieben und nach dem Trocknen mit hellem Schellackfirnis überzogen.

Regulierung der Fallrinne. Man stellt die kurze Schiene (B) auf den Kugelfang, setzt L und R_1 zusammen und stellt sie auf das vorspringende Brettchen der Hilfsschiene und auf den Ständer A . Durch zwei n-förmige Bügel aus starkem Messingdraht (b , Fig. 3), die in ausgebohrte Löcher an den schmalen oberen Flächen gesteckt werden, sind beide Schienenpaare miteinander verbunden. Nun läßt man die Kugel (nahe dem unteren Ende von R_1) sehr langsam rollen und reguliert durch die kurzen Stellschrauben (ss , Fig. 5) die Neigung der kurzen Schiene (B) so, daß die Reibung aufgehoben wird, d. h. daß die Kugel mit gleichförmiger Geschwindigkeit entlang B weiterrollt.

Jetzt verbindet man die Klemmen (K_1 , K_2 , Fig. 1) mit drei hintereinander geschalteten frischen Leclanché-Elementen und einer kleinen, leicht ansprechenden elektrischen Klingel, läßt das Metronom Sekunden schlagen und reguliert durch die Stellschrauben S_1 , S_2 die Neigung der Fallrinne, bis die Gesamtstrecke von **125 cm** in genau **5 Sekunden** durchlaufen wird. Dann muß die elektrische Klingel genau die Sekunden markieren. Bei meiner Fallrinne beträgt die nötige Höhendifferenz ~ 40 mm.

Abhängigkeit der Fallzeit von der Neigung der Fallrinne. Man mißt mit einem Tasterzirkel den Abstand der unteren Kante des Endes der Laufschiene (R_1) von der Tischplatte (= a mm). Ein Holzkeil (Katheten 150 und 400 mm) wird mit quadriertem Millimeterpapier so beklebt, daß an der langen Kathete ein Rand von a mm frei bleibt und die Linien parallel den Katheten sind. Man kann auch ein passendes dreieckiges Stück Karton mit quadr. Millimeterpapier bekleben und mit 3 Reißnägeln am Keil befestigen. Am Rande der Hypotenuse werden die Zentimeter, nach oben zählend, angegeben. Nun entfernt man den Ständer (A , Fig. 1) und schiebt den Keil unter²⁾.

Aufgabe der Schüler ist es nun, den Keil so einzustellen, daß die gesamte Fallstrecke (125 cm) in 10 Sek., 5 Sek. und 2,5 Sek. zurückgelegt wird und die zugehörigen Höhen zu notieren. Es ergibt sich mit genügender Annäherung $h_1 : h_2 : h_3 = 1/t_1 : 1/t_2 : 1/t_3$.

²⁾ Dieser Keil kann auch den Ständer ersetzen; nur muß man die richtige Stellung (s. o.) dadurch markieren, daß man mit der Bleifeder die Stelle bezeichnet, wo das vordere Ende der Schiene den Keil berührt.

Nun sage ich zu meinen Schülern: Umständliche Versuche haben gezeigt, daß ein losgelassener, freifallender Körper in der ersten Sekunde 5 m zurücklegt. Wenn wir nun unseren Apparat so regulieren, daß die Kugel in der ersten Sekunde 5 cm durchläuft, so ist ihre Geschwindigkeit 100 mal kleiner als beim freien Fall³⁾. Die Fallgesetze bleiben aber dieselben, wir haben nur Meter statt Zentimeter zu setzen.

Das Gesetz der Endgeschwindigkeiten können wir prüfen, indem wir die Schiene R_2 verwenden und eine Aluminiumplatte (Al) auf der horizontalen Schiene (B) da aufstellen, bis wohin die Kugel in der betreffenden Zeit gelangt sein müßte. Da diese Platte um den Betrag des Radius der Kugel (12,5 mm) zurückstehen muß, empfiehlt es sich, an den umfassenden Seitenstücken Zungen von dieser Länge vorstehen zu lassen. Setzen wir z. B. die Kugel auf 80 (Fig. 30) und die Platte in 40 cm Entfernung vom Ende der Laufschiene. Zählen wir nun die Sekunden, indem wir beim Loslassen „Null“ sagen, so muß die Kugel beim Glockenschlage 5 an die Platte stoßen — das ist tatsächlich der Fall. (Nur für 1 Sek. stimmt der Versuch, der Reibung wegen, nicht immer glatt.)

Meine Schüler haben die Ableitung nach Beobachtungen an der Fallrinne leicht begriffen, und fanden sie viel leichter verständlich als die Ableitung auf Grund der Messungen an der Atwoodschen Fallmaschine. Haben die Schüler an der Fallrinne erst den Sinn der Fallgesetze erkannt, so wird ihnen die mathematische Entwicklung (auf der Oberstufe) nicht bloß eine „trockene Rechnung“ sein.

Die beschriebene zerlegbare Fallrinne wird hergestellt von Max Kohl, A.-G. (Chemnitz), Leppin & Masche (Berlin) und Ferdinand Ernecke (Berlin-Tempelhof).

Einfaches Monochord zur akustischen Bestätigung des Parallelogrammsatzes.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. d. H.

Auf einem Grundbrett von 30:15:2 cm steht der 34 cm hohe und 2 cm starke Holzpfosten A von der aus der Figur ersichtlichen Vorderansicht. An diesem Pfosten wird das Skelett eines Kranauslegers mittels Strebe und Spanndraht hergestellt. Die 6 mm breite Strebe aus Laubsägeholz DE ist am Ende D schaufelförmig verbreitert und zu einer Schneide abgeschragt. Am freien Ende erhält sie einen wenige Millimeter tiefen feinen Einschnitt für die 0,4 mm dicke Stahlsaite BE , so daß die wirksame Länge der Strebe genau gleich 200 mm wird. Der Draht wird einerseits am Wirbel F befestigt, anderseits zu einer Öse zum Anhängen des Gewichts P zusammengedreht. Das die Öse bildende gedoppelte Drahtstück soll sich vor die Spaltränder setzen und ein Durchrutschen verhindern.

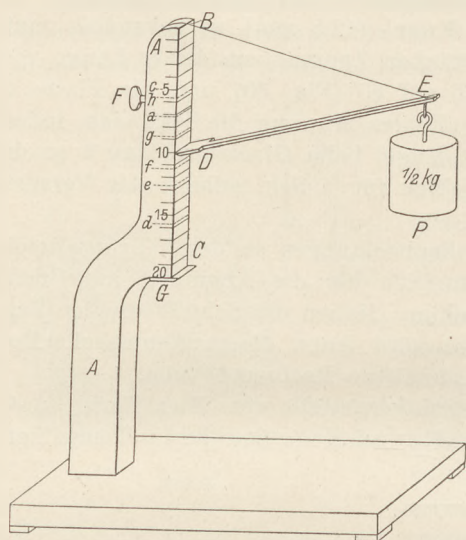
Bei den angegebenen Dicken von Draht und Strebe kann die Spannung bis auf 5 kg gesteigert werden.

Zum richtigen Ansetzen der Strebe ist am Pfosten ein 200 mm langer Abschnitt eines käuflichen Buchenholzmaßstabes BC befestigt, dessen meist benutzten Striche mittels einer feinen Dreikantfeile ein wenig ausgetieft wurden. Auf der dem Be-

³⁾ Bei der Unterstufe beschränke ich mich auf die runde Zahl, und halte es auch bei der Oberstufe für völlig überflüssig, bei den Rechnungen den genaueren Wert ($g = 9,81$ m) zugrunde zu legen, da das Fallgesetz doch nur für den luftleeren Raum gilt und bekanntlich g keine Konstante ist.

schauer zugewendeten Seite des Pfostens ist ein entsprechender Kartonmaßstab angebracht. Bei *C* ist ein 10 mm vorragender, nach oben abgeschrägter Holzsteg *G* untergeschraubt.

Die Strebe wird nun — abweichend von der seitherigen Gepflogenheit — nicht rechtwinklig angesetzt, sondern immer so, daß sie mit dem Spanndraht ein gleichschenkliges Dreieck *BDE* bildet, wobei zur Kontrolle der Saitenlänge *BE* ein genau auf 200 mm Länge geschnittenes Holzstäbchen angelegt werden kann¹⁾. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß nach dem Parallelogrammsatz die Spannung stets der



Stützweite *BD* umgekehrt proportional ist; in unserm Falle gleich $P \cdot BD / 200$. Diese Spannung wird nun, und das ist die zweite Neuerung, durch den Ton der Saite dem ganzen Auditorium zur Wahrnehmung gebracht. Wir hängen ein 2 kg-Stück an, und zwar zunächst ohne Strebe, wobei sich der Draht an den Steg *G* legt. Beim Zupfen ertönt der Grundton. Nun spannen wir die Strebe ein und setzen ihre Schneide auf den tiefsten Strich 200, wobei das Dreieck *BDE* gleichseitig wird: Die Saite gibt genau den gleichen Ton. Wir ersetzen das 2 kg-Stück durch $\frac{1}{2}$ kg, schieben aber die Schneide auf den Strich 50: Wiederum erklingt der nämliche Ton. Aber beim Stützpunkt 200 erhalten wir mit $\frac{1}{2}$ kg die tiefere Oktave. Jedesmal, wenn die Stützweite 4 mal kleiner genommen wird, ertönt die

höhere Oktave, ebenso wie bei gleicher Stützweite durch Vervierfachung des Gewichts *P*. Die reine Quinte wird erhalten, wenn man die Strebe von 9 auf 4 versetzt.

Damit ist binnen einer Minute nicht nur der Parallelogrammsatz bestätigt, sondern auch das Gesetz gefunden, daß sich die Schwingungszahl der Saite wie die Quadratwurzel aus der Spannung verhält. Dann ist es ein leichtes, die Stützpunkte für die Tonleiter zu berechnen. Sie liegen, wenn man mit dem tiefsten Punkt 200 beginnt, bei

200 158 128 112,5 89 72 57 50.

Diese Millimeterstriche werden ausgetieft und rot gefärbt; auch auf dem Vordermaßstab werden sie rot ausgezogen und nach der C-Dur-Skala bezeichnet. Nun läßt sich die Tonleiter hinauf- und herunterspielen durch bloßes Versetzen der Strebe, ebenso bequem und schnell wie am gewöhnlichen Monochord durch Stegverschiebung.

Somit ist der einfache, fast kostenlos in der Schulwerkstatt schnell herstellbare Apparat, welcher ursprünglich nur den Parallelogrammsatz bestätigen sollte, zu einem feinen akustischen Werkzeug geworden, mit dessen Hilfe man die Beziehung zwischen Tonhöhe und Spannung ungleich leichter und schärfer erweisen kann als mittels des gebräuchlichen Monochords. Auch gestattet er eine absolute Bestätigung

der Formel $n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{k}{m_1}}$. Die benötigten Drähte oder Seidenschnüre sind, auf Röllchen gespult, in jeder Eisenhandlung zu erhalten. Die Herrichtung einer Saite aus Draht oder Faden nebst dem zugehörigen Wirbel ist in wenigen Minuten vollbracht. Das

¹⁾ *BE* und *DE* dürfen auch ungleich sein; aber während einer Versuchsreihe müssen ihre Längen unveränderlich bleiben.

jedesmalige Einspannen derselben geschieht im Bruchteile einer Minute. Durch Auswägen eines längeren Stücks der verwendeten Drahtsaite ergibt sich das Gewicht von 1 cm gleich m_1 .

Bei unserm 0,4 mm-Stahldraht ist $m_1 = 0,00896$. Durch Belastung mit 2 kg gibt er genau den Ton $g = 391$. Aus der Formel aber berechnet sich $n = 370$, was einem mitten zwischen g_{es} und f_{is} liegendem Tone entspricht. Es zeigt sich also noch ein geringer Einfluß der Saitensteifigkeit. — Ein 0,3 mm-Messingdraht von $m_1 = 0,00588$ gab bei derselben Belastung den Ton $b = 471$, während nach der Formel $n = 456$ sein sollte; ein Ton, der mit $a_{is} = 454$ zusammenfällt. Hier bleibt also die Differenz schon unter einem kleinen halben Ton. Bei einer seidenen Angelschnur mit $m_1 = 0,00117$ entsteht durch 0,5 kg ein Ton, welcher etwas unter c' liegt, und zwar um $\frac{1}{3}$ des Intervalls $c' - h$. Da $c' = 522$, $h = 490$, muß der gehörte Ton 511 Schwingungen machen. Die Formel aber führt zu $n = 512$.

Bei diesen Versuchen wird ein genau auf $c = 261$ gestimmtes Monochord zur Hilfe genommen, auf dessen Brett eine Teilung nach der richtigen Skala vorgesehen ist. Die Mehrzahl der Schüler hört die Übereinstimmung zweier Töne bis auf ein Komma genau.

Überhaupt entsprach der Apparat vor der Klasse allen Erfordernissen eines guten messenden Schulapparats. Daß seine Herstellung und Verwendung auch eine passende Aufgabe für Schülerlaboratorien abgibt, bedarf kaum einer Auseinandersetzung.

Kleine Mitteilungen.

Wurf aus bewegtem Körper.

Von **Fr. Queißer** in Tetschen.

Bei Behandlung des Bewegungsparallelogramms wird meist, um das Unabhängigkeitsprinzip zu erläutern, das Beispiel von der im Eisenbahnabteil längs des Lotes fallenden Kugel oder von dem emporgeworfenen Ball auf einem fahrenden Schiffe, der wieder in die Hand des Ballspielers zurückkehrt, erwähnt. Nicht oft aber wird man bei den Schülern auf die Erfahrung aus der Beobachtung rechnen können, daß diese Körper für einen außerhalb des Fahrzeuges befindlichen Zuschauer eine Parabel beschreiben; ich hörte darüber schon recht geteilte Meinungen. Hier soll also das Experiment überzeugend eingreifen und kann etwa in folgender Weise durchgeführt werden.

Ich benutze ein leichtes Wägelchen, etwa wie es Noack in seinem Universalapparat zur Mechanik für die schiefe Ebene verwendet. Dasselbe ist aus Laubsägeholz hergestellt in parallelepipedischer Form von den Dimensionen $16 \times 6 \times 4$ cm und auf Aluminiumrädchen leicht beweglich. Die Messingachsen besitzen an beiden Seiten kleine eingelassene Stahlstiftchen, mit denen sie in entsprechend ausgehöhlten Schrauben als Lager laufen, die etwa 1 cm über dem unteren Rande des Wagenkastens eingeschraubt sind. Die Rädchen haben 3 cm Durchmesser und ragen somit $\frac{1}{2}$ cm unter dem Kasten hervor, welcher oben einen Rand von $\frac{1}{2}$ cm Höhe besitzt.

Dieses Wägelchen erhält nun eine Vorrichtung, um mittels einer elastischen Feder irgendeinen Körper, am besten eine Münze, emporzuschnellen. Mittels eines Holzklötzchens von etwa 2 cm Höhe ist eine 1 cm breite Stahlfeder befestigt, deren freies Ende durch die Nase eines Hebels von der in der Fig. 1 wiedergegebenen Form gespannt werden kann. Dieser, aus einem Blech von etwa mm-Dicke hergestellt, ist in einem in der Mittellinie der Wagenplatte liegenden Spalte um eine feste Achse (Stricknadel) leicht drehbar so befestigt, daß sein anderes Ende bei gespannter Feder $\frac{1}{2}$ cm unter der Ebene des Wagenkastens hervorragt, also mit den Rädchen fast den

Boden berührt. Der Hebel wird dann ausgelöst, wenn das Wägelchen längs einer schiefen Ebene über ein daraufgenageltes Holzklötzchen, das schmaler als die Spurweite ist, hingeleitet; eine auf die Feder gelegte Münze schnell in die Höhe. Für einen späteren Versuch ist noch eine einfache Bremsvorrichtung nötig, die in folgendem besteht: Durch eine etwa 1 cm vom freien Ende der Schnellfeder entferntliegende Öffnung ist die Schlinge eines in sich geschlossenen Wollfadens gezogen, der zunächst durch ein unter der genannten Öffnung liegendes Loch der Wagenplatte läuft und dann, sich teilend, die beiden Achsen der Räder umwindet (die strichpunktierte

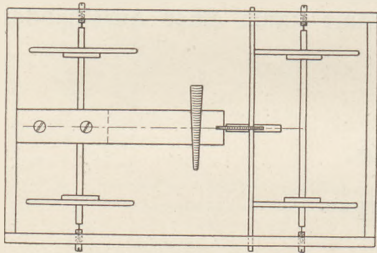
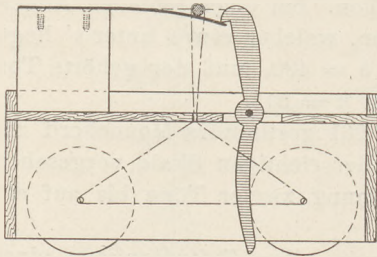


Fig. 1.

Linie der Fig. 1). Durch ein entsprechend dickes, auch konisch zulaufendes Stäbchen, das man durch die obere Schlinge des Fadens steckt, ist der Faden so zu spannen, daß bei ungespannter Schnellfeder die Achsen durch den Faden ziemlich gebremst werden; in gespanntem Zustande der Feder ist dann der Faden locker.

Die schiefe Ebene ist ein glattgehobeltes Brett von etwa $1\frac{1}{2}$ m Länge und 20 cm Breite, das in $\frac{1}{3}$ seiner Länge das schon erwähnte Holzklötzchen von passenden Dimensionen trägt.

Mit dieser Vorrichtung ist nun folgende Versuchsreihe anzustellen:

1. Bei zunächst horizontaler Stellung der Fahrbahn wird das Wägelchen durch einen leichten Stoß zu einer gleichförmigen Bewegung veranlaßt, gegen den Anschlag getrieben und dort irgendwie so festgehalten, daß der Hebel eben ausgelöst wurde; die Münze beschreibt eine Wurfparabel, deren Form natürlich von der Endgeschwindigkeit abhängen wird, und fällt vor dem Wagen nieder.

2. Das Wägelchen wird in seiner Bewegung nicht gehemmt nach Auslösung des Hebels; die Münze beschreibt bei gleichstarkem Stoße die gleiche Parabel und fällt auf das Wägelchen zurück.

3. Man gibt der Fahrbahn eine größere oder kleinere Neigung und läßt das Wägelchen aus dem Ruhezustande die schiefe Ebene mit beschleunigter Bewegung hinabgleiten. Die Münze wird auch immer wieder auf das Wägelchen zurückfallen, nachdem sie eine steilere oder flachere Parabel beschrieben hat.

4. Um schließlich noch zu zeigen, daß das Zurückfallen der Münze nur dann eintritt, wenn diese und der Wagen gleiche Vertikalbeschleunigung aufweisen, also

keine andere Dauerkraft auf sie einwirkt als die Schwere, schalte man jetzt die Bremsvorrichtung ein durch Einstecken des oben erwähnten Stiftes. Ein Teil der lebendigen Kraft des Wagens wird jetzt durch die Reibung aufgezehrt, was für die Münze nicht der Fall ist.

Daher wird jetzt dieselbe wieder vor dem Wagen mehr oder weniger weit entfernt niederfallen, je nachdem man die Bremsvorrichtung stärker oder schwächer eingestellt hat.

Übrigens lassen sich leicht noch andere Versuchsbedingungen finden, auf die nicht weiter eingegangen werden soll. Auch für die mathematische Behandlung eignen sich die Versuche als praktische Anwendung der Analytik.

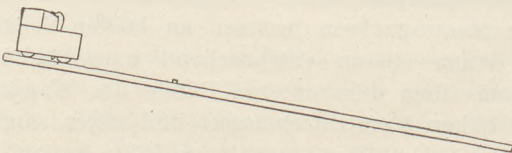


Fig. 2.

Die fallende Katze.¹⁾

Von Dr. **Franz Schicht** in Fiume.

Für ein freies System, in welchem nur innere Kräfte wirken, gilt bekanntlich der Satz von der Erhaltung des Schwerpunktes und der Satz von der Erhaltung der Flächenräume, zwei Sätze, auf denen alle sogenannten Reaktionserscheinungen beruhen.

Für zwei einzelne Massen kann man die beiden Sätze in die Formeln fassen:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \text{ und } J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2,$$

wo m die Massen, J die Trägheitsmomente, v die Bahn- und ω die Winkelgeschwindigkeiten der beiden Massen bedeuten. Da sich die Vorgänge für beide Massen auf die gleiche Zeit erstrecken, so läßt sich die zweite Gleichung auch so aussprechen: Werden zwei Massen durch innere Kräfte allein in Drehung versetzt, so verhalten sich die im entgegengesetzten Sinne erfolgenden Drehungswinkel verkehrt wie die Trägheitsmomente der beiden Massen. Haben also die beiden Massen gleiche Trägheitsmomente, so werden sie gegeneinander um gleiche Winkel verdreht, andernfalls erfährt die Masse von größerem Trägheitsmoment eine kleinere Winkeldrehung.

Darauf beruht unter anderem die Erscheinung, daß eine Katze stets auf die Füße fällt, auch dann, wenn sie keine Gelegenheit hat, sich irgendwo abzustoßen. Das ist in unzweifelhafter Weise durch Versuche festgestellt worden, indem man Katzen mit den Beinen nach oben an Schnüren aufhing, die man vorsichtig durchschnitt. Sie fiel bei nicht zu kleinen Fallhöhen stets mit den Füßen voran zu Boden.

Nach dem Flächensatz ist es der Katze nur möglich, einzelne Körperteile gegeneinander zu verdrehen. Um trotzdem eine Gesamtdrehung des ganzen Körpers um die Körperlängsachse zu erzielen, gibt es für die Katze zwei Möglichkeiten:

1. Sie kann mit dem Schwanz eine rasche Drehbewegung ausführen; dann muß sich nach dem Flächensatz der Körper langsam im entgegengesetzten Sinne drehen, oder

2. die Katze verdreht die vordere und die hintere Körperhälfte schraubenförmig gegeneinander, sorgt aber durch Gestaltsveränderung für verschiedene Trägheitsmomente der beiden Körperhälften, so daß deren entgegengesetzte Drehung mit verschiedener Winkelgeschwindigkeit, also in gleichen Zeiten um verschiedene Winkel erfolgt. So ist klar, daß durch abwechselnde Verdrehung in entgegengesetztem Sinne schließlich eine Gesamtdrehung des ganzen Körpers erfolgen muß. Die Änderung des Trägheitsmomentes kann aber leicht durch Abstrecken und Anziehen der Extremitäten geschehen.

Denken wir uns (Fig. 1), die Katze ziehe die Vorderpfoten ein und strecke die Hinterpfoten rechtwinklig ab, und verdrehe nun die beiden Körperhälften gegeneinander, so wird die vordere Hälfte wegen des kleineren Trägheitsmomentes sich um einen größeren Winkel α nach links drehen als die rückwärtige, die sich um einen Winkel β nach rechts dreht. Nun zieht die Katze die Hinterpfoten an den Leib und streckt die vorderen normal zur Körperachse ab und verdreht die Körperhälften im entgegengesetzten Sinne gegeneinander, so dreht sich die vordere Hälfte um den kleineren Winkel β , die hintere um den größeren Winkel α zurück, im ganzen aber hat sich der ganze Körper um den Winkel ϵ nach links gedreht. Es ist klar, daß durch Fortsetzung dieses Verfahrens die Katze, wenn sie nur genügend Zeit hat, also

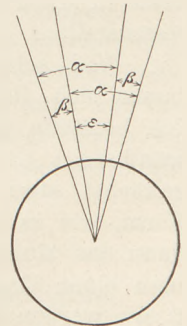


Fig. 1.

¹⁾ Man vgl. Hartmann, diese Zeitschr. 20, 314.

die Falltiefe nicht zu gering ist, ihren Körper um einen beliebigen Winkel drehen kann, bis eben ihre Füße abwärts gekehrt sind.

Auf Anregung der Pariser Akademie der Wissenschaften hat i. J. 1894 E. J. Marey durch photographische Momentaufnahmen den Fall der Katze beobachtet und gefunden, daß er in dieser letzteren Art vor sich geht. (Enzyklop. der mathem. Wissensch. IV, 9, S. 150. Vgl. auch Föppl, Techn. Mech. IV, S. 146).



Fig. 2.

Ich habe zur Demonstration des ganzen Vorganges ein Modell (Fig. 2) konstruiert²⁾. Zwei Blechzylinder sind durch einen Ring so miteinander verbunden, daß sie gegeneinander verdreht werden können. Diese gegenseitige Verdrehung erfolgt durch Drehen des Stieles, welcher die Zylinder trägt, zwangsläufig um verschiedene Winkel, worauf bei fortgesetztem Drehen des Stieles im selben Sinne die Verdrehung im entgegengesetzten Sinne wieder um ungleiche Winkel erfolgt, aber so, daß jener Zylinder, der vorher den größeren Winkel beschrieb, jetzt den kleineren beschreibt und umgekehrt, wodurch eine Gesamtdrehung um einen gewissen Winkel resultiert.

Die beiden Zylinder tragen Kopf, Schwanz und

die vier Pfoten einer Katze, welche automatisch bei der Drehung abwechselnd angezogen und abgestreckt werden, wodurch die Änderung des Trägheitsmomentes angedeutet wird.

Hält man also das Modell so, daß die Füße aufwärts gestreckt sind, und dreht am Stiel, so sieht man, wie die beiden Körperteile unter Abstrecken und Einziehen der Extremitäten sich abwechselnd in verschiedenem Sinne gegeneinander verdrehen, bis schließlich der ganze Körper um 180° gedreht ist und die Füße nach unten gekehrt sind. —

Eine einfache Demonstrationslippenpfeife.

Von Fr. Queisser in Tetschen.

Zur Untersuchung der Schwingungsvorgänge in einer Pfeife wird meist der Hopkinsche Versuch angestellt, nach welchem man eine mit Sand bestreute Membran in die Pfeife einsenkt, um so insbesondere die Lage der Schwingungsbäuche festzustellen.

Viel schöner aber, weil am ganzen Pfeifenrohre gleichzeitig zu beobachten, lassen sich die Vorgänge nach Art der Kundtschen Staubfiguren sichtbar machen. Ich benützte hierzu eine Pfeife mit rechteckigem Querschnitte, deren beide Seitenwände aus Glas bestehen. Die beiden aus Holz hergestellten Mittelteile sägt man zunächst, etwa mit einer Laubsäge, aus einem etwas dickeren Brette heraus, in der Form, wie es eben dem Längsschnitte (Fig. 1) der Lippenpfeife entspricht, versieht dann das Mundstück mit einer entsprechenden Bohrung und rundet es ab, so daß man einen Gasschlauch anstecken kann. 2 Glasstreifen von passender Länge und Breite werden nun mit irgendeinem Klebmittel, am besten Siegelack, als Seitenwände luftdicht aufgeklebt, wobei man nur darauf zu achten hat, daß die Lippe in der richtigen Lage dem Spalte gegenübersteht, damit nachher die Pfeife gut anspreche. — An bestimmte Abmessungen ist man zwar nicht gebunden, doch empfiehlt es sich für das gute Gelingen des Versuches, dieselben eher größer zu wählen. Sehr schön

²⁾ Der Apparat ist durch die Firma Lenoir und Forster, Wien IV, Waaggasse 5, zu beziehen.

zeigte die Erscheinung z. B. eine Pfeife mit den Abmessungen $4 \times 2 \times 57$ cm, welche etwa den Ton C_1 gab.

