

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLIV. Jahrgang.

1931.

Erstes Heft.

Die wichtigsten Methoden zur Bestimmung der Oberflächenspannung.

Von E. Hiedemann in Köln¹.

Es sollen im folgenden aus der großen Zahl der Methoden zur Messung der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten die für das physikalische Anfängerpraktikum wichtigsten ausgewählt und beschrieben werden. Die Anforderungen, die man an einen Versuch für dieses Praktikum stellen muß, sind folgende: Erstens muß die Theorie des Versuchs auch für Anfänger voll verständlich sein; zweitens muß die Meßmethode eine genügende Genauigkeit — mindestens 5% — zulassen; drittens darf zur Ausführung des Versuchs keine größere manuelle Geschicklichkeit erforderlich sein als diejenige, über die ein Anfänger durchschnittlich verfügt. Ferner sollen möglichst nur solche Messungen gemacht werden, die noch praktisch-meßtechnische Bedeutung haben. Die letzte Bedingung wird zwar nicht immer erfüllt werden können, da ja Methoden, die keine praktische Bedeutung haben, doch einen besonders hohen didaktischen Wert besitzen können. Aber dieser Wert muß wirklich ein didaktischer, nicht etwa ein historischer sein. Versuche, die nur aus historischen Gründen, aus Tradition, ausgeführt werden, haben keine Existenzberechtigung im Praktikum.

Prüft man die Kapillaritätsmeßmethoden auf die Erfüllung dieser Bedingungen hin, so bleiben von den zahlreichen Methoden nur wenige übrig. So kommen die dynamischen Methoden leider alle nicht in Betracht. Die Methode der Kapillarwellen ist zwar experimentell schließlich auch im Praktikum durchführbar. Ihre Theorie, die von KELVIN² entwickelt wurde, ist aber für Anfänger keinesfalls verständlich. Die Methode der schwingenden Strahlen ist experimentell³ zu schwierig, ebenso deren Theorie, die von Lord RAYLEIGH⁴ entwickelt und von N. BOHR⁵ vervollständigt wurde. Sie kommt deshalb für das Praktikum nicht in Frage, was besonders zu bedauern ist, da sie eine der einwandfreisten Methoden ist⁶. Die Methode der schwingenden Tropfen ist mittels des einfachen, von LENARD⁷ angegebenen Apparates auch im Praktikum experimentell durchführbar. Die von RAYLEIGH⁸ stammende Theorie ist aber ebenfalls für Anfänger viel zu schwierig.

Bei den statischen Methoden sind die Schwierigkeiten des theoretischen Verstehens keine so großen, hier sind mehr die experimentellen Anforderungen maßgebend. Die Methode der liegenden Tropfen und Luftblasen⁹ bietet schon bei wissenschaftlichen Untersuchungen außerordentliche Schwierigkeiten — siehe z. B. LENARD⁶ —, da die

¹ Nach gemeinsamen Versuchen mit Herren cand. phil. E. KLEFISCH und H. LEMMER.

² KELVIN: *Philosophic. Mag.* 42, p. 375 (1871); *Proc. roy. Soc. Edinburgh.* p. 374 (1870/71).

³ Siehe H. STOCKER: *Diss. Freiburg* 1914; *Zeitschr. f. physik. Chem.* 44, S. 149 (1920).

⁴ Lord RAYLEIGH: Verschiedene Arbeiten unter dem Titel „On the capillary phenomena of jets“ in *Proc. roy. Soc. London* 1879.

⁵ BOHR, N.: *Phil. trans. roy. Soc. London.* 209 A., p. 316 (1909).

⁶ Siehe LENARD: *Ann. der Physik* 74, p. 381 f. (1924).

⁷ LENARD: *Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss.* 1910, Abh. 18.

⁸ RAYLEIGH: *Proc. roy. Soc.* 29, p. 71 (1879).

⁹ QUINCKE, G.: *Pogg. Ann.* 139, p. 12 (1870) und 160, p. 355 (1877). — TIMBERG, G.: *Wied. Ann.* 30, S. 558 (1887). — STEG, E.: *Diss. Berlin* 1887.

Höhenlage der Horizontalebene des größten Durchmessers nicht scharf genug gekennzeichnet ist. Selbst bei sorgfältigsten Untersuchungen und mit allem experimentellen Raffinement ist es schwierig, auch nur auf 5% genau zu messen. Im Praktikum würde man einen Fehler von 20% zulassen müssen, dann kann aber nicht mehr von einer Messung gesprochen werden. Die Reflexionsmethode von EÖTVÖS¹ ist theoretisch und experimentell für Anfänger zu schwierig. Das ist sehr unerfreulich, da diese Methode neuerdings von MOSER² im LENARDSchen Institut bis zur höchsten Exaktheit ausgearbeitet wurde und neben der später zu besprechenden Methode der Lenardbügel die exakteste Kapillaritätsmeßmethode darstellt. Die Methode der vergrößerten Photographie von Tropfen³ ist für Anfänger experimentell zu schwierig und theoretisch unverständlich. Die Methode der Krümmungsmessung eines Meniskus könnte vielleicht in der von C. T. R. WILSON⁴ angegebenen Form auch im Praktikum durchgeführt werden. Da die meßtechnische Bedeutung dieser Methode nicht besonders groß ist, wurde vorläufig auf deren Ausarbeitung für Praktikumszwecke verzichtet.

Nachdem die nicht für das Praktikum geeigneten Methoden besprochen worden sind, sei auf die wichtigsten Methoden und Ausführungsformen eingegangen.

Die Bestimmung der Oberflächenspannung durch Wägung.

Unter der obigen Bezeichnung seien alle die Methoden verstanden, bei denen die Wirkung der Oberflächenspannung durch eine bekannte Kraft äquilibriert wird. Alle die verschiedenen Ausführungsformen dieser Abreißmethoden: senkrechte ebene Platte⁵, horizontale, kreisförmige Platte⁶ und horizontale Ringe⁷ sind heute weit überholt durch die einfachste, exakteste und eleganteste aller Kapillaritätsmeßmethoden, nämlich die von P. LENARD⁸ angegebene Bügelmethode. Die anderen Abreißmethoden sind jetzt zwar auch sehr weiterentwickelt worden⁹, jedoch ist die LENARDSche Methode allen anderen überlegen und muß daher bevorzugt werden. Ihrem Gebrauch im Praktikum stehen zwei Gründe entgegen. Erstens ist zur Erreichung der möglichen Exaktheit, also zur vollen Ausnutzung der Methode, die Benutzung einer Torsionswaage — welche von Hartmann & Braun, ebenso wie die Lenardbügel, geliefert wird — erforderlich. Die Torsionswaage ist nun ein sehr empfindliches Instrument, das man nur ungern in die Hände von Anfängern geben wird. Der Verfasser ist allerdings der Ansicht, daß die Gefahr der Beschädigung nicht allzu groß ist, da erfahrungsgemäß gerade bei Waagen — auch bei den empfindlichsten — fast nie Beschädigungen (mit Ausnahme des Verkratzens oder Verschmutzens der Waagschalen) vorkommen. Man braucht ja die LENARDSche Methode nicht gerade von den Ungeschicktesten durchführen zu lassen. Andererseits ist die Torsionswaage ein so wichtiges Meßmittel geworden, daß es vorteilhaft wäre, wenn sie bei einer Gelegenheit wenigstens im Praktikum Anwendung fände. Immerhin wird die Gefahr der Beschädigung für manche Praktikumsleiter ein hinreichender Grund sein, auf die Ausführung der LENARDSchen Bügelmethode im Anfängerpraktikum zu verzichten. Dann aber sollte man unter allen Umständen diese Methode ins Praktikum für Fortgeschrittene einführen, wo die Be-

¹ EÖTVÖS, R.: Wied. Ann. 27, S. 448 (1886).

² MOSER, H.: Ann. der Physik 82, p. 963 (1927).

³ FERGUSON, A.: Philosophic. Mag. 23, p. 417 (1912). — VERSCHAFFELT, J. E. and CH. NICAISE: Bull. Acad. Méd. Belg. 192 (1912). — Siehe auch G. BAKKER: Handbuch der Experimental-Physik (WIEN-HARMS). Bd. 6, S. 155—159. Leipzig 1928.

⁴ WILSON, C. T. R.: Cambridge Proc. 14, p. 206 (1907).

⁵ WILHELMY: Pogg. Ann. 119, p. 186 (1863).

⁶ GALLENKAMP: Ann. der Physik 9, p. 475 (1902).

⁷ LECOMTE DU NOUY, P.: J. gen. Physiol. 1, p. 521 (1919). — Weitere Literaturangaben z. B. bei BAKKER: l. c.

⁸ Siehe LENARD: Ann. der Physik 74, p. 381f. (1924).

⁹ VERSCHAFFELT, J. E.: Wis- en Natuurkundig Tijdschrift 2, p. 183 (1925); Bull. Acad. roy. Belg. 14, p. 530, 663 (1928); ferner NEITZ and CAMBERT: Journ. phys. Chem. 33, 1460 (1929) und DORSEY: C. 1, 1842 (1929); COMTE DU NOUY: C. 1, 2337 (1929).

denken wegen der Empfindlichkeit des Instruments keine Rolle mehr spielen dürften. Der zweite Einwand gegen die Benutzung der LENARDSchen Methode im Praktikum ist die Tatsache, daß man die Korrektionsglieder in der LENARDSchen Gleichung nicht in einer für alle Anfänger verständlichen Weise ableiten kann. Aber es ist vielleicht doch didaktisch zulässig, so zu verfahren, daß die rohe Gleichung ohne Korrektionsglieder abgeleitet wird, was in leicht verständlicher Weise geschehen kann; und daß dann die Korrektionsglieder angegeben werden ohne Ableitung, aber mit Darlegung der Tatsachen, die eine Korrektion erforderlich machen. Die meßtechnische Bedeutung der Bügelmethode ist so groß, daß dagegen der didaktische Schönheitsfehler vernachlässigt werden dürfte.

Die Ausführung der Messung zu beschreiben, erübrigt sich hier, da sie in genügender Ausführlichkeit in der LENARDSchen Arbeit beschrieben ist. Mit der LENARDSchen Methode kann man auch im Praktikum eine Genauigkeit von mindestens 1% verlangen. Das ist eine Genauigkeit, wie sie bei den wenigsten Praktikumsversuchen und bei keiner anderen Messung der Oberflächenspannung verlangt werden kann. Im Praktikum für Fortgeschrittene kann man eine Genauigkeit von mindestens 0,5% verlangen und hat dann eine der schönsten und exaktesten Absolutbestimmungen, die sich im Praktikum durchführen lassen.

Es sei nun auf den Fall eingegangen, daß man aus den oben angegebenen Gründen auf die Verwendung der Bügelmethode im Anfängerpraktikum verzichtet. Soll man dafür die hergebrachte WILHELMYSche Methode oder die alten Ring- und Plattenmethoden im Praktikum beibehalten? Der Verfasser möchte davon dringend abraten. Erstens ist die Genauigkeit aller älteren Abreißmethoden sehr schlecht. Durch den methodischen Fehler erhält man z. B. für Wasser um 5% zu hohe Werte. Die Versuchsfehler, die hauptsächlich im Abreißen bei zu geringer Belastung liegen, betragen ebenfalls einige Prozent; sie wirken allerdings in entgegengesetzter Richtung wie der methodische Fehler und kompensieren diesen daher in etwa. Trotzdem wird man im Praktikum nur eine Genauigkeit von einigen Prozent erreichen können. Während diese Genauigkeit für andere Praktikumsmethoden genügt, würde sie bei dieser Methode den Nachteil haben, daß der Praktikant einen ganz falschen Begriff von der Bedeutung und Exaktheit der Abreißmethode bekommt. Schließlich erfordern diese Messungen eine einigermaßen sichere Hand und eine Geschicklichkeit beim Verändern der Belastung, die man bei einem Anfänger nicht voraussetzen sollte. Diese alten Abreißversuche sind typisch für die Versuche, bei denen der Durchschnitt der Studierenden einfach manuell nicht imstande ist, genügend exakt zu arbeiten. Es ist ein für Anfänger unangenehmer und unerfreulicher Versuch, der die Freude am experimentellen Arbeiten nicht zu fördern geeignet ist. Man könnte diese Schwierigkeiten durch Verwendung einer Torsionswaage aufheben; dann ist aber gar kein Grund mehr vorhanden, auf die LENARDSche Methode zu verzichten. Gerade bei den alten Abreißversuchen mit Benutzung einfacher Waagen dürfte erfahrungsgemäß sehr häufig „hinterherum“ gerechnet werden. Der Wert dieser Methoden für das Praktikum ist sehr zweifelhaft, wenn man die Gründe für und wider abwägt. Dagegen könnte es vorteilhaft sein, einen Versuch nach der veralteten Abreißmethode als Vorversuch zu einer exakten Messung mit Lenardbügel und Torsionswaage machen zu lassen. Als selbständige Versuche aber sollte man diese veralteten Versuche aus dem Praktikumsprogramm streichen, sie sind nur historischer Ballast. Es gibt vor allem eine Reihe wichtigerer Meßmethoden, die heute noch meßtechnische Bedeutung haben und darum in erster Linie berücksichtigt werden müssen.

Die Steighöhenmethode.

Die Steighöhenmethode gehört immer noch zu den wichtigsten Meßmethoden. Bei richtiger Anwendung bietet sie keine besonderen experimentellen Schwierigkeiten. Da ihre Theorie fernerhin die einfachste aller Kapillaritätsmeßmethoden ist, gehört

sie unbedingt ins Anfänger-Praktikum und sollte auch bei Schülerübungen in vereinfachter Form gut durchführbar sein. Bei völliger Benetzung ist die Steighöhe h in einer Kapillare mit dem Radius r für eine Flüssigkeit mit der Oberflächenspannung α und dem spezifischen Gewicht s bekanntlich gegeben durch

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot r \cdot s \left(h + \frac{r}{3} \right). \quad \dots \quad (1)$$

Das zweite Glied der Klammer, welches die Korrektur für die Flüssigkeit oberhalb der tiefsten Stelle des Meniskus darstellt, berechnet unter der — für enge Röhren hinreichend genauen — Annahme¹, der Meniskus sei eine Halbkugel mit dem Radius r , muß nicht nur aus Gründen der Exaktheit angegeben werden, sondern vor allem auch aus pädagogischen Gründen. Es fragen sich sonst nämlich alle Anfänger, warum man denn gerade die Höhe bis zur tiefsten Stelle des Meniskus mißt, und mit welchem Recht man die Flüssigkeit oberhalb dieser Stelle vernachlässigt. Darum ist es richtiger, diese Korrektur anzugeben, dann aber darauf aufmerksam zu machen, daß man unter Umständen diese Korrektur vernachlässigen darf, wenn nämlich r so klein ist,

daß $\frac{r}{3}$ klein gegen den wahrscheinlichen Fehler der Messung von h wird. Die genaueren Korrekturen² anzugeben, wäre pädagogisch falsch. Es würde nur verwirren und wäre obendrein unnötig, weil diese ganz genauen Korrekturen doch nur bei Forschungsarbeiten angewendet werden.

Voraussetzung für die Gültigkeit der Gleichung (1) ist die vollständige Benetzung, also Erreichung des Randwinkels 0; ferner müssen r , s und h genau gemessen werden. Da die Messung von s trivial ist, wird darauf nicht weiter eingegangen. Die vollständige Benetzung wird nur bei größter Reinheit der Kapillaren und der zu untersuchenden Flüssigkeit, sowie vor allem durch richtige Vorbehandlung der Kapillaren erreicht. Nach den Untersuchungen von P. VOLKMANN³ ist zur Erzielung der Reinheit und Benetzbarkeit der Kapillaren das „nasse Verfahren“ besonders geeignet. Es besteht darin, daß man geeignete Kapillaren — d. h. solche, deren Exzentrizität verschwindend klein ist und deren Durchmesser über die Länge der Kapillare hin hinreichend konstant ist — zunächst säubert, z. B. mit verdünnter Salpetersäure, destilliertem Wasser, Chrom-Schwefelsäure und wieder destilliertem Wasser, und dann unter destilliertem Wasser aufbewahrt. Ein Trocknen der Kapillaren schadet nach vielen experimentellen Erfahrungen der Benetzbarkeit auch dann, wenn durch vorgesezte Staubfilter Sorge getragen wird, daß die zum Trocknen hindurchgesaugte trockene Luft keine Staubteilchen in die Kapillare bringt. Die strenge Anwendung des nassen Verfahrens würde aber verlangen, daß der Durchmesser der Kapillare nur mit dem Mikroskop bestimmt wird, was für den Praktikumbetrieb nicht angeraten werden kann. Es müßte auf Prüfung der Konstanz des Durchmessers der Kapillare verzichtet werden, die hinreichend genau doch nur mit einem Hg-Faden ausgeführt werden kann. Deshalb empfiehlt sich für Praktikumszwecke folgende Modifikation des „nassen Verfahrens“, die bei fast gleicher Zuverlässigkeit zweckmäßiger sein dürfte. Die Kapillaren werden nach gründlicher Reinigung — wie oben — doch getrocknet, und zwar durch Hindurchsaugen von trockener Luft, wobei zwischen Kapillare und Luftzutritt ein Staubfilter — am einfachsten ein Wattebausch in einem Rohr, das nach Möglichkeit zwischen Wattebausch und Kapillare noch ein eingeschmolzenes feines Jenaer

¹ Diese Annahme ist nur nötig, wenn man eine elementare Ableitung benutzen muß, dagegen nicht, wenn man von der Differentialgleichung der kapillaren Fläche ausgeht.