Man spannt nun die Pfeife horizontal ein, nachdem man, ähnlich wie in der Kundtschen Röhre, recht fein gesiebtes Korkpulver möglichst gleichmäßig in ihr verteilt hat. Das Mundstück wird mit einem Gasschlauche versehen, dem man noch eine Vorrichtung zum Trocknen der Luft vorschalten kann, falls man etwa die feuchte Atemluft benutzt. Feuchtigkeit macht dem Versuch (ähnlich wie den Staubfiguren) bald ein Ende.

Bläst man nun die Pfeife an, so zeigen sich, freilich besser bei der gedeckten Pfeife, besonders an den Stellen der Schwingungsbäuche vertikale papierdünne Schichten, aus den feinen Korkstäubchen bestehend, welche sich in heftiger Bewegung befinden, etwa im Abstände von 3—4 mm. Die Höhe dieser Blättchen nimmt vom Maximum im Schwingungsbauch mit 4—5 mm allmählich gegen die Knoten beiderseits ab (nach Fricks, Physikalische Technik I, Bd. 2, S. 1486, beobachtete KUNDT die Erscheinung mit sehr feinem Kieselsäurepulver bei der nach ihm benannten Röhre). (Fig. 2.)

Besonders schön ist es nun zu beobachten, wie diese Schichten plötzlich wechseln, wenn der Reihe nach die Obertöne der Pfeife angeblasen werden; sie zeigen sofort die Änderung der Wellenlänge, wenn der Ton umspringt, und man kann somit den Vorgang im ganzen Pfeifenrohre auf einmal beobachten. Es ist wohl selbst-

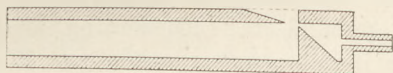


Fig. 1.

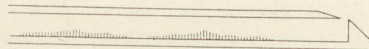


Fig. 2.

verständlich, daß man, ähnlich wie bei den Staubfiguren der Kundtschen Röhre, in der Anordnung dieser Schichten direkt ein Maß für die Länge der stehenden Wellen des betreffenden Tones und ein Bild ihrer Verteilung in der Röhre hat, wobei nur zu bemerken ist, daß der Korkstaub in der Nähe des Spaltes infolge der dort herrschenden heftigen Bewegung bald fortgeblasen ist, und diese Viertelwellenlänge hierdurch verloren geht. Aus diesem Grunde ist auch die Erscheinung für den Grundton der gedeckten Pfeife, der ja ohnedies nur ziemlich schwach angeblasen werden kann, nicht zu beobachten und setzt erst mit dem ersten Oberton ein.

Auch deswegen ist wohl der beschriebene Versuch zu empfehlen, weil er wegen des rechteckigen Querschnittes der Pfeifenröhre die Projektion des Vorganges zuläßt. Man hat dann nur dafür zu sorgen, daß man die Pfeife bequem verschieben kann, um die entstehenden Blättchenpartien vor die Linse des Apparates zu bringen.

Weniger gut zeigt, wie schon oben bemerkt, die offene Pfeife die Erscheinung, besonders wieder, was den Grundton betrifft. Auch steht jetzt dem Korkstaub auch noch das Rohrende offen, zu welchem er herausgeblasen wird. Doch auch bei den nächsten 2 Obertönen konnte ich die Schichtung noch ganz gut beobachten, besonders wenn die Pfeife ein wenig gegen das Mundstück zu geneigt wurde, so daß der Korkstaub durch sein Gewicht zum Teil in die Röhre zurückfiel.

Eine Verbesserung der Brennpunkteigenschaften von Hohlspiegeln.

Von Reallehrer **Fr. Berger** in Fürth.

Allgemein bekannt ist und überall kann man lesen, daß beim sphärischen Hohlspiegel die vom angenommenen Brennpunkte ausgehenden Strahlen nicht parallel austreten, sondern bei einigermaßen beträchtlicher Krümmung des Spiegels erhebliche Winkeldifferenzen aufweisen (Fig. 1). Ebenso wird gewöhnlich nicht versäumt, auf die günstigen Eigenschaften des Parabolspiegels hinzuweisen. Eine andere Möglich-

keit der Korrektur scheint dagegen nur wenig bekannt zu sein, nämlich die durch Kombination des Hohlspiegels mit einer Zerstreungslinse, am einfachsten in der Art, daß die Linse eine konvexe und eine konkave Fläche erhält und die konvexe Fläche gleich als Spiegelfläche dient. Die auftreffenden Lichtstrahlen erleiden dann vor und nach der Spiegelung an der Rückseite je eine Brechung beim Eintritt und Austritt an der Vorderseite des Glaskörpers. Diese Brechung wirkt stets in dem Sinne, daß sie den Winkel zwischen einfallenden und reflektierten Strahlen vergrößert (Fig. 2). Durch

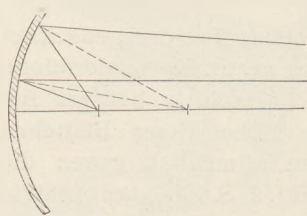


Fig. 1.

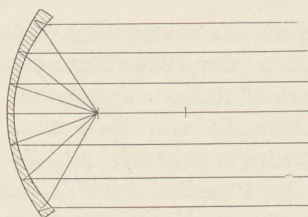


Fig. 2.

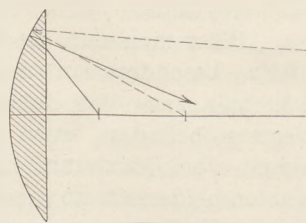


Fig. 3.

passende Wahl der Krümmungsradien (z. B. $r_1 = 16$, $r_2 = 14$, $n = 1,6$) kann eine hinreichende Korrektur bis zu einer Öffnung des Spiegels von $80-90^\circ$ erreicht werden. Ganz ungünstig ist die Wirkung der Glasträger der gewöhnlichen im Handel vorkommenden Hohlspiegel, welche auf der Vorderfläche plan geschliffen sind (Fig. 3). Hier wird der Fehler noch vergrößert, wie eine Überlegung der eintretenden Lichtbrechungen sofort dartut. — Die vorstehend geschilderte Verbesserung scheint in England bekannt geworden zu sein, was der Berichtstatter aus einem Prospekt einer englischen Automobilscheinwerferfabrik schließen zu müssen glaubt.

Über die Schaltung galvanischer Elemente.

Von **W. Leick** in Berlin-Lichterfelde.

Die Aufgabe, n untereinander gleiche Elemente so zu schalten, daß die Stromstärke einen möglichst hohen Wert erreicht, wird in den meisten Lehrbüchern der Physik etwa in folgender Weise behandelt. Zuerst werden die Formeln für Hintereinanderschaltung und Parallelschaltung aufgestellt. Darauf folgt die Besprechung der Gruppenschaltung, bei der die n vorhandenen Elemente in p -Gruppen von je q parallelschalteten Elementen angeordnet werden. Die Stromstärke ist dann:

$$i = \frac{p e}{p \cdot \frac{w_i}{q} + w_a} = \frac{e}{\frac{w_i}{q} + \frac{w_a}{p}},$$

wo $p \cdot q = n$ sein muß.

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn $p = \sqrt{\frac{n \cdot w_a}{w_i}}$ und $q = \sqrt{\frac{n \cdot w_i}{w_a}}$ ist.

Dabei ergibt sich das wichtige Resultat, daß im Falle der maximalen Stromstärke der innere Widerstand gleich dem äußeren ist.

Das ist natürlich richtig, wenn p und q Größen sind, die sich stetig ändern. Tatsächlich müssen aber beides ganze Zahlen sein. Infolgedessen ist der obige Fall nur sehr selten (wenn n eine Primzahl ist, niemals) physikalisch realisierbar. Auf die wirklich möglichen Schaltungen wird in solchen Fällen fast nie eingegangen; öfters findet sich aber der Hinweis, daß man die dem berechneten Werte von p (bzw. q) am nächsten kommenden ganzen Zahlen wählen, oder auch, daß man die Schaltung so einrichten müsse, daß der innere Widerstand gleich oder „möglichst gleich“ dem äußeren Widerstande sei; beides ist falsch.

Wollte man die Aufgabe allgemein behandeln, so hätte man etwa p -Gruppen hintereinander zu schalten, von denen die erste a_1 nebeneinander geschaltete Elemente enthielte, die zweite a_2 usf.

Dann ist die Stromstärke:

$$i = \frac{pe}{\frac{w_i}{a_1} + \frac{w_i}{a_2} + \dots + \frac{w_i}{a_p} + w_a}$$

Dieser Ausdruck wird ein Maximum, wenn man

$$\frac{1}{p} \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_p} + \frac{w_a}{w_i} \right)$$

zu einem Minimum macht. Dabei kann p alle ganzen Zahlen von 1 bis n durchlaufen, während die a ebenfalls ganze Zahlen sein müssen, die die Bedingung

$$a_1 + a_2 + \dots + a_p = n$$

erfüllen.

In dieser allgemeinen Form scheint das Problem noch nicht gelöst zu sein. Es bietet auch ziemliche Schwierigkeiten, so daß die Behandlung im Schulunterricht ausgeschlossen ist. Ich beschränke mich daher darauf, von den Ergebnissen nur das mitzuteilen, was sich in wenigen Worten sagen läßt:

1) Bei einem fest angenommenen Wert von p ist die Schaltung, welche die maximale Stromstärke liefert, von den Widerständen w_i und w_a ganz unabhängig.

2) Eine maximale Stromstärke kann nur erreicht werden durch eine Schaltung, die entweder aus lauter a -fachen, oder aus a - und $(a+1)$ -fachen Elementen besteht.

3) Für eine günstigste Schaltung kommen nur Werte von p in Betracht, die gleich n oder $\left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$ oder $\left\lfloor \frac{n}{3} \right\rfloor$ usw. sind. (Ist n durch r nicht teilbar, so soll $\left\lfloor \frac{n}{r} \right\rfloor$ die den Bruch $\frac{n}{r}$ einschließenden ganzen Zahlen bedeuten.)

4) Die Gleichheit von innerem und äußerem Widerstand bietet keinen Anhaltspunkt dafür, ob eine günstigste Schaltung vorliegt oder nicht.

Letzteres sei wenigstens an einem einfachen Beispiel dargetan: Für 4 Elemente ($e = 1$, $w_i = 0,2$ und $w_a = 0,5$) sind die folgenden fünf Schaltungen möglich:

$$1) 1+1+1+1 \quad 2) 1+1+2 \quad 3) 1+3 \quad 4) 2_2+2 \quad 5) 4.$$

Die Formel $p = \sqrt{\frac{n \cdot w_a}{w_i}}$ würde $p = 3,1$ liefern.

Für $p = 3$ ist nur eine Schaltung möglich, nämlich $1+1+2$.

Dann ist:

$$i = \frac{3}{0,5 + 0,5} = 3.$$

Der innere Widerstand ist bei dieser Schaltung also gleich dem äußeren Widerstand. Trotzdem ist eine andere Schaltung günstiger, obwohl sich bei ihr innerer und äußerer Widerstand erheblich unterscheiden. In der Tat erhält man für die Schaltung $1+1+1+1$ die maximale Stromstärke, nämlich

$$i = \frac{4}{0,8 + 0,5} = \frac{40}{13} = 3 \frac{1}{13}.$$

Vorlesungsversuch zur Chlorierung des Eisens.

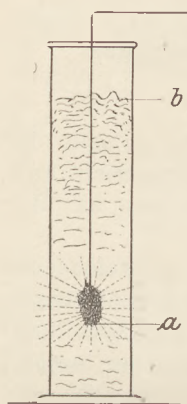
Von Prof. O. Ohmann in Berlin.*

In den Handbüchern der Laboratoriumstechnik wird in erster Linie die Chlorierung des Eisens durch Erhitzen des Metalles im Chlorstrom, und zwar im schwerschmelzbaren Glasrohr, mit oder ohne Verwendung eines Porzellanschiffchens, beschrieben. In zweiter Linie wird zuweilen noch der Versuch des Einstreuens erhitzten Eisenpulvers in Chlor berücksichtigt¹⁾. In beiden Fällen ist besondere Er-

¹⁾ M. Rosenfeld, Einwirkung von Chlor auf Eisen; diese Zeitschr. 14, S. 225.

hitzung erforderlich. Es ist aber gerade für einen Vorlesungsversuch erwünscht, auch das Exothermische des Vorganges so klar und einfach wie möglich zur Anschauung zu bringen. Dies läßt sich mit der von mir näher beschriebenen Stahlwolle²⁾ erreichen.

Man befestigt einen etwas zusammengedrückten Bausch dieser Stahlwolle³⁾ von etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 g an einen unten hakig gekrümmten Eisendraht, der oben noch rechtwinklig gebogen ist (s. Figur). Bringt man diese Vorrichtung in Chlor, so erfolgt keine Selbstentzündung bzw. Selbstvereinigung. Taucht man jedoch das untere Ende *a* des Bausches in eine auf Papier geschüttete Messerspitze voll pulverisierten Antimons, drückt den untersten, ev. noch eine Spur befeuchteten Teil in das Antimonpulver hinein, und führt nun das Ganze in einen mit Chlor gefüllten Fußzylinder (11) ein, so bringt das selbsterglühende Antimon die Stahlwolle an den betreffenden Punkten auf die Entzündungstemperatur, und das Eisen vereinigt sich unter ziemlich glänzendem Licht mit dem Chlor, wobei dicke gelbbraune Wolken sich bilden, die aber nicht belästigend herausdringen, vielmehr bei *b* ein eigenartiges Wogen zeigen. Man wird sogleich nach Einführen des Metalles den Zylinder bedecken. Später läßt sich nach vorsichtigem Herausnehmen des noch am Drahte haftenden Teiles des Produktes die Bildung von Eisenchlorid unmittelbar beobachten; der größere Teil ist indessen gegen die Wandung sublimiert, und es läßt sich durch Hinzufügen von etwa 100 ccm Wasser an der entstehenden satten gelbbraunen Farbe die Löslichkeit gut demonstrieren. Das Hygroskopische der entstandenen Verbindung tritt dadurch hervor, daß der Draht bis oben hin von stark feuchtem Salze bedeckt ist. Die angegebene Methode der Zündung läßt sich auch bei einigen anderen Metallen mit Vorteil anwenden.



Versuche mit einfachen Mitteln.

1. **Zur Reflexion am Ende von Röhren.** Von O. Praetorius in Darmstadt. Daß die tonerzeugenden stehenden Wellen in Lippenpfeifen und anderen angeblasenen Röhren durch Reflexion fortschreitender Luftwellen am offenen oder geschlossenen Ende zustande kommen, läßt sich zeigen, indem man das Ende der Röhre mit einem Wattenpfropfen verschließt. Da an der Watte keine (höchstens eine Art diffuser) Reflexion möglich ist, kommen keine stehenden Wellen zustande; es läßt sich kein deutlicher Ton hervorbringen.

2. **Wirkung des Schleiftaues beim Luftballon.** Von O. Praetorius in Darmstadt. Das Schleiftau eines Luftballons dient in erster Linie dazu, den fallenden Ballon zu entlasten, sobald er in eine gewisse Höhe über dem Erdboden gekommen ist, und ihn dann in dieser Höhe zu halten. Diese Wirkung des Schleiftaues ist leicht zu veranschaulichen durch einen Jahrmarktsballon, an den ein Faden gebunden wird, dessen Gewicht größer ist als die Steigkraft des Ballons. Lehrreich ist eine Übertragung der Erscheinung auf einen in Wasser schwebenden Körper: befestigt man an einen Schwimmer (Probierring mit Kork und Schrotbeschwerung) ein Kettchen

²⁾ O. Ohmann, Über einige Eigentümlichkeiten der Metallwolle; Ber. d. D. chem. Ges. 45, S. 2973; diese Zeitschr. 26, 115.

³⁾ Die Firma Dr. Rob. Muencke, Berlin N 4, Chausseest. 8, liefert geeignete entfettete Stahlwolle Nr. 0 (50 g M 0,50).

von hinreichendem Gewicht, so taucht der Schwimmer unter, schwebt aber über dem Boden des Wassergefäßes, sobald so viel von der Kette auf dem Boden liegt, wie ihr Gewicht die Steigkraft des Schwimmers übertrifft.

Für die Praxis.

Eine einfache Herstellung von Matrizen für galvanoplastische Abdrücke. Von Dr. Pötzsch in Berlin-Lichtenberg. Es wird meist empfohlen, die Münze, von der ein galvanoplastischer Abdruck hergestellt werden soll, mit einem Papierrand zu umkleben und den entstehenden Zylinderraum mit Stearin auszugießen. Dabei muß der Papierrand erst richtig zusammenkleben, was einige Zeit in Anspruch nimmt. Außerdem schließt er oft nicht dicht, und es ist wenig angenehm, wenn die Füllmasse durchläuft.

Folgende Methode, die dem Einbetten botanischer und zoologischer Objekte zwecks Herstellung mikroskopischer Schnittpräparate nachgebildet ist, führt rasch, sauber und sicher zum Ziel:

Eine Uhrschale und eine runde Münze werden mit Vaseline eingefettet. Die Münze wird, mit der abzudrückenden Seite nach oben, in das Uhrglas gelegt und flüssiges Paraffin (oder auch Stearin) darüber gegossen. Der Rand der Münze legt sich durch das Vorhandensein der Vaseline dem Uhrglas dicht an, so daß kein Paraffin unter die Münze läuft. Jetzt läßt man die Uhrschale auf Wasser schwimmen, bis das Paraffin erstarrt ist, was einige Minuten dauert. Dann wird die Schale in das Wasser gestoßen. Nach kurzer Zeit schon läßt sich das Uhrglas und die Münze mit vorsichtiger Zuhilfenahme eines Messers von dem Paraffin abheben.

Elektrizitätsleitung in Glas. Von Dr. Th. Schröder in Straßburg i. Els. Mit den einfachsten Mitteln läßt sich die Elektrizitätsleitung in erhitztem Glas sowie die bei ihr auftretende Polarisation nach folgendem sehr naheliegendem Verfahren (vgl. auch F. Haber in *Zeitschr. f. anorgan. Chemie* 57, 1908) demonstrieren: In einem kleinen Tontiegel wird Blei geschmolzen; senkt man in dieses ein mit Bleistückchen gefülltes Reagenzglas vorsichtig hinein, so erhält man eine dünne Glasschicht zwischen zwei Elektroden aus geschmolzenem Blei. Zwei in Stativklemmen befestigte und in die beiden Bleimassen tauchende Kupferdrähte bewirken die Verbindung mit der Stromquelle und dem Galvanometer. Mit dem einfachen Apparat läßt sich zeigen:

1. In dem Kreise Galvanometer—Blei—Glas—Blei—Galvanometer (ohne Stromquelle) entsteht auch in hoher Temperatur kein Strom.
2. Wird außerdem eine schwache elektromotorische Kraft (ein Akkumulator oder die Batterie einer elektrischen Taschenlampe genügt) eingeschaltet, so erhält man nahe dem Schmelzpunkt des Bleies keinen, in höherer Temperatur jedoch einen kräftigen Strom, der infolge starker Polarisation bald abnimmt.
3. Eine starke elektromotorische Kraft (z. B. 8 Akkumulatoren) gibt bei dunkler Rotglut eine starke, nur im Anfang etwas zurückgehende Ablenkung der Nadel.
4. Nach Abschaltung der Stromquelle zeigt das Galvanometer einen starken, langsam abklingenden Polarisationsstrom an.

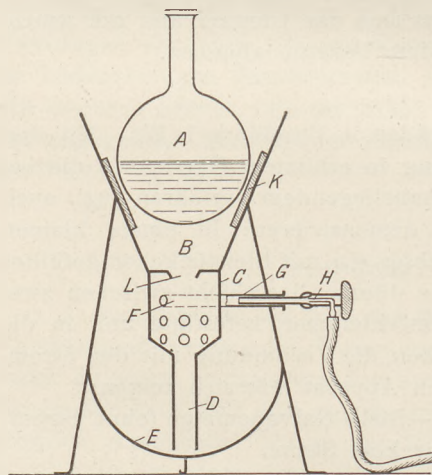
Für die Versuche genügt ein einfaches Demonstrationsgalvanometer mit vielen Windungen dünnen Drahtes. Eine Klingel konnte ich selbst bei viel stärkerer Stromquelle nur einen Moment zum Tönen bringen; vielleicht lag das daran, daß mir eine Klingel von großem Widerstand nicht zur Verfügung stand.

Auch ohne Einschaltung einer besonderen Stromquelle schlägt das Galvanometer aus, wenn man die eine Bleielektrode durch einen Zusatz (z. B. Silicium oder Schwefel) verändert, oder wenn man das Blei im Reagenzglas durch geschmolzenen Salpeter ersetzt.

Verwendung von Reagenzgläsern mit seitlichem Rohransatz. Von E. Mannheimer in Mainz. Diese von Rebenstorff angegebenen (diese Zeitschr. XVIII, 225), in chemischen Schülerübungen als Gasentwicklungsgefäße, Waschflaschen usw. fast unentbehrlich gewordenen handlichen Apparate lassen sich auch mit Vorteil anstatt der teureren Kugelhöhren zur Synthese des H_2S aus seinen Elementen verwenden. Das (dünnwandige) Reagenzglas wird 1—2 cm hoch mit Schwefelstücken gefüllt. Durch ein rechtwinklig gebogenes Rohr im einfach durchbohrten Stopfen wird Wasserstoff eingeleitet, nach der Knallgasprobe der Schwefel zum Sieden erhitzt, und am Rohransatz der Schwefelwasserstoff durch Bleipapier nachgewiesen.

Apparat zur Verhütung des Umherspritzens heißer Flüssigkeiten. Von Dr. J. Lang in Cöln a. Rh. Der in der Zeichnung dargestellte Apparat soll dazu dienen, ein Auslaufen von heißen Flüssigkeiten auf den Experimentiertisch zu verhüten. Er hat den weiteren Zweck, bei einer eventuellen Explosion gefährlicher Flüssigkeiten, wie Säuren und Alkalien, nach Möglichkeit ein Unglück abzuwehren. Trotz sorgfältigsten Experimentierens ist es nicht immer möglich, ein Zerspringen des mit heißer Flüssigkeit gefüllten Kolbens zu verhüten. Der Apparat sei daher besonders den Anfängern sowie den Schülern des Praktikums zur Beachtung empfohlen.

Der Kochkolben *A* steht in einem Trichter *B* von dessen Wandung durch Asbeststreifen *K* getrennt. Der Boden des Trichters *B* hat eine Öffnung *L*, deren Rand etwas nach unten gebogen ist. Die Öffnung *L*



führt in einen zylindrischen Raum *C*, der in seinem unteren Teil von Löchern in doppelter kreisförmiger Anordnung durchbohrt ist. Unterhalb dieser Löcher verjüngt sich *C* zu der Röhre *D*, welche bis beinahe auf den Boden der halbkugelförmigen Schale *E* reicht. Das Ganze wird, wie die Zeichnung zeigt, durch einen Dreifuß, der gleichzeitig die Schale mit dem oberen Teile verbindet, zum Aufrechtstehen gebracht. Im oberen Teil von *C* liegt ein Gasring *F* parallel zu dessen Wandung. Die Öffnung des Gasringes ist etwas weiter als *L*. Seine seitliche Röhre *G* ist an einem Fuße des Dreifußes befestigt. *G* ist so weit, daß jeder beliebige Bunsenbrenner *H* in ihren vorderen Teil geschoben werden kann.

Der Apparat ist aus Schmiedeeisen angefertigt und autogen zusammengeschweißt. Nur der Gasring *F* besteht aus Kupfer. Schiebt man den Bunsenbrenner *H* in die Röhre *G* und öffnet den Gashahn, so lassen sich die Flämmchen bei *F* entzünden und brennen in ringförmiger Anordnung um die Öffnung *L*, den Boden von *B* bespülend. Die heißen Gase entweichen durch *L* und treffen zentral auf den Boden von *A*. Springt *A* durch irgend einen Zufall, etwa durch Siedeverzug usw., so nimmt *B* die Flüssigkeit auf und leitet sie durch *L* nach *C*. Hier fließt sie durch den Gasring *F* in die Röhre *D* und sammelt sich schließlich in *E*. Da *D* tief in *E* hineinragt, ist ein Umherspritzen heißer Flüssigkeit völlig ausgeschlossen. Ebenso ist es unmöglich, daß der Bunsenbrenner durch eindringende Flüssigkeit verunreinigt wird, und schließlich schützt der hohe Trichter *B* bei einer etwaigen Explosion des Kolbens den Experimentator.

Der Apparat ist in verschiedenen Größen von der Firma F. Hugerhoff in Leipzig zu beziehen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Demonstrationsmodell für Wellenvorgänge. Von H. BARKHAUSEN (Dresden). Das Modell zeichnet sich durch große Einfachheit und billige Herstellung, besonders aber dadurch aus, daß es wirklich die theoretischen Verhältnisse der Saiten- und Pfeifenschwingungen wiedergibt und nicht wie die üblichen Modelle mit an Fäden hängenden Kugeln von der Schwerkraft störend beeinflusst wird. Es

festigt sind.¹⁾ Um das Durchhängen des Drahtes zu vermeiden, kann er ein- oder mehrmals gestützt werden, ohne daß die dadurch bedingte Reibung sich irgendwie störend bemerkbar machte. Zwei aufklappbare, durch zwei Fäden verbundene Bügel an beiden Enden des Grundbrettes dienen zur Dämpfung der Schwingungen. Ein weißer Karton zwischen den Stützbrettern bildet den hellen

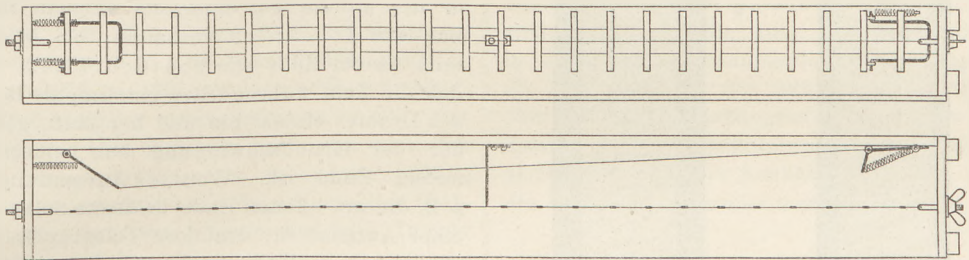


Fig. 1 und Fig. 2.

besteht aus einem dünnen Draht, auf den in gleichmäßigen Abständen längere Blechstreifen quer aufgelötet sind. Die Streifen sind so ausgerichtet, daß sie in der Ruhelage gerade von der Stirnlage gesehen werden, also ganz schmal erscheinen. Versetzt man dieses Gebilde in Torsionsschwingungen, so erscheinen die Streifen durch ihre Drehung um so größer, je größer die Schwingungs-

Hintergrund. Die Blechstreifen können an der Ober- und Unterseite verschieden gefärbt sein, wodurch man noch besser sieht, wie sich benachbarte Bäuche gerade in entgegengesetzter Richtung bewegen. Die Streifen erscheinen dann zu beiden Seiten eines Knotenpunktes in verschiedener Farbe entsprechend der positiven und negativen Schwingungsamplitude. Fig. 3 gibt die Mo-

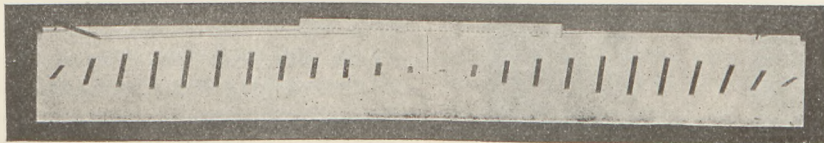


Fig. 3.

amplitude an der betreffenden Stelle ist. Man erhält dadurch ein vollständiges Bild der ganzen Amplitudenkurve längs des Drahtes; Der Vorgang spielt sich desto langsamer ab, läßt sich also in seinen Einzelheiten um so besser verfolgen, je dünner der Draht und je größer das Trägheitsmoment der Blechstreifen ist. Eine Schwingungsdauer von mehreren Sekunden läßt sich gut herstellen.

Fig. 1 (Aufriß) und 2 (Grundriß) zeigen den Draht horizontal über einem Brett ausgespannt, das an beiden Seiten senkrechte Stützbretter trägt, woran die Drahtenden be-

mentaufnahme einer stehenden Welle während der Bewegung wieder. Bei Fig. 4 und 5 ist das Brett senkrecht auf eins der Stützbretter gestellt. Außerdem ist der Draht am unteren Ende aus seiner Befestigung losgemacht. An diesem freien Ende stellt sich daher bei stehenden Wellen ein Schwingungsbauch her, die Strecke vom Drahtende bis zum nächsten Knotenpunkt ist folglich nur halb so lang wie die zwischen zwei Knotenpunkten.

¹⁾ Die Abbildungen 1 und 2 hat Herr H. Barkhausen eigens für diesen Bericht anzufertigen die Freundlichkeit gehabt.

Die hier abgebildeten stehenden Wellen kann man etwa bis zur fünften Oberschwingung leicht mit der Hand erregen, indem man den ersten Streifen in entsprechendem Takt ganz wenig hin und her bewegt. Einmal erregt, halten sich die langsamen Schwingungen minutenlang von selbst, da die Dämpfung gering ist. Natürlich kann man sie auch durch eine periodisch wirkende Kraft, am einfachsten durch ein kleines,

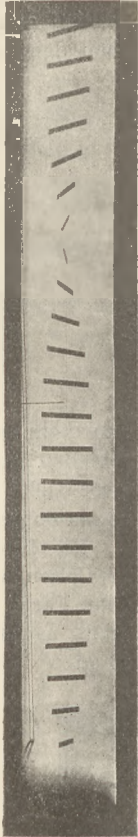


Fig. 4.

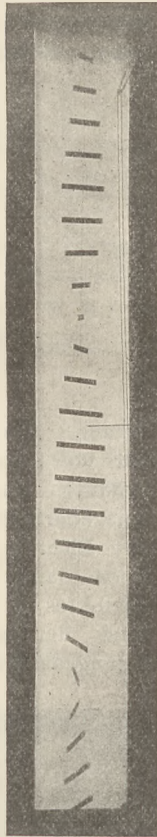


Fig. 5.

direkt an dem horizontalen Draht selbst aufgehängtes abgestimmtes Pendel dauernd unterhalten.

Sehr gut läßt sich auch die Fortpflanzung eines Impulses demonstrieren, am besten an dem senkrechten Modell mit unten offenem Ende. Stößt man den untersten Streifen kräftig an, so dreht sich immer ein Streifen nach dem andern herum, während sowohl die noch nicht verdrehten wie die verdrehten Streifen vollständig in Ruhe verharren. Kommt der Impuls oben an, sind für einen Moment alle Streifen verdreht, aber sofort dreht sich der oberste Streifen zurück, der Impuls wird mit verändertem Vorzeichen reflektiert und läuft

wieder nach unten, alle Streifen wieder zurückdrehend. Am unteren offenen Ende findet aber eine Reflexion ohne Vorzeichenwechsel statt. Während der Impuls also nach oben zurückläuft, drehen sich die Streifen nacheinander in der der ersten entgegengesetzten Richtung, erscheinen also jetzt schwarz, wenn sie vorher rot waren.

Da die Schwingungen den Pfeifen- oder Saitenschwingungen vollkommen entsprechen, ist das Modell auch zu quantitativen Messungen geeignet. Zum Beispiel ließ sich durch einfaches Abzählen leicht feststellen, daß die Anzahl der Grund- und Oberschwingungen in der Minute bei einerseits offenem Ende sich wie 1:3:5:7:9 verhalten, bei beiderseits festem Ende wie 2:4:6:8:10:12, und daß die Zeit, während der eine Impuls längs des Drahtes einmal hin und her läuft, gleich der der Grundschwingung bei beiderseits festem Ende ist. Weitere Anwendungen, z. B. die am offenen Ende belastete Saite, die einer Antenne für drahtlose Telegraphie mit eingeschalteter Verlängerungsspule entspricht, oder in Analogie zu den elektrischen Leitungen mit verschiedener Charakteristik, die Zusammensetzung zweier Drähte von verschiedener Dicke oder verschieden starker Blechstreifen, die Unterdrückung der Reflexion eines Impulses durch entsprechende Dämpfung des letzten Streifens lassen sich experimentell in leicht zu findender Weise verwirklichen.

Ein ähnlicher Apparat ist bereits von W. H. Julius in dieser Zeitschr. XX, 87 (1907) beschrieben. Die vorliegende Konstruktion unterscheidet sich davon namentlich durch die Wahl eines sehr dünnen Drahtes, infolge wovon die einfachen dünnen Blechstreifen als Schwingungselemente genügen, während Julius Querstäbe, die an den Enden 1,2 cm dicke Messingkugeln tragen, verwenden muß. Die Herstellung gestaltet sich hierdurch erheblich wohlfeiler.

Das ca. 2 m lange Modell wird von C. Warmbach in Dresden-Loschwitz, Wunderlichstr. 1 b, für M 25 geliefert, wofür auch das erwähnte Pendelchen beigegeben wird.

(Physikal. Zeitschr. 1913. S. 620 und 850).

Bildung von Flüssigkeitskugeln. Von C. R. DARLING. Besonders geeignet hierfür ist Orthotoluidin; es hat tiefrote Farbe, ist unlöslich in Wasser und bei 24° von derselben Dichte wie Wasser. Oberhalb dieser Temperatur ist es leichter und unterhalb schwerer als Wasser von derselben Temperatur. Man benutzt zum Einbringen des Orthotoluidins

in das Wasser eine mit einem Hahn versehene und am unteren Ende auf 3 bis 4 cm erweiterte Röhre, die genau bis auf die Oberfläche des Wassers reicht. Man kann so Tropfen von 3 bis 4 cm Durchmesser erzielen, die je nach der Temperatur des Wassers zu Boden sinken oder aufsteigen. Man kann

das Sinken der Toluidinkugeln dadurch verhindern, daß man mit einer Pipette 5%ige Salzlösung auf den Boden des Behälters bringt, und kann auf diese Art freischwebende Flüssigkeitskugeln von 200 ccm und mehr erhalten (Knowledge, Febr. 1913; Prometheus, Nr. 1240, 1913).

2. Forschungen und Ergebnisse.

Diffusion von Metallen in Glas¹⁾. In der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt hat G. SCHULZE zunächst Versuche angestellt über die Diffusion von Silber in Glas. Schon 1910 fanden Heydweiller und Kopfermann, daß sich Silber aus geschmolzenem Silbernitrat nicht nur elektrolytisch leicht in Glas einführen läßt, sondern auch ohne Elektrolyse lediglich durch Diffusion in Glas einwandert. Die Diffusion wird erst merklich bei Temperaturen von mehr als 250° C. SCHULZE benutzte bei seinen Versuchen Glasröhren von etwa 5,5 mm äußerem Durchmesser, 0,45 mm Wandstärke und 200 mm Länge. Das Rohr wurde in natriumfreies Silbernitrat eingetaucht; die Diffusion ging dann sowohl von der Außenwand als auch von der Innenseite des Rohres vor sich. In 30 Stunden drangen bei 350° pro qcm 7,8 mg Silber ein. Es wurde dann die Silbermenge, die in das Glas, und die Natriummenge, die in das Silbernitrat eingewandert war, bestimmt. Dabei ergab sich, daß das Silber in Form freier Ionen in das Glas hineindiffundiert und daß für jedes eintretende Silberion ein Natriumion austritt. Für Leitfähigkeitsbestimmungen wurde mit Hilfe von Elektrolyse Silber aus geschmolzenem $AgNO_3$ in das Glas eingeführt; die Leitfähigkeit des Glases wurde beim Ersatz des Natriums durch Silber auf das 1,5fache erhöht. Auf Grund der Beobachtungen Schulzes gibt E. WARBURG eine Theorie der Diffusion von Metallen in Glas, bei der folgende Annahmen gemacht werden: 1. Bei der elektrischen Leitung sowie bei der Diffusion wandern nur die positiven metallischen Ionen; 2. Bei der Diffusion wird jedes Natriumion durch ein Metallion ersetzt; 3. Alles Natrium im Glase befindet sich im gleichen Ionenzustand; 4. Die freien Ionen üben im Glase wie in einer Flüssigkeit einen osmotischen Druck aus, der nach den Gasgesetzen zu berechnen ist. In Übereinstimmung mit dieser Theorie war die in das Glas diffundierende Silbermenge

der Wurzel aus der Diffusionsdauer und der Wurzel aus der Leitfähigkeit des Glases \times absolute Temperatur proportional. Die Konzentration des Silbers im Glase nahm mit zunehmender Tiefe geradlinig ab. SCHULZE stellte auch für die aus $AgNO_3$ -Schmelzen in das Glas diffundierenden Silbermengen, die Konzentration des Silbers in der Glasoberfläche, die Eindringtiefe des Silbers als Funktion der Verdünnung der Schmelzen auf Grund einfacher Annahmen Formeln auf, die durch die Versuche bestätigt wurden.

Schk.

Messung der spezifischen Wärme fester Körper bei hohen Temperaturen. M. v. PIRANI beschreibt drei Methoden zur Bestimmung der spezifischen Wärme oder „Erwärmungsenergien“ bei hohen Temperaturen.¹⁾ Die erste Methode ist verwandt der von Eucken für tiefe und von Lecher für hohe Temperaturen beschriebenen. Ein gut durch Kieselgurpackungen nach außen hin isolierter Widerstandsofen wird auf die gewünschte Temperatur geheizt; im Innern dieses Ofens befindet sich ein zweiter, sehr kleiner Widerstandsofen. Führt man der Heizwicklung des inneren Öfchens eine bestimmte Zeit τ hindurch elektrische Energie zu, so erhöht sich seine Temperatur um Δt . Legt man in das Öfchen den Körper, dessen spezifische Wärme man messen will, so wird eine größere Energiemenge zuzuführen sein, um in derselben Zeit τ die gleiche Temperaturerhöhung Δt zu erzielen. Die Differenz beider Energien ist dann die Energie, welche dem Körper in der Zeit τ zugeführt werden mußte, um ihn um Δt Grad zu erwärmen. Daraus läßt sich dann die spezifische Wärme berechnen.

Die Versuche wurden in Wasserstoff angestellt, von dem der große Ofen durchflossen wurde. Die Temperaturen wurden mit einem Thermolement gemessen. So ergab sich

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 14, 1037 (1912).

¹⁾ Ann. d. Physik 40, 327, 335 (1913).

z. B. bei einem Nickelstück von 27 g. daß bei einer Temperatur von 1160° zur Erzielung einer Temperaturerhöhung von 47° in 30 Sek. eine Energiezufuhr von 125 Watt nötig war, während bei leerem Öfchen nur 60 Watt gebraucht wurden, daraus berechnet sich die spezifische Wärme des Nickels bei 1160° zu 0,37 Cal. pro Gramm. Weitere Versuche wurden mit Eisen, Aluminiumoxyd, Wolfram gemacht. Die Genauigkeit dürfte $\pm 10\%$ betragen; durch Evakuierung des äußeren und Verringerung der Wärmekapazität des inneren Ofens könnte man genauere Resultate erhalten.

Die beiden andern vom Verfasser angewandten Methoden zur Bestimmung der Wärmekapazität beruhen auf folgenden Überlegungen: Bringt man einen leitenden Körper durch elektrische Erwärmung in hohem Vakuum auf irgendeine Temperatur, so verliert er praktisch die ganze zugeführte Energiemenge in Form von Strahlung. Erhöht man plötzlich auf kurze Zeit die Energie, so erhöht sich seine Temperatur nach Maßgabe seiner spezifischen Wärme und nach Maßgabe der Strahlungszunahme. Da die bei jeder Temperatur verlorene Strahlungsenergie in Wattsekunden proportional der Ausstrahlungszeit wächst, die Erwärmungszeit aber für jede Temperatur eine von der für die Erwärmung aufgewandten Zeit unabhängige Konstante ist, so ist es möglich, durch Abkürzung der Erwärmungszeit den prozentischen Betrag der Strahlungsverluste beliebig weit herunterzusetzen.

Hierauf gründete der Verfasser seine oszillographische Methode. Nimmt man mit einem Oszillographen den Einschaltstrom einer Glühlampe bei konstanter Betriebsspannung auf, so wird dieser Strom im ersten Augenblick gleich der konstanten Spannung dividiert durch den Kaltwiderstand der Glühlampe, dann aber allmählich bis zu dem normalen Betriebsstrom abnehmen. Dabei werden alle Temperaturen bis zur Betriebstemperatur (bei Wolframlampen 2100°) durchlaufen. Von der Energie, die der Faden in jedem Augenblicke aufnimmt, geht ein Teil als Strahlung verloren, ein zweiter Teil wird benutzt, um dem Faden gemäß seiner Wärmekapazität Erwärmungsenergie zuzuführen. Die Temperatur des Fadens ist definiert durch seinen Widerstand; die Beziehungen zwischen beiden sind bei verschiedenen Substanzen, z. B. Tantal, Wolfram, Eisen, bis zu hohen Temperaturen genau untersucht. Hiernach kann man aus dem Einschaltoszillogramm einer Tantallampe die spezifische Wärme des Tantals berechnen, wenn man sowohl den Widerstand als auch die Ausstrahlung im stationären Zustande in Abhängigkeit von der Temperatur kennt. Der Verfasser erhielt nach dieser Methode die spezifische Wärme von Tantaldraht bei $1400^{\circ} = 0,043$. Bei Zimmertemperatur ist sie 0,036; sie steigt also langsam an. Die spezifische Wärme von Wolframdraht war bei $1300^{\circ} = 0,044$, von Eisendraht bei $430^{\circ} = 0,18$.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärme des reinen Eisens diente eine dritte Methode, die auf folgender Überlegung beruht. Ein im Vakuum aufgehängter Drahtbügel von 0,6–0,7 mm Dicke glüht in seinem mittleren Stück gleichmäßig. Durch sehr dünne Abzweigungen kann die Spannung durch ein dünnes Thermolement, die Temperatur an diesem Mittelstück gemessen werden. Hat der Bügel konstante Temperatur (etwa 1000°) und wird ihm plötzlich eine sehr kurze Zeit hindurch eine Energiemenge zugeführt, so tritt eine Temperaturerhöhung ein, die um so kleiner ausfällt, je größer die spezifische Wärme ist. Aus der Zeitdauer des Stromstoßes, dem Momentanstrom und der Momentanspannung läßt sich dann die spezifische Wärme berechnen. Für die Wärmestrahlung ist eine Korrektur anzubringen. Der Verfasser bestimmte so die spezifische Wärme von elektrolytischem Eisen zwischen 100° und 1000° . Sie war bei $110^{\circ} = 0,12$, erreichte bei etwa 712° ein Maximum (0,32) und war bei 968° wieder 0,15.

A. MAGNUS benutzte zur Messung spezifischer Wärmen bei hohen Temperaturen ein Kupferkalorimeter, das an zwei dünnen Drahtseilen in einem Dewargefäß hing²⁾. Der Zwischenraum zwischen Glas und Metall war mit Woodscher Legierung ausgefüllt. Zur Temperaturmessung diente eine Thermosäule aus 50 Eisen-Konstantan-Elementen, deren Lötstellen zur einen Hälfte innerhalb des Kupferblocks, zur andern Hälfte in dem Filzmantel des Dewargefäßes lagen. Der ganze Apparat hing in einem nur wenig weiteren Zinktopf, der selbst sich wieder in einem Wasserbade befand. Da die äußeren Lötstellen die Temperatur des Wasserbades annahmen, maß die Thermosäule die Temperaturdifferenz zwischen Kupferblock und Wasserbad. Zur Erwärmung der Substanzen, deren spezifische Wärme gemessen werden

²⁾ Phys. Zeitschr. 14, 5 (1913)

sollte. dienten für die Temperatur von 100° der Dampf siedenden Wassers, für Temperaturen bis zu 750° je zwei kleine elektrische Öfen: die Heiztemperatur wurde teils durch Thermometer, teils durch Thermolemente bestimmt. Hatte die Substanz die gewünschte Temperatur angenommen, so ließ man sie in das Kalorimeter hineinfallen. Es wurde die spezifische Wärme einer Anzahl binärer chemischer Verbindungen (Bergkristall, amorphe Kieselsäure, Magnesiumoxyd, Calciumoxyd, Zinkoxyd, Bleioxyd, Natriumchlorid und -bromid, Kaliumchlorid und -bromid) zwischen Zimmertemperatur und 750° gemessen. Die gewonnenen Resultate schließen sich an die Messungen anderer Beobachter gut an und lassen sich zum Teil auch durch die von Nernst und Lindemann aufgestellten Formeln richtig wiedergeben. *Schk.*

Ultrarote Strahlen. Bei Untersuchung der Absorption ultraroter Strahlung durch Gase hat man gefunden, daß diese Absorption im hohen Maße vom Druck beeinflusst wird. Sie ist bei niedrigen Drucken gering, bei höheren Drucken nimmt sie schnell zu bis zu einem Maximalwert. Der für diesen nötige Druck ist im allgemeinen um so niedriger, je größer die absorbierenden Moleküle sind. Die Wirkung der Druckerhöhung ist dieselbe, ob sie durch eine Erhöhung der Dichte oder durch Einführung eines andern nicht absorbierenden Gases bewirkt wird. Da der Druck eines Gases auch durch Temperaturänderung geändert wird, so untersuchte EVA v. BAHR, in welcher Weise die ultrarote Absorption der Gase von der Temperatur abhängt¹⁾. Die Versuche wurden für Kohlenoxyd, Stickstoffoxydul, Kohlensäure, Methan und Ätherdampf bei Zimmertemperatur und bei 170° mit dem Spektrobolometer ausgeführt. Es zeigte sich, daß die Einwirkung der Temperatur durchaus von der des Druckes abweicht. Wie aus den Kurven, namentlich aus der des Kohlenoxyds, hervorgeht, entspricht die höhere Temperatur immer einer breiteren Absorptionsbande. Dabei bleibt die Absorption im Schwerpunkt der Bande bei Erwärmung fast konstant. Die Absorptionsbande zeigt bei Erwärmung dieselbe Erscheinung wie die Absorptionsbanden der Farbstoffe und vieler anorganischer Kristalle im sichtbaren Spektrum. Da eine Ausbreitung und Verflachung der Absorptionsbande einer zunehmenden Dämpfung der absorbierenden

Teilchen entspricht, so muß man auch hier den Einfluß der Temperatur als eine Dämpfung auffassen, die aber nicht nur durch Molekularstöße, sondern durch intramolekulare Vorgänge bedingt ist. Die Absorption muß auch kontinuierlich sein, d. h. die Absorptionsbande kann nicht aus feinen, dicht nebeneinander liegenden Linien bestehen. Die Absorptionsbanden der andern Gase verbreiterten sich mit der Erwärmung ebenso wie bei Kohlenoxyd, zeigten aber auch eine Zunahme der Absorption in der Mitte, und zwar in höherem Grade, als es der Zunahme des Druckes entsprochen hätte. Eine Temperatursteigerung würde auch hier eine größere Dämpfung der absorbierenden Teilchen bewirken, während eine Druckerhöhung ihre Anzahl vermehren dürfte.

Über den Einfluß der Temperatur auf die Absorption langwelliger Wärmestrahlen in einigen festen Isolatoren berichten H. RUBENS und G. HERTZ²⁾. Sie begannen mit der Untersuchung des Reflexionsvermögens, welches Quarz und Kalkspat im Gebiet ihrer kurzwelligen ultraroten Reststrahlengebiete bei verschiedenen Temperaturen besitzen. Ein Hohlspiegel aus dem betr. Material reflektierte die Strahlen einer Nernstlampe nach ihrer spektralen Zerlegung durch ein Steinsalzprisma nach einem Mikroradiometer; der Hohlspiegel befand sich auf dem Boden eines Glaszylinders, der in ein mit flüssiger Luft oder Wasserstoff gefülltes Gefäß gebracht werden konnte. Die Änderung des Reflexionsvermögens zwischen +20° und -252° war sehr gering: bei Kalkspat schien es mit abnehmender Temperatur etwas zu wachsen, bei Quarz zeigte sich eine schwache Wanderung des reflektierten Spektralstreifens nach kürzeren Wellen und eine kleine Verschiebung bei der Maxima. Für die Absorptionsmessungen dienten einerseits die Reststrahlen von Flußspat (23 μ) und Steinsalz (52 μ), andererseits die mittels Quarzlinsen isolierte langwellige Strahlung des Auerbrenners (110 μ) oder die durch eine Platte von amorphem Quarz filtrierte Strahlung der Quarzquecksilberlampe (300 μ). Die Platte des zu untersuchenden Materials befand sich in einem Absorptionsgefäß, das evakuiert und durch flüssige Luft bzw. Heizspiralen auf Temperaturen von -186 bis +300° gebracht werden konnte. Die Kurven, welche

¹⁾ Ann. d. Physik 38, 206 (1912).

²⁾ Sitzungsber. d. K. Preuß. Akademie d. Wiss. 1912, S. 256.

für Steinsalz und Sylvin die Abhängigkeit des Absorptionsvermögens von der Temperatur darstellen, zeigen in allen Fällen denselben Charakter; mit sinkender Temperatur streben sie dem Werte Null zu, d. h. beide Stoffe werden an den betrachteten Stellen des Spektrums bei -273° vollkommen durchlässig. Dieses einfache Verhalten zeigen Flußspat und Quarz nur auf der langwelligen Seite ihres Absorptionsgebiets, während sie für kürzere Wellen bei der Temperatur des absoluten Nullpunkts noch eine beträchtliche Absorption vermuten lassen. Die Verf. sind geneigt, zwei verschiedene Typen von ultraroten Absorptionsstreifen in festen Körpern anzunehmen. Die temperaturempfindlichen Streifen der ersten Art werden von Schwingungen der Ionen veranlaßt, die auch von Ionen benachbarter Moleküle beeinflußt werden, während die von der Temperatur weniger beeinflußte Streifenart nur auf Schwingungen innerhalb des eigenen Moleküls beruht.

Absorptionserscheinungen, die R. W. WOOD mit langen Wärmewellen beobachtete, werden von ihm auf Resonanzwirkungen zurückgeführt³⁾. Die von einem Auerstrumpf ausgehenden Wellen von 112μ wurden nach der vom Verfasser und H. RUBENS erfundenen Methode der „Brennpunktsisolierung“ (d. Zeitschr. XXIV, 168) gewonnen. Wurde auf einer Quarzplatte ein dicker Niederschlag von metallischem Kupferpulver erzeugt, so war dieser gegen Licht nahezu undurchsichtig, für die langen Wärmestrahlen aber vollkommen durchlässig. Aber auch ein völlig undurchsichtiger Rauchbelag auf einer Quarzplatte ließ 95% der Wärmestrahlung hindurch. Der Verfasser suchte die Beziehung festzustellen, die zwischen der Durchlässigkeit einer Schicht metallischer Teilchen und der Größe der Teilchen besteht. Dazu wurde auf einer Quarzplatte ein Tau von Quecksilbertropfen niedergeschlagen, deren Größe von der Zeit abhing, in der die Platte den Hg-Dämpfen ausgesetzt war; es wurden so Tröpfchen von $\frac{1}{20}$ bis $\frac{2}{3}$ einer Wellenlänge erhalten. Die Durchlässigkeit für die Wellen von $\lambda = 112 \mu$ wurde mit einem Radiomikrometer gemessen. Es zeigte sich, daß die Tröpfchen auf die Wellen keinen Einfluß haben, solange ihr Durchmesser etwa $\frac{1}{10} \lambda$ nicht überschreitet. Ist der Durchmesser etwa $\frac{1}{4} \lambda$, so ist die Durchlässigkeit für die Wellen von 112μ nicht viel größer als für die kurzen, bei noch

größerem Durchmesser ist sie für beide Wellenlängen ganz gleich. In keinem Falle war die Undurchlässigkeit der Resonatorplatte für die langen Wellen größer als für die kurzen. Eine auf Quarz niedergeschlagene Silberschicht, die mit der Teilmaschine in völlig voneinander getrennte Rechtecke zerschnitten war, war für Wellen von 112μ ganz so undurchlässig wie zuvor; Versuche mit breiteren Schnitten sollen noch vorgenommen werden.

Schk.

Der lichtelektrische Effekt. POHL und PRINGSHEIM haben ihre Untersuchungen über den Photoeffekt (d. Zeitschr. XXV, 377) nach verschiedenen Richtungen hin fortgesetzt¹⁾. Was zunächst den normalen Effekt anlangt, so fanden sie, daß dieser ebenso wie bei *Al* und *Mg* auch bei Calcium auftritt. Das Metall wurde aus elektrisch gewonnenem metallischen *Ca* im Vakuum destilliert und auf der zur Bestrahlung bestimmten Fläche niedergeschlagen. Die lichtelektrische Wirkung fand zwischen 230 und 700 $\mu\mu$ statt und erreichte zwischen 300 und 400 $\mu\mu$ ein Maximum, das um so schärfer hervortrat, je kleiner der Einfallswinkel des Lichtes war. Eine Untersuchung der flüssigen *K-Hg*-Legierung zeigte, daß der hier auftretende Photoeffekt wesentlich auf Rechnung des *K* zu schieben ist, da er bei Legierungen zwischen $2 \cdot 10^{-4}$ und 2,3 Atomprozent *K* von derselben Größenordnung ist wie der normale Effekt des *K*. Die Elektronenemission begann bei 2,3 Atomprozent im Blauen und verschob sich mit abnehmender Konzentration allmählich zu kleineren Wellenlängen.