² z. B. POISSON: *Nouv. Th. de l'act. cap.* p. 110. Paris 1831. — HAGEN et DÉSAINS: *Ann. chim. phys.* **51**, 417 (1857). — RICHARDS and COOMBS: *Journ. Amer. chem. Soc.* **37**, 1656 (1915). — RAYLEIGH: *Proc. roy. Soc. A.* **92**, 184 (1915). — Über den Gültigkeitsbereich der verschiedenen Korrekturen s. RICHARDS, SPEYER and CARVER: *Journ. amer. chem. Soc.* **46**, p. 1196 (1924).

³ VOLKMANN, P.: *Wied. Ann.* **11**, S. 177 (1880); **53** S. 633, 664 (1894); **56**, 457 (1895); **62** S. 507 (1897); **66**, 194 (1898).

Glasfilter enthält — geschaltet werden sollte. Dann saugt man einen Quecksilberfaden von einigen Zentimetern Länge in die Kapillare und kalibriert die Kapillare in der bekannten Weise. Zeigt sich dabei, daß die Länge des Quecksilberfadens nicht hinreichend konstant ist, so verwendet man eine andere Kapillare. Bei der Messung der Länge des Quecksilberfadens muß ebenfalls die Meniskuskorrektion verwendet werden, was unter der hinreichend genauen Annahme, daß die Menisken Kugelkappen sind, geschieht (siehe z. B. KOHLRAUSCH, Lehrbuch der praktischen Physik). In Wirklichkeit sind die Menisken bei der horizontalen Lage des Quecksilberfadens während der Messung durch die Schwere verzerrt, aber in engen Röhren so wenig, daß die Annahme von Kugelkappen selbst bei sehr präzisen Messungen von a hinreichend genau wäre. Nach Prüfung und Messung der Kapillare wird diese wiederum mit verdünnter Salpetersäure, destilliertem Wasser, Chrom-Schwefelsäure und destilliertem Wasser gründlich gereinigt. Jetzt aber darf die Kapillare nicht getrocknet, sondern muß, um eine gute Benetzung zu erzielen, mit der zu untersuchenden Flüssigkeit durchgespült werden. Vor der Messung muß noch dafür gesorgt werden, daß die Flüssigkeit in der Kapillare entweder durch Heben und Senken der Kapillare, oder durch Veränderung des Niveaus, oder Druckverminderung über der Kapillare, sich auf- und abbewegt, wobei die letzte Bewegung vor der Messung ein Sinken der Flüssigkeit in der Kapillare sein soll. Die Art, wie sich die Flüssigkeit in der Kapillare bewegt, ist, wie schon VOLKMANN erkannte, ein Kriterium für die Vollständigkeit der Benetzung und die Reinheit der kapillaren Oberfläche. Nur bei vollständiger Benetzung bewegt sich nämlich die Peripherie des Meniskus leicht; bemerkt man dagegen eine Hemmung oder eine Verzerrung des Meniskus, so muß die Kapillare nochmals gereinigt werden. Es muß z. B. nach VOLKMANN (a. a. O.) bei Erschütterung des Beobachtungsapparates die Kontaktlinie und damit deren ganzer Meniskus um die Gleichgewichtslage im Zustand der Ruhe herumschwingen, wenn wirklich vollständige Benetzung vorliegt.

Was für Kapillaren soll man nun verwenden? Vielfach ist noch die von QUINCKE¹ hartnäckig verteidigte, aber längst als irrig bewiesene Anschauung vorhanden, es sei besonders günstig, sich selbst aus neuen, reinen Glasröhren über der Gebläseflamme feine Haarröhrchen auszuziehen; das ist das „trockne Verfahren“. Aber das Ausziehen von Haarröhrchen genügend konstanter Weite gelingt nur dem sehr Geübten, und auch diesem nur nach vieler Mühe und vielem Probieren. Schon aus diesem Grunde käme dieses Verfahren für Praktikumszwecke gar nicht in Frage. Wichtiger noch ist aber, daß das QUINCKESche Verfahren nach den Untersuchungen von VOLKMANN (a. a. O.) auch prinzipiell ungeeignet ist, da diese trockenen Haarröhrchen fast immer endliche Randwinkel liefern. Muß man aber die Haarröhrchen doch erst noch dem nassen Verfahren unterziehen, so fällt auch der letzte Grund zur Verwendung des trockenen fort. Man verwendet also fertige Kapillaren, aus denen man sich die geeigneten — wie oben beschrieben — aussucht. Der zu wählende Durchmesser hängt nun ganz davon ab, welche Mittel man zur Messung der Steighöhe anwenden will. Will man sich mit direkter Ablesung an einer verspiegelten Skala begnügen, so wird man schon recht enge Kapillaren nehmen müssen. Als unterste Grenze für den Durchmesser der Kapillare sollte aber wenigstens 0,2 mm gesetzt werden. Selbst bei dieser Weite wird die Messung von Wasser z. B. schon Schwierigkeiten machen. Viel besser arbeiten läßt sich mit Kapillaren über 0,4 mm Durchmesser. Bei ganz engen Kapillaren gelingt es nie, die höchste Genauigkeit zu erzielen. Gerade bei engen Kapillaren muß auf das Kriterium der leichten Verschiebbarkeit der Kontaktlinie geachtet werden. Bei sehr engen Kapillaren ist, wie QUINCKE² berichtet und von VOLKMANN³ bestätigt wurde, die Anwendung des nassen Verfahrens nicht mehr zu empfehlen, weil Wasser

¹ QUINCKE: Wied. Ann. 52, S. 15 (1894) und 61, S. 268 (1897).

² QUINCKE: Wied. Ann. 61, S. 267 (1897).

³ VOLKMANN, P.: Wied. Ann. 62, S. 507 (1897).

bei längerer Berührung mit der Glaswand unbeweglich wird und dann dazu neigt, sich an einzelnen Stellen anzusammeln und die Glaswand unregelmäßig zu benetzen. Auch aus diesem Grunde kann von der Verwendung sehr enger Kapillaren besonders zur Messung der Oberflächenspannung von Wasser nur dringend abgeraten werden. Bei Benzol und ähnlichen Flüssigkeiten kann man dagegen auch bei sehr engen Kapillaren noch gute Resultate erhalten. Es ist richtiger, mit kleinen Steighöhen zu arbeiten und diese recht genau zu messen. Es sind dann auch die Temperaturunterschiede zwischen äußerem Niveau und kapillarer Oberfläche geringer.

Hat man nun eine geeignete Kapillare ausgesucht, so kann man an die eigentliche Steighöhenmessung gehen. Diese bietet Schwierigkeiten in der Bestimmung der nicht kapillaren Oberfläche. Eine direkte Anvisierung ist nur in wenigen Ausnahmefällen, die an komplizierte experimentelle Vorbedingungen geknüpft und für Praktikumszwecke nicht geeignet sind, möglich. Die Flüssigkeit benetzt ja auch in einem weiten Gefäß die Wand und bildet infolgedessen keine ebene Oberfläche, sondern steht in unmittelbarer Nähe der Wand höher. Man müßte also durch diesen konkaven Teil der Flüssigkeit das Niveau anvisieren, was offenbar nicht möglich ist. Es ist also das Niveau der Flüssigkeit auf eine andere Weise zu ermitteln. Man erreicht dies, indem man eine Spitze kurz über dem Niveau der Flüssigkeit anbringt und auf die Mitte zwischen Spitze und deren Spiegelbild einstellt. Für das Praktikum ist das aber zu kompliziert; daher wendet man eine einfachere Einstellung an: entweder hebt man eine Spitze von unten her bis zur Oberfläche der Flüssigkeit, bis also die Spitze genau das Niveau berührt, was man am Zusammenfallen vom Bild der Spitze und Spitze selbst feststellt, wobei man sehr langsam bewegen und aufpassen muß, daß man nicht das Niveau um die Spitze kapillar hochzieht; oder man bewegt umgekehrt eine Spitze, oder besser noch eine ganz feine ausgezogene Glaskapillare (Hilfskapillare) von oben bis zur Flüssigkeitsoberfläche. Im Moment, wo die Spitze von oben her die Flüssigkeit berührt, springt Flüssigkeit an der Spitze hoch, wodurch man bei genügend vorsichtigem Senken der Spitze die Einstellung sehr genau machen kann. Eine genaue Beschreibung der letzteren Methode findet sich z. B. bei THIEL, Physikochemisches Praktikum, Berlin 1926, dessen ganze Anordnung zur Steighöhenmessung ohne weiteres zur Benutzung in jedem Praktikum zu empfehlen ist. Die Niveaueinstellung bei dieser Methode hat den großen Vorteil, daß sie sehr genau ist, wenn man entweder einen mikrometrisch verstellbaren Tisch für den Flüssigkeitsbehälter, oder einen mikrometrisch verstellbaren Halter für die Spitze verwendet. Ohne diese Hilfsmittel ist die Einstellung viel schwieriger und nicht so genau, dann tritt auch der Nachteil dieser Methode besonders in Erscheinung, der darin besteht, daß man, wenn einmal die Spitze mit der Flüssigkeit in Berührung gekommen ist, nicht leicht die Einstellung korrigieren kann, da die Flüssigkeit von der Spitze mitgenommen wird. Man muß dann schon die Spitze wieder ganz herausnehmen, trocknen und von neuem einstellen. Diesem Nachteil steht die sehr große Einstellgenauigkeit bei geeigneten Hilfsmitteln als Vorteil gegenüber. Um die Apparatur möglichst zu vereinfachen, was ja für Praktikumszwecke sehr wesentlich ist, hat der Verfasser vorgezogen, eine Modifikation des von QUINCKE angegebenen Praktikumsapparates — siehe z. B. WIEDEMANN-EBERT, Physikalisches Praktikum — zu verwenden. Mit dem an der zitierten Stelle angegebenen Apparat kann man wohl mit genügender Genauigkeit Steighöhenmessungen ausführen, jedoch ist er nicht gerade handlich und hat den für ein Praktikum sehr unangenehmen Nachteil, daß dabei leicht zerbrechliche Glasteile verwendet werden, die im Anfängerpraktikum bekanntlich besonders leicht beschädigt werden. Hierdurch wird der Betrieb aufgehoben, oder man wird dazu gezwungen, Reserveteile vorrätig zu halten; jedenfalls werden unnötige Kosten verursacht. Der im Kölner Praktikum mit bestem Erfolg benutzte Apparat sei hier kurz beschrieben. Er besteht (siehe Fig. 1) aus einem verstellbaren (*M.S.*) kleinen Tisch *A*, über dem sich ein Messingblech *B* befindet, an dessen unterem

Ende ein Haken *C* angebracht ist. Mittels kleiner Gummibänder wird die Kapillare senkrecht an dem Messingblech *B* befestigt. Senkrechte Stellung der Kapillare ist aus zwei Gründen notwendig: bei schiefer Lage der Kapillare hängt erstens die Flüssigkeit nicht mehr an einem Kreise mit dem Radius der Kapillare, wodurch die Steighöhe verkleinert wird; zweitens wird auch die Messung falsch, da nur bei senkrechter Durchsicht durch die Wandung der Kapillare keine Fehler durch Brechung entstehen. Die Einstellung nach Augenmaß ist für Praktikumszwecke vollständig ausreichend. Auf den beweglichen Tisch wird nun ein Schälchen mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gestellt. Der Tisch wird zur Kontrolle und Erhaltung der vollständigen Benetzung mehrmals auf und nieder gehoben. Hierbei wird aus dem oben angeführten Grunde darauf geachtet, ob sich der Meniskus in der Kapillare auch leicht und richtig mitbewegt. Man stellt nun so ein, daß die Spitze *C* die Flüssigkeitsoberfläche von unten berührt. Dies ist dann der Fall, wenn die Spitze mit ihrem Spiegelbild zusammenfällt. Schließlich bewegt man die Kapillare kurz vor der Messung noch an dem Blech *C* etwas aufwärts, wobei man darauf achten muß, daß die Einstellung der äußeren Flüssigkeitsoberflächen erhalten bleibt. Nun mißt man mittels eines Kathetometers die Steighöhe. Zunächst stellt man auf den unteren Teil des Meniskus ein. Dann senkt man den Tisch, um nicht durch das Glas und die Flüssigkeit hindurchsehen zu müssen. Man stellt auf die Spitze *C* ein. Die Differenz der beiden Ablesungen ist die Steighöhe *h*. Statt eines Messingbleches mit Haken kann man natürlich auch eine — nach Möglichkeit versilberte — Glasskala mit Haken verwenden, wodurch dann das Kathetometer nicht mehr benötigt wird. Hier waren genügend kleine — in der Institutswerkstatt hergestellte — Kathetometer vorhanden,

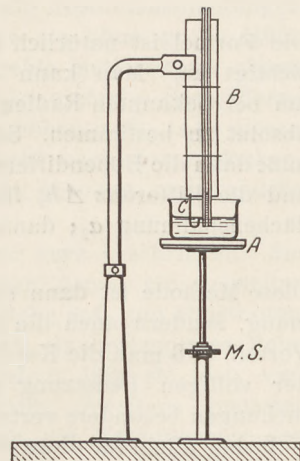


Fig. 1.

so daß der Zerbrechlichkeit der Glasskala wegen und zur Erzielung genauere Ablesungen die Benutzung eines Kathetometers vorgezogen wurde. Es sei übrigens ausdrücklich betont, daß es durchaus nicht richtig ist, möglichst schnell nach Einsetzen der Kapillare die Steighöhe zu messen, wie dies leider oft angegeben wird. Es ist im Gegenteil richtiger, einige Minuten zu warten, damit sich die Temperatur ausgleicht, da durch die an den Wandungen der Kapillare verdunstende Flüssigkeit leicht erhebliche Temperaturunterschiede zwischen dem Flüssigkeitsmeniskus in der Kapillare und in dem Niveaugefäß entstehen können. Diese Temperaturunterschiede treten besonders stark in den dünnwandigen Haarröhrchen, sowie in sehr engen Kapillaren auf. Sie beeinflussen die im Praktikum erreichbare Genauigkeit allerdings kaum, da ein Fehler von 1° in der Temperaturbestimmung nur einen Fehler von etwa $0,5\%$ für die Messung der Oberflächenspannung bedeutet. Wichtig ist ferner noch der Durchmesser des Niveaugefäßes, der mindestens 35 bis 40 mm betragen sollte, damit die Oberfläche in der Gegend des Hakens wirklich eben ist (siehe z. B. RICHARDS und COOMBS, a. a. O.).

Die anderen für Forschungszwecke konstruierten Apparate brauchen hier nicht beschrieben zu werden, da sie für Praktikumszwecke nicht in Frage kommen. Es genügt auch die obige Angabe zweier verschiedener, sehr zweckmäßiger Apparaturen, die bei größter Einfachheit doch genügende Genauigkeit ermöglichen. Im Kölner Praktikum wird bei diesen Messungen — es werden Benzol, Aceton und ähnliche Flüssigkeiten bestimmt, auf Lösungen wird prinzipiell verzichtet, da man dann wegen der Gefahr von Konzentrationsänderungen durch Verdampfung im geschlossenen Gefäß arbeiten muß, — eine Genauigkeit von mindestens 3% verlangt. Die durchschnittlich gefundenen Werte haben einen Fehler von 2% . Besonders sauber und geschickt arbeitende Praktikanten erhalten Fehler von nur etwa 1% .

Das Differentialkapillarimeter.