Eine Eigentümlichkeit der photoelektrischen Wirkung bei *Mg*, *Al* und *Ca* bestand darin, daß die langwellige Grenze der Elektronenemission sich bei längerem Stehen im Vakuum verschob, so daß einige der Metallflächen bis ins Ultrarot erregbar wurden. Auch flüssige *Ca*-Amalgame zeigten diese Eigenschaft. War eine solche Legierung frisch eingefüllt, so ging ihre Erregbarkeit bis $\lambda = 350 \mu\mu$; innerhalb weniger Minuten stieg sie dann gegen das sichtbare Gebiet hin deutlich an und reichte nach etwa einer Stunde bis ins Ultrarot hinein. Ähnlich scheinen sich *Li*-Amalgame zu verhalten; dagegen zeigten *K* ebenso wie *K*-Amalgame diese zeitliche Veränderung der Empfindlichkeit

³⁾ Phys. Zeitschr. 14, 189 (1913).

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 15, 111, 173, 431, 637, 705 (1913).

nicht. Welche Einflüsse für diese Verschiebung der Empfindlichkeitsgrenze maßgebend sind, hat sich noch nicht feststellen lassen. Andererseits schließen die Verff. aus den bis jetzt bekannten Versuchsergebnissen, daß die langwellige Grenze des normalen Photoeffekts ein Maß für die Bindung der Elektronen an das vom Licht bestrahlte Molekül ergibt, wenn auch die Schwankungen jener Grenze verhindern, sie als quantitatives Maß für die Abtrennungsarbeit eines Elektrons zu verwenden.

Was den selektiven Photoeffekt anlangt, so beobachteten POHL und PRINGSHEIM bei Kalium einen erheblichen Einfluß des Sauerstoffs. Wird O_2 unter einigen Zehntel mm-Druck auf Kaliumzellen geleitet, so überzieht sich das K mit einer dunklen Haut; nach Wiederherstellung des Vakuums zeigte das K eine außerordentlich große lichtelektrische Elektronenemission, so daß man im violetten Teile des Spektrums eine Ausbeute bis zu $240 \cdot 10^{-4}$ Coulomb pro auffallende Lichtkalorie beobachten konnte. Das Maximum dieser selektiven Erregbarkeit war gegen das des reinen K um etwa 7% nach den kürzeren Wellenlängen verschoben. Weitere Zufuhr von O_2 steigerte sowohl die Empfindlichkeit als die Verschiebung, die dadurch von 436 bis zu 405 $\mu\mu$ gelangte. Gleichzeitig bildete sich im Ultravioletten unterhalb $\lambda = 280 \mu\mu$ ein starker Anstieg der Elektronenemission in Richtung höherer Frequenzen heraus, der wahrscheinlich als normaler Photoeffekt eines Kaliumoxyds anzusprechen ist. Die so hochempfindliche K - O -Oberfläche war jedoch nicht sehr beständig. Nach der Ansicht der Verff. sind die photoelektrisch empfindlichen Bestandteile der Zelle nicht das Kaliumoxyd selbst, sondern im Oxyd suspendierte Teilchen einer kolloidalen Modifikation des Kaliums, deren große lichtelektrische Empfindlichkeit bereits von Elster und Geitel festgestellt wurde.

Bei quantitativen photoelektrischen Messungen wurden bisher gewöhnlich die von der Einheit der auffallenden Lichtenergie erzeugten Elektronen bestimmt; im Gegensatz dazu suchten die Verff. jetzt die Zahl der von der Einheit absorbiertes Lichtenergie ausgelösten Elektronen als Funktion der Wellenlänge darzustellen. Zu dem Zwecke wurden die zu bestrahlenden Alkalimetallflächen als „schwarze“ Körper ausgestaltet, indem sie in das Innere von Hohlkugeln von 5–21 cm Durchmesser gebracht wurden; damit alles Licht zur Ab-

sorption kam, wurde die ganze Wand der Kugel mit einem Metallüberzug versehen. Es zeigte sich sowohl bei Na als bei K , daß die Resonanzmaxima des selektiven Photoeffekts jetzt viel schärfer hervortraten und mit Gebieten hoher optischer Reflexion zusammenfielen. Die Gesamtladung der bei der Absorption von 1 Cal. Lichtenergie austretenden Elektronen betrug in der Mitte des Resonanzgebietes bei K etwa $50 \cdot 10^{-4}$ bei Na etwa $120 \cdot 10^{-4}$ Coul. Auch diese auf gleiche absorbierte Lichtenergie bezogenen Zahlen erhöhten sich in den gefärbten kolloidalen Modifikationen der Metalle erheblich, bei K wie Na auf etwa $350 \cdot 10^{-4}$ Coul./Cal., und ergaben Resonanzkurven von einer Schärfe, wie sie bisher im unpolarisierten Licht nicht beobachtet wurden. Der Einfluß der Kolloidierung dürfte auf dem äußerst kleinen Durchmesser der Metallteilchen beruhen.

Da die lichtelektrische Wirkung auf dem stoßweisen Austreten von Elektronen beruht, so müssen Schwankungen des Effekts beobachtet werden, sobald es gelingt, nur einzelne Elektronen zum Austritt zu bringen. PRINGSHEIM benutzte dazu die Methode empfindlicher Spitzen, die Geiger zur Zählung der α - und β -Teilchen geführt hat. Wird an einer feinen metallischen, negativ geladenen Spitze lichtelektrisch ein Elektron ausgelöst, das in ein hohes Potentialgefälle in der Nähe der Spitze gelangt, so wird momentan durch Stoßionisation eine Spitzenentladung eingeleitet. Die mit dem Elektrometer verbundene Spitze (ein feiner Pt -Draht oder eine Nähnadel) ragte in einen auf +1500 Volt geladenen Messinghohlzylinder hinein und wurde von einer Hg -Lampe durch ein Quarzfenster hindurch belichtet. Das Elektrometer zeigte dann ruckweise Ausschläge, die beim Annähern der Lichtquelle immer rascher aufeinanderfolgten und den Austritt jedes einzelnen Elektrons begleiteten. In reinem Stickstoff traten die Momententladungen auch an positiven Spitzen bei Belichtung der Gegenelektrode auf, indem die Elektronen jetzt durch das Feld nach der Spitze hingetrieben wurden. In diesem Falle konnten die Schwankungen des Photoeffekts an jedem beliebigen festen und flüssigen Material beobachtet werden.

Die lichtelektrische Wirkung einiger Salze und anderer Verbindungen untersuchte A. LL. HUGHES²⁾. Die Prüfung

²⁾ Phil. Mag. 24, 380 (1912).

erstreckte sich auf $ZnCl_2$, P_2O_5 , PbJ_3 , HgJ , HgJ_2 , $HgCl$, $HgCl_2$, $FeCl_3$, SbJ_3 , $BiCl_3$, die Oxyde von Ba und Cu , und Anthrazen. Um eine reine Oberfläche zu erhalten, wurden die Salze in einem Vakuum von flüssiger Luft destilliert. Zu den Versuchen diente ein Apparat, mit dem der Verf. bereits früher die Geschwindigkeiten der von Metalloberflächen ausgesandten Photoelektronen bestimmt hatte; die Belichtung erfolgte mit dem ultraviolethen Licht einer Quarzquecksilberlampe. Unter den genannten Stoffen zeigten trockenes $ZnCl_2$ und P_2O_5 , auch $FeCl_3$ keinen, PbJ_3 nur einen geringen, die anderen Halogensalze einen sehr deutlichen lichtelektrischen Effekt, der anfangs gering war, dann aber stark zunahm. Die Erklärung hierfür liegt darin, daß die Salze selbst überhaupt keinen Effekt geben, sondern daß das Licht bei allen zuerst die Oberfläche zersetzt und dann in der gewöhnlichen Weise auf das Metall wirkt. Je stabiler das Salz ist um so geringer ist der Effekt. Bei Anthrazen wird der Effekt nur von Wellenlängen kürzer als 2002 \AA -E. hervorgerufen; die maximale Elektronengeschwindigkeit ist $0,87$ Volt bei $\lambda = 1849 \text{ \AA}$ -E.

Nach Beobachtungen von W. OBOLENSKY ist Wasser lichtelektrisch empfindlich³⁾. Das destillierte Wasser befand sich in einem Glasgefäß, das von einem Messingzylinder umgeben war. Dieser war sowohl mit dem Wasser als mit einem Elektrometer leitend verbunden; er war ferner von einem weiteren, oben durch ein Drahtnetz geschlossenen Messingzylinder umgeben, der auf eine Spannung aufgeladen werden konnte. Die Belichtung erfolgte durch einen Funken zwischen Aluminiumelektroden, dessen Strahlen durch Flußspat und Quarzplatten und das Drahtnetz hindurch auf die Oberfläche des Wassers fielen. Durch Zwischenschieben absorbierender Medien konnten verschiedene Spektralbezirke abgegrenzt werden. Das wirksamste Spektralgebiet war das äußerste Schumannviolett bei $130 \mu\mu$; die lichtelektrische Wirkung betrug hier etwa $\frac{1}{400}$ des bei Kupferoxyd erhaltenen Wertes. Bei $\lambda > 202,5 \mu\mu$ verschwand die Wirkung völlig. Geringe Verunreinigungen des Wassers hatten keinen wesentlichen Einfluß. Im Wasser gelöste Chloride setzten die lichtelektrische Wirkung herab, Sulfate, Karbonate und Nitrate erhöhten sie. Eis zeigte eine sehr große lichtelektrische Emp-

findlichkeit, die 200—300 mal so groß als bei Wasser war. Das dürfte bei den aus Eisnadeln bestehenden Cirruswolken auch eine meteorologische Bedeutung haben.

Durch negative Glimmentladung an Natrium- und Kaliumlegierungen in einer Wasserstoffatmosphäre wird die lichtelektrische Empfindlichkeit dieser Oberflächen erheblich gesteigert; Elster und Geitel benutzten das zur Herstellung einer besonders empfindlichen Photozelle (d. Zeitschrift XXV, 381). H. GREINACHER untersuchte, ob die lichtelektrische Wirkung auch bei anderen Metallen auf dieselbe Weise gesteigert werden kann⁴⁾. Die geerdete Metallplatte befand sich einem Platinring gegenüber, an den der positive Pol eines Induktoriums angelegt wurde. Bei Platin ließ sich durch Glimmentladung in H_2 der Photoeffekt um etwa das 100 fache steigern. Bei Blei erhöhte eine einzige Entladung in H_2 den Effekt auf das 300—400 fache; andererseits wurde das Metall nach Behandlung in Luft fast inaktiv. Auch bei Zn , Al , Cu , Au erfolgte durch Glimmentladung in H_2 eine Vergrößerung, in Luft eine Verkleinerung des Photoeffektes. Durch sukzessive Behandlung in Luft (O_2 und H_2 ließ sich der photoelektrische Strom nach Belieben bis um mehr als das 1000 fache variieren.

Den oben erwähnten Gedanken, die photoelektrische Zelle als „schwarzen Körper“ auszugestalten, hat A. L. HUGHES zur Herstellung einer sehr empfindlichen Zelle benutzt⁵⁾. Während Pohl und Pringsheim die lichtempfindliche Schicht in das Innere einer innen versilberten Hohlkugel brachten, überzog HUGHES die Kugelwand selbst mit einem Überzug von festem Natrium, das aus einem Ansatzrohr in den evakuierten Kugelraum hinüberdestillierte und sich an der Innenwand in Form von kleinen, bald erstarrenden Tropfen niederschlug. Dieser Natriumüberzug wurde durch ein Quarzfenster belichtet und bildete die eine Elektrode; die andere war ein in die Röhre hineinragender, gut isolierter, mit dem Elektrometer verbundener Messingstab. Der durch die Belichtung erhaltene photoelektrische Strom war sehr bedeutend. Für die Wellenlänge $\lambda = 4360 \text{ \AA}$ -E. erhielt der Verf. $580 \cdot 10^{-11}$ Amp., während die eine glatte Natriumfläche enthaltende photoelektrische

⁴⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 15, 797 (1913).

⁵⁾ Phil. Mag. 25, 679 (1913).

³⁾ Ann. der Physik 39, 961 (1913).

Zelle nur 15 bis $20 \cdot 10^{-11}$ Amp. ergab. Die Empfindlichkeit beruht einerseits auf der Mitwirkung der diffusreflektierten Strahlung, andererseits aber auch auf der durch die Tröpfchen erheblich vergrößerten Oberfläche. Die Zelle kann zur Prüfung von Lichtintensitäten dienen, die sonst nicht mehr beobachtet werden können. Für Wellenlängen > 3300 kann das Quarzfenster auch durch Glas ersetzt werden. In der sichtbaren Region des Spektrums waren *K*, *Rb* und *Cs* noch empfindlicher als *Na*.

Wie CHR. RIES findet, besitzen die lichtempfindlichen Körper den Spannungseffekt, d. h., ihre elektrische Leitfähigkeit ist bei hoher Spannung größer als bei niedriger⁶⁾. Am Selen, Antimonit, Schwefel, Paraffin war der Spannungseffekt schon früher nachgewiesen; diese Substanzen sind auch lichtempfindlich, Paraffin allerdings nur in geringem Grade. Der Verf. untersuchte andere lichtempfindliche Körper, Schwefelsilber, Chlorsilber, Tellur, und konnte auch bei diesen den Spannungseffekt beobachten. Die Lichtempfindlichkeit nahm mit Vergrößerung der Spannung ab, und zwar war diese Abnahme bei den Körpern am größten, die den Spannungseffekt am deutlichsten zeigten. Intensitätsänderungen des Lichts und der Spannung hatten dieselben Wirkungen; Lichtempfindlichkeit und Spannungseffekt zeigten auch dieselben Trägheitserscheinungen. Danach besteht ein inniger Zusammenhang zwischen Spannungseffekt und Lichtempfindlichkeit, was auf eine gemeinsame elektronische Ursache hindeutet. Bei größerer Stromstärke wird eine Anzahl der sonst durch das Licht ausgelösten Elektronen durch den Strom ausgelöst, die Lichtwirkung ist dann also schwächer.

Die spezifische Ladung lichtelektrisch ausgelöster Elektronen, die bisher nur bis auf die Größenordnung bekannt war, suchte E. ALBERTI mit einer neuen Methode genau zu bestimmen⁷⁾. Die ultravioletten Strahlen einer Quarzquecksilberlampe fielen auf die Kupferkathode eines Entladungsrohres; die ausgelösten Elektronen gingen durch einen Spalt und durch ein System von Messingfäden und trafen zuletzt auf einen Phosphoreszenzschirm, auf dem der Schatten der Messingfäden erschien. Durch Magnetspulen wurden die Elektronen abgelenkt; die Größe der Ablenkung wurde

mit dem Mikroskop auf dem mit Millimeterteilung versehenen Phosphoreszenzschirm abgelesen. Dadurch wurde der Krümmungsradius der Elektronen bei einem bestimmten Magnetfelde berechnet. Für die Spannungsmessungen wurde ein neues Elektrometer konstruiert, das große Genauigkeit und schnelles Arbeiten gestattete. Als Mittel aus 129 Beobachtungen wurde der auf die Geschwindigkeit *O* reduzierte Wert $e/m_0 = 1,756 \cdot 10^7$ gefunden, eine Zahl, die mit den für β - und gewöhnlichen Kathodenstrahlen gefundenen Werten gut übereinstimmt.

Auch O. W. RICHARDSON und K. T. COMPTON benutzten bei ihren Versuchen über die Bedingungen der photoelektrischen Wirkung eine innen versilberte Glaskugel, in deren Mitte das Elektronen emittierende Metallblättchen sich befand⁸⁾. Untersucht wurden Platin, Aluminium, Kupfer, Wismut, Zinn, Zink, Magnesium. Zur Belichtung dienten Wellenlängen von 25, 23, 21. 10^{-6} cm; gemessen wurden die bei verschiedenen angelegten Spannungen erhaltenen Photoströme. Die diese Beziehung darstellenden Kurven zeigen für alle Metalle den gleichen Charakter. Die in Volt ausgedrückte maximale Energie stellte sich dar als Funktion der Frequenz des erregenden Lichts. Für alle Metalle gab es eine maximale Wellenlänge (bei *Pt* für $\lambda = 27 \mu\mu$), bei der Elektronen von der Geschwindigkeit *O* ausgesandt wurden. Die für diesen Fall erhaltene Grenzkurve ging für alle Metalle durch den gleichen Punkt, wenn die Potentialdifferenz zwischen dem Metall und dem die andere Elektrode darstellenden Silber mit berücksichtigt und die Kurve um diese Differenz verschoben wurde. Daraus war zu schließen, daß die Elektronen in Wirklichkeit stets eine Geschwindigkeit $> O$ besitzen, und daß in allen Fällen, wo man negative Geschwindigkeiten zu beobachten glaubt, die Kontaktpotentialdifferenz zwischen dem emittierenden und dem empfangenden Metall nicht berücksichtigt ist (vgl. d. Zeitschr. XXV, 379.)

Die Proportionalität zwischen Photostrom und Lichtintensität prüften ELSTER und GEITEL mit Hilfe ihres lichtelektrischen Photometers⁹⁾. Eine Lichtquelle von konstanter Intensität wurde durch Drehung zweier hintereinander gestellter Nicols entsprechend abgeschwächt; die durch-

⁶⁾ Ann. d. Physik 38, 721 (1912).

⁷⁾ Ann. d. Physik 39, 1133 (1912).

⁸⁾ Phil. Mag. 24, 575 (1912).

⁹⁾ Phys. Zeitschr. 14, 741 (1913).

gelassene Lichtmenge ist dann dem Quadrat des Sinus des Azimuts proportional. Für sehr geringe Lichtintensitäten dienten schwach leuchtende Glühlämpchen. Störungen, die bei den Messungen vorkommen können, wurden berücksichtigt bzw. beseitigt. Aus den Messungsergebnissen ging eine unbedingte Proportionalität von Photostrom und Beleuchtungsstärke hervor, wenn letztere zwischen $\frac{1}{3}$ des Sonnenlichts und etwa $6 \cdot 10^{-4}$ *M. K.* abgeändert wird. Die Anwendung der Alkalimetallzellen zur Photometrie von Sternhelligkeiten in lichtstarken Fernrohren liegt hiernach innerhalb des Bereiches des Möglichen.

Ob eine Unterteilung der Belichtungszeit einen Einfluß auf die Elektronenabgabe in Elster-Geitel'schen Kaliumhydrürzellen bei sehr schwacher Lichtenergie besitzt, suchten E. MAX und K. LICHTENECKER festzustellen¹⁰⁾. Ein möglichst schmales Spaltbild wurde durch einen rotierenden Spiegel über die mit beschleunigender Hochspannung versehene Kaliumhydrürfläche geführt. Dann wurde die Tourenzahl verändert und die in der Sekunde frei werdende Elektronenzahl gemessen; man erhielt so die Abhängigkeit der emittierten Elektronenmenge von der Belichtungszeit. Als Ergebnis der Messungen wurde gefunden, daß ein Einfluß der Unterteilung der Belichtungsenergie von $\frac{1}{2}$ Erg./sec cm² auf die Menge der von der Kaliumzelle abgegebenen Elektronen innerhalb des Bereiches zwischen dauernder Belichtung und einer Belichtungszeit von $1,46 \cdot 10^{-7}$ sec nicht existiert.

Zur Theorie des lichtelektrischen Effekts sind zwei Anschauungen ausgebildet worden. Nach Lenard beruht die Auslösung der Elektronen auf einer Resonanzwirkung durch die auffallende Strahlung, und die Energie der lichtelektrischen Wirkung ist bereits in dem Atom vorhanden. Nach Einstein dagegen entstammt die Elektronenenergie der wirkenden Strahlung, indem jedes in dieser vorhandene Elementarquantum seine Energie an ein Elektron abgibt; diese Energie T ist der Lichtfrequenz n proportional und durch die Formel $T = h \cdot n$ bestimmt, wo h das „Wirkungsquantum“ darstellt. Die Ergebnisse der neueren Arbeiten sprechen für die Richtigkeit der Einsteinschen Auffassung. Diese wird auch von P. DEBYE und A. SOMMERFELD vertreten¹¹⁾. Sie be-

trachten das Atom als ein in sich abgeschlossenes System, das aus den umgebenden Feldern mittels eines resonierenden Elektrons Energie aufspeichern kann, die nach einer gewissen Akkumulationszeit durch Austritt eines Elektrons wieder abgegeben wird. Wann diese Energie nach außen abgegeben wird, bestimmt die Konstante h . Die Energieabgabe erfolgt diskontinuierlich und quantenhaft. Bei vollkommener Resonanz zwischen der Eigenschwingung des Elektrons und der Schwingungszahl des auffallenden Lichts ist die kinetische Energie des Elektrons unabhängig von der Intensität des Lichts und der Akkumulationsdauer und allein bestimmt durch die Schwingungszahl. Bei nicht vollkommener Resonanz wirken im wesentlichen nur Wellen größerer Frequenz als die Eigenfrequenz des Elektrons lichtelektrisch ein. Das sind einige der leitenden Gesichtspunkte der Theorie der Verff., auf deren Einzelheiten hier nicht eingegangen werden kann. Dagegen seien die Ausführungen von A. L. HUGHES wiedergegeben, der ebenfalls von der Lichtquantenhypothese ausgeht¹²⁾. Er setzt die Maximalenergie, mit der ein Elektron austritt, $V \cdot e = h \cdot n - V_0 \cdot e$. Hier bedeuten V das Potential, das die schnellsten Elektronen festhält, e die Ladung, $V_0 \cdot e$ den von dem Elektron auf seinem Wege erlittenen Energieverlust; h und n sind wieder Energiequantum und Schwingungszahl. Nun fanden Richardson und Compton bei ihren Versuchen die Konstante h um 10–25 % zu klein; HUGHES fand, daß diese Abweichung regelmäßig war und von der Stellung des Metalls im periodischen System abhing. J. ROBINSON untersuchte den Photoeffekt auf beiden Seiten eines dünnen Platinfilms, auf den das Licht senkrecht auffiel¹³⁾. Der Effekt J auf der Austrittsseite des Lichts war im allgemeinen größer als der Effekt E auf der Eintrittsseite. Das Verhältnis E/J hing von der Dicke der Schicht ab und war bei einer bestimmten Dicke konstant. Aus den Werten Robinsons berechnete HUGHES, daß die Elektronenenergie auf der Austrittsseite des Lichts um etwa 12 % größer ist als auf der Eintrittsseite. Nun fanden Richardson und Compton $h = 5,85 \cdot 10^{-27}$; um 12 % erhöht, ergibt das $6,55 \cdot 10^{-27}$ erg/sec, eine Zahl, die mit dem sonst gefundenen Wert der Planckschen Konstante h gut übereinstimmt. Daraus würde hervorgehen, daß die Quantentheorie

¹⁰⁾ Ann. d. Physik **41**, 124 (1913).

¹¹⁾ Ann. d. Physik **41**, 873 (1913).

¹²⁾ Phil. Mag. **25**, 683 (1913).

¹³⁾ Phil. Mag. **25**, 115 (1913).

auf die Photoelektrizität jedenfalls anwendbar ist, wenn die Elektronen in der Lichtrichtung austreten. Kennt man die kritische Wellenlänge, bei der $V = 0$ wird, d. h. keine Elektronen ausgesandt werden, so wird $h \cdot n = V_0 \cdot e$, und man kann $V_0 \cdot e$, d. h. die Energie, berechnen, die nötig ist, um ein Elektron vom Molekül loszureißen; V_0 ist das dazu nötige ionisierende Potential. Nimmt man an, daß die Ionisation der Gase durch ultraviolettes Licht im Wesen dasselbe ist wie der Photoeffekt an festen Körpern, so kann man das ionisierende Potential eines Gases aus der längsten Wellenlänge berechnen, welche Ionisation erzeugt. HUGHES

hatte diese Wellenlänge für Luft bzw. Sauerstoff zu $\lambda = 1350$ A.-E. bestimmt. Setzt man $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ erg/sec, die Ladung $e = 4,75 \cdot 10^{-10}$ E.-S.-E., $\lambda = 1350$, so wird $V_0 = h \cdot n / e = 9,2$ Volt. FRANCK und HERTZ bestimmten mit der Lenardschen Methode (bei der ein Glühdraht als Elektronenquelle dient) die Ionisierungsspannung von Sauerstoff = 9,0 Volt, eine Zahl, die mit dem obigen Werte gut übereinstimmt. Von Interesse sind auch die Werte, welche FRANCK und HERTZ für die Ionisierungsspannung in andern Gasen erzielten; für He 20,5 V., Ne 16 V. Ar 12 V, H₂ 11 V, N₂ 7,5 V¹⁴⁾.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre:

Georg von Reichenbach¹⁾. Um die reiche Sammlung von Urkunden, welche als wichtiges Material zur Geschichte der Naturwissenschaft und der Technik im Archiv des Deutschen Museums niedergelegt sind, für weitere Kreise nutzbringend zu verwerten, hat sich der Vorstandsrat des Deutschen Museums im Herbst 1910 entschlossen, anknüpfend an die im Ehrensaal errichteten Denkmäler in Biographien das Lebenswerk jener Männer darzustellen, welche den Entwicklungsgang der Technik und der Naturwissenschaft bahnbrechend beeinflusst haben. Die erste derartige Veröffentlichung ist das vorliegende Werk. Der Verfasser gibt uns in lebensvollen Schilderungen ein Bild von den Arbeiten und Werken eines Mannes, der vor hundert Jahren den Ruhm des deutschen Instrumentenbaus begründete und der Astronomie und Geodäsie die vollkommensten Instrumente lieferte, dessen Name aber heute leider in weiten Kreisen unbekannt sein dürfte.