Eine für viele Zwecke brauchbare Form der Steighöhenmessung ist die von M. L. FRANKENHEIM¹ zuerst angegebene Methode der Doppelkapillaren — siehe z. B. MICHAELIS, Prakt. d. Phys. Chem., Berlin 1926 und FAJANS-WÜST, Phys. Chem. Prakt., Leipzig 1929 — die eine Differentialmethode ist. Statt einer Kapillare verwendet man deren zwei von verschiedenen Radien r_1 und r_2 — wegen der Ausführung siehe die genannten Bücher — die man nebeneinander in die zu messende Flüssigkeit setzt. Man mißt die Differenz der Steighöhen, wodurch man die schwierige Niveaubestimmung umgeht. Aus den beiden Gleichungen: $2\pi r_1 \cdot a = \pi r_1^2 \cdot s \cdot h_1$ und $2\pi r_2 \cdot a = \pi r_2^2 \cdot s \cdot h_2$ ergibt sich:

$$a = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} \cdot \frac{s}{2} \cdot (h_1 - h_2). \quad (2)$$

Die Formel ist natürlich insoweit ungenau, als die Meniskuskorrektion nicht berücksichtigt ist. Man kann — mit dem erwähnten Fehler — die Gleichung benutzen, um bei bekannten Radien durch Messung der Höhendifferenz die Oberflächenspannung absolut zu bestimmen. Sehr bequem wird die Methode für relative Messungen. Man mißt dann die Höhendifferenz Δh_1 für eine Flüssigkeit bekannter Oberflächenspannung a_1 und die Differenz Δh_2 für die zu untersuchende Flüssigkeit der unbekanntenen Oberflächenspannung a_2 ; dann gilt:

$$a_2 : a_1 = s_2 \cdot \Delta h_2 : s_1 \cdot \Delta h_1. \quad (3)$$

Diese Methode ist dann sehr bequem, da man nicht nur die schwierige Niveaubestimmung, sondern auch die Messung der Radien vermeidet. Letzteres hat wieder den Vorteil, daß man die Kapillaren unter Wasser aufbewahren kann, was für die Erzielung der völligen Benetzung nach den mehrfach angegebenen VOLKMANNschen Untersuchungen besonders vorteilhaft ist. Die Methode hat sich deshalb für relative Messungen — bisher allein für diese — eingebürgert. Sie ist aber bei Anwendung von Gleichung (3) unexakt. In welchem Maße dies der Fall ist, soll kurz berechnet werden. Die exakte Gleichung ist:

$$a = \frac{s}{2} \cdot \left(\Delta h \cdot \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} - \frac{r_1 \cdot r_2}{3} \right). \quad (4)$$

Würde man z. B. Wasser als Bezugsflüssigkeit wählen und nach der relativen Methode Benzol untersuchen, so würde man bei Verwendung einer Kapillare von 0,2 mm Durchmesser und einer zweiten von 0,6 mm Durchmesser einen Wert finden, der um nicht ganz eins Promille von dem mittels der exakten Rechnung gefundenen Wert abweicht. Bei einem Kapillarenpaar von 0,4 mm und 1,2 mm Durchmesser würde der Fehler für dieselben Flüssigkeiten auch noch nicht $\frac{1}{2}$ % ausmachen. Bei weiteren Kapillaren wird der Fehler größer. Bei engen Kapillaren — oder exakter: bei großen Steighöhendifferenzen — liegt der Fehler also so weit unterhalb der in einem Praktikum erreichbaren Genauigkeit, daß er die Meßgenauigkeit nicht verändert. Man braucht dann also diesen Fehler nicht zu berücksichtigen und kann die sehr bequeme Gleichung (3) anwenden.

Man wird also, um alle Vorteile der Methode auszunutzen, relative Messungen unter Benutzung von Gleichung (3) machen lassen. Jedoch sollte man in einem physikalischen Praktikum unter Angabe oder Messung der Radien der Kapillaren berechnen lassen, wie groß für zwei gegebene Oberflächenspannungen der Fehler durch die Unexaktheit der Gleichung (3) wird, damit sich der Praktikant davon überzeugt, warum

¹ Vielfach wird, z. B. von CHWOLSON, angegeben, daß diese Methode von PILTSCHIKOW: Journ. d. russ. phys.-chem. Ges. 20, S. 85 (1888), stamme; sie wurde jedoch schon von SONDHAUSS auf Anregung FRANKENHEIMS ausgeführt; s. SONDHAUSS: Inaug.-Diss. 1841 und FRANKENHEIM: Pogg. Ann. 73, S. 485 (1847); vor PILTSCHIKOW wurde die Methode ferner noch von R. SCHIFF: Chem. Ber. 15, S. 2965 (1882) u. a. a. O. benutzt. Neuere Ausführungsformen wurden angegeben von SUGDEN: Transact. chem. Soc. 119, p. 1483 (1921); sowie RICHARDS, SPEYER and CARVER: Journ. amer. chem. Soc. 46, p. 1196 (1924).

und inwieweit die relative Methode anwendbar ist. Der Physiker muß die Grenzen einer Meßmethode kennen lernen. Nur wer eine Meßmethode und ihre Grenzen gründlich kennt, wird diese Methode richtig anwenden und voll ausnutzen können. Die Tatsache, daß so oft maximale Fehler angegeben werden, die weit unter dem methodischen Fehler liegen, beweist, daß man systematisch zur Kritik der Meßmethoden erziehen muß, wo sich eben eine Gelegenheit bietet.

Wenn man die Methode der Doppelkapillaren im physikalischen Praktikum benutzen läßt, so sollte man dies entweder im Anschluß an zuerst nach der einfachen Steighöhenmethode gemachte Absolutbestimmungen tun, oder aber man sollte, wenn man die einfache Steighöhenmethode überhaupt nicht anwenden will, wenigstens eine absolute Bestimmung nach Gleichung (4) machen lassen, wodurch dann allerdings die Bestimmung der Radien notwendig würde. Für den Physiker sind jedoch die Absolutbestimmungen so wichtig, daß auf sie nicht verzichtet werden darf, wenn sie ohne große Mühe gemacht werden können. Man kann natürlich auch leicht beide Methoden in einem Versuche vereinigen, indem man bei den Versuchen für die einfache Steighöhenmethode immer ein Kapillarenpaar verwendet und beide Steighöhen mißt. Aus diesen Meßwerten lassen sich dann die Oberflächenspannungen sowohl nach der einfachen, wie nach der Differentialmethode bestimmen, und es können absolute und relative Messungen gemacht werden.

Eine praktische Form des Differentialkapillarimeters sei kurz beschrieben. Sie besteht aus zwei Kapillaren verschiedener Durchmesser, neben denen ein so weites Rohr angebracht ist, daß ein Thermometer sich leicht in dem Rohr auf- und abbewegen läßt. Die drei Glasröhren sind an den unteren Enden durch ein horizontales Rohr verbunden. Diese einfache Form hat gewisse Vorteile; erstens läßt sie sich viel leichter reinigen als die Apparate von SUGDEN und RICHARDS. Zweitens gestattet das Thermometer neben der Ablesung der Temperatur auch die Veränderung des Flüssigkeitsniveaus durch Änderung der Eintauchtiefe, wodurch man sehr bequem entweder eine Meßreihe durch Messung an verschiedenen Stellen der Kapillare machen, oder für relative Messungen bequem den Meniskus in den engsten Kapillaren auf eine bestimmte Stelle einstellen kann. Schließlich ist auch die Sicherung der Benetzung eine einfache und bequeme. Außerdem sind die optischen Fehlerquellen bei den zitierten Anordnungen größer als bei dieser, da bei jenen die Kapillaren durch ein weiteres Rohr anvisiert werden müssen, während hier die Kapillaren direkt anvisiert werden können.

Für Mikrobestimmungen eignet sich das Differentialkapillarimeter besonders, doch ist es dann zweckmäßig, nur die beiden Meßkapillaren durch ein möglichst kurzes Rohr zu verbinden und auf ein drittes paralleles oder umgebendes Rohr zu verzichten. Jedoch ist dann äußerste Sorgfalt nötig, damit vollkommene Benetzung erzielt wird.

Trotz des angenehmen Arbeitens mit dem geschilderten fertigen Differentialkapillarimeter dürfte seine Anwendung im Praktikum kaum zweckmäßig sein, da die Messungen ohne fertigen Apparat mit gleicher Genauigkeit ausgeführt werden können wie ohne Apparat, vom pädagogischen Standpunkt aus aber entschieden vorzuziehen sind.

Die Genauigkeit der Differentialmethode ist die gleiche, wie die oben angegebene für die einfache Methode. Für die Ausführung der Messungen gilt ebenfalls das gleiche.

Die Steighöhenkompensation.

Eine weitere Modifikation der Steighöhenmethode ist die von FERGUSON und DOWSON¹ angegebene Methode der Steighöhenkompensation. Statt die Steighöhe in einer Kapillare zu messen, wird die hochgestiegene Flüssigkeit durch einen Überdruck in der Kapillare bis zum Niveau der äußeren Flüssigkeit hinuntergedrückt

¹ FERGUSON and DOWSON: *Transact. Farad. Soc.* 1921/22, p. 384.

und dieser Überdruck manometrisch bestimmt. Eine angenehmere Einstellung erhält man, wenn man die Flüssigkeit in der Kapillare nicht bis zum Niveau der äußeren Flüssigkeit, sondern so weit hinunterdrückt, daß der tiefste Punkt des Meniskus mit dem unteren Ende der Kapillare in einer Ebene liegt. Diese Methode hat zahlreiche Vorteile: erstens benötigt man keine Kapillare, die auf größere Länge hin gleiches Kaliber hat; man kann sogar eine ganz kurze Kapillare verwenden, die man an ein größeres Glasrohr anschmelzt, wodurch die Reinigung und Reinhaltung der Kapillare viel einfacher wird. Ferner braucht die Kapillare nur im unteren Ende genau kreisförmig zu sein, und man mißt bei mikroskopischer Messung des Durchmessers wirklich an der Stelle, an der die Oberflächenspannung angreift. Schließlich ist es besonders vorteilhaft — vor allem für relative Messungen —, daß immer wieder dieselbe Stelle der Kapillare zur Messung benutzt wird. Außerdem ist die Unsicherheit der Temperaturbestimmung bei dieser Methode viel kleiner. Die Temperatur des Meniskus wird mit der Temperatur der Flüssigkeit im Niveaugefäß, die gemessen wird, sehr viel besser übereinstimmen als bei der gewöhnlichen Steighöhenmethode. Wird nämlich durch Verdampfung an der kapillaren Oberfläche dem Meniskus Wärme entzogen, so ist bei der FERGUSONschen Methode die Wärmeleitung wegen des kurzen Abstandes des Meniskus von der übrigen Flüssigkeit so groß, daß praktisch Meniskus und Flüssigkeit gleiche Temperatur haben werden. Ebenso ist die Methode auch bei Lösungen zuverlässiger, da durch Verdampfung etwa entstehende Konzentrationsänderungen sich wegen des kurzen Diffusionsweges sofort ausgleichen. Ein Vorteil dürfte schließlich auch der Ersatz der Höhenmessung durch eine Druckmessung sein, welche viel leichter korrekt auszuführen ist.

Bei der Ausführung der Methode muß man natürlich die Höhe zwischen Niveau und unterem Ende der Kapillare messen, was keine Schwierigkeiten bietet, wenn man einen Kapillarenhalter zur Verfügung hat, der mikrometrisch in der Höhe verschoben werden kann. Den gleichen Dienst leistet natürlich auch ein mikrometrisch verstellbares Tischchen, welches den Flüssigkeitsbehälter trägt. Man nähert das Kapillarenende langsam der Flüssigkeitsoberfläche, bis die Kapillare die Flüssigkeit erreicht hat, was man an dem plötzlichen Hochspringen der Flüssigkeit in die Kapillare bemerkt. Die Stellung der Mikrometerschraube für diesen Punkt liest man ab und kann nun mit der Mikrometerschraube die Kapillare bis zur beabsichtigten Tiefe in die Flüssigkeit eintauchen und diese Eintauchtiefe genau an dem Mikrometer ablesen. Die hydrostatische Höhe der Eintauchtiefe muß man natürlich von dem manometrisch abgelesenen Überdruck p abziehen. Ist h die Höhendifferenz im Manometer, s das spezifische Gewicht der Manometerflüssigkeit, h' die Eintauchtiefe, s' das spezifische Gewicht der zu untersuchenden Flüssigkeit, r der Radius der Kapillare und α die Oberflächenspannung, so gilt:

$$\alpha = \frac{r}{2} (s \cdot h - s' \cdot h') + \frac{s \cdot r^2}{6} \dots \dots \dots (5)$$

Eine für die Ausführung des Versuches mögliche Anordnung ist von REILLY¹ beschrieben. Besser aber ist eine der Apparatur von FERGUSON und DOWSON nachgebildete Anordnung, durch welche sowohl erhöhte Genauigkeit als größere Bequemlichkeit erreicht wird. Sie sei hier kurz beschrieben. Die Meßkapillare (siehe Fig. 2) wird mittels Vakuumschlauches an ein Ende eines T-Stückes angeschlossen, dessen beide anderen Enden zu dem Manometer M , sowie einer 3-Literflasche B führen. Die Flasche steht durch einen unten angebrachten Tubus mit dem etwa 30 mm weiten Niveaugefäß N in Verbindung. Das Niveaugefäß steht auf einem mikrometrisch ($M.S.$) auf- und abbeweglichen Tisch, sodaß es erschütterungsfrei und sehr exakt um minimale Beträge gehoben werden kann. Hierdurch, sowie durch die Verschiedenheit der Durchmesser von Niveaugefäß und Druckflasche B ist eine sehr genaue Regulierung des Druckes möglich.

¹ REILLY: Phys.-chemical Methods. London 1926.

Verfügt man nicht über einen mikrometrisch verstellbaren Tisch, so kann man das Niveaugefäß mit einem einfachen verstellbaren Tisch-Stativ heben, wenn man die Schlauchverbindung zwischen *B* und *N* mit einem Quetschhahn versieht und diesen dann nach Heben von *N* nur ganz wenig öffnet. Die Kapillare wird durch eine Klemme festgehalten, die an einer ebenfalls mittels einer Mikrometerschraube fein verstellbaren Stativsäule *S* befestigt ist. Dieses verstellbare Stativ dient zur Messung der Eintauchtiefe. Wie oben schon erwähnt, kann man statt dessen natürlich auch ein gewöhnliches Bunsenstativ verwenden und dafür den Flüssigkeitsbehälter *F* auf ein mikrometrisch verstellbares Tischchen setzen. Die Kapillaren müssen glatt abgesprengt oder abgeschliffen sein, und ihre Endfläche muß senkrecht zur Achse sein, weil sonst die Einstellung auf das Niveau ungenau wird und damit die Feststellung der Eintauchtiefe. Sehr hohe Anforderungen brauchen aber nicht an die Beschaffenheit der Endfläche gestellt zu werden. Als Manometerflüssigkeit wurde Wasser verwendet, das man auch durch andere Flüssigkeiten ersetzen kann. Hierbei empfiehlt es sich, Flüssigkeiten von niedrigem spezifischen Gewicht und kleinem Dampfdruck zu verwenden. Benutzt man ein Wassermanometer, so sei besonders darauf aufmerksam gemacht, daß ein Wassermanometer nur dann richtige

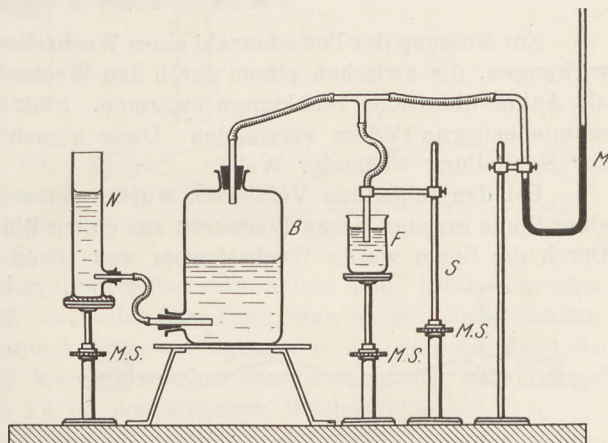


Fig. 2.

Werte anzeigt, wenn es unmittelbar vor der Messung gründlichst mit Chrom-Schwefelsäure u. ä. gereinigt worden ist. Ein Manometer, das auch nur einen Tag gestanden hat, ist nicht mehr einwandfrei und kann völlig falsche Werte geben. Das Kriterium für die Reinheit des Manometers ist die leichte Beweglichkeit und richtige Form des Meniskus. Der größeren Meßgenauigkeit wegen empfiehlt sich auch bei dieser Methode die Verwendung eines Kathetometers zur Bestimmung der Höhendifferenz im Manometer¹. Die Einstellung auf den Meniskus ist dann besonders scharf, wenn man unter das Manometerrohr, aber, um schädliche Erwärmung zu vermeiden, in genügender Entfernung, eine Lampe stellt. Besonders zu achten ist auf völlige Dichtheit der Schlauchverbindung, weil sonst nach richtiger Einstellung der Flüssigkeit in der Kapillare die Flüssigkeit durch Druckabfall hochsteigt, während man mit dem Kathetometer mißt.

Auch bei dieser Methode ist bei geschickter Arbeit eine Genauigkeit auf 1% erreichbar. Als obere Fehlergrenze kann man für Praktikumsversuche eine Abweichung von 3% festsetzen, deren Einhaltung von jedem Praktikanten verlangt werden kann. Auch die Bestimmung von Wasser, die nach der einfachen Methode immer große Schwierigkeiten macht, läßt sich mit der FERGUSON'schen Apparat leicht im Praktikum ausführen.

Die Bestimmung der Oberflächenspannung nicht benetzender Flüssigkeiten durch Messung der Höhendifferenz in einem U-Rohr, dessen einer Schenkel eine Kapillare ist, und Bestimmung des Randwinkels in einem besonderen Versuch aus der Gestalt von Tropfen, wie von QUINCKE in WIEDEMANN-EBERT, Phys. Prakt., angegeben wird, kommt natürlich überhaupt nicht in Frage.

¹ Man kann auch statt des einfachen U-Rohres ein solches mit schwach gegen den Horizont geneigten Schenkeln verwenden, wodurch das Kathetometer überflüssig wird, wie natürlich auch jedes andere genügend empfindliche Manometer, das man zur Verfügung hat.

Die von SENTIS¹ angegebene Modifikation der Steighöhenmethode scheidet für Praktikumszwecke aus, schon weil die geringe Bedeutung der Methode nicht den experimentellen Aufwand rechtfertigen würde. Zudem würde die Ausführung zu große Anforderungen an die Geschicklichkeit der Praktikanten stellen.

Physikalisches Institut der Universität Köln.

Kleine Mitteilungen.

Resonanzfeder und stehende Wellen.

Von Julius Feder in Frankfurt a. M.

Zur Messung der Periodenzahl eines Wechselstromes benutzt man häufig Resonanzwirkungen, die zwischen einem durch den Wechselstrom erregten Magneten und einer als Anker dienenden Stahlzunge auftreten. Statt der letzteren kann man mit Erfolg schmiedeeiserne Federn verwenden. Diese eignen sich auch vorzüglich als Hilfsmittel zur Herstellung stehender Wellen.