Zu Durlach als Sohn des Schlossermeisters Joh. Christ. Reichenbach 1771 geboren, kam Georg Reichenbach bald nach Heidelberg und Mannheim, wo sein Vater als Artillerie-leutnant und Stückbohrmeister in der kurpfälzischen Stückbohrerei Anstellung gefunden hatte. Georg R. wurde in die Militärakademie in Mannheim aufgenommen, ohne daß er dadurch die technische Unterweisung des Vaters in der Werkstatt entbehren mußte. Hier erwarb er sich die Kenntnis des Materials, die sich verband mit einer schöpferischen

Erfindungsgabe. Schon als 18jähriger Jüngling verfertigte er in seinen Mußestunden nach englischem Muster einen Spiegelsextanten, zu dessen Vollendung er sich selbst eine Kreisteilungsmaschine machen mußte. Das Instrument wich um höchstens 1 Minute von dem englischen ab. Der Astronom Barry und der Geodät Henry regten sein Interesse für Astronomie weiter an. Auch Sir Benj. Thompson, der nachmalige Graf Rumford, wurde auf die Arbeiten des Zöglings der Militärakademie aufmerksam, und auf seine Verwendung hin wurde Reichenbach auf zwei Jahre nach England zum Studium des dortigen Maschinenwesens geschickt. Tatsächlich war dann R., von etwa sechswöchiger Unterbrechung abgesehen, vom Juni 1791 bis zum Mai 1793 in England. Hierbei lernte er die Wattsche Dampfmaschine in der Fabrik Boulton and Watt genau kennen, war in großen Eisenhütten tätig und widmete sich auch dem englischen Instrumentenbau.

Die Kriegereignisse verhinderten die Ausführung der Dampfmaschinen, die ihm nach seiner Rückkehr der Kurfürst in Mannheim in Auftrag gegeben hatte; R. kam vielmehr 1793 als „Untermechanikus“ zum Kontingent der pfälzischen und bayrischen Truppen, und zwar zur Stückbohrerei in Mannheim. Der Krieg und die Belagerung Mannheims gaben ihm viel Gelegenheit zu kriegstechnischen Arbeiten. 1796 wurde er nach München beordert und als Fachmann dem Zeughaus und der Bohrwerkstatt, welche unter Rumfords Leitung stand, beigegeben.

¹⁾ Walther v. Dyck: Georg v. Reichenbach. Deutsches Museum. Lebensbeschreibungen und Urkunden. München 1912. Selbstverlag des Deutschen Museums.

¹⁴⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 34 (1913).

Bei dieser Beschäftigung entstehen in R. die Pläne zu Arbeitsmaschinen, Drehbänken u. a., ferner zur Konstruktion eines gezogenen Vorderladergeschützes.

Seit 1807 jedoch hatte R. immer mehr auf wissenschaftliche Aufgaben sein Augenmerk gerichtet, und 1811 suchte er um Entlassung aus dem Militärverband nach. Wissenschaftliche Präzisionsinstrumente wurden damals in München nicht angefertigt; man bezog sie aus England, einfachere aus Augsburg von Brander, später Höschel. Mit sicherem Zielbewußtsein wollte R. diesem Mangel in München abhelfen. Er verfertigte eigenhändig eine Teilmaschine, mit welcher er z. B. der bayrischen Forstkammer etliche Winkelinstrumente herstellte. Sein nächstes Ziel war die Konstruktion einer vollkommenen Kreisteilungsmaschine. Auf Grund seiner vielfachen Erfahrungen auf diesem Gebiet schlug er bei der Konstruktion einen Weg ein, der von den bisher üblichen abwich, und nach vielen hundert Entwürfen, Ideen und Versuchen gelang es ihm, das „äußerst einfache Prinzip seiner Teilmaschinen zu erfinden“. Er war sich ganz klar bewußt, daß mit der Vergrößerung der Teilmaschine „die physischen Hindernisse gegen die Genauigkeit der Einteilungen wachsen“, daß es überhaupt bei jeder Teilungsmethode ein Optimum für die Maschinengröße gibt. Es gelang ihm, auf kleinen Kreisen eine die besten Teilungen großer Kreise übertreffende Teilung herzustellen, und er verhalf so der Astronomie zu ausgezeichneten, leicht zu handhabenden Instrumenten, welche die Fehler der Dilatation und Flexibilität der bisherigen nur in geringem Grad zeigten, nicht so kostspielig und somit der Ausbreitung der Wissenschaft sehr dienlich waren.

Auf Grund dieser hervorragenden Erfindung (1802) entstand dann in München das mathematisch-mechanische Institut von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr (1804); dieses wurde 1809 erweitert durch die optische Anstalt unter Fraunhofer.

Reichenbach trat aus dieser Verbindung bald aus und gründete ein neues mechanisches Institut (mit Ertel), während das optische Institut nach Fraunhofers Tod an Georg Merz überging. Durch die Genialität Reichenbachs und Fraunhofers sind beide Institute weltberühmt geworden, Deutschland hat durch sie die Vorherrschaft in der Feinmechanik und Optik erlangt.

Die ersten geodätischen Instrumente R., die von Prof. Schiegg zur bayrischen Landes-

vermessung verwendet wurden, gestatteten, mit dem Nonius direkt noch 4 Sekunden abzulesen. Auch einen Theodolitentypus hat R. geschaffen, der sich bei den in den nächsten 40 Jahren in Deutschland durchgeführten trigonometrischen Vermessungen glänzend bewährt hat; Gauß selbst sagte, daß er „zu den feinsten Winkelmessungen auf der Erde gebraucht wird“.

Der Verfasser stellt in Text und Abbildungen die bisher gebrauchten Theodoliten den Reichenbachschen gegenüber und ermöglicht so die Beurteilung der Vorzüge der letzteren nach Größe, Anordnung, Standfestigkeit und Ablesung; er weist auch hin auf eine Beschreibung, die Gauß von einem Reichenbachschen Bordakreis und Theodoliten 1813 gegeben, und auf die Bewunderung, die Gauß dem kongenialen Mechaniker gezollt hat. — Wir finden dann in dem schönen Buch noch die Abbildung und Beschreibung anderer geodätischer Hilfsapparate und der von Reichenbach gelieferten berühmten astronomischen Instrumente, ferner ein Verzeichnis solcher, ihre Abnehmer und ihren Preis. Ein Faksimile eines Briefes von Laplace zeigt, daß dieser sein Reichenbachsches Instrument das vollendetste astronomische Instrument nannte. R. Meridiankreise und Äquatoriale finden gleiches Lob. Bessel z. B. spricht von einer unbegreiflichen Schönheit der Teilung (Fehler 0,3"). Sehr interessant zu lesen ist, mit welcher wunderbarer Intuition R. minimalen Fehlern, die aus der Flexibilität des Metalls sich ergaben, zu begegnen mußte. Olbers schreibt in Anbetracht der „unbegreiflichen Genauigkeit der Teilung“ 1821 an Bessel: „Sie, I. B., und unser Gauß machen eine förmliche Revolution und eine Epoche in der beobachtenden Astronomie. Was läßt sich in Ihren Händen mit einem solchen so geprüften Werkzeug ausrichten?“

Wenn so R. als Urheber des Aufschwungs der modernen beobachtenden Astronomie betrachtet werden kann, so sind doch neben diesen unsterblichen Verdiensten auch seine übrigen mechanisch-technischen Arbeiten von Bedeutung; wenn sie auch für sein engeres Vaterland bestimmt waren, so zeigten sie doch die Vielseitigkeit des technischen Genies Reichenbachs und trugen seinen Namen in alle Welt.

Als i. J. 1807 wegen Holz-mangel in Reichenhall sich die Notwendigkeit ergab, die Sudwerke in waldreichere Gegenden zu verlegen, war die erste Forderung zur Ermög-

lichung dieser Betriebsänderung die Leistungsfähigkeit der Solenleitung Reichenhall-Traunstein zu erhöhen, und diese bis nach Rosenheim weiterzuführen. Es handelte sich also darum, entsprechende Druckpumpen zu erhalten. Reichenbach, der die Arbeit für das mechanische Institut übernahm, konstruierte nach neuen Prinzipien seine „Wassersäulenmaschine“, die schon 1810 in Betrieb gesetzt werden konnte und sich auch bewährte. Mit einem stärkeren Pumpentypus versorgte R. die Solenleitung Berchtesgaden-Reichenhall; die Station Ilsank erhielt (1817) eine Maschine, welche die Sole 355 m hochhebt, und, damals „die größte Maschine der Welt“, heute noch ihren Dienst versieht. Es war ein Riesenwerk, welches R. in kurzer Zeit mit vollem Gelingen, dank der Vielseitigkeit seines Genies, durchführte; denn es handelte sich nicht allein um Pumpen größten Kalibers, auch das Röhrenmaterial, das solch gewaltige Drucke aushielt, konnte erst nach R. Eingreifen gewonnen werden; die Pfannenschmieden und Werkstätten wurden mit neuen Arbeitsmaschinen seiner Erfindung ausgestattet und erhielten erst dadurch die nötige Leistungsfähigkeit. Am 20. Dezember 1817 war das glänzende Werk vollendet, und in Anwesenheit des Königs wurde die Eröffnung des Werkes festlich begangen, welches damals in Fachkreisen für unmöglich gehalten worden war.

Das reichhaltige Buch zeigt uns ferner die Pläne R. zur Herstellung einer eisernen Röhrenbrücke, und führt eine große Zahl seiner Erfindungen und Verbesserungen an der Dampfmaschine mit Beschreibungen, Plänen und Berechnungen vor. „Die erhaltenen Studien, Entwürfe und Notizen über die Dampfmaschine zeugen die Genialität Reichenbachs als Konstrukteur wohl in gleichem Maße wie seine Arbeiten auf astronomischem und hydraulischem Gebiet. Für diese war die Zeit reif, und er konnte selbst die Mittel für die technische Vollendung ausdenken und ausführen; für jene haben ihn seine Ideen, die er mit reichster Phantasie immer neu gestaltet hat, weiter geführt, als daß sich ihre Verwirklichung schon damals hätte ermöglichen lassen.“

Doch damit ist das Lebenswerk des genialen Mannes nicht erschöpft; er wurde 1820 durch König Max Joseph zum Vorstand des „Zentral-Straßen- und Wasserbau-Bureaus“ ernannt, und diese Stellung brachte ihn „mit allen Zweigen des staatlichen Bauwesens in maßgebende Verbindung“. Er richtete 1821

die Wasserversorgung der Stadt Augsburg ein, die damals allerdings nur zum kleineren Teil vollendet wurde; erst nach 25 Jahren kam der größere Teil zur Ausführung, lange nach dem Tode R., aber genau nach seinen Plänen und mit seinen Maschinen, die inzwischen unbenutzt dagelegen hatten. Auch eine Quellwasserleitung für München hat er projektiert, ein Marmorsäge-, Schleif- und Polierwerk bei Kreuth im Auftrag des Königs geschaffen, und das berühmte Hebewerk für den Obelisken am Karolinenplatz in München ersonnen. Ein Beleuchtungsprojekt für die kgl. Residenz mit zugehöriger Gasanstalt hat R. ausgearbeitet, ebenso ein Projekt zum Donau-Main-Kanal; auch die Förderung der Dampfschiffahrt hatte er ins Auge gefaßt und die Fortbewegung der Schiffe allein durch die Meereswellen mit Hilfe von rings um das Schiff angebrachten Hebelpumpwerken, durch welche das Wasser vorne angesaugt und nach rückwärts ausgestoßen werden sollte.

Ferner verzeichnet der Verfasser noch eine Reihe kleinerer Arbeiten R.: Beobachtungen über Herstellung von Flint- und Crown Glas, Versuche über Festigkeit des Kupfers, Torsionsfestigkeit des Eisens, ringförmige Wagenfedern und einen Stromgeschwindigkeitsmesser.

Derselbe Mann, der so viel in der Technik und Wissenschaft geleistet, hatte auch regen Anteil an den vielen Bestrebungen, die damals durch entsprechende Unterrichtsanstalten die Technik auf eine höhere Stufe bringen sollten, um Deutschland in dieser Hinsicht unabhängiger vom Ausland zu machen. Eine akademische Kommission, Fraunhofer, Klenze und Reichenbach, sollte den Plan solchen Unterrichts bearbeiten, und die Beratungen führten zu dem Reichenbachschen „Entwurf zur Organisation einer polytechnischen Schule in München“. Wenn er wegen der Kosten (jährlich 20000 Gulden) damals nicht zur Ausführung kam, so haben diese Männer, zusammen mit Utzschneider, doch die kommende Entwicklung vorgezeichnet.

Dieses sollten die letzten großen Pläne Reichenbachs sein; denn von 1824 an machte Krankheit seiner Arbeit ein Ende, und am 31. Mai 1826 erlag der rastlose Geist einem Schlaganfall.

R. hat Großes geleistet, aber er hätte in Anbetracht seiner genialen Vielseitigkeit, regen Phantasie und energievollen Gründlichkeit noch Größeres leisten können, wenn

er in einem Land oder in einer Zeit gelebt hätte, die für sein Genie die entsprechenden Aufgaben gehabt hätte. Der Verfasser sagt von ihm: „R. Betätigung als Maschinentechniker fällt nicht in diese Zeit der Erfüllung, sondern in die Zeit der Vorbereitung. Er hat als einer der Pfadfinder der großen Entwicklung vorgearbeitet, welche die moderne Technik genommen; und wie seine kraftvolle, vorwärtsdrängende Persönlichkeit einen mächtigen Einfluß in seinem Schaffenskreise ausgeübt hat, so hat er auch allenthalben auf den mannigfaltigen Gebieten seines Wirkens bleibende Züge seiner schöpferischen Tätigkeit hinterlassen.“ Er schließt mit den Worten, die Utzschneider auf Georg

von R. Grabmal gesetzt hat: „Sein Name genügt. Sein Denkmal sind seine Werke.“

Eine wertvolle Beigabe hat das Werk noch erhalten durch Zusätze biographischer und technisch-wissenschaftlicher Art und literarische Notizen, ferner durch die Übersicht über die im Deutschen Museum befindlichen Instrumente, Maschinen, Modelle und Urkunden von Reichenbach.

Das Buch gereicht dem Verfasser und dem Deutschen Museum zur hohen Ehre; der künstlerische Druck, die prachtvollen Tafeln und Abbildungen machen es zu einer Zierde der Bibliotheken; nach Form und Inhalt ist es ein würdiges Denkmal seines Helden.

J. Klug-Nürnberg.

4. Unterricht und Methode.

Chemische und physikalische Schülerübungen auf allen Klassenstufen des Realgymnasiums. Von W. BRÜSCH in Lübeck¹⁾. Den bereits in Heft 5, S. 332 gemachten Angaben lassen wir hier einen ausführlicheren Auszug aus dem interessanten Vortrag folgen. Aus der schon erwähnten Statistik führen wir noch folgendes an: In der Physik waren wahlfreie Übungen angegeben von 79 Anstalten, und zwar war die Verteilung auf die einzelnen Klassen sehr mannigfach, wie die folgende Übersicht zeigt:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summe
OIII	1	—	—	—	1
UII	1	1	—	3	5
OII	2	—	1	6	9
UI	—	—	2	2	4
OI	1	—	—	5	6
UI, OI	3	1	2	6	12
OII, UI	—	—	—	4	4
UII, OII	—	—	—	1	1
OIII, UII	—	—	—	5	5
OIII, UII, I	—	—	—	1	1
OIII, OII, OI	—	—	—	1	1
OII bis OI	5	—	2	17	24
OIII bis UI	1	—	2	—	3
OIII bis OI	1	—	2	—	3

Gesamtzahl der Anstalten 79

¹⁾ Vortrag auf der Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in München 1912. Der Vortrag ist nebst den statistischen Tabellen vollständig abgedruckt in den Monatsheften f. d. naturwissenschaftl. Unterricht 1913, Heft 89.

Ferner waren verbindliche Übungen angegeben: a) in besonderen Stunden bei 24 Anstalten:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summa
UII	—	1	1	1	3
OII	—	—	—	3	3
OII u. UI	1	—	—	—	1
OII u. OI	1	1	3	2	7
UI u. OI	4	1	1	1	8
OIII, UI, OII	—	—	—	2	2

Gesamtzahl 24

b) in den Unterrichtsgang eingefügt waren die verbindlichen Übungen in 21 Anstalten, und zwar:

In unbek. Kl.	OIII	UII	OII	OII bis UI
2	1	1	1	1
UI bis OI	OII bis OI	OIII, UII, OI	UII bis OI	
3	6	2	1	
	OIII bis OI			
	3			

Endlich teils wahlfrei, teils verbindlich in zwei Anstalten.

In der Chemie ergab eine entsprechende Zusammenstellung wahlfreie Übungen in 95 Anstalten:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summa
OII	2	—	—	—	2
UI	2	—	—	7	9
OI	1	1	—	3	5
UII, OII	—	—	—	2	2
OII, UI	1	2	1	2	6
UI, OI	4	8	1	40	53
OII bis OI	2	5	—	11	18

Gesamtzahl 95

Verbindliche Übungen dagegen a) in besonderen Stunden in 23 Anstalten:

Klassen	1 St. w.	1 St. 14 tg.	2 St. 14 tg.	2 St. w.	Summa
OI	3	—	—	2	5
UII, OII	—	1	—	—	1
UI, OI	6	4	—	3	13
OII bis OI	2	—	—	2	4

Gesamtzahl 23

b) verbindliche Übungen in den Unterrichtsgang eingefügt an 26 Anstalten:

UII	OII	UI	OI	UI, OI	OII bis OI
3	2	1	1	8	9
UII bis OI		KI. nicht gen.			
1		1			

Endlich teils wahlfrei, teils verbindlich an einer Anstalt.

Für die **Biologie** endlich ergaben sich aus entsprechenden Zusammenstellungen wahlfreie Übungen an 33 Anstalten, verbindliche Übungen, und zwar innerhalb der schulmäßigen Biologiestunden, an 38 Anstalten.

Aus den Übersichten ist das starke Überwiegen der wahlfreien Übungen in Physik und Chemie ersichtlich. Der Verfasser hält dies für einen Mißstand, da die ohnehin schon starke Belastung der Realgymnasialschüler dadurch noch gesteigert wird und andererseits die Übungen nur dann ihren Zweck völlig zu erfüllen vermögen, wenn alle Schüler dazu verpflichtet sind. Aber auch verbindliche Übungen in besonderen Stunden neben dem Unterricht scheinen ihm nicht empfehlenswert, ganz abgesehen davon, daß ihre Unterbringung im Stundenplan Schwierigkeiten macht. Wie häufig tritt nicht der Fall ein, daß, wenn auch nur kleinere und trotzdem wichtige Übungen schon vor der nächsten festliegenden Übungsstunde höchst erwünscht, ja notwendig, weil gerade an der betreffenden Stelle überzeugend sind, und umgekehrt, daß der Unterricht längere Zeit — über die nächste Übungsstunde hinaus — der Übungen entranen kann. Von solchen Überlegungen geleitet, befürwortet der Verfasser die zwanglose Eingliederung der Übungen in den regelmäßigen Unterrichtsgang. An Unterrichtsstunden sind im Lehrplan des Johanneums zu Lübeck vorgesehen:

	OIII	UII	OII	UI	OI
Physik	1	2	3	3	3
Chemie		1/4	2	2	2

Der Verfasser bemerkt mit Recht, daß es nicht so sehr darauf ankommt, alles und jedes

auf eigenen Arbeiten der Schüler aufzubauen, sondern daß die Methode in allen Klassen dem Schüler Gelegenheit gibt, die grundlegenden Begriffe und Erscheinungen aus eigenen Versuchen kennen zu lernen, und an diesen alle die Schwierigkeiten zu ermessen, die für eine genauere Feststellung physikalischer und chemischer Größen und für die Auffindung der Gesetze zu beseitigen waren. „Die Hauptsache ist aber, daß alle diese Einsicht gewonnen haben, und daß man nunmehr auch im Demonstrationsunterricht darauf weiterbauen kann. Daß die Versuche des Lehrers ganz zu beseitigen seien, daß sich auch die geistige Mitarbeit des Schülers ausschließlich im Laboratorium abspielen solle, daß also die physikalischen und chemischen Lehrzimmer gewissermaßen überflüssig werden sollten, das wird keiner, der sich eingehender mit der Anwendung der Methode beschäftigt hat, zugeben wollen. Den großen Fortschritt der deutschen Schule, der darin besteht, daß sie gründliche allgemeine Überblicke von festen Gesichtspunkten aus ihren Schülern bietet, wollen wir doch nicht aufgeben.“

Was die Zahl der Unterrichtsstunden betrifft, so hält der Verfasser diese auf der Oberstufe für ausreichend, dagegen sei auf der Mittelstufe eine kleine Vermehrung notwendig, die noch immer nicht das Maß des von der Naturforscherkommission Geforderten erreicht. Es müssen in OIII 2 ganze Stunden und in UII 1 Chemiestunde liegen. Die letztere wird der noch mit 5 Stunden bedachten Mathematik entnommen, und es wird dadurch der Chemie der Oberstufe etwas mehr Ellbogenfreiheit für mineralogische und geologische Dinge verschafft. Für die Biologie ist durch das Entgegenkommen der Mathematik und der Sprachen je 1 Stunde von UII an eröffnet, so daß sich der ganze Plan wie folgt gestaltet:

	OIII	UII	OII	UI	OI
Physik	2	2	3	3	3
Chemie	—	1	2	2	2
Biologie	2	1	1	1	1

In allen drei Fächern sollen die Übungen innerhalb dieser Stunden vorgenommen werden. In betreff der Schwierigkeiten, die dem entgegengehalten werden können, ist vor allem hinsichtlich der Klassenfrequenz bemerkenswert, daß der Verfasser in einer Zahl bis zum Maximum von 30 noch kein Hindernis für die Durchführung des Plans in ungeteilten Klassen sieht, wenschon er eine geringere Zahl als erwünschter und eine Herabsetzung in den

oberen Klassen bis auf 20 für erstrebenswert erklärt. Die Kosten der Einrichtung sind seiner Ansicht nach nicht so hoch, daß sie gegenüber der Wichtigkeit der Sache ins Gewicht fallen dürften. Es seien eventuell für die Chemie 30 Arbeitsplätze und für die Physik deren 15 einzurichten. Die Kosten eines solchen Arbeitsplatzes veranschlagt er für die Chemie auf M 30, für die Physik auf M 25, so daß im ganzen M 1500 bzw. M 375 für die Einrichtung aufzuwenden wären, die gesamte Einrichtung des chemischen Arbeitsraumes wird auf M 2500—3000 geschätzt, die weiteren Kosten für Chemikalien und chemische Apparate auf M 300, so daß die Gesamtaufwendung für Chemie M 4500—5000 betrüge. In der Physik sind die Apparate kostspieliger, der Verfasser schätzt sie jedoch weit niedriger als Hahn, auf M 2000—3000 ein, so daß man auch bei der Physik auf insgesamt M 4000 bis

5000 komme. Dieser Betrag, der sich zudem auf etwa 5 Jahre verteile, könne einer Gemeinde wohl zugemutet werden, die sich überhaupt eine höhere Lehranstalt leiste. Auch gehe aus der Umfrage hervor, daß schon vielfach an Anstalten derartige Summen aufgewendet oder in Aussicht gestellt seien. Die laufenden jährlichen Ausgaben werden auf M 200—400 geschätzt. Besondere Anerkennung zollt der Verfasser den Apparaten von GRIMSEHL und FREY.

Die Schwierigkeit der Leitung einer so großen Schülerzahl bis zu 30 in den Übungen läßt sich nach den Erfahrungen des Verfassers ebenfalls überwinden, wenn man sich vor einer Reihe „pedantischer“ Anordnungen hinsichtlich der Ordnung auf den Plätzen und des Arbeitens der Schüler nicht scheut (worüber die Programmabhandlung des Verfassers von 1913 Genaueres enthält). P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Elektrische Momentphotographie. Von Prof. Dr. BR. GLATZEL.¹⁾ Die gewöhnliche Momentphotographie, die auf einer kurzen Aufhebung eines „Momentverschlusses“ beruht, gestattet, bei heller Beleuchtung noch gute Aufnahmen in etwa $\frac{1}{1000}$ Sekunde herzustellen. Dies genügt für die meisten Zwecke vollkommen. Will man indessen Momentaufnahmen von schnell bewegten Geschossen machen, so reicht dies Verfahren nicht mehr aus. So wird vom Geschoß des Infanteriegewehres bei 890 m/sec Geschwindigkeit in der Zeit von $1,1 \cdot 10^{-7}$ Sec. ein Weg von $\frac{1}{10}$ mm zurückgelegt, es dürfte also bei Abbildung in gleicher Größe die Dauer der Momentbelichtung nicht etwa 1 Zehnmilliontel-Sekunde überschreiten wenn man noch scharfe Bilder erhalten will. Zur Erzeugung so kurzer Belichtungsdauern muß man sich elektrischer Funken bedienen, wie sie zuerst E. Mach 1885 zum Photographieren von Projektilen in ihrer Flugbahn angewandt

worden sind (vgl. d. Zeitschr. I, 121). Die Funken wurden durch Entladung von Leidener Flaschen erzeugt, deren Auslösung im geeigneten Moment durch sinnreiche Vorrichtungen automatisch bewirkt wurde. Dies Verfahren hat in neuerer Zeit besonders durch C. Cranz in Charlottenburg erhebliche

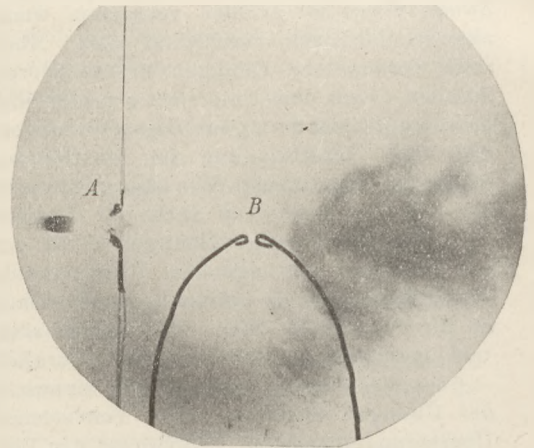


Fig. 1. Schußauslösung.

¹⁾ Nach „Die Naturwissenschaften“ 1913, Nr. 39. Der Bericht gibt zugleich den wesentlichen Inhalt des vom Verfasser im Berliner Ferienkurs vom Oktober d. J. gehaltenen Vortrags wieder. Die Figuren sind den Veröffentlichungen von C. Cranz u. Br. Glatzel entnommen, die teils in den Verhdl. d. Deutschen Phys. Ges., teils in der Zeitschr. f. d. ges. Schieß- und Sprengstoffwesen 1909, teils in der Zeitschr. „Schuß und Waffe“ (15. Juli 1913), teils in Band III des Lehrbuchs der Ballistik von C. Cranz erfolgt sind.