Bei den folgenden Versuchen wurde ein magnetisches Feld zumeist mit Hilfe einer Spule erzeugt, deren Eisenkern aus einem Bündel oxydierter Eisendrähte bestand. Durch die Spule wurde Wechselstrom von 40 oder seltener 120 Volt Spannung und

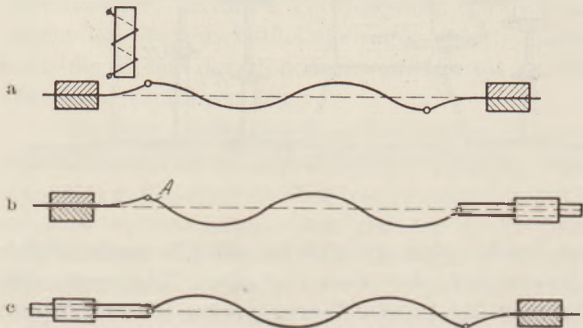


Fig. 1.

der Periodenzahl 50 geschickt. Der benutzten schmiedeeisernen Feder (Länge 220, Breite 9, Stärke 0,4 mm) konnte durch Einspannen in einen Feilenkloben eine veränderliche freischwingende Länge erteilt werden.

Die Feder wird zunächst zwischen Daumen und Zeigefinger der Hand in einer solchen Lage gehalten, daß ihre Teile horizontale Schwingungen vollführen können und dann dem horizontal liegenden Wechselstrommagneten genähert (Fig. 1a). Bei

kleiner freischwingender Länge zeigt die Feder keinerlei Schwingungen; nach Verlängerung des freien Endes aber treten bei einer ganz bestimmten Länge starke Schwingungen auf. Jetzt wird die Feder in den Feilenkloben eingespannt und ihre freie Länge reguliert, bis möglichst kräftige Resonanzwirkungen sich einstellen. Bei der oben erwähnten Feder beträgt die freischwingende Länge 42 mm.

Verlängert man das freie Ende der Zunge, so hören die Schwingungen zunächst ganz auf, um bei einer bestimmten Länge wieder kräftig einzusetzen. Man erhält aber jetzt das Bild einer stehenden Welle mit einer Knotenlinie an der Einspannungsstelle, einem Bauch am freien Ende und einem Zwischenknoten (Fig. 1b). Bei noch weiterer Verlängerung des schwingenden Federteiles ergibt sich das Bild der Fig. 1c. Bei letzterem Versuch darf man die Feder dem Magneten nicht zu sehr nähern, weil sie sonst nicht nur in den abgebildeten Teilen, sondern auch als Ganzes zu schwingen versucht.

Um Fäden oder dünne Metalldrähte mit einer Resonanzfeder verbinden zu können, versieht man letztere an einem Ende mit einem Loch. Das andere Fadenende usw. bindet man an der Stange eines eisernen Gestells fest. Setzt man nun die Feder entsprechend Fig. 1a in Schwingungen und spannt den Faden durch Verschieben des Gestells etwas an, so treten stehende Fadenwellen auf. Sehr schöne Wellen liefern Gummischnüre (die in den Geschäften zum Zusammenhalten von Papierpackungen

¹ SENTIS: Journ. de Physique 6, p. 571 (1887) und FERGUSON, A.: Philosophic Mag. 28, p. 128 (1914).

benutzt sog. Gummiringe). Eine solche Schnur zeigt bei geringer Anspannung mehrere undeutliche Wellen. Bei stärkerer Anspannung werden die Wellen deutlich, auch verstärkt sich der Ton der schwingenden Feder. In deren Nähe zeigt die Welle einen Bauch. Bei noch stärkerer Anspannung der Schnur nehmen die Wellenlängen zu, die Anzahl der Wellen ab, ihre Amplituden und die Stärke des von der Feder erzeugten Tones nehmen abwechselnd zu und ab. Da Schwingungszahl und Wellenlänge bekannt sind, läßt sich die Fortschritts- geschwindigkeit der erzeugten Wellenbewegung leicht berechnen.

Um auch bei den übrigen Fäden oder Drähten eine allmähliche Steigerung der Spannung durchführen zu können, fügt man zwischen Faden und Feder (oder am anderen Ende des Fadens) ein Stück, etwa 6 cm, der Gummischnur ein. Mit einer Vergrößerung der Fadenspannung geht immer Hand in Hand eine Zunahme der Wellenlänge. Bald befindet sich in der Nähe der schwingenden Feder ein Wellenbauch, bald ein Knoten. Jener zeigt sich deutlich an durch kräftige Amplituden der Wellen und starken Ton

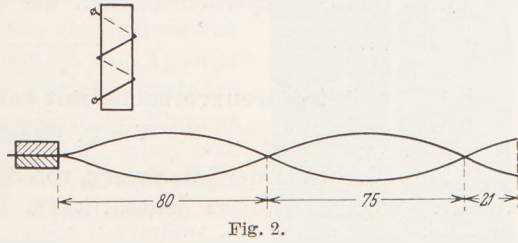


Fig. 2.

der Feder, dieser durch schwache Amplituden und schwachen Ton. Statt das eine Fadenende mit einem eisernen Gestell zu verbinden, kann man es mit einer zweiten Feder der beschriebenen Art verknüpfen, die so eingespannt ist, daß sie ebenfalls horizontale Schwingungen vollführen kann: zunächst stimme man die freie Länge der zweiten Feder entsprechend Fig. 1 a im magnetischen Wechselfelde ab.

Fig. 2 zeigt den zwischen der elektromagnetisch erregten linken und der vorhin abgestimmten rechten Feder ausgespannten Faden. Bei einer gewissen Spannung abdesselben schwingt die rechte Zunge sichtlich und hörbar mit. Dieser Versuch zeigt also die Umwandlung von Schwingungsenergie in Wellenenergie und deren Rückverwandlung in Schwingungsenergie. Bei wachsender Fadenspannung werden die Schwingungen beider Federn und damit ihr Ton abwechselnd stärker und schwächer. Die Länge der rechten Feder läßt sich auch so einstellen, daß mittels

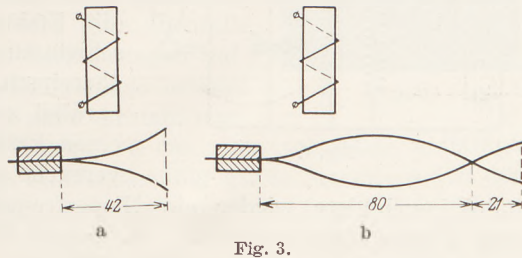


Fig. 3.

der nach Fig. 1 a erregten linken Feder die rechte durch die Fadenwellen in den Schwingungszustand Fig. 1 b oder 1 c versetzt wird. Hierbei gelten die in diesen Figuren eingetragenen Längenmaße. Schließlich sei noch bemerkt, daß man mit Hilfe eines zweiten Fadens die Schwingungen von der zweiten Zunge auf eine dritte übertragen kann.

Den in Fig. 2 dargestellten Versuche kann man derart abändern, daß die abgestimmte rechte Feder statt um eine vertikale um eine wagerechte Einspannungsachse schwingt (Fig. 3 a und 3 b). Bei gewissen Fadenspannungen schwingt die letztere Feder bei elektromagnetischer Erregung der linken mit. Die erzeugte Fadenwelle ist dann räumlich. Von oben gesehen (Fig. 3 a) zeigt sie links einen Bauch, rechts einen Knoten, von vorn gesehen (Fig. 3 b) links einen Knoten rechts einen Bauch. Die Verknüpfungsstelle A von Gummischnur und Faden beschreibt deutliche Kreise oder Ellipsen. Ähnliche Schwingungsbewegungen werden durch Lichtstrahlen erzeugt, die senkrecht zueinander polarisiert sind. Verhindert man die Schwingungen der rechten Zunge durch Anfassen mit der Hand, so werden die vertikalen Schwingungskomponenten ausgelöscht. Die Fadenwelle liegt dann in einer horizontalen Ebene.

Mit Hilfe von Resonanzfedern lassen sich nicht nur stehende Faden-, sondern auch stehende Flüssigkeitswellen leicht erzeugen. Zwei schmiedeeiserne Federn

(Länge 200, Breite 5, Stärke 0,4 mm) werden an einem Ende spitz zugefeilt, dieses Ende gegläht und dann im rechten Winkel umbogen. Hierauf werden beide Federn in ein und denselben Feilenkloben derart eingespannt, daß sie im magnetischen Wechselfelde entsprechend Fig. 1 b oder 1 c schwingen. Die Entfernung der beiden Spitzen kann innerhalb gewisser Grenzen variiert werden.

Um wagerechte Schwingungsachsen zu erzielen, stellt man die Achse der Spule a und ihres Eisenkerns in vertikaler Stellung unter die beiden Federn und zwar so, daß beide gleich stark schwingen. Unter die ruhenden Zungen stellt man ein Gefäß mit Wasser, so daß die Spitzen gerade eintauchen. Bei Erregung der Federn zeigt die Wasseroberfläche die bekannten hellen konfokalen hyperbolischen Knotenlinien, die durch dunkle Hyperbeln (Stellen der Schwingung) voneinander getrennt werden.

Interferenzversuche mit schallempfindlichen Flammen.

Von P. Hanck in Pasewalk.

Zum Nachweis der Interferenz von Schallwellen benutzte ich nach dem Vorgange von K. ROSENBERG (diese Zeitschrift **29**, 181; 1916) als Hilfsmittel eine empfindliche Flamme und eine kleine Pfeife mit hohem Ton. Die Versuche gestalten sich so sehr einfach, wirken jedoch nur dann überzeugend, wenn man durch irgend eine Gebläsevorrichtung den Ton dauernd unterhalten kann. Ein vorzüglicher Ersatz für die

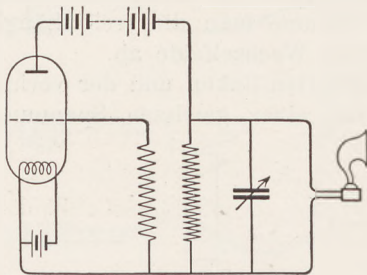


Fig. 1.

Pfeife ist ein Lautsprecher, der in den Anodenstromkreis eines Röhrensenders von Hörfrequenzschwingungen, wie sie in dieser Zeitschrift schon häufiger beschrieben sind, eingeschaltet ist. Zu den vorliegenden Versuchen wählte ich eine Schaltung, die im wesentlichen mit der in einem früheren Aufsatz (die Elektronenröhre als Erreger von Hörfrequenzschwingungen **40**, 24; 1927) von mir angegebenen übereinstimmt; ich legte aber den Lautsprecher parallel zur Selbstinduktion (Fig. 1). So erhielt ich einen kräftigen hohen Ton, der sich für Interferenzversuche als besonders geeignet erwies. Die Selbstinduktion bildete wieder ein Niederfrequenztransformator (Weilotransformator) mit dem Übersetzungsverhältnis 1:4, dessen Primärspule im Gitterkreis lag; der Drehkondensator hatte die Kapazität 1000 cm.

Die Wirksamkeit der empfindlichen Flammen ist sehr von dem herrschenden Gasdruck abhängig. Ich arbeitete bei dem verhältnismäßig hohen Druck 6,8 cm Wasser und hatte infolgedessen mit der Herstellung des Brenners nur geringe Mühe. Ein Glasrohr von 5 mm innerem Durchmesser zog ich, wie üblich, so aus, daß eine Spitze mit einer Öffnung von 1,8 mm Durchmesser entstand. Das diesem Rohr entströmende Gas brennt dann ruhig mit einer 45 cm hohen schmalen Flamme (Fig. 2) und schlägt bei hohen Tönen, z. B. bei Annäherung einer Stimmgabel von 2000 Schwingungen in die in Fig. 3 wiedergegebene Gabelform um. Zweckmäßig ist es natürlich, die Öffnung zunächst etwas kleiner zu wählen, und dann zu versuchen, durch allmähliches Verkürzen der Spitze die charakteristische Form zu erhalten. Wenn die Gabelung der Flamme schon schwach auftritt, muß man besonders vorsichtig sein; durch Abfeilen wird man aber nach einiger Übung wohl immer ein passendes Rohr erhalten. Im übrigen ist es nach meinen Versuchen nicht wesentlich, ob man bei der Bearbeitung des Glases eine glatte oder eine ausgesplitterte Ausströmungsöffnung erhält.

Wenn die Öffnung ein wenig zu groß ausgefallen ist, bleibt die Gabelform aus, die Flamme zieht sich dann unter dem Einfluß hoher Töne auf die halbe Höhe zusammen und brennt stark rauschend; sie ist in dieser Form meist auch noch für

die Versuche verwendbar, stört aber Auge und Ohr und ist bei längeren Versuchen recht lästig. Man sollte also auf jeden Fall die angenehme ruhige Gabelform anstreben.

Die empfindliche Flamme stellt man in einer Entfernung von etwa 50 cm vom Lautsprecher auf. Meist wird sie dann schon ohne weiteres durch den Ton beeinflusst werden; sonst kann man durch Erhöhen der Heizstromstärke oder der Anodenspannung den gewünschten Erfolg erzielen. Besonders kräftig aber spricht sie an, wenn man durch Drehen des Kondensators einen Ton erzeugt, der mit der Resonanzlage des Lautsprechers übereinstimmt, durch diesen also noch verstärkt wird.

Stellt man nun dem Lautsprecher gegenüber in 1 bis 2 m Entfernung noch eine reflektierende Wand, etwa ein Kartonstück auf (Fig. 4), so wirken auf die Flamme nicht nur die vom Trichter ausgehenden Schallwellen, sondern auch die zurückgeworfenen ein, und man kommt durch langsames Verschieben der Flamme bald an eine Stelle, in der sie nicht mehr beeinflusst wird, weil sich die Schallwellen aufheben, die Flamme sich also in einem Knoten befindet. Durch weiteres Verschieben kann man so bei passender Wellenlänge 10 und mehr Knotenstellen nachweisen.

Anstatt die Skala zu verschieben, kann man natürlich zum Nachweis der Interferenz auch das Kartonstück und schließlich ebenso die Tonquelle verschieben.

Wenn man Messungen ausführen will, baut man Brenner und Karton am besten auf einer mit einem Maßstab versehenen optischen Bank auf. Zur Befestigung des Brennerrohrs benutzt man eine Doppelhülse aus Blech, auf die einerseits das Rohr, andererseits ein in das Stativ der optischen Bank passender Metallstab geführt wird. Das Kartonstück wird man ebenfalls

immer durch einfache Vorkehrungen aufstellen können. Die Wellenlänge betrug, wenn der Kondensator auf 0° gestellt war, etwa 7 cm, bei 180° etwa 16 cm. Das scheinbar auffällige Ergebnis ist durch die verhältnismäßig große Eigenkapazität der Transformatorspule und des Lautsprechers begründet. Wenn

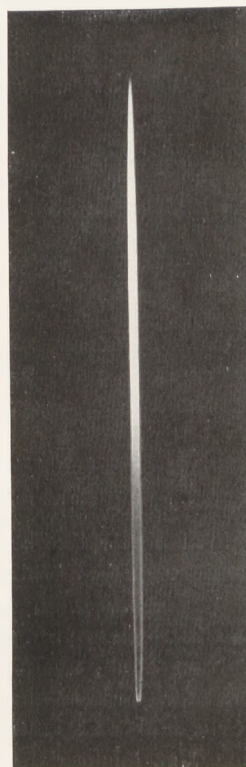


Fig. 2.

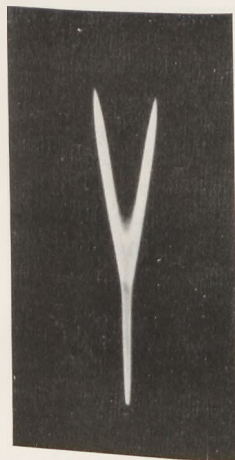


Fig. 3.

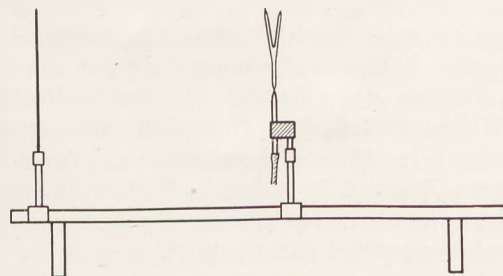
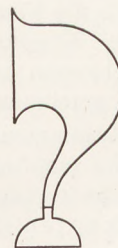


Fig. 4.



man die Wellenlänge vergrößern will, kann man zu dem Kondensator noch eine weitere Kapazität parallel schalten. Über 3000 cm konnte ich jedoch nicht hinausgehen, da dann die Schwingungen ausblieben. Größere Wellen sind ohnehin infolge ihrer geringeren Wirkung auf die Flamme weniger geeignet.

Stellt man die Apparatur wieder auf Gabelung der Flamme ein und ändert dann die Tonhöhe durch Änderung der Heizstromstärke, der Anodenspannung oder der Kondensatorstellung, so kann man leicht erreichen, daß die Flamme durch die Schallwellen nicht mehr beeinflusst wird, daß sie sich also wieder in einem

Knoten befindet. Eine entsprechende Verschiebung ergibt dann die Gabelung von neuem.

Zum Nachweis der Interferenz von Schallwellen sind in dieser Zeitschrift (39, 260; 1926 u. a.) auch die beiden Telephone eines Kopfhörers, die in den Anodenstromkreis eines Senders von Hörfrequenzschwingungen eingeschaltet sind, empfohlen worden. Das beschriebene Verfahren hat indes den Nachteil, daß die Erscheinung nur subjektiv wahrnehmbar ist. Da mir zufällig 2 Lautsprecher zur Verfügung standen, versuchte ich mit ihnen die Interferenz objektiv durch Wirkung auf die Flamme nachzuweisen und hatte damit gleichfalls guten Erfolg. Den zweiten Lautsprecher schaltet man dem ersten parallel in den Schwingungskreis; dadurch wird die Selbstinduktion verkleinert und der Ton zugleich höher, aber auch schwächer.

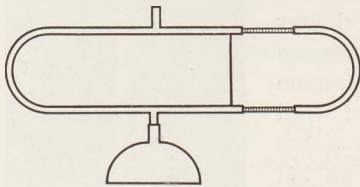


Fig. 5.

Die Lautstärke ist aber völlig ausreichend, wenn man mit voller Heizstromstärke und Anodenspannung arbeitet. Stellt man die beiden Lautsprecher einander in 1 bis 2 m Entfernung gegenüber und zwischen ihnen die Flamme, so zeigen sich bei Verschiebung wieder die Knotenstellen. Zu demselben Ergebnis kommt man, wenn man die beiden Lautsprecher nebeneinander aufstellt und vor ihnen die Flamme. Die Interferenz zeigt sich hier, wenn man einen Lautsprecher in der Richtung Flamme—Lautsprecher um ein ungerades Vielfaches einer halben Wellenlänge verschiebt. Für messende Versuche wird diese Anordnung aber weniger zu empfehlen sein.

Endlich kann man diese Versuche noch mit dem Interferenzrohr von QUINCKE¹, das in bekannter Weise auch durch Gummischläuche, Glasröhren und T-Stücke ersetzt werden kann, ausführen; sie gestalten sich so besonders einfach. Man entfernt den Trichter vom Lautsprecher und setzt das Interferenzrohr nach Fig. 5 darauf. Die beiderseitigen Öffnungen werden allerdings meist nicht zueinander passen. Man kann sich hier leicht dadurch helfen, daß man auf die Öffnung des Lautsprechers und des Interferenzrohrs je einen durchbohrten Kork setzt und dann diese beiden durch ein Glasrohr verbindet. Besseren Halt gibt jedoch eine Blechhülse, die beide Teile miteinander verbindet. Die obere Öffnung des Interferenzrohrs bringt man in unmittelbare Nähe der Flamme. Ihre Gabelform verschwindet, wenn das Rohr um eine halbe Wellenlänge ausgezogen wird. Dieser Versuch ist insofern besonders lehrreich, als man die Aufhebung der Schallwellen nicht nur sieht, sondern auch hört. Sobald nämlich die Flamme die hohe schmale Form angenommen hat, werden die Schallwellen an der Mündung des Rohres aufgehoben; da der Lautsprecher aber im übrigen abgeschlossen ist, können das Ohr nur die durch die feste Unterlage, den Tisch, weiter geleiteten Wellen treffen, und diese sind von geringer Stärke.

Zusammenfassend ist für die beschriebenen Versuche bemerkenswert: bringt man die empfindliche Flamme in stehende Wellen hinein, so wird sie beeinflusst an den Schwingungsbäuchen (Stellen starker Bewegung), aber nicht an den Schwingungsknoten (Stellen starker Druckwechsel).

Eine kritische Untersuchung zur Messung des mechanischen Wärmeäquivalents.

Von Dr. Wilhelm Bahrdt in Berlin-Lichterfelde.

Den unmittelbaren Anlaß zu der folgenden Betrachtung gab der Aufsatz von V. GURSKI in dieser Zeitschrift 43, 56; 1930: „Die Thermosflasche als Hilfsmittel für die physikalischen Schülerübungen“. Die dort angegebenen Versuche zur Bestimmung

¹ Vgl. in dieser Zeitschrift 26, 165; 1913: H. RIEGGER und J. ZENNECK, Zur Technik des QUINCKESCHEN Interferenzversuches (siehe dort die Abb. 3 und 4 auf S. 166).

des mechanischen Wärmeäquivalents mit der Thermosflasche an Stelle der WHITINGSchen Röhre wiederholte ich in der starken Hoffnung, daß hier endlich eine Versuchsanordnung gefunden sei, jene Größe mit einiger Genauigkeit und Sicherheit im Unterricht und in den Übungen messen zu können; meine eigenen Erfahrungen mit der WHITINGSchen Röhre nämlich waren immer sehr schlecht gewesen, und niemals habe ich auch nur annähernd die Genauigkeit, die in den einschlägigen Werken angegeben ist, erreichen können. Die beiden großen Vorzüge der Thermosflasche — die gute Wärmeisolation und die Möglichkeit der Berücksichtigung ihres Wasserwertes — gegenüber der WHITINGSchen Röhre leuchten ja von vornherein ein. Um so größer aber war meine Enttäuschung, als die ersten mit aller Sorgfalt angestellten Messungen trotz Berücksichtigung des RUMFORDSchen Kunstgriffes konstante Abweichungen von etwa 65% über den Wert 427 mkg ergaben. Da ich durch Überlegung die Ursache dieser starken Abweichung nicht finden konnte, vermutete ich, daß hier ein versteckter Fehler in der Methode vorhanden sein müsse, der bislang bei allen Messungen übersehen oder durch einen ebenso großen Fehler in entgegengesetzter Richtung aufgehoben worden war. Deshalb verzichtete ich darauf, nach dieser Methode einen möglichst wenig von der Zahl 427 mkg abweichenden Wert zu finden, vielmehr stellte ich mir die durch Experimente zu lösende Frage: Welche Abhängigkeit zeigt der Quotient aus Bewegungsenergie und Wärmeenergie von seinem Abstand von der Zimmertemperatur? Wegen der guten Wärmeisolation der Thermosflasche einerseits und der verhältnismäßig geringen Abstände der Temperaturen innerhalb der Flasche von der Zimmertemperatur erwartete ich einigermassen konstante Werte für diesen Quotienten.

Bei der Beantwortung dieser Frage verwarf ich von vornherein die von V. GURSKI angegebenen Messungsbeispiele aus folgenden Gründen. Erstens waren die von ihm benutzten Mengen Quecksilber von 175 g und 275 g, die einem Wasserwert von 5,8 kal und 9,2 kal entsprachen, viel zu klein gegen den Wasserwert 14 kal des inneren Gefäßes; denn je kleiner eine Größe ist, desto mehr Gewicht hat ihr gegenüber ein Messungsfehler. Zweitens ist aus einer leichten Überlegung einleuchtend, daß es nicht, wie GURSKI es macht, statthaft ist, von diesen 14 kal nur einen Bruchteil ($\frac{1}{7}$) in die Rechnung zu setzen und $\frac{6}{7}$ zu vernachlässigen. Beim Schütteln, meint GURSKI, berühre das Quecksilber nur den oberen und unteren Teil des Innengefäßes. Es unterliegt aber gar keinem Zweifel, daß die durch Drehen der Flasche erteilte Seitengeschwindigkeit das Quecksilber beim Fallen gegen die Seitenwand des Gefäßes drückt und an dieses während der Fallzeit einen Teil seiner Wärme abgibt. Drittens ist die Zahl 100 der Kippungen, die eine Erwärmung des Quecksilbers von weniger als 1° bewirken, zu gering, weil wieder ein Ablesefehler am Thermometer bei so geringer Gesamterwärmung einen zu starken Einfluß auf das Endergebnis haben muß. Endlich sei noch, freilich als etwas Nebensächliches, bei der Kritik der GURSKISchen Versuche die umständlich-genaue Art erwähnt, wie die Fallhöhe als Abstand der Schwerpunkte der Quecksilbermasse im oberen und unteren senkrechten Teil der Flasche berechnet wird. Diese Berechnung ist zwar sehr korrekt, aber sie macht die an sich einfache Übung unnötig kompliziert; der Fehler nämlich, der bei etwas großzügigerer Messung der Fallhöhe gemacht wird, ist ja gegen die anderen Fehlerquellen klein. Um Fehlergrößen bis über 100% zu erklären, bedeutet die Messung der Fallhöhe bis auf Zehntel Millimeter Genauigkeit einen überflüssigen Kraftaufwand.

Bei den folgenden Versuchen wurde eine Literthermosflasche mit schmalem Flaschenhals benutzt, die beim Kippen durch einen Gummistopfen verschlossen wurde. Die benutzte Quecksilbermenge war bei allen Versuchen dieselbe, nämlich 833,3 g. Die Fallhöhe wurde als Abstand zwischen der Oberfläche des Quecksilbers und dem unteren Rande des Flaschenhalses durch Einführung eines schmalen Millimeterlineals gleich 21 cm gemessen.

Durch zwei Vorversuchsreihen wurden der Wasserwert der gesamten Innenwand der Thermosflasche und die spezifische Wärme des Quecksilbers bestimmt. Bei der

ersten Messung wurde in die Thermosflasche entweder stark abgekühltes oder erwärmtes Wasser bis über die Hälfte eingefüllt, dann wurde die ganze Innenwand mit diesem Wasser benetzt, so daß anzunehmen war, daß die ganze Innenwand und das Wasser die gleiche Temperatur besaßen; diese Temperatur wurde gemessen. Dann wurde in die Flasche Wasser von Zimmertemperatur bis zum Rande gegossen und die Mischungstemperatur bestimmt. Aus den bekannten Wassermassen und den Temperaturgraden ließ sich dann der Wasserwert berechnen. Die Einzelversuche zeigten nur geringe Abweichungen voneinander. Das Mittel war 20 kal. — Zur Messung der spezifischen Wärme des Quecksilbers füllte man die Thermosflasche bis fast an den Rand mit eisgekühltem Wasser (Temperatur $\sim 4^\circ$), dessen Masse und Wärmegrad bestimmt wurden. Dann goß man Quecksilber von Zimmertemperatur hinein, wobei wieder Masse und Wärmegrad gemessen wurden. Endlich ermittelte man die Mischungstemperatur. Das Ergebnis war 0,0345 kal. Die Abweichung vom Tabellenwert 0,033 erklärt sich vielleicht aus metallischen Verunreinigungen des benutzten Quecksilbers.

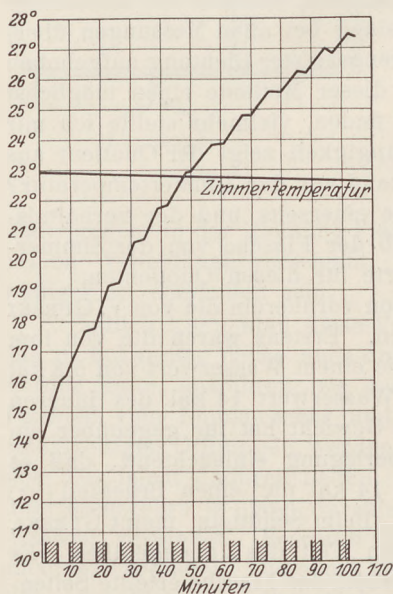


Fig. 1.

Die beim Kippen und zwischen den Temperaturablesungen verstrichenen Zeiten sind als Abszissen eingetragen. Die Kippzeiten sind außerdem noch durch schraffierte Streifen angedeutet. Der ganze Versuch dauerte 105 Minuten. Der Verlauf der Zimmertemperatur in dieser Zeit ist eine gerade Linie, die nach dem Ende der Zeit hin leicht geneigt ist. Die kurzen und schwächer geneigten Teile der Zickzacklinie geben die Temperaturänderungen an, die durch Benetzung der inneren Gefäßwandung mit dem Quecksilber hervorgerufen wurden. Die Kurve lehrt: 1. Die durch gleiche mechanische Arbeit erzeugte Wärmemenge ist eine Funktion des Temperaturabstandes gegen die Zimmertemperatur. 2. Die schwach geneigten Teile der Zickzacklinie zeigen die Tatsache an, daß trotz der guten Wärmeisolation der Thermosflasche und trotz des geringen Temperaturabstandes doch Wärme ein- bzw. ausstrahlt. Diese Tatsache wird einleuchtend, wenn man die geringe Wärmemenge und die große Innenfläche in Betracht zieht.

Die Funktion des Ergebnisses 1 ist graphisch in Fig. 2 dargestellt. Als Abszissen sind die positiven und negativen Temperaturabstände gegen Zimmertemperatur gewählt, wobei diese selbst den Nullpunkt bildet. Ordinaten sind die jeweiligen Quotienten aus mechanischer Arbeit und erzeugter Wärme. Die Werte dieser Quotienten, die man unter Voraussetzung der Richtigkeit der Methode als Einzelwerte für das mechanische Wärmeäquivalent ansehen kann, liegen zwischen 350 mkg und 1220 mkg;

Das mechanische Wärmeäquivalent ist gleich dem Quotienten aus der mechanischen Arbeit in mkg und der durch sie erzeugten Wärmemenge in Kilogrammkalorien. Die in der Fig. 1 graphisch dargestellten Messungen zeigen die Abhängigkeit dieses Quotienten von dem Abstand der Temperatur in der Flasche gegen die Zimmertemperatur. Im ganzen wurde die Flasche 2400 mal gekippt; nach je 200 Kippungen wurden die Wärmegrade abgelesen und zwar zuerst, ohne daß die Innenwandung durch wagerechte Neigung der Flasche und Hin- und Herrollen benetzt wurde, dann nach Benetzung der Wandung. Um Einstrahlung von Handwärme zu vermeiden, wurde das Gefäß beiderseitig beim Kippen mit je einer dicken Lage Zeitungspapier angefaßt. Die Figur zeigt das allmähliche Ansteigen der Temperatur. Die steilen Teile der Zickzackkurve stellen die Temperatursteigerungen durch je 200maliges Kippen des Quecksilbers dar.

die Abweichungen gegenüber der Zahl 427 mkg liegen also zwischen -18% und $+186\%$.

Die Versuche zeigen ferner, daß die kleinen Werte des Wärmeäquivalents, die bei tiefen Temperaturen gewonnen sind, offenbar durch Einstrahlung von Wärme, die großen Werte aber durch Ausstrahlung bedingt werden. Die in Nähe der Zimmertemperatur gewonnenen Werte, bei denen Ein- und Ausstrahlung sich gegenseitig aufheben, sind weit größer als 427 mkg.

Um die letzte Tatsache ganz einwandfrei als richtig zu erweisen, wurde eine größere Reihe von Versuchen angestellt, bei denen besonderes Augenmerk auf die möglichst genaue Aufhebung der ein- und ausgestrahlten Wärme gerichtet wurde. Die Einzelmessungen ergaben einen Mittelwert von 660 mkg, d. h. eine Abweichung von $+54\%$. Dieses Ergebnis zeigt die überraschende Tatsache, daß ein grundsätzlicher Fehler in der ganzen Methode steckt. Die Abweichung läßt sich nicht durch einen zu kleinen Wert des Nenners erklären. Also bleibt nur der Schluß übrig, daß der Zähler zu groß gewählt worden ist. Da aber die einzelnen Faktoren des Zählers ausnahmslos mit größter Genauigkeit feststellbar sind, muß gefolgert werden, daß nur ein Teil der mechanischen Energie des Zählers in Wärme umgewandelt wird.

Der rätselhafte, nicht in Wärme verwandelte Summand des Zählers erfährt nun tatsächlich eine einfache Erklärung, wenn man das ganze Problem unter dem Gesichtspunkte des unelastischen Stoßes ansieht. Die stoßende Masse des Quecksilbers sei m_1 , seine Geschwindigkeit im Augenblick des Aufpralls c_1 . Die vom Stoß betroffene Masse sei m_2 ; sie ist in unserem Falle die Masse der Thermosflasche und ein Teil der Masse der haltenden Hände und Arme des Experimentierenden; kurz vor dem Anprall ist ihre Geschwindigkeit gleich Null. Die nach dem Stoß erreichte gemeinsame

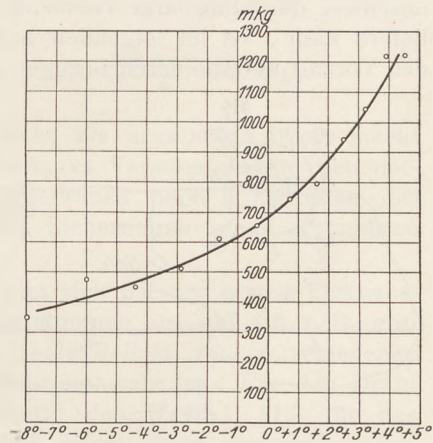


Fig. 2.

Geschwindigkeit von m_1 und m_2 ist $c = \frac{m_1 c_1}{m_1 + m_2}$. Jener rätselhafte Summand ist nun die Wucht $\frac{m_1 + m_2}{2} \cdot c^2$; durch Einsetzung des Wertes für c erhält man hierfür den Ausdruck $\frac{m_1 \cdot c_1^2}{2 \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right)} = E_1$. Der für die Wärmeenergie übrig bleibende Teil E_2 der Wucht ist $E_2 = \frac{m_1}{2} \cdot c_1^2 - E_1$. Nach einigen Umformungen erhält man für diesen Teil den Wert

$$E_2 = \frac{m_1 c_1^2}{2 \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right)}$$

Der Quotient aus der Summe $E_1 + E_2$ und E_2 , der nach der bisher üblichen Anschauungsweise fälschlich als mechanisches Wärmeäquivalent angesehen wurde, ist demnach gleich $1 + \frac{m_1}{m_2}$. Der Bruch $\frac{m_1}{m_2}$ gibt die relative Abweichung an, die man von dem richtigen Werte 427 mkg erhält, d. h. bei den obigen Versuchen $\frac{54}{100}$.