Verbesserungen erfahren. Eine der angewandten Methoden ist in Fig. 1 dargestellt. In die Primärleitung eines Induktoriums ist ein Draht eingeschaltet, der in der Mitte ein Stanniolblättchen A trägt. Dieses wird so vor der Mündung der Waffe aufgestellt, daß es von dem fortfliegenden Geschoß getroffen und zerrissen wird. Die Sekundärwicklung

des Induktoriums ist unter Parallelschaltung einiger Leidener Flaschen zu den Elektroden der Beleuchtungsfunkenstrecke *B* geführt, die man sich natürlich nicht in der Ebene der Figur, sondern weiter vorn zu denken hat. Hinter der Ebene der Geschößbahn wird der photographische Apparat an geeigneter Stelle aufgestellt. Sobald nun der Schuß gelöst und der Stanniolstreifen von dem fliegenden Geschöß zerrissen wird, entsteht in der Sekundär-

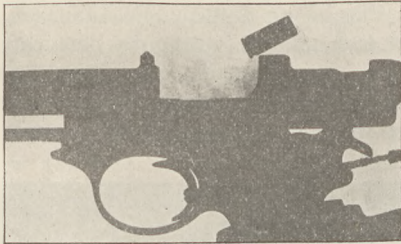


Fig. 2. Selbstladepistole, Auswerfen der Hülse.

wicklung des Induktoriums eine hohe elektromotorische Kraft, welche an der Stelle *B* den Beleuchtungsfunken hervorruft, der seinerseits das Geschöß *G* im Fluge photographiert. Die in der Abbildung erkennbare Verzögerung zwischen dem Unterbrechen des Primärstromes und dem Auftreten des Beleuchtungsfunkens ist dabei auf die Wirkung der Selbstinduktion des Induktoriums und der Kapazität der sekundär angeschlossenen Leidener

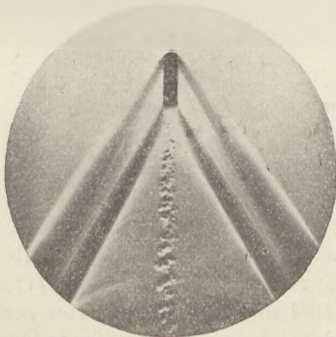


Fig. 3. Luftschlieren nach Mach-Töpler.

Flaschen zurückzuführen. Nach dieser Methode entsteht allerdings nur, im Gegensatz zu den sonst üblichen Momentaufnahmen, ein Schattenbild des bewegten Gegenstandes, jedoch war dies zunächst für die ballistischen Untersuchungen vollkommen ausreichend. Eine derartige Aufnahme einer Selbstladepistole, bei welcher nach dem Schuß die Hülse automatisch ausgeworfen wird, ist in Fig. 2 wiedergegeben. Dadurch, daß man die

Auslösevorrichtung in verschiedenen Entfernungen von der Mündung anbringt, kann man dann, wie es zuerst Cranz und Koch getan haben, eine Reihe von aufeinanderfolgenden Bewegungsmomenten festlegen und auf diese Weise Serienaufnahmen herstellen, welche ein kinematographisches Bild des Vorganges liefern. Einige andere Anwendungen des Schattenverfahrens haben zu physikalisch sehr interessanten Aufnahmen geführt. Kombiniert man nämlich die von Töpler angegebene Schlierenmethode mit der Funkenphotographie, so kann man auch die in der Umgebung des fliegenden Geschosses sich ausbildenden Luftwellen und -wirbel photographisch festhalten. Zu diesem Zweck wird

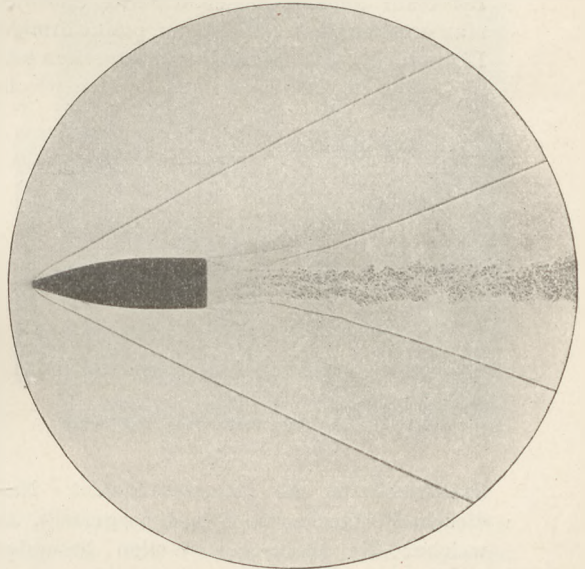


Fig. 4. Schattenschlieren bei dem S-Geschöß.

z. B. mit Hilfe eines Hohlspiegels ein scharfes Bild des Beleuchtungsfunkens auf dem Objektiv des Aufnahmeapparates entworfen. An dem Objektiv ist die Töplersche Schlierenblende angebracht, welche fast das ganze direkte Funkenlicht abblendet. Der Apparat selbst ist auf die Ebene der Geschößbahn eingestellt. Fliegt nun das Geschöß durch den Lichtkegel, so wird in den entstehenden Luftwirbeln das Licht abgelenkt, gelangt über die Schlierenblende hinweg auf die photographische Platte und erzeugt auf dieser ein Bild des fliegenden Geschosses, umgeben von den Luftwellen. Fig. 3 zeigt eine derartige Aufnahme, wie sie zuerst von Mach veröffentlicht worden ist. Man sieht nicht nur die Machschen „Kopf- und Schwanzwellen“, sondern auch besonders schön die Luftwirbel,

welche sich in dem luftverdünnten Raum hinter dem Geschoß ausbilden. Ein anderes Verfahren, welches nicht so empfindlich ist wie die Töplersche Schlierenmethode, aber doch die Luftschlieren sehr schön wiedergibt, rührt von Dvorschak her und ist zuerst von V. Boys im Jahre 1896 für ballistische Zwecke verwendet worden. Man bezeichnet es als das „Schattenschlierenverfahren“. Bei diesem werden keinerlei Linsen benutzt, sondern nur die photographische Platte in einem geeigneten Abstand hinter dem Geschoß aufgestellt. Die Beleuchtung erfolgt hier zweckmäßig mit einer möglichst punktförmigen Lichtquelle, welche man nach dem Vorgange von Töpler dadurch erhält, daß man die Funkenbahn senkrecht zur photographischen Platte anordnet. Man erreicht dann außer einer punktförmigen Lichtquelle bei längeren Funkenstrecken auch noch eine größere Helligkeit, ähnlich wie bei

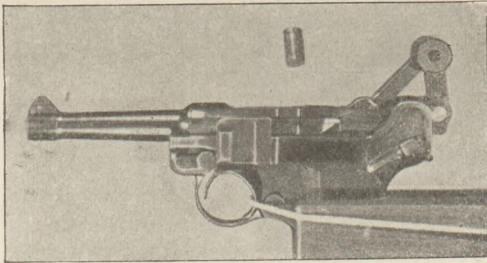


Fig. 5. Parabellumpistole nach dem Schuß.
(Vorderbeleuchtung.)

Spektralröhren mit Längsdurchsicht. Nach diesem Verfahren ist Fig. 4 hergestellt, auf welcher die Machschen Wellen besonders schön hervortreten.

Für besondere Zwecke hat man auch statt der Schattenbilder Momentaufnahmen mit Vorderbeleuchtung hergestellt, die in ihrem Aussehen durchaus den üblichen Photographien entsprechen. Zum ersten Mal waren derartige Aufnahmen mit Vorderbeleuchtung im Jahre 1909 von C. Cranz hergestellt worden, und zwar unter Benutzung einer Quecksilberbogenlampe, durch welche eine Funkenentladung hindurchgeschickt wurde. Später hat dann auch Boas ähnliche Aufnahmen, u. a. ein rotierendes Rad, welches er mittels eines Scheinwerfers durch einen Funken beleuchtete, aufgenommen. Bedingung für die Erzielung guter Aufnahmen ist dabei die Verwendung hinreichend kräftiger Entladungsfunken, welche man nur durch Benutzung sehr großer Kapazitäten bei genügender Funkenlänge erhalten kann. Da nun sehr lange Funken bei den sich ent-

ladenden großen Elektrizitätsmengen leicht eine im Sinne der ballistischen Momentphotographie zu lange Belichtungsdauer ergeben können, so haben, wenn es sich um die Beleuchtung größerer Flächen handelte, bei ihren neuesten Aufnahmen CRANZ, GÜNTHER und KÜLP das Verfahren der Unterteilung langer Funkenstrecken angewendet, wobei sie gleichzeitig noch den Vorteil einer gleichmäßigeren Beleuchtung der gesamten Fläche erreichten. Die Fig. 5 zeigt die Aufnahme einer Parabellum-Selbstladepistole nach dem Schuß, wobei die Auslösung des Beleuchtungsfunkens etwa 350 cm von der Mündung entfernt erfolgte. Auch hier sieht man wiederum das Auswerfen der leeren Pa-

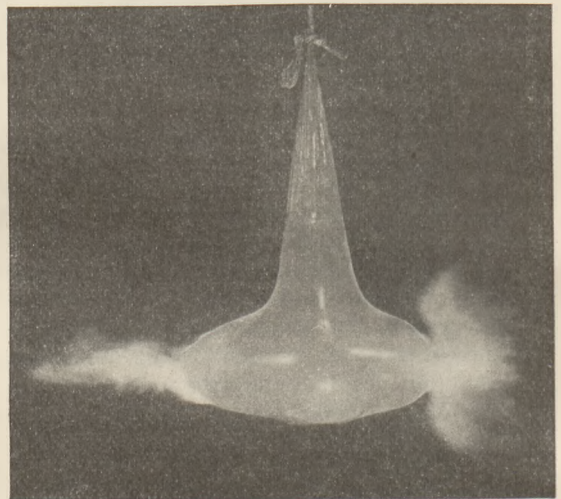


Fig. 6.
Durchschießung einer wassergefüllten Gummibläse.

tronenhülle. Sehr interessant in bezug auf die Explosivwirkung von Geschossen ist auch die Aufnahme der Fig. 6, bei welcher eine mit Wasser gefüllte frei aufgehängte Gummibläse durchschossen wurde. Das Geschoß hat hierbei die Gummibläse von rechts nach links durchdrungen und gerade auf der linken Seite das Gesichtsfeld verlassen.

Man ist endlich auch dazu übergegangen, nach den Prinzipien der Kinematographie eine größere Reihe von Momentaufnahmen eines und desselben Schusses herzustellen. Das war möglich, wenn man die ruhende photographische Platte verließ, zum rotierenden Film überging und gleichzeitig an Stelle eines Funkens eine größere Anzahl in regelmäßigen, sehr kurzen Abständen aufeinander folgender Funken verwendete. Der Film selbst konnte dabei verhältnis-

mäßig schnell rotieren, da man die Zeitdauer eines Funkens so kurz machen kann, daß innerhalb derselben der Film als praktisch vollkommen stillstehend anzusehen ist. Derartige kinematographische Aufnahmen wurden zuerst im Jahre 1903 von SCHWINNING hergestellt, welcher zehn aufeinander folgende Bilder in der Weise erzielte, daß er eine Anzahl Leidener Flaschen nacheinander in bestimmten Zeitabständen über die Beleuchtungsfunkenstrecke entlud und so mehrere Momente desselben Schußvorganges festhalten konnte. Immerhin war die Zahl der Funken pro Sekunde, die „Funkenfrequenz“ noch gering. Zu höheren Werten kam L. BULL, welcher in dem Institut von MAREY zu Paris eine Methode ausarbeitete, bei der durch einen geeigneten Unterbrecher im Primärkreis eines Induktoriums 2000 Beleuchtungsfunken pro Sekunde erzeugt werden konnten. Es bedeutete einen erheblichen Fortschritt, als es CRANZ gelang, mit seinem ballistischen Kinematographen 800 Bilder desselben Vorganges mit einer Funkenfrequenz von 5000 herzustellen. Erst jetzt wurde eine wirkliche kinematographische Wiedergabe ballistischer Vorgänge möglich. CRANZ erzeugte die hohen Funkenzahlen mit einer von der Firma BOAS gebauten hochperiodischen Wechselstrommaschine, welche einen Boasschen Resonanzinduktor speiste, der seinerseits die Sekundärkapazität so auflud, daß in einer parallel geschalteten Funksstrecke pro Halbperiode eine Entladung einsetzte. Da die Wechselstrommaschine 2500 Perioden besaß, erhielt CRANZ auf diese Weise 5000 Funken pro Sekunde, welche in vollkommen regelmäßigen Abständen entsprechend den Maximis der einzelnen Halbperioden aufeinander folgten. Mit der gleichen Anordnung ließen sich dann auch zur Aufnahme langsamerer Vorgänge 2500 Funken pro Sekunde erzielen, wenn man die Funksstrecke auf eine etwas größere Länge einstellte, so daß die Überschlussspannung stets erst nach Ablauf einer vollen Periode erreicht wurde. Die Filmgeschwindigkeit, mit welcher bei diesen Aufnahmen gearbeitet wurde, betrug etwa 120 m pro Sekunde. Bei den Aufnahmen selbst zeigte sich nun zunächst eine gewisse Unschärfe, welche darauf zurückzuführen war, daß die einzelnen Funken nicht kurz genug waren. Die Funksstrecke blieb nämlich bei diesen immerhin schon hohen Funkenzahlen und bei der verhältnismäßig großen Energie, welche zur Verwendung gelangte (bis zu 4 KW), etwas ionisiert, so daß die Funken

nicht scharf abrissen. Es gelang CRANZ jedoch, auch diese Schwierigkeit dadurch zu beseitigen, daß die Elektroden kräftig gekühlt und von einem starken Luftstrom angeblasen wurden, welcher alle leitenden Metallteilchen schnell aus der Funksbahn entfernte. Es zeigte sich übrigens später, daß dieses Verfahren des Anblasens der Funksstrecke auch genügend wirksam ist, wenn man zu noch weit höheren Funkenfrequenzen, bis zu 100000, hinaufgeht. Ein Beispiel derartiger Aufnahmen stellt Fig. 7 dar. In dieser ist

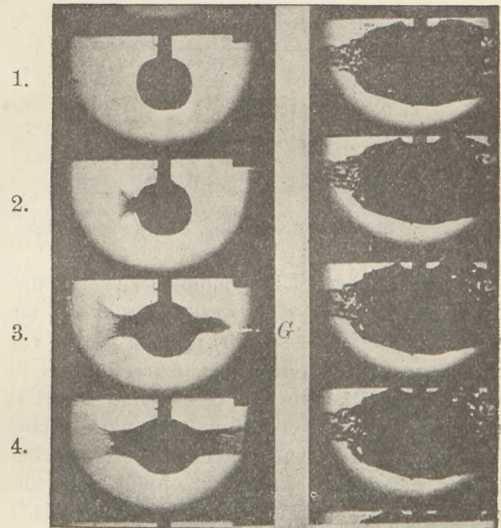


Fig. 7. Durchschießung einer Tonkugel.

die Durchschießung einer Tonkugel wiedergegeben. Das Geschöß *G* tritt in Bild 1 gerade auf der linken Seite in das Gesichtsfeld hinein, erreicht in Bild 2 die Tonkugel (Einschuß) und verläßt sie dann in Bild 3 wieder (Auschuß). Bild 4 zeigt dann die nach dem Fortfliegen des Geschosses noch weiter fortschreitende Explosionswirkung, welche nach einiger Zeit, wie die späteren Momente entsprechenden Aufnahmen auf der rechten Seite der Figur zeigen, zu einer völligen Zerstörung der Tonkugel führt.

Bei dem beschriebenen Verfahren war es nur schwer möglich, die Bildfrequenz innerhalb weiterer Grenzen zu ändern und namentlich unmöglich Bildfrequenzen von 80000 bis 90000 herzustellen. Dies gelang CRANZ und GLATZEL durch eine in den *Verhandl. d. d. physikal. Ges.* 1912 beschriebenen Methode. In Fig. 8 ist das Schaltungsschema der Anordnung wiedergegeben. Der Kreis I dient zur Erzeugung von Hochfrequenzschwingungen nach dem Prinzip der aperiodischen Stoß-

erregung in der Weise, wie sie zuerst von REIN (*Phys. Zeitschr.* 1910) ausgeführt worden ist. C_1 ist eine große Kapazität, ein oder mehrere Glimmerkondensatoren von 25 bis 100000 cm, L_1 eine möglichst kleine Selbstinduktion von 1 oder 2 Windungen, und F_1 eine Entladestrecke. Die Aufladung der Kapazität C_1 erfolgt mit Gleichstrom von 600 bis 700 Volt Spannung unter Vorschaltung von Widerständen und Drosselspulen. Wählt man

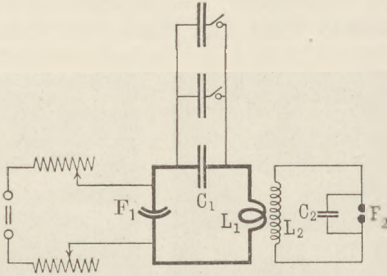


Fig. 8. Elektrische Anordnung, Schaltungsschema.

die elektrischen Dimensionen richtig und benutzt vor allem eine Entladestrecke F_1 mit ausgezeichneter Löschwirkung, z. B. die von SCHELLER angegebene Entladestrecke, welche in einer Spiritusatmosphäre arbeitet, so erhält man im Primärkreis eine Art aperiodischer Entladung, die man auch als elektrischen „Stoß“ bezeichnen kann. Koppelt man nun mit dem Primärkreis einen Sekundärkreis II, bestehend aus der großen Selbstinduktion L_2

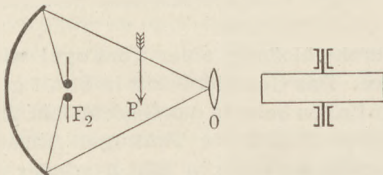


Fig. 9. Optische Anordnung.

und der entsprechend kleineren Kapazität C_2 , so erhält man im Kreise II elektrische Schwingungen, durch welche C_2 so hoch aufgeladen wird, daß in einer zu ihr parallel geschalteten Funkenstrecke F_2 Funken übergehen. Bei passender Länge der Funkenstrecke kann man es erreichen, daß durch jeden Stoß im Primärkreis eine Entladung in F_2 hervorgerufen wird. Da nun in der primären Gleichstromquelle dauernd ein großes Elektrizitätsreservoir zur Verfügung steht, aus welchem die Kapazität C_1 sofort nach der Entladung wieder aufgeladen wird, so hat man es in der Hand, die Zahl der Stöße im Primärkreis beliebig zu erhöhen. Je kleiner man C_1 wählt, und je geringer der

Elektrodenabstand der Entladestrecke F_1 gemacht wird, um so schneller erfolgt die jeweilige Aufladung der Kapazität und um so schneller folgen die einzelnen Entladestöße aufeinander. Auch durch Verringerung des Widerstandes und der Größe der Drosselspulen in der Zuleitung läßt sich die Entladezahl steigern. Es gelang auf diese Weise, die Funkenfrequenz innerhalb der Grenzen 200 und 100000 zu verändern und dadurch kinematographische Aufnahmen sowohl von sehr langsamen wie auch von sehr schnellen Vorgängen herzustellen. Die verwendete optische Anordnung ist in Fig. 9 wiedergegeben. Die Beleuchtungsfunkenstrecke F_2 war vor einem Hohlspiegel angebracht, welcher ein Bild der Funkenstrecke auf dem Aufnahmeobjektiv O entwarf. Dieses bildete seinerseits wieder den

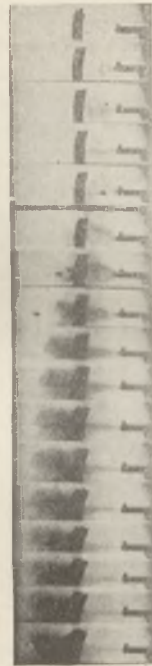


Fig. 10. Durchschießung eines Holzstückes. (6400.)



Fig. 11. Schußaufnahmen mit verschiedenen Funkenfrequenzen. (92200.)

an der Stelle P sich abspielenden Vorgang, z. B. bei einem Schuß, auf dem Film ab. Dieser befand sich auf einer rotierenden Trommel, welche mit maximal 9000 Umdrehungen pro Minute betrieben werden konnte. Da, wie bereits erwähnt, durch kräftiges Anblasen der Beleuchtungsfunkenstrecke dafür gesorgt wurde, daß die Zeitdauer jedes Funkens auch gegenüber der schnellsten Filmbewegung noch sehr kurz war, so gelang es, selbst bei den höchsten Bildfrequenzen vollkommen scharfe Bilder zu erzielen. Es war u. a. möglich, mit einer Bildfrequenz von 250, Aufnahmen eines aus einem Glasrohr fallenden Tropfens her-

zustellen, auf denen man sehr deutlich die zuerst von LENARD gefundene Tatsache erkennt, daß der fallende Tropfen Pendelbewegungen ausführt, wobei seine Form zwischen einem Ellipsoid mit horizontaler und einem mit vertikaler Achse wechselt. Fig. 10, die mit 6400 Funken pro Sekunde aufgenommen ist, zeigt die Durchschießung eines kleinen Holzstückchens, welches vor der Mündung einer Pistole aufgestellt war. Man sieht deutlich, daß der Vorgang der Zersplitterung sich wesentlich langsamer als der eigentliche Schuß abspielt, da das Geschöß das Holzstück längst verlassen hat, während die Zersplitterung noch immer weiter fortschreitet. Auch erkennt man, daß für das Umfallen des Holzstückes eine relativ große Zeit erforderlich ist. Von Schußaufnahmen mit verschiedenen Funkenfrequenzen sei hier nur die mit der Frequenz 92200 pro Sekunde in Fig. 11 wiedergegeben. Die Bildstreifen sind hier naturgemäß sehr schmal; man sieht deutlich, wie das Geschöß proportional der Zeit in seiner Bewegung von rechts nach links fortschreitet. Die Aufnahmen bestätigen auch die bereits früher von CRANZ gemachte Beobachtung, daß bei Stahlmantelgeschossen der Abschluß des gezogenen Laufes keineswegs ein vollkommener ist, sondern daß infolge des hohen Gasdrucks im Innern ein Teil der Pulvergase sich zwischen Wandung und Geschöß hindurchpreßt und auf diese Weise früher als letzteres den Lauf verläßt. Erst einige Zeit später folgt das Geschöß und auf dieses die Hauptmasse der Pulvergase. P.

Der neue Schnelltelegraph von Siemens & Halske. In den „Mitteilungen aus den Gesellschaften Siemens & Halske und Siemens-Schuckertwerke“ September 1913 wird über den neuen Schnelltelegraphen folgendes mitgeteilt: Der Apparat gehört zu den sogenannten Maschinen-Telegraphen, bei denen die Telegraphierzeichen mittels eines selbsttätigen Sendeapparates der Leitung zugeführt werden. Zu dem Zweck wird der Text eines Telegramms in Lochschrift auf einen Papierstreifen (Sendestreifen) übertragen. Dies geschieht mit einem Apparat, der äußerlich wie eine Schreibmaschine gestaltet und auch wie eine solche zu handhaben ist; bei jedem Tastendruck wird die den zu telegraphierenden Zeichen entsprechende Lochkombination auf elektrisch-magnetischem Wege in den Papierstreifen eingestanz und dieser dann automatisch ein wenig vorwärts geschoben, damit der

genügende Abstand zwischen den einzelnen Zeichen gewahrt bleibt. Der Sendeapparat wird durch einen Motor betrieben, dessen Umdrehungszahl den Erfordernissen des Verkehrs angepaßt werden kann. Der mit geregelter Geschwindigkeit vorwärts bewegte Streifen passiert dabei eine Kontaktvorrichtung, die derart arbeitet, daß je einem Loch entsprechend ein negativer Stromstoß gegeben wird, während sonst positive Stromimpulse ausgegeben werden. Auf jedes Zeichen entfallen 5 Stromimpulse, die nacheinander durch die Leitung zum Empfangsapparat fortgepflanzt werden. Die Benutzung von je 5 Stromimpulsen ermöglicht es, 32 Kombinationen zu bilden, beispielsweise + - - + - oder - + - + - usw.

Dem Empfangsapparat wird genau die gleiche Tourenzahl gegeben, die der Sendeapparat hat; um dies zu erzielen, ist eine besondere Synchronisierungsvorrichtung angebracht. Die vom Sender kommenden Stromimpulse werden zunächst in 5 sogenannten Kombinationsrelais aufgenommen, die je nach der Richtung der einzelnen Impulse ihre Ankerungen in die eine oder andere Lage bringen. Die durch einen Motor angetriebene Achse des Empfängers, die auch das Typenrad trägt, besitzt mehrere Kontaktbürsten, die über eine in eine Anzahl Kontakttringe zerlegte sogenannte Kombinations-scheibe schleifen. Die Ringe sind nach bestimmtem System unterteilt und mit den 5 Kombinationsrelais verbunden. Die rotierenden Kontaktbürsten können bei einer Umdrehung der Typenradachse 32 verschiedene Kombinationen von der Kombinations-scheibe abnehmen. Der Abdruck eines bestimmten Zeichens erfolgt, sobald die rotierenden Kontaktbürsten die Stellung einnehmen, die der betreffenden Kombination auf der Scheibe entspricht. Es kann somit bei jeder Umdrehung nur ein Zeichen zum Abdruck kommen. Um die Übertragung noch zu beschleunigen, kann man zwei Sätze von Kombinationsrelais verwenden, von denen der eine die ankommende Stromkombination aufnimmt, während der andere das vorhergehende, bereits aufgenommene Zeichen zum Abdruck bringt.

Die Umdrehungszahl der Apparate beträgt normal 720 in der Minute, kann aber bis 1000 gesteigert und bis 200 herabgesetzt werden, wenn es die elektrischen Eigenschaften der Leitung erfordern. Dies wird als ein bedeutender Vorteil gegenüber der bisherigen Maschinentelegraphie angesehen.

Es ist auch vorgesehen, daß der Empfänger die einlaufenden Zeichen sofort in Lochschrift aufnimmt, so daß der erhaltene Streifen gleich wieder als Sendestreifen zur Weiterbeförderung an eine andere Station verwendet werden kann.

Das System scheint dazu berufen, eine vollständige Umwälzung in der Verkehrs-telegraphie herbeizuführen. Man kann durch eine Reihe von Schreibapparaten die Sende-

streifen so vorbereiten, daß ihre Übertragung auf die Linie ohne Unterbrechung erfolgen kann. Das System ist für Gleichstromnetzspannung von 110 Volt gebaut und vor kurzem bereits von der Reichstelegraphieverwaltung auf den verkehrsreichen Linien Berlin—Breslau, Berlin—Düsseldorf, Berlin—Straßburg i. E., Berlin—Frankfurt a. M. und Berlin—Königsberg in Betrieb genommen.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik. Mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis. Vorlesungen von Paul Volkmann, Professor der theoretischen Physik an der Universität Königsberg i. Pr. Zweite, mehrfach umgearbeitete Auflage. B. G. Teubner, 1913. 412 S. M 13,—.

Der Verfasser hat sich in dieser Auflage noch mehr als in der ersten durch den Gesichtspunkt bestimmen lassen, daß eine Einführung in die theoretische Physik am besten an der Hand der historischen Entwicklung und im besonderen der Klassiker dieses Gebiets geschehen müsse. Dementsprechend wird namentlich der Grundlegung der mechanischen Prinzipien durch Newton ein breiter Raum gewidmet. Der Verfasser glaubt bei diesem Verfahren am leichtesten eine Gefahr vermeiden zu können, die er als Intellektualismus bezeichnet und der er „in besonders hohem Grade“ den Unterricht an den höheren Lehranstalten ausgesetzt findet. Aber es dürfte nicht zu verkennen sein, daß die theoretische Physik dieser Gefahr noch leichter anheimfallen kann als die Schulphysik, die sich doch niemals weit von dem Leitfaden der Erfahrung entfernen darf. In dem Buche werden nach der Anwendung der Newton-Grundsätze auf die Gravitation und die Mechanik von Massenpunkten weiterhin behandelt: Die Mechanik eines Massensystems mit Anwendungen auf praktische Physik, Methoden- und Instrumentenlehre, die Hydrostatik, geophysikalische Fragen, endlich die allgemeinen Prinzipien der Mechanik. Besonderes Interesse bietet der Schlußabschnitt, der die Theorie der physikalischen Erkenntnis zum Gegenstande hat und dabei auf die allgemeinen methodischen Grundlagen der Physik, auf die methodischen Regeln der

Forschung und auf allgemeine erkenntnistheoretische Fragen, speziell die der Kausalität und des Mechanismus, näher eingeht. Wir müssen uns versagen, bei dieser Gelegenheit einzelne Abweichungen von der Auffassung des Verfassers zu erörtern und begnügen uns, auf die wertvollen und anregenden Auseinandersetzungen dieses Abschnitts hinzuweisen.

P.

Himmelskunde. Versuch einer methodischen Einführung in die Hauptlehren der Astronomie. Von Prof. Dr. Joseph Plaßmann. Mit 1 Titelbild in Farbendruck, 282 Abbildungen und 3 Karten. 2. und 3. verbesserte Auflage. Freiburg i. B., Herder, 1913. 572 S. M 11.—, geb. M 13,—.

Die vorliegende populäre Himmelskunde erfreut sich in den Kreisen der Fachlehrer hohen Ansehens, da sie mit elementar-mathematischer Behandlung die größte hierbei erreichbare Exaktheit verbindet und in allen Zahlenangaben und sonstigen Daten der Anspruch unbedingter Zuverlässigkeit unter Berücksichtigung der neuesten Forschungen erheben darf. Die methodische Anordnung und Behandlung des Stoffes ist überdies derart, daß daraus auch wertvolle Anregungen für den Unterricht entnommen werden können. In der neuen Auflage ist der Umfang des Textes etwas vermindert, dagegen die Zahl der Bilder vermehrt. Unter diesen ist namentlich ein sehr schönes Doppelblatt zu nennen, das den Orionnebel nach einer Aufnahme von W. Wolf in Heidelberg darstellt; ferner neue Mond- und Sonnenbilder. Die Milchstraßentheorie von Easton ist neu redigiert. Das Buch sei von neuem, mit den Worten des Verfassers, der Aufmerksamkeit aller ernster gesinnten Diener der Königin der Wissenschaften empfohlen.

P.

Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Von Prof. Dr. Edmund O. von Lippmann. II. Band, 491 S. Leipzig, Veit u. Co., 1913. M 8,—.

Dem ersten 1906 erschienenen Band hat der Verfasser in kurzem diesen zweiten folgen lassen, der wiederum eine reiche Fülle interessantesten historischen Materials enthält. Nicht einmal die Titel der 36 längeren oder kürzeren Aufsätze können hier alle angeführt werden. Genannt seien vor allem die größeren Abhandlungen über: Chemisches und Physikalisches aus Plato, Chemisches und Alchemisches aus Aristoteles, Chemisches bei Marco Polo, zur Geschichte der Pottasche und ihres Namens, zur Geschichte des Namens Gas, zum hundertjährigen Jubiläum des Vakuumapparates (erfunden 1812 von E. C. Howard). Von Einzelheiten seien folgende erwähnt: Die Entsalzung des Meerwassers durch Tongefäße, eine überaus schwierige Vexierfrage; der Kranz (nicht Krone) des Königs Hiero; der Alkohol nicht arabischen, sondern italienischen Ursprungs; das Wort Ammoniak nicht von sal ammoniacum, sondern von sal armeniacum (armenisches Salz) abgeleitet. Die Verbrennung einer Eisendrahtspirale in Sauerstoff hat zuerst Ingen Housz, die einer Uhrfeder Lichtenberg ausgeführt. Diese wenigen Proben mögen genügen, um anzudeuten, was an Aufklärungen bei der Lektüre des Buches gewonnen werden kann. Von biographischem Material in engerem Sinne ist anzuführen ein Artikel zur Würdigung Jean Reys, einer über A. von Humboldt als Vorläufer der Lehre von der Isomerie und einer über J. von Liebig und Robert Mayer. P.

Geschichtliche Entwicklung der Prinzipien der Mechanik und Physik. Von Rudolf Mewes. Mit 15 Abbildungen. Neue unveränderte Ausgabe. (S.-Abdruck aus „Theorie und Praxis der Großgasindustrie“ desselben Verfassers.) 86 S. Leipzig, H. A. Ludwig Degener. M 3,—.

Der Verfasser behandelt das Thema vornehmlich im Hinblick auf die Bedürfnisse des Ingenieurs und im Anschluß an Dührings Geschichte der Prinzipien der Mechanik, weicht aber von diesem mehrfach ab, namentlich durch eine größere Wertschätzung der Leistungen von Descartes, den er gegen Dühring in Schutz nimmt. Auch Keplers Verdienste um die Mechanik werden höher bewertet, als dies gemeinhin der Fall ist. In bezug auf Galilei stellt der Verfasser trotz Dührings gegenteiliger Darlegung die

Entdeckung der Fallgesetze so dar, als habe dabei eine Vorstellung von der Unveränderlichkeit der Schwerkraft mitgespielt. Auch sonst geht der Verfasser mit seinen Gedanken vielfach eigene Wege, so daß man sich ihm nicht ohne ausreichende Sachkenntnis und ohne kritische Prüfung wird anvertrauen dürfen. P.

Geschichte des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts. Von Franz Pahl. (Handbuch des naturw. u. math. Unterr. Herausgeg. von J. Norrenberg, I. Band.) Leipzig, Quelle und Meyer, 1913. 368 S. M 8,60, geb. M 10,60.

Der Verfasser greift seinen Gegenstand in gründlicher und umfassender Weise an, indem er nicht nur die Geschichte des Unterrichts behandelt, sondern parallel damit auch die Entwicklung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Kenntnisse sowie das wissenschaftliche Leben überhaupt in seine Darstellung hineinzieht. Die letzten drei Jahrhunderte werden als saeculum mathematicum, philosophicum und historicum gekennzeichnet. Die neueste Entwicklung ist auf verhältnismäßig kurzen Raum zusammengedrängt, besondere Anerkennung erfahren mit Recht die Wieseschen Realschulpläne von 1859, doch müssen wir auch bei dieser Gelegenheit (zu S. 292) in Abrede stellen, daß Wiese Mathematik und Naturwissenschaften als „humanistische Lehrfächer“ in dem heut gebräuchlichen Sinne des Wortes angesehen habe (vgl. d. Zeitschr. XVII, 242). Den neuesten Reformvorschlägen, insbesondere den Meraner Plänen, widmet der Verfasser eine geschickte und sachgemäß gehaltene Erörterung, und schließt mit dem Hinweis auf die Schwierigkeit, die sprachlich geschichtlichen Bildungselemente mit den mathematisch-naturwissenschaftlichen so zu verschmelzen, daß gleichzeitig auch eine Vertiefung der geistigen Ausbildung erzielt wird. P.

Methoden zur Erzeugung von Hochfrequenzenergie. Von Professor Dr. Br. Glatzel. (S.-Abdr. aus der Zeitschrift „Helios“.) Mit 57 Abbildungen. 60 S. Leipzig, Hachmeister & Thal, 1913. M 1,50.

Die Schrift ist durch Erweiterung eines Vortrags entstanden, den der Verfasser im Jahre 1912 auf der Naturforscherversammlung in Münster gehalten hat. Er stellt die physikalischen Grundlagen der in Betracht kommenden Vorgänge recht anschaulich und übersichtlich dar, indem er von den Erscheinungen

bei Niederfrequenz ausgeht, die sich durch einfache Demonstrationsversuche vorführen lassen. Behandelt wird im besonderen die Erzeugung von Schwingungen gleichbleibender Amplitude (ungedämpfte Schwingungen) in Hochfrequenzmaschinen und durch Lichtbogengeneratoren, dann die Erzeugung gedämpfter Schwingungen unter besonders eingehender Behandlung des von W. Wien entdeckten Prinzips der Löschfunken. Zur Orientierung über das Ganze der hier vorliegenden Fortschritte von Theorie und Technik ist das Schriftchen sehr geeignet und kann besonders auch den Fachlehrern der Physik empfohlen werden. P.

Die Weltherrin und ihre Schatten. Ein Vortrag über Energie und Entropie. Von Felix Auerbach. 2. ergänzte und durchgesehene Auflage. Jena, Gustav Fischer, 1913. 74 S. M 2,—.

Der in dieser Zeitschr. XVI, 126 angezeigten 1. Auflage läßt der Verfasser jetzt diese zweite folgen, die eine Reihe größerer Einschaltungen und ein neues Schlußkapitel enthält. Besonders interessant auch für weitere Kreise sind die Darlegungen über die Beziehungen von Energie und Entropie zum Organischen und Psychischen; der Verfasser stellt sich hier in Gegensatz zu Ostwalds Annahme einer besonderen Form von psychischer Energie und schreibt dem Psychischen vielmehr eine Entropie zu, die dem Naturablauf nach dem Schema des Entropiegesetzes direkt entgegenwirkt. Er knüpft dabei an eine Bemerkung von Helmholtz und an naturphilosophische Ideen von Bergson und von Georg Hirth an. P.

Der Präzessionsglobus. Ein chronologisches Werkzeug für Historiker und Philologen. Von Prof. Dr. Heinrich Vogt. Breslau, Ferdinand Hirt, 1912. 31 S. M 1,—.

Der Verfasser stellt interessante historische Daten über Präzessionshimmelsgloben zusammen, die sich von den gewöhnlichen dadurch unterscheiden, daß die Weltachse entsprechend der Präzession der Nachtgleichen verstellbar ist. Er hat einen Globus, der dem Kgl. Friedrichs-Gymnasium in Breslau gehört und im Jahre 1715 in Amsterdam von den Brüdern Valk angefertigt ist, mit einer Präzessionseinrichtung versehen lassen, die er ausführlich beschreibt. Der so hergerichtete Globus soll in erster Reihe für die Bearbeitung der antiken Fixsternkalender dienen, in denen nach Th. Mommsen „ein reiches Material herrlicher Aufklärung uralter weltgeschicht-

licher Internationalbeziehungen verborgen liegt“. Er wird aber auch im astronomischen Unterricht mit Nutzen zu verwenden sein. P.

Leitfaden der Wetterkunde. Gemeinverständlich bearbeitet von Dr. R. Börnstein Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 55 Abbildungen im Text und 26 Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. 270 S. M 7,—, geb. M 8,—.

Der vor kurzem verstorbene, um die Wetterkunde und deren Popularisierung sehr verdiente Verfasser hat dieses Werk in der Absicht verfaßt, insbesondere auch dem Unterricht „ohne Vermehrung des eigentlichen Lehrstoffes ein weites und schönes Unterrichtsgebiet zu erschließen“, indem er den Lehrern der Physik wie der Geographie ein reiches Material für die Anwendung der Naturgesetze auf die atmosphärischen Vorgänge darbietet. Es sind im Hinblick hierauf auch die wissenschaftlichen Grundlagen des Gebietes in die Darstellung hineingezogen. Im einzelnen wäre freilich manches anders zu wünschen. So dürfte die Tiesensche Ableitung für die Ablenkung der Winde nicht für den Unterricht brauchbar und überhaupt nicht haltbar sein. Zur ersten Orientierung in der Wetterkunde ist das Buch jedoch wohlgeeignet. Die neue Auflage zeichnet sich durch vielfache Ergänzungen aus, namentlich über die Temperatur der oberen Luftschichten, die Sonnenstrahlung, die Dämmerungsfarben und anderes mehr. Eine Reihe schöner Wolken tafeln aus dem internationalen Wolkenatlas von 1910 bereichern dem Buche zur besonderen Zierde. P.

Grundriß der Physik. Von Dr. K. Sumpf. Ausgabe A, 13. Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. H. Hartenstein und Prof. Dr. A. Pabst. Hildesheim u. Leipzig, August Lak, 1913. Mit 604 Abbildungen und 1 Spektraltafel, 408 S. Geb. M 3,80.

Diese neue Auflage weist mannigfache Veränderungen und Erweiterungen auf. Es ist mehrfach auf Schülerübungen hingewiesen; auch ist, was sehr zu billigen ist, mit Rücksicht auf solche Übungen eine größere Zahl von Meßapparaten beschrieben und abgebildet worden. Andre Zusätze beziehen sich auf den mathematischen Ausbau des Stoffes, und gehen zum Teil wohl schon über das hinaus, was für die Unterstufe, bzw. für Realschulen, denen dies Buch vornehmlich dient, angemessen ist. Einiges von dem neu Hinzu-

gefügt ist zu beanstanden, so die Herleitung für das konische Pendel (Fig. 93b) und die für die Beugung durch einen engen Spalt (Fig. 278b). Im Galvanismus wird noch mit dem Begriff Spannung ohne hinreichende Erläuterung gearbeitet, und ohne Rücksicht darauf, daß dieser Begriff zuvor in der Elektrostatik abweichend definiert ist. Von alten Figuren hätte namentlich die des Multiplikators (Fig. 419a) ausgemerzt werden sollen. Einen Vorzug des Buches bildet die reiche Auswahl von Übungsfragen, die schon Sumpf der ersten Auflage beigegeben hat.
P.

Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik.

Von Prof. Dr. F. F. Martens. (Die Wissenschaft. Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien, Heft 46.) Erster Band: Eigenschaften des magnetischen und des elektrischen Feldes. 245 S. M 7,20.

In der Ankündigung wird gesagt, daß die Erforschung und Anwendung magnetischer und elektrischer Felder die Kenntnis und Beherrschung der Natur in den letzten Jahrzehnten mit einer Geschwindigkeit gefördert habe, hinter der der Unterricht vielfach zurückgeblieben sei. „Wer z. B. von dem ganzen Gebiet der Dynamomaschinen nur den Grammeschen Ring und das Siemenssche Prinzip der Selbsterregung kennt, wird einer elektrischen Zentrale fast so fremd gegenüberstehen, als ob er sich gar nicht mit solchen Fragen befaßt hätte.“ Der Verf., der als angesehener Forscher bekannt ist, will diese Lücke ausfüllen für Elektrotechniker, Physiker, Industrielle und naturwissenschaftliche Lehrer. Wir möchten glauben, daß dieses Ziel erreicht wurde in bezug auf die Darstellung einzelner Abschnitte; in bezug auf den gebotenen Stoff wurde erheblich mehr geleistet; in methodischer Beziehung bleiben wichtige Forderungen unerfüllt. Es fehlt nicht nur ein vorsichtiger Fortschritt vom Leichten zum Schweren, sondern es entbehrt auch die Ableitung der wichtigsten Begriffe der anschaulichen Verknüpfung mit den zugrundeliegenden Tatsachen und miteinander. Dadurch erhält die Gesamtdarstellung etwas Ungleichmäßiges und Willkürliches, und von dem oben genannten Kreise von Lesern aus verschiedenen Berufen dürften wohl nur die Physiker ernsthaft in Betracht kommen; sie sind in der Lage, einen Geländeabschnitt, über den der Verf. hinwegspringt, auf einem ihnen anderweitig bekannt gewordenen Wege zu durchschreiten.

Ein kurzes Eingehen auf einzelne Teile des Inhalts wird das Gesagte bestätigen. Von den beiden Feldern wird zunächst das magnetische behandelt. Die Grundversuche mit permanenten Magneten werden besprochen, Induktion eines Eisenstückchens, das Entstehen von neuen Polen beim Zerschneiden, die Theorie der Molekularmagnete werden an der Hand von Abbildungen dargestellt. Hingegen wird im folgenden Abschnitt das Coulombsche Gesetz ohne Erwähnung von Versuchen ausgesprochen und nur zur Erläuterung ein Zahlenbeispiel hinzugefügt (es sei $m = 60$ elmag. Einheiten usw.), ohne daß der logische Weg, auf dem man aus dem Gesetze überhaupt erst zur Definition der Einheit kommt, angedeutet wäre.

Die quantitativen Erörterungen über Magnetisierung und Induktion knüpft der Verf. an den Fall des Rotationsellipsoids an. Er berechnet das Feld für Punkte auf der Längsachse und in der Äquatorialebene und definiert die Induktion durch die Gleichung: $\mathfrak{B} = 4\pi \mathfrak{J} + \mathfrak{H}$.

Das zweite Kapitel handelt von dem magnetischen Wirbelfeld, das einen Strom umschlingt. Zunächst wird die magnetomotorische Kraft besprochen. Sie ist definiert durch die Summe $\oint \mathfrak{H}_t \cdot dl$, wo \mathfrak{H}_t die Komponente der magnetischen Kraft bedeutet, die in die Richtung dl fällt. Es wird gezeigt, daß diese Summe Null ist für jeden beliebigen in sich geschlossenen Weg, der keine elektrische Strombahn umschlingt, und es wird behauptet, daß sie $4\pi i$ ist für einen Weg, der die Bahn des Stromes i einmal umschlingt. Zur Begründung wird hinzugefügt, daß die Größen \mathfrak{H}_t der Stromstärke proportional sind. „Die Wahl der reinen Zahl 4π als Proportionalitätsfaktor ist mit Rücksicht auf das elektromagn. Maßsystem geschehen. . . . i ist in elektromagn. Einheiten der Stromstärke zu messen.“

So wie bei den angeführten Definitionen leitet der Verf. sehr häufig einen Begriff aus einer Gleichung ab, was methodisch um so weniger ratsam erscheint, wenn die Gleichung selbst sich nicht zwingend ergibt. Dafür noch ein Beispiel: „Innerhalb eines kleinen Volumens dV . . . im Inneren einer stromdurchflossenen Spule kann die Feldstärke \mathfrak{H} als konstant angesehen werden. Man weiß nicht, welche Veränderung in dem Volumen eingetreten ist, wenn das Volumen magnetisiert ist; aber man weiß, daß Arbeit dazu nötig gewesen ist, diese Änderung hervorzubringen. Man setzt die in dV enthaltene Energie $dU = \mathfrak{H}^2 \cdot dV : 8\pi$. Da

\oint proportional i ist, so . . . sind alle Energiemengen dU proportional i^2 ; also ist auch U proportional i^2 , und man kann schreiben: Die Energie des ganzen vom Strome i erzeugten magnetischen Feldes ist $U = \frac{1}{2} L i^2$. Man nennt L die Selbstinduktion der Spule.“

Es darf wohl gesagt werden, daß in diesen und vielen anderen Dingen der übliche Unterricht hinter dem Gange der wissenschaftlichen Erkenntnis erheblich weniger zurückgeblieben ist, als es nach der Darstellung des Verf. scheinen könnte.

Das Buch enthält eine große Zahl von Abbildungen, die nicht nur größtenteils vom Verf. neu gezeichnet wurden, sondern zum Teil auch interessante neue oder weniger bekannte Anordnungen und Versuche betreffen. Hierher gehört der Nachweis der Tangentialkomponente des elektrischen Feldes außerhalb von Stromleitern, Bestimmung des Leitvermögens von Elektrolyten mit Poulson-Schwingungen u. a. m. Auch technische Dinge, wie Kugelphotometer, Tragsmagnet u. dgl., sind berücksichtigt.

Ein Schlußkapitel ist der Vergleichung der verschiedenen Maßsysteme einschließlich des Lorentzschen gewidmet; dies erschien um so angebrachter, als im Buche selbst der Konsequenz wegen nur ein Maßsystem, nämlich das elektromagnetische, benutzt wurde.

Sp.

Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. Von M. Planck. Zweite, teilweise umgearbeitete Auflage. XII u. 206 S. Leipzig 1913. M 7,—, geb. M 7,80.

Die zweite Auflage dieses Buches, das den Leser in ziemlich elementarer Darstellung über die Strahlungstheorie orientiert, unterscheidet sich von der ersten Auflage vor allem durch die Modifikation, die die alte Plancksche Theorie, wie sie noch in der ersten Auflage dargestellt war, seitdem durch ihren Urheber erfahren hat. Es wird hier die alte Ansicht, daß sowohl Emission wie Absorption von Strahlung un stetig erfolgt, verlassen, und nur noch für die Emission der un stetige oder quantenhatte Energieumsatz angenommen. Die so entstehende neue Theorie hat gegenüber der alten gewisse Vorzüge, sie basiert aber auch noch auf der Hypothese der ganzzahligen Energiequanten, und Planck meint, daß der volle Erfolg der Quantenhypothese wahrscheinlich erst einer späteren Generation zugute kommen wird. Inzwischen hat jedoch Planck diese seine in dem Buche dargelegte Ansicht über den quantenhaften

Energieumsatz von neuem (Sitzungsber. der Berliner Akademie 1913, S. 350) wesentlich verändert, indem er auch Bruchteile von Quanten in Wärmestrahlung sich verwandeln läßt. Damit wird die Quantenhypothese hinsichtlich der Wärmestrahlung prinzipiell aufgegeben. — Das Buch gibt im übrigen mancherlei Belehrung und regt zum Nachdenken an über das noch wenig geklärte Kapitel der Strahlung. *E. Gehrcke.*

Précis d'optique, publié d'après l'ouvrage de Paul Drude, refondu et complété par Marcel Boll. Avec une Préface de Paul Langevin. Tome 1: Optique géométrique. Optique ondulatoire. X u. 375 S. 168 Abb. 12 Fr. Tome 2: Optique électromagnétique. Optique énergétique. 362 S. 64 Abb. 12 Fr. Gauthier-Villars, Paris 1911, 1913.

Das Buch ist eine durch zahlreiche kleinere Zusätze erweiterte Übersetzung von Drudes trefflichem Lehrbuch der Optik. Die Figuren sind fast durchweg neu gezeichnet, die dabei nicht seltenen Abweichungen von den Vorbildern nicht immer vorteilhaft. Vielfach ist die Stoffanordnung in den Kapiteln geändert. Im allgemeinen macht der Bearbeiter geringere Voraussetzungen hinsichtlich der Bekanntheit des Lesers mit Experiment und Theorie als Drude, sehr vielfach geht er auch mehr auf Einzelheiten ein. So ist die Linsenoptik in engerer Fühlung mit der Optotechnik, ferner ist die Zahl der beschriebenen optischen Instrumente bedeutend größer, und aus den Bemerkungen Drudes zu Prisma und Gitter ist ein umfangreiches Kapitel über spektrographische Methoden geworden. Übrigens ist hierbei Drudes Versehen, daß er das Konkavgitter als zylindrisch beschreibt (in Wirklichkeit ist es sphärisch), stehen geblieben.

Das Buch wird durch seine breitere Darstellung gewiß für manchen leichter durchzuarbeiten sein als das Drudesche und sicher zahlreiche Freunde finden. Die Frische, mit der das Original wirkt, kann man selbstverständlich nicht erwarten, da zwei Stimmen fast auf jeder Seite ein paarmal sich abwechseln. *W. Vn.*

Lehrbuch der Optik. Von Paul Drude. Dritte erweiterte Auflage, herausgegeben von E. Gehrcke. XVI u. 548 Seiten, 112 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel 1912.

Die Freunde des bewährten Buches werden dem Herausgeber Dank dafür wissen, daß er sich auf sehr wenige Zusätze beschränkt hat in der ganz richtigen Erkenntnis,

daß einem Buch wie dem Drudeschen gerade das Durchklingen der persönlichen Note den besonderen Reiz verleiht.

In einem Zusatz zum letzten Kapitel, benannt photochemische Vorgänge in Gasen, werden interessante Forschungen von Warburg besprochen. In einem Zusatz zur Optik der bewegten Körper bringt der Herausgeber einen Abriß der Stokesschen Theorie sowie einige von ihm aus ihr gezogene Folgerungen und wehrt in reichlich scharfen Worten die Relativtheorie ab.

Die Zahl der Quellennachweise ist beträchtlich vermehrt worden. *W. Vn.*

Lehrbuch der Physik für Realschulen. Von E. Grimsehl, Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg. Mit 438 Textfiguren und einer farbigen Tafel. Zweite verbesserte Auflage. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1913. 298 S. M 2,60.

Die neue Auflage besitzt die bei Besprechung der ersten Auflage erwähnten Vorzüge in erhöhtem Maße. In der Mechanik sind einige Abschnitte, wie die über Bewegung, Kraft und Masse, Trägheit, erweitert bzw. umgearbeitet worden; bei dem Gesetz der schiefen Ebene ist die den älteren Realschülern durchaus verständliche trigonometrische Formulierung eingeführt. In den übrigen Gebieten sind mehrere wichtige technische Anwendungen neu hinzugefügt: Die lenkbaren Luftschiffe und Flugmaschinen, der Benzinmotor, elektrische Kraftanlage und Kraftübertragung, Funkentelegraphie. Die Wärmelehre ist im Verhältnis zu den übrigen Gebieten immer noch sehr knapp behandelt; eine kurze Übersicht über die meteorologischen Erscheinungen, die in jeder Realschule besprochen zu werden pflegen, wäre für die nächste Auflage wohl zu wünschen. Vielleicht könnten dafür die Abschnitte über Elektrolyse, die in dieser Ausführlichkeit doch nur in der Chemiestunde behandelt werden kann, etwas gekürzt werden. *Schk.*

Theorie und Praxis der Maßanalyse. Von Alexander Classen unter Mitwirkung von H. Cloeren. Mit 46 Abbild. im Text. Leipzig 1912. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. X und 772 S. Preis brosch. M 30,—, geb. M 32,—.

Classen hat jahrelang den „alten Mohr“, das klassische Titrierbuch zweier Generationen, herausgegeben. Als aber die Dissoziationstheorie die analytische Chemie und nicht zum wenigsten die Titrimetrie immer mehr

durchdrang, wurde es allmählich eine zu undankbare Aufgabe, den neuen Most in die alten Schläuche zu füllen, und Classen machte sich mit seinem bewährten analytischen Mitarbeiter Cloeren daran, ein neues Buch auf neuer Grundlage zu schreiben.

Die modernen Theorien sind von vornherein zur Erklärung benutzt, wenn auch mitunter mit einer gewissen Umständlichkeit, man möchte fast sagen Zaghaftigkeit. Neuere Methoden, soweit sie lebenskräftig sind und namentlich technisches Interesse haben, sind ausführlich und mit der dem alten Praktiker eigenen Kritik behandelt. Der analytische Teil ist, wie es dem Referenten scheint, entsprechend Classens Erfahrung als Forscher und Lehrer ausgezeichnet und fast lückenlos. Der theoretische Teil will dem Ref. nicht überall gefallen.