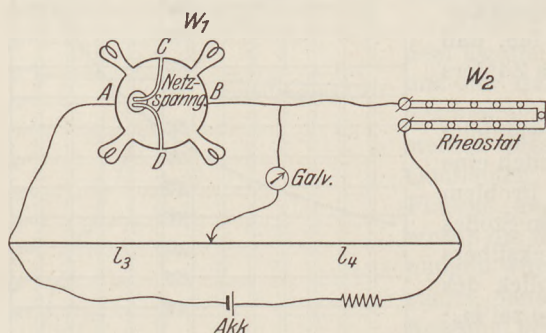
Zusammenfassung: Bei der Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents nach dem WHITINGSchen Verfahren wird die mechanische Energie des geschüttelten

Körpers teils in Wärmeenergie, teils in Bewegungsenergie verwandelt. Bei strenger Beachtung des RUMFORDSchen Kunstgriffs erhält man für den Quotienten aus mechanischer Energie und Wärmeenergie Werte, die größer als der richtige Wert 427 mkg sein müssen. Die Abweichung ist gleich dem Produkt aus 427 mkg und dem Quotienten aus der bewegten Masse des Quecksilbers bzw. Schrotens und der Masse der Röhre, vermehrt um die unbekanntene Masse der haltenden Arme.

Die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Temperatur.

Von Dr. A. Klaus in Charlottenburg.

Die Änderung des elektrischen Widerstandes mit der Temperatur ist für viele Fragen der Technik, besonders des Starkstromes, von großer Wichtigkeit, so daß der Unterricht in der Elektrizitätslehre daran nicht vorbeigehen kann. Obwohl eine Reihe unschwer durchführbarer Versuchsanordnungen die experimentellen Unterlagen hierzu liefern kann, sei im folgenden auf eine Ausführung des Versuches hingewiesen, die den Vorzug unmittelbaren Bezuges auf die Beleuchtungstechnik hat und außerdem eine



sehr eindrucksvolle praktische Bestätigung der KIRCHHOFFSchen Verteilungsgesetze liefert, sowie das Verständnis für elektrische Fernthermometer, für Eisen-Vorschaltwiderstände an Elektronenröhren u. ä. Anordnungen fördert. Die Schaltweise ist zwar durchaus nicht neu, aber doch auch nicht allgemein bekannt, so daß ihre Mitteilung an dieser Stelle wohl gerechtfertigt erscheint.

Mit der WHEATSTONESchen Brückenschaltung soll der Widerstand von Glühlampen bestimmt werden; es gelingt nun, den Widerstand des Lampenfadens in kaltem und in leuchtendem Zustande zu bestimmen, wenn man in den Zweig, der den unbekanntenen Widerstand enthält, vier Lampen einbaut, die für sich wieder nach Art einer WHEATSTONESchen Schaltung angeordnet sind. In C und D (siehe die Figur) wird die Netzspannung zugeführt, in A und B werden die Drähte zur Meßeinrichtung angeschlossen. Es verfehlt nun bei Schülern nie seinen Eindruck, daß die Zuführung des Netzstromes dem u. U. hochempfindlichen Galvanometer des Brückenweiges keinen Schaden zufügt; die Widerstandsänderung in W_1 kommt dagegen sehr deutlich zum Ausdruck.

Bei Verwendung von vier einzelnen Lampen ist es ratsam, durch vorhergegangene genaue Widerstandsbestimmungen ihre völlige Gleichwertigkeit zu prüfen; man wird dann zweckmäßig auf einem Brett vier Fassungen befestigen, in denen dann nach Belieben Metallfaden- und Kohlefadenlampen verwendet werden können, um den positiven bzw. negativen Temperaturkoeffizienten zu demonstrieren. In einfacher Weise gelingt der Versuch mit einer elektrischen Weihnachtsbaumbeleuchtung. Ohne Beschädigung der Schnur können in A und B die Kontakte schon durch Stecknadeln hergestellt werden, die in die Litze gestochen werden. In jedem Zweige AC , CB , BD , DA befinden sich dann vier einzelne Kerzen. Die zur Verfügung stehende Netzspannung betrug 110 Volt, so daß eine auf 220 Volt eingerichtete Beleuchtung in zwei parallelen Zweigen zu je 8 Lampen bei voller Belastung gebrannt wurde. Dabei wurde mittels Doppelsteckers der Strom bei C beiden Zweigen zugeführt; bei D wurde wieder mit einer Nadel angeschaltet. Beträgt die Netzspannung 220 Volt, so müssen allerdings, um volle Leuchtstärke zu erhalten, zwei Beleuchtungseinrichtungen verwendet werden. Im allgemeinen lassen diese sich durch die Schüler leicht beschaffen; sonst kommt der Effekt der Widerstandsänderung auch deutlich zum Ausdruck, wenn die Lampen nur mit halber Spannung, also rotglühend, brennen.

Hier seien zwei in Schülerübungen angestellte Versuchsreihen angeführt:

| Zimmertemperatur 18° C | | | | Zimmertemperatur 10° C | | | | | |
|------------------------|--------------|--------|---------|------------------------|--------|-------------|---------|---------|-----------------|
| W_2 | l_3 | l_4 | W_1 | W_2 | l_3 | l_4 | W_1 | | |
| kalt { | 210 Ω | 6,3 cm | 43,7 cm | 30,27 Ω | kalt { | 29 Ω | 25,1 cm | 24,9 cm | 29,235 Ω |
| | 30 „ | 25,1 „ | 24,9 „ | 30,24 „ | | 19 „ | 30,3 „ | 19,7 „ | 29,22 „ |
| | 20 „ | 30,1 „ | 19,9 „ | 30,23 „ | | 300 „ | 24,65 „ | 25,35 „ | 308,5 „ |
| heiß { | 210 „ | 30,0 „ | 20,9 „ | 315 „ | heiß { | 310 „ | 25,04 „ | 24,96 „ | 309,0 „ |
| | 60 „ | 42,0 „ | 8,0 „ | 315 „ | | 290 „ | 24,2 „ | 25,8 „ | 309,2 „ |

Widerstand einer Lampe im Mittel:

$$\text{kalt: } \frac{30,24 \cdot 2}{8} = 7,56 \Omega$$

$$\text{kalt: } \frac{29,23 \cdot 2}{8} = 7,31 \Omega$$

$$\text{heiß: } \frac{315 \cdot 2}{8} = 78,75 \Omega$$

$$\text{heiß: } \frac{308,9 \cdot 2}{8} = 77,23 \Omega$$

Das Anwachsen des Widerstandes auf den mehr als zehnfachen Wert macht einen sehr starken Eindruck und gibt ein unmittelbares Verständnis für den notwendigen Impuls des Elektrizitätszählers im Hausgebrauch beim Einschalten des Stromes, für das gelegentliche Durchbrennen von Sicherungen ohne erkennbare Ursache usw.

Das Verhältnis der Widerstände kalt: heiß ergibt sich bei der ersten Versuchsreihe zu 1 : 10,42, bei der zweiten 1 : 10,57; die Werte stimmen also auf 1,5 v. H. miteinander überein, was in Rücksicht darauf, daß beide Reihen von verschiedenen (ungeübten) Beobachtern angestellt wurden, nicht ganz schlecht ist. Für den Draht (ungefüllten) Lampen gibt die Osram-Gesellschaft¹ den Wert 1 : 11,7 für das Widerstandsverhältnis an, wobei zu bemerken ist, daß dieser Draht eine andere Zusammensetzung hat als der untersuchte.

Aus dem Unterschiede der Ausgangstemperaturen von etwa 8° C läßt sich der Temperaturkoeffizient ermitteln, der entsprechend dem allgemeinen Gebrauch in Prozenten pro Grad angegeben werden möge. Man findet ihn bei der Widerstands-differenz 7,56 - 7,31 = 0,25 Ω zu 0,031 Ω auf 1° C, oder bezogen auf den Widerstand bei 10° C zu 0,424 v. H. Die Osram-Gesellschaft¹ gibt für reinen Wolframdraht den Wert 0,48 v. H. an. Da der Temperaturkoeffizient des Wolframs fast geradlinig verläuft, kann hieraus sogar die Heiztemperatur des Lampendrahtes angenähert ermittelt werden; sie ergibt sich nach der Gleichung:

$$t = \frac{(W_2 - W_1) \cdot 100}{W_1 \cdot 0,424}$$

zu 2221° abs. oder 1948° C für die erste, zu 1982° C für die zweite Versuchsreihe. Bei normalen Glühlampen fallen die Werte etwas anders aus, da sowohl Material als auch Heiztemperatur von der der Baumbeleuchtung abweichen.

Für den Fall, daß zu dem Versuch Lampen hintereinander geschaltet werden müssen, deren Nennspannung der verfügbaren Betriebsspannung gleich ist, so daß sie nur mit halber Belastung brennen, sei angeführt, daß der Widerstand bei halber Spannung beträgt:

für die luftleere Osramlampe 77 v. H.

für die gasgefüllte Osramlampe 66 v. H.¹

des Widerstandes bei voller Belastung.

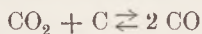
¹ Diese Angabe verdanke ich einer Mitteilung der Osram-Gesellschaft Berlin O.

Der Zerfall des Kohlenoxyds an Eisen und Eisenoxyden.

Von Prof. Dr. P. Rischbieth in Hamburg.

Während die Generatorgasgleichung — auch wohl „Vergasung“ der Kohle genannt — entsprechend ihrer technischen Bedeutung im Unterricht gebührend gewürdigt, auch durch Versuche bestätigt wird, kann man das von dem umgekehrten Vorgang, den man analog die „Verfestigung gasförmiger Kohle“ nennen könnte, nicht behaupten. Noch weniger ist ein Unterrichts- oder Vorlesungsversuch bekannt, der diesen theoretisch interessanten und für die Hochofentechnik bedeutungsvollen Vorgang veranschaulicht.

Beide Prozesse lassen sich als umkehrbare Vorgänge durch die Gleichung



darstellen, wobei der von links nach rechts verlaufende Vorgang endotherm, somit der umgekehrte exotherm verläuft. Wie bei allen umkehrbaren Prozessen muß sich

auch hier ein chemisches Gleichgewicht einstellen, das von Druck und Temperatur abhängig ist. Selbstverständlich kann, wenn die Temperatur unter eine gewisse Grenze sinkt, die Reaktionsgeschwindigkeit so gering werden, daß das Gleichgewicht „einfriert“.

Die erste Besonderheit des von rechts nach links gerichteten Vorganges ist nun die, daß er nicht spontan verläuft, sondern an Katalysatoren, wie Eisen und Eisenoxyde gebunden ist. Wäre ersteres der Fall, so müßte eine erhitzte Glasröhre, durch die man Kohlenoxyd leitet, sich im Innern mit einer Kohleschicht überziehen, was nicht beobachtet ist. Ganz anders aber wird es, wenn die Röhre reines

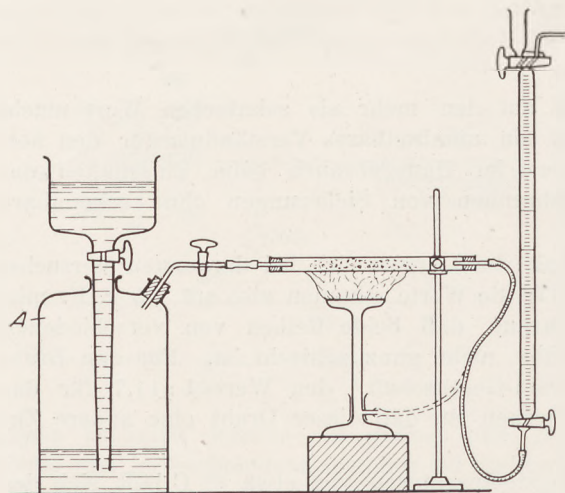


Fig. 1.

Eisen oder Eisenoxyd enthält. Im letzteren Falle wird das Oxyd von 300° ab zu Eisenoxyduloxyd, dieses von etwa 600° ab zu Eisenoxydul reduziert. Die weiteren Vorgänge mögen zwei Versuche erläutern.

Versuch 1. Der Gasometer A (Fig. 1) enthält Kohlenoxyd, das aus Natriumformiat und konz. Schwefelsäure sich leicht darstellen läßt. Dabei läßt man die Säure aus einem Tropftrichter in kleineren Mengen nach und nach in einen Kolben fließen, der das Formiat enthält. Das zunächst entweichende lufthaltige Gas leitet man in die Abzugsöffnung des Experimentiertisches oder — sehr bequem — in einen Bunsenbrenner, der an der Hülse einen Rohransatz besitzt. Nach einigen Minuten schiebt man den Schlauch des Entwicklungskolbens über das Ableitungsrohr des Gasometers, indem man gleichzeitig den unteren Hahn öffnet. So erhält man leicht 3 l Kohlenoxyd aus wenig mehr als der berechneten Menge Formiat (9 g). Nun verbindet man das Ableitungsrohr des Gasometers mit einer etwa 20 cm langen Quarz- oder Böhmischen Röhre, die in der Mitte zwischen zwei Asbestpfropfen eine 10 cm lange Schicht von Brauneisenerz in abgeseibten 1 bis 2 mm großen Körnchen enthält. Ist die Röhre aus Glas, so wird sie zu ihrem Schutze einmal eng mit Asbestpapier umwickelt, das durch einige Eisendrahtschlingen gehalten wird. Nun erwärmt man langsam die Röhre, wobei bald das chemisch gebundene Wasser des Brauneisenerzes in Strömen von Wasserdampf entweicht. Dann verschließt man das noch offene Ende der Röhre mit einem durchbohrten Stopfen und schiebt über die durch die Bohrung gehende kurze Glasröhre einen etwa 50 cm langen Gummischlauch. Das Erz wird

jetzt durch einen großen Brenner mit Schlitzaufsatz stark erhitzt, während ein langsamer Strom von Kohlenoxyd den Apparat passiert. Das entweichende, aus viel Dioxyd und wenig Monoxyd bestehende Gas leitet man wie oben in die Abzugsöffnung oder in den Bunsenbrenner. Um es analysieren zu können, verbindet man den Schlauch mit der Auslaufspitze einer leeren oder mit dem Ableitungsrohr einer mit Wasser gefüllten Gasbürette. Man führt dann in bekannter Weise das Gas aus der Bürette mit Hilfe des Niveaugefäßes in eine HEMPELSche Gaspipette, die mit konz. Kalilauge gefüllt ist, und zieht es nach Umschütteln in die Bürette zurück. Der Niveauunterschied entspricht dem Volumen des vorhanden gewesenen Kohlendioxyds.

Es ergibt sich nun als merkwürdiges Resultat des Versuches, daß auch nach Reduktion des Eisenoxyds die Menge des Kohlendioxyds kaum oder nur wenig unter 50% des Gases sinkt. Es muß also aus Kohlenoxyd durch Zerfall gebildet sein. Das Eisenoxyduloxyd bzw. Eisenoxydul wirken dabei als Katalysatoren.

| | 1. | | 2. | |
|---------------------------|---------------|---------|---------------|----------|
| | Bürettenstand | Volumen | Bürettenstand | Volumen |
| Gasgemisch | 0 | 100 ccm | 0 | 100 ccm |
| KOH-Pipette | 52,0 | — | 50,4 | — |
| CO ₂ | — | 52 ccm | — | 50,4 ccm |
| Somit CO | — | 48 ccm | — | 49,6 ccm |

Die Geschwindigkeit des Gasstromes war bei diesen Versuchen etwa 1 ccm/Sek. Die ausgeschiedene Kohle hebt sich infolge ihrer dunklen Farbe von dem schwarzblauen Oxyduloxyd wenig ab, kann aber durch Kalkwasser leicht nachgewiesen werden, wenn man nach Beendigung des Versuches Sauerstoff langsam durch die Röhre leitet.