Ist es nötig, bei der Erklärung des Begriffs „Avidität“ einer Säure bis auf die alten Versuche von Jul. Thomsen über die Verteilung einer ungenügenden Menge Base zwischen zwei Säuren zurückzugehen? (S. 120). Die bei Fortschaffung der Ionen vollständige Dissoziation eines Elektrolyten müßte zu Anfang hervorgehoben werden; sonst macht sich ein Anfänger nach dem S. 12 und 13 Gesagten kein scharfes Bild von dem Mechanismus einer Fällungsreaktion und ihrer praktischen Vollständigkeit. Die Tabelle für die Dichten des Wassers bei verschiedenen Temperaturen (nach Rossetti 1869) wäre besser durch eine neuere zu ersetzen und durch eine andere zu ergänzen, nach der man das Auswägen von Meßgefäßen bequem bewerkstelligen kann; im Kohlrausch u. a. a. O. sind solche handliche Tabellen, die man im Betrieb oft und mit Vorteil benutzt, zu finden. Da die praktisch kaum angewendete elektrometrische Titration auf S. 176 erwähnt ist, hätte auch die bequemere, wirklich benutzte Titration mittels des Leitvermögens (Dutoit) behandelt werden müssen. Bedauerlicherweise wird auch in diesem modernen Buch das willkürliche „Mohrsche Liter“ noch ausführlich besprochen und als existenzberechtigt angesehen.

Das Buch besitzt sonst viele Vorzüge, von denen noch die knappen und klaren geschichtlichen Bemerkungen, die guten, kurzen Kritiken der Methoden, anregende Schreibweise und ein ausgezeichnetes Register genannt sein mögen. Doch fürchtet der Referent, daß einer große Verbreitung des Buches der sehr hohe Preis im Wege stehen wird. *W. Roth-Greifswald.*

Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkt der Phasenregel von Dr. H. W. Bakhuis Roozeboom, weiland Professor an der Universität Amsterdam. Drittes Heft. Die ternären Gleichgewichte. Zweiter Teil. Systeme mit zwei und mehr Flüssigkeiten ohne Mischkristalle und ohne Dampf. Von Dr. F. A. H. Schreinemakers, Professor an der Universität Leiden. (Deutsch von Dr. J. J. B. Deuss.) Mit 148 in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. XII u. 348 S. Geheftet M 11,—.

Das vorige Heft ist 1911 (diese Zeitschr. XXIV, 256) angezeigt worden. Das Material, das der Verf. behandelt, wird immer schwieriger, da Entmischung in mehrere flüssige Schichten, chemische Umsetzungen, Schmelz- und Erstarrungserscheinungen mit ihren metastabilen Zuständen in vermehrtem Grade auftreten können¹⁾. Dementsprechend wird die hauptsächlich vom Verf. ausgearbeitete graphische Darstellung immer komplizierter. Es wird genügen, wenn hervorgehoben wird, daß der Verf. auch durch das scheinbare Wirrsal von Einzelercheinungen ein sicherer Führer bleibt. *W. Roth-Greifswald.*

Lehrbuch der Thermodynamik in ihrer Anwendung auf das Gleichgewicht von Systemen mit gasförmig-flüssigen Phasen nach Vorlesungen von Dr. J. D. v. d. Waals, Prof. an der Universität Amsterdam, bearbeitet von Dr. Ph. Kohnstamm. Erster Teil. Mit 75 Fig. Leipzig, Amsterdam, Maas & van Suchtelen, 1908. XII + 288 S., geb. M 12,—. Zweiter Teil. Mit 205 Fig. im Text. Leipzig, J. A. Barth, 1912. XVI + 646 S., geb. M 24,—.

Man darf bei diesem Lehrbuch der Thermodynamik nicht an unsere umfassenden und allseitig ausgeglichenen Werke denken, von denen das klassische Beispiel Plancks Buch ist. Man kann das vorliegende Buch eher als eine umfassende mathematische Ergänzung des oben besprochenen Werkes von Roozeboom-Schreinemakers betrachten, auf thermodynamisch-kinetischer Grundlage.

¹⁾ Zur Kennzeichnung sei ein Beispiel herausgegriffen. In dem System Wasser, Alkohol, Kaliumhydroxyd tritt neben Entmischung in zwei flüssige Schichten das Auskristallisieren von $KOH + 2 H_2O$, die Bildung von Alkoholat, das Ausfallen von Alkoholat mit Kristallalkohol ein, wenn man nur die bei 30° auftretenden Erscheinungen berücksichtigt. Erweitert man das Temperaturgebiet, so komplizieren sich die Verhältnisse noch mehr.

Ohne die Anwendung kinetischer Betrachtungen, namentlich ohne eine auf kinetischer Basis erwachsene Zustandsgleichung ist die Thermodynamik nach des Verf. Meinung unfruchtbar und auf ideale Gase und Lösungen, d. h. auf ganz verdünnte Systeme, beschränkt.

Das Buch trägt deutlich die Zeichen der holländischen Schule an sich: ausgiebige Anwendung von komplizierten Diagrammen, speziell Gleichgewichtsoberflächen, und liebevolle Behandlung der mit den drei Parametern Volumen, Druck und Temperatur zusammenhängenden Veränderungen (der „thermischen“ Größen, wie der Verf. sie im Gegensatz zu den „kalorischen“ Größen Energie und Entropie nennt).

Das Buch verarbeitet alle einschlägigen Probleme kurz und pointiert, mit häufiger Polemik gegen die Vertreter anderer Schulen, wie Nernst, Plauck und Wegscheider. Im zweiten Teil, der sich hauptsächlich mit Zweistoffsystemen beschäftigt, mußten, um die mathematische Behandlung nicht noch komplizierter und undurchsichtiger zu machen, gewisse Vereinfachungen in bezug auf die van der Waalsche Zustandsgleichung eingeführt werden.

Der Inhalt der Bände ist aus den Titeln der Abschnitte wohl genügend zu ersehen. Erster Band: I. Der erste Hauptsatz und seine Anwendungen; II. Der zweite Hauptsatz und seine Anwendungen; III. Das allgemeine Gleichgewichtsprinzip und seine Anwendungen; IV. Thermodynamische Theorie der Kapillarität. Zweiter Band: I. Gesetzmäßigkeiten, die unabhängig sind von der speziellen Form der Zustandsgleichung des Systems; II. Analytische Betrachtung der Gleichgewichtsbedingungen; III. Geometrische Betrachtungen der Gleichgewichtsbedingungen. Eigenschaften der Gemische im kritischen Gebiet; IV. Systeme mit zwei flüssigen Phasen; V. Koexistenzen mit festen Phasen; VI. Systeme unter der Einwirkung äußerer und chemischer Kräfte.

W. Roth-Greifswald.

Die Chemie der Radio-Elemente. Von Frederick Soddy. Deutsch von Max Iklé. Leipzig, J. A. Barth, 1912. 178 S., M 4,—, in Lwd. geb. M 4,80.

Den meisten früheren Publikationen über Radioaktivität stand man mit dem Gefühl gegenüber, daß sie binnen kurzem doch wieder überholt sein würden. Jetzt liegen aber bereits so viel bestimmte Forschungsergebnisse vor, daß man nicht nur berechtigt

ist, von einem besonderen Gebiete der Chemie, der Radiochemie, zu sprechen, sondern daß auch eine erneute Zusammenfassung als erwünscht bezeichnet werden muß. In ausgezeichnete Übersetzung werden hier diese Ergebnisse von einem Meister der radioaktiven Forschung zusammengestellt. Das erste Kapitel „Allgemeine Darstellung der Radioaktivität“ gibt eine sehr klare Charakteristik des Wesens der radioaktiven Stoffe bzw. Elemente, die die bisherige große Lücke bei den Elementen mit größtem Atomgewicht, nämlich zwischen Uran (238,5) nebst Thor (232,4) einerseits und Wismut (208,0) nebst Blei (207,1) andererseits, in Gestalt von etwa 30 neuen Elementen ausfüllen. Weiterhin werden die radioaktiven Konstanten, die mittlere Lebensdauer, die Einteilung und Nomenklatur der Radioelemente behandelt. Den Hauptteil bildet die spezielle Besprechung der einzelnen Radioelemente, indem bei jedem einzelnen ein sehr zweckentsprechendes Schema gewisser Konstanten vorangestellt ist. Das Buch ist auch im Interesse des chemischen Unterrichts, der an dem bedeutungsvollen Gebiet der Radiochemie nicht mehr ganz achtlos vorübergehen darf, warm zu empfehlen.

O. Ohmann.

Josef Maria Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie, Bd. 1, Teil 3. Die Photographie bei künstlichem Licht, Spektrumphotographie, Aktinometrie und die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes. Dritte, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. VIII und 676 Seiten. Mit 409 Abb. u. 10 Tafeln. Halle a. S., Wilhelm Knopp, 1912. M 28,—, geb. M 29,50.

Gegen die letzte Auflage ist dieser Abschnitt des allgemein geschätzten Werkes sehr erweitert und völlig umgearbeitet. Zahlreiche in der Zwischenzeit veröffentlichte Untersuchungen über die behandelten Gebiete, nicht zum wenigsten solche von Eder selbst, gaben dazu den Anlaß. Die Spektralanalyse und Spektrographie ist auf 70 Seiten mit vergleichender Besprechung der erforderlichen Apparate und Abbildungen der mit ihnen aufgenommenen Spektren behandelt. Die Photometrie der chemisch wirksamen Strahlen mit optischen und chemischen Mitteln, die Empfindlichkeitsmessung photographischer Schichten und die Expositionsmesser nehmen 170 Seiten ein. Das farbige Licht, seine Wirkung auf verschiedene lichtempfindliche Verbindungen, die farbigen und farblosen Medien und die klimatischen und meteorologischen Beziehungen zu Licht und Farbe

füllen 160 Seiten. Den künstlichen Lichtquellen der allerverschiedensten Art und den Hilfsapparaten für Blitzlicht ist der Rest des Bandes gewidmet. Ausführliche Register erleichtern das Nachschlagen. Zahlreiche Literaturhinweise ergänzen die Darstellung, die an und für sich schon sehr eingehend ist und die Probleme von allen Seiten beleuchtet.

W. Vn.

Der Kautschuk. Eine kolloidchemische Monographie. Von Dr. Rudolf Ditmar in Graz. Mit 21 Figuren im Text und auf einer Tafel. Berlin, Julius Springer, 1912. VII und 140 S. M 6,—; geb. M 6,80.

Das Buch des durch seine Schriften über Chemie und Technik des Kautschuks bekannten Verfassers behandelt den interessanten Stoff den neueren Anschauungen entsprechend vom Standpunkte der Kolloidchemie aus. Die Erörterungen beziehen sich teils auf rein theoretische Fragen wie Größe und Struktur der Kautschukmolekel oder Adsorption und Diffusion von Gasen durch Kautschuk, teils auch auf Aufgaben und Beobachtungen der Technik wie das Vulkanisieren und Regenerieren des Stoffes, sein Leimigwerden, seine Selbstentzündung und Ähnliches. Worauf sich aber auch die Betrachtungen beziehen mögen, immer ist ihr Zweck die wissenschaftliche Erklärung, und nur anhangsweise erfahren wir einiges von den technischen Methoden. So hören wir beispielsweise nicht im einzelnen, wie Gummischwämme hergestellt werden, aber wir lernen die hierzu dienende Mischung als ein „mehrphasiges Dispersoid“ kennen, das aus zehn festen und sechs flüssigen Phasen besteht. Übrigens muß der Verf. zugestehen, daß, so Bedeutsames auch die Kolloidchemie uns bereits gebracht hat, noch sehr viele Erscheinungen, die der Kautschuk bietet, gänzlich unerklärt sind und daß das Auffinden praktisch brauchbarer Mischungen rein empirisch geschieht. Die letzten Abschnitte des Buches sind besonders lehrreich; sie zeigen nämlich, daß der Kautschuk wie alle Kolloide stets ein unstabiles System vorstellt und daher eine Alterskurve besitzt, weshalb die Gutachten der Prüfungsämter nur einen sehr zweifelhaften Wert haben. Daß vom synthetischen Kautschuk nur beiläufig gesprochen wird, wird mancher Leser bedauern; doch hängt dies mit dem Zwecke des Buches zusammen, das am „typischsten aller Kolloide“ eine höchst sachkundige Einführung in ein neues und sehr wichtiges Spezialgebiet der Chemie bietet. *J. Schiff.*

Anorganische Chemie für die Oberstufe der Realschulen. Von Prof. Dr. B. König in Göding und Prof. Dr. J. Matuschek in Wien. Mit 130 Abbildungen und 1 Tafel. Wien, Pichlers Ww. und Sohn, 1913. 261 Seiten. Geb. 3 Kr. 50 h.

Das kennzeichnende Merkmal des Buches ist die ungewöhnlich starke Berücksichtigung des historischen Moments. Es sind nicht nur bei den einzelnen Elementen des im großen und ganzen systematisch angelegten Lehrganges historische Einführungen gegeben und sonstige historische Angaben gemacht, sondern es wurden auch umfangreiche Lesestücke in den Lehrgang eingeflochten. Daß hierbei französische nicht ausgelassen werden dürfen, ist selbstverständlich; hier aber überwiegen diese in französischer Sprache mitgeteilten Abschnitte doch etwas zu reichlich. Beispielsweise könnten die, ganze 5 Seiten umfassenden Ausführungen Moissans über den elektrischen Ofen auf einen kleinen Abschnitt gekürzt werden. Abgesehen von solchen gelegentlichen Übertreibungen ist aber diese ganze historische Durchdringung des Lehrstoffes durchaus lobend anzuerkennen.

Das Buch ist für die Oberstufe der öster-

reichischen Realschulen bestimmt. Wieviel auf der Unterstufe erledigt ist, warum bei verschiedenen Punkten, z. B. beim Gesetz der Verbindungsgewichte, oder bei der Gewichtszunahme beim Verbrennen wieder ab ovo angefangen wird, über dieses und noch vieles andere, das zur Begründung der Anlage des ganzen Buches wissenschaftlich wäre, erfährt man nichts. Da den österreichischen Lehrbüchern nach einer amtlichen Bestimmung, deren Beseitigung dringend zu wünschen ist, Vorworte nicht beigegeben werden dürfen. Den Lehrgang im einzelnen kritisch durchzugehen, würde hier zu weit führen. Manche Ableitung könnte besser begründet, mancher Gedankengang schärfer gefaßt sein. Den Mol.-Begriff haben wir vergeblich gesucht, das Wort Lösung steht nicht im Sachverzeichnis. Dafür werden hier wiederum andere, sonst weniger gehörte, vielfach mehr zum Gemüt sprechende Saiten angeschlagen; und wir glauben, daß auch in dieser Weise das Interesse an der Chemie geweckt und rege erhalten werden kann. Kurz, diese „Anorganische Chemie“ ist ein mit Lust und Liebe verfaßtes und mit eigenartigen Momenten durchsetztes Buch. *O. Ohmann.*

Programm-Abhandlungen.

Die Einführung und Durchführung der in den Unterrichtsgang eingefügten chemischen und physikalischen Schülerübungen auf allen Klassen des Johanneums in den Jahren 1906 bis 1913. Von Prof. Dr. W. Brüsch. Lübeck, Städt. R.-G., Ostern 1913. 64 S. Pr.-Nr. 1023.

Die Abhandlung ist besonders wertvoll als Beispiel eines durch alle in Betracht kommenden Klassen durchgeführten, mit Schülerübungen durchsetzten Unterrichts in Chemie und Physik. Sehr beachtenswert sind die ausführlichen Angaben über Einrichtung und Ausstattung der Arbeitsplätze, sowie über die mit sehr mäßigen Mitteln beschafften Arbeitsgeräte und über den in den Übungen verarbeiteten Stoff. Man vgl. auch den Bericht in diesem Heft S. 382.

Aus der Praxis des physikalischen Kombinationsunterrichts. Von Dr. F. Dannmeyer. Staatliches Lyzeum an der Hansasträße in Hamburg. Ostern 1913. 24 S. mit 12 Abb. und 2 Tafeln.

Der Verfasser tritt ebenso wie W. Brüsch für durchgängige Kombination der Schülerübungen mit dem Demonstrationsunterricht

innerhalb der lehrplanmäßigen Stunden ein. Er gibt ein überaus frisch geschriebenes Bild seines Physikunterrichts, und zeigt sich dabei durchaus verständnisvoll für das, was die Schülerinnen nötig haben und im Physikunterricht lernen sollen. Er steht dem heuristischen Prinzip, wie es neuerdings öfter gehandhabt wird, sehr skeptisch gegenüber, bezeichnet dagegen die Messungen als das Beste für die Mädchen. Auch eine Schülerinnenwerkstatt hält er für sehr empfehlenswert und hat in seiner Anstalt eine solche eingerichtet. Er stellt aus einigen Gebieten die von ihm erprobten Schülerübungen („Eigenübungen“) zusammen und fordert, daß die Übungen der Schülerinnen schriftlich ausgearbeitet werden, erst später läßt er abgekürzte schriftliche Arbeitsberichte zu. Überdies beginnt er jede Stunde mit dem freien mündlichen Bericht einer der Schülerinnen. Die beigegebenen Tafeln zeigen Schülerinnen bei der Arbeit im Übungsraum und in der Schulwerkstätte. Der Hörsaal ist mit Arbeitstischen versehen, so daß er gleichzeitig als Arbeitssaal dienen kann. *P.*

Korrespondenz.

Wilhelm Holtz †. Am 27. September dieses Jahres starb hochbetagt zu Greifswald Professor Wilhelm Holtz, der auch den Lesern dieser Zeitschrift durch eine Reihe wertvoller Beiträge bekannt geworden ist. Er wurde am 15. Oktober 1836 als Sohn eines Gutsbesitzers bei Barth in Vorpommern geboren. Seine berühmteste Erfindung, die Influenzmaschine, hat er 1865 zum ersten Male in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie veröffentlicht. Seit 1883 war er Extraordinarius an der Greifswalder Universität. Die Titel einer großen Zahl wissenschaftlicher Arbeiten findet man in Poggendorffs biogr. liter. Handwörterbuch Bd. III zusammengestellt.

Zur Regenbogentheorie. Läßt man auf eine wassergefüllte Tyndallsche Trommel (z. B. nach Stroman) ein breites Lichtband fallen, so beobachtet man ein Spektrum mit daneben gelagerten Farbenbändern. Kann man diese Farbenbänder als Analogie der überzähligen Farbenstreifen des Regenbogens ansehen und demgemäß im Unterricht verwenden?

Antwort: Experimentiert man mit einem großen Wasserzylinder und einem schmalen Lichtstrahl in der Richtung der kleinsten Ablenkung, so erhält man den Descartesschen Regenbogen. Nimmt man ein breites Lichtbündel, so sieht man, daß dieser Regenbogen die Grenze des abgelenkten Lichtes bildet und daß auf seiner violetten Seite sich breit weißliches Licht anschließt. Rotseits vom Regenbogen ist eine Wiederholung zu sehen, die darin ihren Grund hat, daß sowohl auf der Vorder- wie auf der Rückseite der Glaswand Reflexion eintritt. Ferner huschen, wenn man das Gefäß dreht, farbige Streifen über die Erscheinung. Daß diese nur von Unregelmäßigkeiten der Glaswand herrühren, erkennt man daran, daß sie keinen festen Platz haben, sondern beim Drehen des Gefäßes wandern.

Alle diese Erscheinungen haben mit den überzähligen Regenbogenstreifen, die nach der Airyschen Theorie (vgl. Pernter, diese Zeitschr. *XII*, 338) aus Beugungsvorgängen zu erklären sind, nichts zu tun. Diese treten nur bei einer gewissen mittleren Tropfengröße auf, bei staubfreien Tropfen nehmen sie überhand und verfärben durch ihre Überdeckung den ganzen Regenbogen zu weiß, bei großen Gewittertropfen dagegen sind sie fast unmerklich; vollends beim großen Wasser-

zylinder ist von diesen Wirkungen nichts mehr wahrnehmbar.
W. Vn.

Erklärung.

In Heft 2 dieses Jahrgangs, S. 129, habe ich unter anderer neuerer Mädchenschulliteratur auch das Lehrbuch von L. Busemann einer Besprechung unterzogen, die nicht gerade anerkennend ausgefallen ist. Ich habe dort mehrere von mir beanstandete Stellen der Kürze halber nicht genau wörtlich angeführt; da aber der Verfasser sich dadurch benachteiligt fühlt und mir sogar Fälschung vorwirft, so bringe ich die fraglichen Stellen hier wörtlich zum Abdruck:

1. „Stellt man ein Gläschen mit Kalkwasser offen hin, so dauert es mehrere Tage, bis das Kalkwasser trübe wird.“ (III, 24.)
2. . . . „Unsere Stützlage [beim Gehen und Laufen] ist unsicher [= labil]. Dieselbe unsichere Stützlage haben auch fast alle unsere Hausgeräte und das Haus selber.“ (III, 60).
3. „Beim Aufsteigen auf das Rad fällt man leicht um; denn der Schwerpunkt des Körpers muß genau über der Linie liegen, die die Unterstützungspunkte der beiden Räder miteinander verbindet. Wenn man aber erst fährt, fällt man nicht mehr so leicht. Dann will der Körper sich nach dem Beharrungsgesetze in der Ebene der beiden Räder weiterbewegen und widerstrebt dem Umfallen“ [von mir gesperrt]. (III, 72).
4. Herr Busemann meint, ich hätte ihm S. 129b, Zeile 20 ff den Fehler der Verwechslung von Atom und Molekül untergeschoben. Ich erkläre hier, daß die betreffende Stelle vollständig lauten müßte: Später heißen dann die „Teilchen“ plötzlich Atome bzw. Moleküle.

Ob diese ganze Berichtigung an der Sache etwas ändert, überlasse ich dem Urteil der Leser.
Bavink-Bielefeld.

Zum Fall Kotte. In der Plagiatsache betr. das „Lehrbuch der Chemie und Mineralogie von Dr. E. Kotte, Dresden“ (vgl. diese Zeitschr. *XXVI* [1913], S. 267), erhalten wir zwei weitere Zuschriften. Besonders gravierend sind die Ausführungen des Herrn Prof. P. Kunkel in M.-Gladbach unter Beigabe eines ganzen Heftes voll Parallelstellen. Danach läge auch in dem III. Teil jenes Lehr-

buches, in der „Organischen Chemie“ von Dr. E. Kotte, ein umfangreiches Plagiat vor, verübt an dem Buch „Dr. J. Lorscheid Kurzer Grundriß der Organischen Chemie, 2. Aufl., vollständig neu bearbeitet von Prof. P. Kunkel“. Ferner übermittelte uns aus dem in dieser Zeitschr. näher beleuchteten „Teil I, 2. Aufl., Einführung in die Chemie und Mineralogie, von Dr. E. Kotte“, Herr Prof. Dr. F. Küssel

in Nürnberg einige Parallelstellen, die ebenfalls mehr oder weniger wörtlich mit seinem „Lehrgang der Chemie und Mineralogie“ übereinstimmen. Leider mangelt es in dieser Zeitschrift an Raum, um die bemerkenswerten Ausführungen zu veröffentlichen, doch hat in beiden Fällen das Material der Redaktion vorgelegen und ist von dieser als beweisend erachtet worden.

Himmelserscheinungen im Dezember 1913 und Januar 1914.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Dezember						Januar					
		3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
♀	AR	15 ^h 24 ^m	15.34	15.54	16.19	16.48	17.19	17.51	18.25	18.59	19.34	20. 9	20.45
	D	— 16 ^o	— 17	— 18	— 20	— 22	— 23	— 24	— 24	— 24	— 24	— 22	— 20
♀	AR	15 ^h 27 ^m	15.53	16.19	16.45	17.12	17.40	18. 7	18.34	19. 2	19.29	19.56	20.22
	D	— 18 ^o	— 19	— 21	— 22	— 23	— 23	— 24	— 23	— 23	— 23	— 22	— 20
☉	AR	16 ^h 37 ^m	16.59	17.21	17.43	18. 5	18.27	18.49	19.11	19.33	19.54	20.15	20.36
	D	— 22,1 ^o	— 22,7	— 23,1	— 23,4	— 23,4	— 23,3	— 23,0	— 22,4	— 21,7	— 20,9	— 19,8	— 18,6
♂	AR	7 ^h 47 ^m	7.44	7.40	7.34	7.28	7.20	7.11	7. 2	6.54	6.46	6.39	6.33
	D	+ 24 ^o	+ 24	+ 25	+ 25	+ 26	+ 26	+ 26	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27	+ 27
♃	AR	19 ^h 22 ^m		19.31		19.40		19.50		20. 0		20.10	
	D	— 22 ^o		— 22		— 22		— 21		— 21		— 20	
♄	AR	4 ^h 56 ^m						4.46					
	D	+ 21 ^o						+ 21					
☾	Aufg.	7 ^h 52 ^m	7.59	8. 5	8. 9	8.12	8.13	8.13	8.12	8. 9	8. 5	8. 0	7.53
	Unterg.	15 ^h 47 ^m	15.44	15.44	15.44	15.46	15.50	15.55	16. 1	16. 8	16.15	16.24	16.33
☾	Aufg.	12 ^h 21 ^m	13.10	14.58	21.32	3.20	9.34	10.58	11.53	16.13	23.39	5.29	8.44
	Unterg.	21 ^h 17 ^m	2. 5	8.25	11.28	12.29	16.13	22.38	3.29	8.48	10.11	11.53	17.53
Sternzeit im mittl. Mittg.		16 ^h 46 ^m 41 ^s	17.6.24	17.26. 7	17.45.50	18. 5.32	18.25.15	18.44.58	19. 4.41	19.24.24	19.44. 6	20. 3.49	20.23.32
Zeitgl.		— 10 ^m 15 ^s	— 8.10	— 5.54	— 3.29	— 1. 0	+ 1.29	+ 3.54	+ 6.11	+ 8.15	+ 10. 4	+ 11.36	+ 12.49

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersanfang am 22. Dezember, 11^h 35^m M.E.Z.

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1914: 23° 27' 1,4".

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Dez. 5, 15 ^h 59 ^m	Dez. 13, 16 ^h 1 ^m	Dez. 20, 17 ^h 16 ^m
	Dez. 27, 15 ^h 59 ^m Jan. 26, 7 ^h 34 ^m	Jan. 4, 14 ^h 9 ^m	Jan. 12, 6 ^h 9 ^m	Jan. 19, 1 ^h 30 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	in der ersten Monatshälfte morgens bis 3/4 Stunden lang sichtbar, gegen Ende des Monats wieder unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer des Morgensterns nimmt schnell ab	die ganze Nacht hindurch sichtbar	wird Ende des Monats unsichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar; Opposition am 7.
im Januar	unsichtbar	unsichtbar	wie im Dezember; Opposition am 5.	unsichtbar; Konjunktion am 20.	noch fast die ganze Nacht hindurch sichtbar

F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.