Versuch 2. Um mit einem Apparat nicht nur die „Verfestigung“ der gasförmigen, sondern auch die „Vergasung“ der festen Kohle zu zeigen und so womöglich das Gleichgewicht festzustellen, benutze ich den Apparat Fig. 2. Das Wesentliche ist die Röhre des Versuches 1 mit dem Eisenoxyduloxyd. Sie ist beiderseits mit Stopfen verschlossen, durch die je ein kleines \perp -Rohr geht. Der gerade Weg führt durch je eine Trocken-

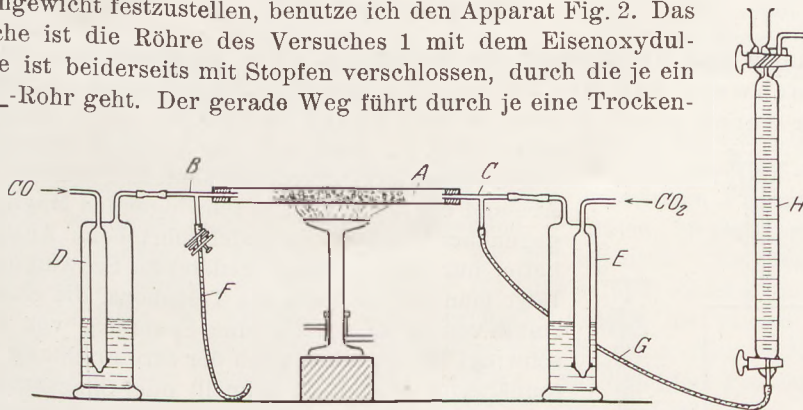


Fig. 2.

flasche mit konz. Schwefelsäure, das eine Mal nach einem Gasometer mit Kohlenoxyd, das andere Mal nach einem KIPP-Apparat für Kohlendioxyd. Von den beiden anderen Wegen ist jedesmal der eine durch einen Quetschhahn gesperrt, der andere führt zu einer Gasbürette oder dem Rohransatz der Brennerhülse. In der in Fig. 2 dargestellten Phase wird Kohlenoxyd in D getrocknet, geht über den erhitzten Katalysator, dann durch den Schlauch G in die Gasbürette oder in den Bunsenbrenner. Will man den Prozeß umkehren, so leitet man Kohlendioxyd durch die Trockenflasche E in die Röhre A, sperrt den Schlauch G ab und verbindet den Schlauch F mit der Bürette. Das Gasgemisch wird wie bei Versuch 1 mit Hilfe der Kalipipette analysiert. Es zeigt sich nun, daß, wenn Kohlenoxyd von rechts nach links durch den Apparat geht,

dieses teilweise unter Ausscheidung von Kohle zerfällt, wie Versuch 1 zeigte, und daß, wenn Kohlendioxyd von links nach rechts die Röhre passiert, dieses unter Vergasung von Kohle teilweise in Kohlenoxyd übergeführt wird. Es zeigt sich ferner, daß das Gasgemisch in beiden Fällen bei der Versuchstemperatur, die man auf 400° bis 500° schätzen kann, nahezu die gleiche Zusammensetzung hat, wie folgende Tabelle erkennen läßt:

| | $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ | | $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ | |
|-------------------------|---|----------|---|----------|
| | Bürettenstand | Volumen | Bürettenstand | Volumen |
| Gasgemisch | 0 | 100 ccm | 0 | 100 ccm |
| KOH-Pipette | 52,0 | — | 47,2 | — |
| CO_2 | — | 52,0 ccm | — | 47,2 ccm |
| CO | — | 48,0 ccm | — | 52,8 ccm |

Aus der Literatur des Hochofenprozesses mag beiläufig angeführt werden, daß gelegentlich im oberen Teile des Schachtes sich Kohlenoxydkohle in solchen gewaltigen Mengen ausscheidet, daß sie alle Spalten und Risse der Erze verstopft, das Hinzutreten der reduzierenden Gase verhindert und schweren „Rohgang“ des Ofens herbeiführt. Es sind ferner Erzstückchen aus Hochofen bekannt, bei denen das Gewicht solcher Kohle das des Erzes um das Vielfache übertrifft, woraus man ganz im Sinne der Katalysatorwirkung folgern kann, daß ein bestimmtes Gewichtsverhältnis zwischen Erz und Kohlenoxydkohle nicht besteht. Das Wesentlichste aber ist, daß erst dieser Prozeß das Verständnis dafür bringt, wie es möglich ist, daß Kohlenstoff durch den ganzen Schacht hindurch in innige Berührung mit den kleinsten Erzteilchen gelangt. Viele sehen in der Legierung dieser Kohle mit dem Eisen den sog. „Kohlungsvorgang“ des Eisens.

Für die Praxis.

Versuche zum Verständnis des Telephons. Von **K. Hauschulz** in Potsdam.

1. Nachweis, daß die Feldstärke des Stahlmagneten im BELLschen Telephon durch einen Strom in der Spule verstärkt oder geschwächt wird (Fig. 1). Dem mit der Spule S versehenen Pol des auseinandergenommenen Modells T wird in 2 bis 3 cm Abstand ein Pol einer frei schwingenden Magnetnadel N gegenübergestellt. Die Nadel führt beim Anstoßen lebhaft, nur sehr schwach gedämpfte Schwingungen aus. Legt man an die Spule des Telephons, die einen Widerstand von $60\ \Omega$ besitzt, eine Spannung von 4 Volt, so schwingt die Nadel je nach der Stromrichtung schneller (annähernd doppelt so schnell) oder langsamer.

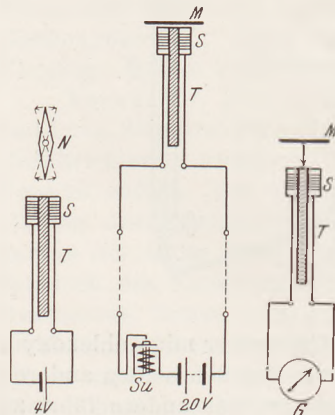


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

2. Nachweis, daß die Telephonmembran durch periodische Stromstöße zum Schwingen kommt (Fig. 2). Das zusammengesetzte BELLsche Telephon T wird an das eine Ende einer Doppelleitung gelegt, die in ein anderes Zimmer führt. Hier wird ein Summer Su nebst einer Stromquelle von 20 Volt angeschlossen. Beim Einschalten des Stroms ertönt das BELLsche Telephon hinreichend laut, so daß der Ton auf allen Plätzen gehört werden kann. Mit einem lautsprechendem Telephon ist der Versuch natürlich noch erheblich eindrucksvoller. Man braucht dann nur 4 Volt.

3. Nachweis, daß durch Bewegungen der Membran in der Spule des BELLschen Telephons Stromstöße induziert werden (Fig. 3). Das auseinander-

genommene Telephon T wird an das Spiegelgalvanometer G angeschlossen. Nähert man die in der Hand gehaltene Membran M schnell der Spule, so zeigt das Galvanometer einen kräftigen Ausschlag, der sich beim Entfernen umkehrt.

Einfache Reduktionsversuche. Von Dr. E. H. J. Mager in Vegesack (Bremen).

1. Kochendes Wasser wird durch Zink zu Wasserstoff reduziert. In einem halb mit Wasser gefüllten Literkolben wird ein Löffel voll Zinkstaub gekocht. Ein Ableitungsrohr mündet unter Wasser in eine pneumatische Wanne. Wenn keine Luftblasen mehr aufsteigen und das Wasser stark kocht, schiebe man ein eingespanntes Reagenzglas über die Mündung des Ableitungsrohres. Ganz kleine Gasbläschen sammeln sich im Reagenzglas und haben es nach $\frac{1}{2}$ stündigem Kochen fast gefüllt. Durch Anzünden erweist sich das aufgefangene Gas als Wasserstoff. Der Versuch wird sonst so gemacht, daß das Zink im Verbrennungsrohr stark erhitzt und Wasserdampf darüber geleitet wird (ARENDE-DOERMER 1925, S. 242). Hier geschieht die Reduktion langsam bei 100° ¹.

2. Kupferoxyd wird durch Eisenstaub reduziert. Ein Porzellantiegel wird mit einer Mischung von 2 Teilen Eisenstaub und 3 Teilen gepulvertem Kupferoxyd gefüllt und bedeckt. Man erhitze und warte, bis ein durch die Tiegelwandung hindurch sichtbares Aufglühen erfolgt. Man entferne sofort die Flamme, lasse das Fortschreiten des Aufglühens beobachten und lasse den Tiegel bedeckt völlig erkalten. Die erkaltete Masse fällt aus dem Tiegel leicht heraus. Man zerbröckele sie in der Hand, reiche sie in einer Porzellanschale herum und lasse das blauschwarze Eisenoxyd und die roten Kupfertröpfchen betrachten.

3. Kupferoxyd wird durch Holzkohle reduziert. Ein Porzellantiegel wird zu $\frac{3}{4}$ mit gepulvertem und gesiebttem Holzkohlenstaub gefüllt und drahtförmiges Kupferoxyd darunter gemischt. Man bedeckt und glüht mit kräftiger Flamme. Eine Gasentwicklung setzt ein, die Kohleteilchen herausprühen läßt. Man läßt dann bedeckt erkalten, gibt den Tiegelinhalt auf ein Drahtsieb, schüttelt über einer großen Schale den stark schmutzenden Kohlenstaub durch und gibt in einer Porzellanschale die schön rot gefärbten Kupferstückchen herum.

4. Kupferoxyd wird durch Leuchtgas reduziert. An einen Gasschlauch stecke man ein etwas verjüngtes, weites, 15 cm langes Glasrohr, fasse es in die linke Hand und entzünde bei $\frac{1}{4}$ geöffnetem Gashahn eine fingerlange Flamme. In der rechten Hand halte man einen in das Rohr passenden, schmalen, 25 cm langen Streifen blankes Schablonenkupfer und oxydiere ihn an der Flamme. An der seitlichen Flammenwand bringe man ihn nun wieder ins Glühen und schiebe ihn allmählich in den inneren Kern der Flamme. Beim Durchgehen durch die innere Wand der Flamme sieht man den Oxydüberzug verschwinden und die reine, hellrote Kupferfarbe wieder erscheinen. Die Flamme darf nicht flackern. Nach einigem Probieren gelingt es, den Streifen sauber reduziert in das Glasrohr hineinzubefördern. Nach dem Löschen der Flamme kann man ihn unbeschädigt herausholen. Der Versuch zeigt, daß der Gehalt des Leuchtgases an reduzierenden Gasen so groß ist, daß er wie reiner Wasserstoff reduzieren kann. Schülerübung.

5. Kupfer-2-chlorid wird durch Kupfer zu Kupfer-1-chlorid reduziert. Ein Reagenzglas wird 3 bis 4 cm hoch mit konzentrierter Salzsäure gefüllt und eine Messerspitze Kupfer-2-chlorid dazugesetzt. Es löst sich mit tiefbrauner Farbe in der Salzsäure. Man füge einen haselnußgroßen Knäuel von feinen Kupferspänen (Kupferwolle) hinzu, koche kräftig und schüttele gut, um ein Herauspritzen zu vermeiden. Nach 1 bis 2 Minuten verschwindet die tiefbraune Färbung ziemlich unvermittelt, und die Lösung wird fast wasserklar. Mit einem hakenförmigen Kupfer-

¹ Anmerkung der Schriftleitung: Mit Eisenpulver (Ferrum reductum) verläuft der Versuch ebenso.

draht entfernt man die Kupferspäne und gibt einige Tropfen der Lösung sofort in ein großes Glas mit Wasser. Eine weiße Fällung von Kupfer-1-chlorid wird sichtbar. Das Reagenzglas kühle man durch Eintauchen in Wasser ab. Stark glänzende Kriställchen von Kupfer-1-chlorid erscheinen in der Lösung. Kupfer-1-chlorid ist also löslich in heißer Salzsäure, unlöslich in Wasser und gleicht in dieser Unlöslichkeit und in der Farbe seines Niederschlages dem Silberchlorid. Siehe auch KARL A. HOFMANN, Lehrbuch der Chemie 1924, S. 536.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Schulversuche zur Radioaktivität des Poloniums (RaF). Von FRIEDRICH HOFMANN in Altenburg (Thür.), Oberrealschule.

Erst THEODOR WULF hat in dieser Zeitschrift¹ und in dem Buch „Elektrostatische Versuche mit Anwendung des Universalelektroskops“² eine Reihe von Versuchen angegeben, die es dem Lehrer

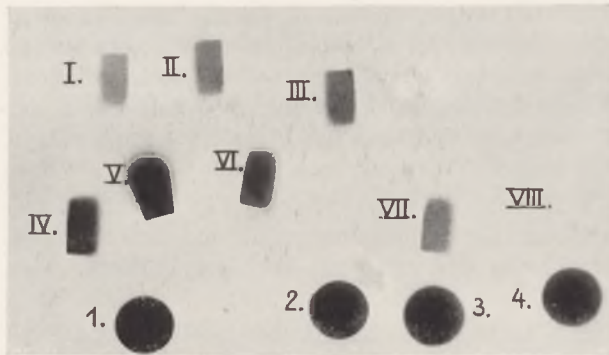


Fig. 1.

ermöglichen, messende Versuche bei der Behandlung der Radioaktivität im Unterricht durchzuführen. Diese Versuche gehören zu den schönsten Lehrerversuchen, die man in Prima ausführen kann. Angeregt durch die Veröffentlichungen TH. WULFS schien es dem Verf. doch wertvoll, Schulversuche mit Polonium (Po = RaF) anzustellen, über die im folgenden kurz berichtet wird.

Das bei diesen Versuchen verwendete Po wurde bezogen von der Chininfabrik Buchler & Cie. in Braunschweig; alle Versuche wurden ausgeführt mit einer Menge, die 10 RM kostete und als schmutzig-grauer, $\frac{1}{2}$ cm² großer Belag auf einem Kupferblechstreifen (5 × 0,5 cm) elektrolytisch niedergeschlagen ist. Das Po-Präparat hatte anfangs eine Stärke, die etwa den doppelten Ionisationsstrom lieferte wie das immer als Vergleichspräparat benutzte Radiumpräparat (Leybolds Nachf., Köln, Nr. 16208; 10 RM.) Die Photographie (Fig. 1) wurde rund 100 Tage nach dem Bezug des Präparats angefertigt.

¹ THEODOR WULF: Diese Zeitschr. **36**, S. 245 (1923); **38**, S. 217 u. 222 (1925); **41**, S. 70 (1928).

² Verlag Dümmler in Berlin und Bonn 1928.

I. Eigenschaften¹. Das jetzt als radioaktives Element anerkannte Polonium ist als überhaupt erster radioaktiver Stoff nach dem Bericht vom 18. 7. 1898 von PIERRE und MARJA CURIE mit der Wismut enthaltenden Fraktion aus dem Uranpecherz von Joachimstal in Böhmen abgeschieden worden. Neben dem Namen Polonium ist die Bezeichnung RaF für den in das natürliche System der Elemente mit der Ordnungszahl 84 und dem Atomgewicht 210 eingereihten Stoff gebräuchlich. Po = RaF ist das vorletzte Zerfallsprodukt der Radiumreihe und zerfällt mit der Halbwertszeit $T = 140$ Tage (136,5 Tage) in RaG = Radioblei und Helium. Chemische Untersuchungen haben ergeben, daß Po in seinen Eigenschaften mehr dem Tellur als dem Wismut ähnlich ist. Po ist isotrop mit RaA, ThA und AcA. Po ist ein reiner Alphastrahler², es sendet nur diese Strahlen aus, deren Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 1,59 \cdot 10^9$ cm/sec bestimmt werden konnte. Die Reichweite der Alphastrahlen des Po ist oft gemessen worden: R_0 (bei 760 mm Druck und 0°C in Luft) 3,72 cm, R_{15} (bei 760 mm Druck und 15°C in Luft) 3,92 cm; R_0 in Wasserstoff ~ 16 cm, R_0 in Kohlendioxyd $\sim 2,4$ cm.

II. Nachweis der Alphastrahlen des Po a) mit Leuchtmasse, b) durch Photographie.

a) Die Alphastrahlen des Po vermögen nicht die Papierunterlage der Leuchtmassen (Zinksulfid) zu durchdringen. Hält man also das Präparat hinter einen Zinksulfidschirm, so tritt keine Erregung der Leuchtmasse ein. Sehr gut sichtbar, mit an Dunkelheit gewöhnten Augen auf Entfernungen bis zu 2 m, ist jedoch die Leuchterscheinung, wenn man das Po schräg vor den Schirm hält. Bei Betrachtung mit einer Lupe löst sich am Rande die kräftige Leuchterscheinung in einzelne Lichtblitze auf (Spinthariskop). Die gleichen Versuche werden dann mit dem Radiumpräparat (LEYBOLD Nr. 16208) ausgeführt. Es ergibt sich, daß jetzt die Leuchtmasse in beiden

¹ Nach ST. MEYER und E. SCHWEIDLER: Radioaktivität. 2. Aufl. S. 446 f. Leipzig 1927.

² Die sehr schwache, von RUSSEL und CHADWICK gefundene Gammastrahlung kann unberücksichtigt bleiben.

Fällen zum Leuchten gebracht wird, da die Beta- und Gammastrahlen vom Papier kaum aufgehalten werden.

b) Das benutzte Po-Präparat wirkt, direkt auf die Schicht einer Photoplatte gelegt, bereits in weniger als 10 Sekunden unter merklicher Schwärzung, die man beim Entwickeln erkennt, ein. Als Photoplaten wurden mit gutem Erfolg benutzt: Agfa-Röntgenplatten, Eisenberger Ultrarapid 23° Sch., Herzog Isodux 23° Sch. u. a. Die Belichtungszeiten, die z. B. JANSS¹ und P. HANCK² bei radioaktiven Versuchen mit Tagen und Wochen angeben, können demnach bei Verwendung der Po- und Ra-Präparate auf Sekunden und wenige Minuten herabgedrückt werden. Im wahlfreien Übungsunterricht wurden von Schülern ähnliche Ergebnisse erzielt wie Fig. 1 zeigt. Fig. 1 ist der Abdruck eines Diapositivs einer Photoplatte, auf der insgesamt 12 Versuche wiedergegeben sind. Nr. I–VIII wurden mit dem $\frac{1}{2}$ cm² großen Po-Präparat, Nr. 1–4 mit dem bereits erwähnten Radiumpräparat ausgeführt. Nr. I, II, III, IV, V, zeigen die Schwärzung nach 10, 20, 30, 60, 180 Sekunden; Nr. 1 die Schwärzung nach 5 Minuten. Bei den Versuchen Nr. VI und Nr. 2 lag zwischen der Schicht und den Präparaten eine Aluminiumfolie von 0,01 mm Dicke, bei Nr. VII und Nr. 3 eine Folie von 0,0138 mm Dicke. Nr. VIII zeigt im Gegensatz zu Nr. 4 keine Schwärzung mehr, da als Zwischenmittel Aluminium von 2.0,0138 = 0,0276 mm Dicke benutzt wurde. Aluminium hält demnach in einer Stärke von 0,0276 mm die Alphastrahlen des Po vollständig auf; Nr. 4 zeigt daher die allein durch Beta- und Gammastrahlen des Radiums bewirkte Schwärzung der Photoplatte. Die Belichtungszeiten betragen bei Nr. VI–VIII je 3 Minuten, bei Nr. 2–4 je 5 Minuten. Die Dicke der Aluminiumfolien wurde durch Wägung von Schülern bestimmt und vom Verf. nachgeprüft. Die hier angedeuteten Versuche lassen sich vielfach verändern hinsichtlich Belichtungszeiten und Zwischenmitteln.

W. MICHL³ schildert ein höchst einfaches Verfahren, um die geradlinigen Bahnspuren der Alphastrahlen des Poloniums an den Silberkörnchen einer feinkörnigen Photoplatte (photomechanische Platte 6–7° Sch. früher Jahr, Dresden, jetzt Hersteller Firma Kahlbaum-Schering in Berlin-Adlershof) sichtbar zu machen. Nach Angaben MICHLs gelingt es leicht, durch vorsichtiges Abstreichen geringer Po-Spuren die Spitze einer Nadel zu aktivieren. Der unsichtbare Po-Staub wird teilweise beim Durchstechen einer Aluminiumfolie an den aufgebogenen Rändern des so mehrfach durchlöcherten Aluminiums hängen bleiben. Dann legt man in der Dunkelkammer, am besten bei völliger Dunkelheit, die Seite des Aluminiums mit den Lochrändern unmittelbar auf die Schicht einer photo-

mechanischen Platte und zur Beschwerung eine gewöhnliche Glasplatte darüber. In 6 Stunden haben die Po-Spuren auf das in schwarzes Papier verpackte Plattenpaar mit der Aluminiumzwischen-schicht ausreichend eingewirkt. Die Entwicklung der belichteten Platte findet dann am besten nach Zeit in völliger Dunkelheit statt, um Schleierbildung auszuschalten. Erst nach dem Trocknen sieht man bereits mit bloßem Auge feine Schwärzungspunkte auf der Photoplatte. Unter dem Mikroskop (400fach lin. Vergr.) erkennt man die geradlinigen, aus einzelnen Silberkörnchen gebildeten Bahnspuren der Alphastrahlen des Po („Sonnen“).

III. Versuche mit der WILSON-Kammer nach TH. WULF. TH. WULF hat uns in zwei Abhandlungen¹ gelehrt, wie es mit einfachen Mitteln möglich ist, die Ionisationsversuche nach C. T. R. WILSON in einer Nebelkammer auszuführen. Nachdem der Verf. so nach den genauen Angaben WULFs eine gut arbeitende WILSON-Kammer gebaut und mit einem passenden, lackierten Ra-Präparat (von Leybold-Köln, 3 RM.) versehen hatte, entstand das Bedürfnis, in die Kammer zur Abwechslung Po-Präparate einzubauen. Es wurde deshalb eine neue Nebelkammer nach WILSON und WULF angefertigt, die an der Vorderseite eine Metallverschraubung (9 cm lichte Weite) mit dem aufgeklippten Glasfenster hat. Die gasdichte Abdichtung gelang leicht durch die guten Metallschliffstellen und reichliche Schmierung der Gewindezüge und des Schiffs mit Vaseline. Von dem ursprünglich $\frac{1}{2}$ cm² großen Po-Präparat wurde ein etwa 3 mm² großer Streifen abgeschnitten und daraus zwei verschiedene, kleine Stücke hergestellt. Das eine Präparat zeigte in der Nebelkammer durchschnittlich 5–6 Atom-bahnen, das größere Präparat etwa 15 Bahnen. Die Kapazität der Metallverschraubung gestattet es unmittelbar vor der Entspannung, die angelegte, entionisierende, elektrische Spannung (110 Volt) abzuschalten.

IV. Bestimmung der Reichweite der Alphastrahlen des Po nach K. PRZIBRAM². Die Reichweite ist dem Druck verkehrt, der absoluten Temperatur direkt proportional. Die Länge der Nebelstreifen in der Kammer nach WULF ist abhängig vom Druck, der immer wesentlich niedriger als 1 Atm. ist. Die objektive Darstellung der Reichweite der Alphastrahlen des Po gelingt jedoch leicht auch in der Projektion bei Benutzung einer Ionisationskammer nach K. PRZIBRAM².

Entsprechend dem vorhandenen Po-Präparat wurde eine solche Kammer selbst gefertigt (Fig. 2). Ein längszersägtes, rechteckiges Formstück aus Messing lieferte die beiden \square -förmigen Kondensatorplatten C_1 , C_2 (14 mm breit, 100 mm lang, 1 mm dick mit 1 mm hohem Rand). Die untere Platte C_2 trägt mit Pizein befestigt das Trolitstück T mit der Aussparung A (6×14 mm), die

¹ JANSS: Diese Zeitschr. 35, S. 74, (1922).

² P. HANCK: Diese Zeitschr. 34, S. 260 (1921).

³ W. MICHL: Berichte d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien 121, S. 1431 (1912) u. 123, S. 1955 (1914).

¹ TH. WULF: Diese Zeitschr. 36, S. 245 (1923) u. 41, S. 70 (1928).

² K. PRZIBRAM: Berichte d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien 121, S. 221 (1912).

Pizeinkittung P mit dem Glasrohr G , sowie die aus Glasstreifen (6×100 mm) gefertigten Seitenfenster. Diese sind unten mit Pizein an der Platte C_2 senkrecht befestigt. Die obere Kondensatorplatte C_1 dient als lose schließender, übergreifender Deckel auf den Glasstreifen. S_1 und S_2 sind festgelötete Polklemmen, K ist ein Korkstück zum Festhalten des ganzen Apparats in der Klemme eines Stativs. H ist ein aus dünnem Kupferblech gefertigter Halter, der das Po-Präparat zwischen H und T einzuschieben gestattet. Statt des von K. PRZIBRAM empfohlenen

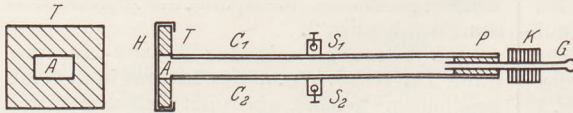


Fig. 2.

Salmiaknebels benutzt der Verf. mit gutem Erfolg Tabaksrauch zur Füllung der Kammer. Rauch einer Zigarette wird über ein mit Watte gefülltes Glasmundstück und eine Schlauchverbindung mit Quetschhahn durch G in die Kammer geleitet. Überschüssiger Rauch entweicht durch die schmalen Zwischenräume am Deckel. Der Kondensator ist dann an die Netzspannung (220 Volt Gleichstrom) anzuschließen. Der dichte Tabaksrauch verliert sich zum größten Teil durch die entstäubende Wirkung des elektrischen Feldes; ein zarter Rauchsleier, der auch in der Projektion sichtbar ist, bleibt zurück. Im Bereiche der Alphastrahlen jedoch verschwindet allmählich auch dieser zarte Rauchsleier. In wenigen

Sekunden ist der linke Teil der Kammer bei A bis fast zur Mitte vollständig klar geworden, während die rechte Hälfte ihren Rauchsleier behält. Die Grenze ist scharf und liegt 4 cm vom Po-Präparat entfernt.

V. Die Hörbarmachung des Atomzerfalls. TH. WULF¹ und H. GREINACHER² haben darüber ausführlich berichtet. Es bleibt noch nachzutragen, daß der Zerfall mit dem handelsüblichen Rundfunkgerät einem größeren Zuhörerkreis im Lautsprecher vernehmbar zu machen ist. Nachdem man das Rundfunkgerät mit einem Luftleiter lautstark auf den nächsten Sender eingestellt hat, beseitigt man den Anschluß des Luftleiters und schließt statt dessen die Hülle einer GEIGERSCHEN Spitzenkammer (Leybolds Nachf., Köln, Nr. 16149) an. Bei Näherung eines Ra- oder Po-Präparates geringer Stärke hört man dann die Atomvorgänge durch Lautsprecher. Die Säuberung der Spitze (Grammophonadel) geschieht zweckmäßig durch Abwischen mit Aluminiumfolie, die mit Benzin benetzt ist.

„Fagul“, Fabrik für Glasinstrumente und Laborbedarf, Altenburg, Thür., Leipziger Str. 57/59, ist bereit, die Glasteile und die Metallverschraubung zum Aufbau einer Nebelkammer nach TH. WULF und die fertige Kammer nach K. PRZIBRAM zu liefern.

¹ TH. WULF: Diese Zeitschr. 38, S. 2 (1925).

² H. GREINACHER: Neujahrsbl. d. Natf.-Ges. Zürich 1924; ref. diese Zeitschr. 37, S. 193 (1924).

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Der Zusammenbruch der Dschäbir-Legende¹. Bei den alten Völkern Ägyptens und Vorderasiens waren Wissenschaft und Götterglauben zu einer Einheit verschmolzen: man erstrebte technische Kenntnisse, die nutzbringend verwertbar waren, und man glaubte an einen Zusammenhang zwischen den Vorgängen am Himmel und den irdischen Ereignissen. Die Griechen haben den Orientalen wahrscheinlich ungezählte praktische Erfahrungen zu verdanken, aber den Ballast des Zauber- und Dämonen-Glaubens übernahmen sie nicht mit. Das übernommene Gut entwickelten die Griechen selbständig weiter zu echter Wissenschaft: sie suchten die Wahrheit um ihrer selbst willen. Nach dem Siegeszuge Alexanders des Großen ergoß sich die griechische Wissenschaft über die neu entstandenen Reiche der Ptolemäer in Ägypten und der Seleukiden in Asien. Die griechische Kultur ging auf in den altorientali-

schen: die reine Wissenschaft mischte sich mit den Mysterien der Ägypter, Juden, Babylonier, Perser und Inder; dabei entstanden als Geschwister die Afterswissenschaftlichen Alchemie und Astrologie. Diese beschäftigte sich mit dem Geheimwissen von den Dingen und Vorgängen in der oberen Welt, jene mit dem Geheimwissen der unteren Welt. Nach Europa kam dieses seltsame Gemisch aus Wissen und Mystik durch die Araber. Ihre Schriften hielten jahrhundertlang die abendländischen Gelehrten im Bann.

Als Begründer der arabischen Alchemie genoß DSCHÄBIR — in Europa GEBER genannt — so großes Ansehen, daß die Alchemisten des Mittelalters stets auf seine Schriften verwiesen. Man bezeichnete GEBER als den Verfasser wertvoller lateinischer Schriften über die Bereitung des Elixiers, insbesondere der Summa perfectionis magisterii (Das gesamte Wissen von der Bereitung des großen Meisterstückes)¹. Man glaubte, daß diese Bücher aus dem Arabischen übersetzt seien, und daß ihr Verfasser im 8. Jahrhundert entweder in Sevilla oder im Orient gelebt und gelehrt habe. Als man in neuer Zeit anfang, sich

¹ Dritter Jahresbericht des Forschungs-Instituts für Geschichte der Naturwissenschaften in Berlin. Mit einer wissenschaftlichen Beilage: **Der Zusammenbruch der Dschäbir-Legende.** Die bisherigen Versuche, das Dschäbir-Problem zu lösen, von JULIUS RUSKA. Dschäbir Ibn Hajjān und die Isma'īlijja, von PAUL KRAUS. Berlin: Julius Springer 1930.

¹ „Die Alchemie des Geber“, übersetzt und erklärt von Dr. E. DARMSTAEDTER. Berlin: Julius Springer 1922.

wieder mit den Quellen zu beschäftigen und die Geschichte der Alchemie kritisch zu betrachten, sah man verwundert, daß diese angeblich alte Alchemie der Araber in der Summa weit höher stand als die lateinische Alchemie des 13. Jahrhunderts. Aus diesem Befund schlossen KOPP¹ und BERTHELOT², daß die lateinischen GEBER-Schriften nicht von dem Araber DSCHÄBIR herühren können, sondern wahrscheinlich im 13. Jahrhundert gefälscht und untergeschoben worden sind. Wer diese lateinischen Werke geschrieben hat, ist bis heute noch unbekannt.

Über die Persönlichkeit des echten arabischen GEBER — richtiger DSCHÄBIR — gaben die verlässlichen Quellen nur ungenügend Auskunft. Es ist bezeichnend, daß schon im Jahre 987 IBN AL NADIM in seinem Fihrist sagte: „Die Leute widersprechen sich in ihren Nachrichten über ihn. Die Schiiten behaupten, er sei einer ihrer Großen und Führer . . . Eine Anzahl von Gelehrten und Bücherkennern hat mir aber versichert, daß dieser DSCHÄBIR niemals gelebt hat“³. Immerhin schien die Annahme berechtigt zu sein, daß DSCHÄBIR mit den mächtigen Barmakiden und den Führern der Schia, d. h. der persischen, den Omajjaden der feindlichen Richtung im Islam, insbesondere mit dem Imām DSCHA'FAR in engen Beziehungen gestanden hat.

Unterstützt durch den Orientalisten HOUDAS hat BERTHELOT als erster arabische Originalschriften des echten DSCHÄBIR veröffentlicht. Sie zeigten einen so weiten Abstand von den lateinischen GEBER-Schriften, daß BERTHELOT einen Zusammenhang für ausgeschlossen hielt. Dreißig Jahre später wurde die DSCHÄBIR-Frage von neuem in Angriff genommen: 1922 durch ERIC JOHN HOLMYARD (Bristol) und 1923 durch JULIUS RUSKA. Jener war in den Besitz einer indischen Sammlung von DSCHÄBIR-Schriften gekommen, die er 1928 veröffentlichte; dieser erhielt durch Dr. M. MEYERHOF aus Kairo Kopien umfangreicher Handschriften, die vollkommen neue Grundlagen boten. Während HOLMYARD der arabischen Überlieferung folgte und wie diese den Imām DSCHA'FAR zum Lehrer DSCHÄBIRS in allen wissenschaftlichen Dingen machte, nannte RUSKA „jeden Text, der in aufdringlicher Weise die Namen DSCHA'FAR und DSCHÄBIR zusammenbringt, verdächtig“⁴ und erklärte alle Beziehungen dieser Art für schiitische Legende des 9. und 10. Jahrhunderts; er hielt nur daran fest, daß DSCHÄBIR im 8. Jahrhundert gelebt habe.

Im Laufe des Winters 1929/30 hat der Assistent des Forschungs-Instituts für Geschichte der

¹ HERMANN KOPP, Beiträge zur Geschichte der Chemie. Drittes Stück, S. 13—54. Braunschweig 1875.

² MARCELLIN BERTHELOT, La Chimie au Moyen Age. T. III. Paris 1893.

³ Vgl. JUL. RUSKA im „Buch der großen Chemiker“ 1, S. 29. Berlin: Verlag Chemie 1929.

⁴ JUL. RUSKA: „Über das Schriftenverzeichnis des 'Gābir ibn Haǧǧān“ im Arch. f. Geschichte d. Med. 15, S. 53—67 (1923).

Naturwissenschaften, Dr. P. KRAUS alle unter DSCHÄBIRS Namen gehenden Schriften, soweit sie im Druck, in Photographien und in Abschriften zugänglich waren, neu untersucht und dabei das überraschende Ergebnis gefunden, daß nicht nur die schon von RUSKA als Fälschungen erkannten Schriften, sondern alle ohne Ausnahme Erzeugnisse der schiitischen Sekte der Isma'iliten sein müssen, die sich am Ende des 9. Jahrhunderts aus älteren Formen des Imām-Glaubens bildete. Die Texte müssen „von einem Verfasser oder mindestens von der gleichen Schule herrühren und innerhalb einer nicht allzu weiten Zeitspanne verfaßt sein“, denn sie beziehen sich dauernd aufeinander und besitzen die gleichen stilistischen und sprachlichen Merkmale. Die meisten dieser Schriften sind alchemistisch, nämlich die „Siebzig Bücher“, das „Buch der Richtigstellungen des Plato“ und die „Hundertzwölf Bücher“; medizinisch ist das „Buch der Gifte“. Das „Buch der spezifischen Eigenschaften“ ist ein buntes naturwissenschaftlich-technisches Sammelwerk. Alle diese Texte sind aber viel mehr als alchemistische und technische Rezeptsammlungen, sie sind überall mit philosophischen Gedanken durchzogen, die für den Verfasser offenbar den Kern seiner Sache bilden. Das Problem der Kausalität und der Begriff des mizān beherrschen das Ganze. Das Weltgeschehen ist nur von dem Gesetz der Kausalität aus zu verstehen, und das Sinnbild der Weltordnung ist mizān. „Unter mizān versteht DSCHÄBIR die Tatsache, daß die spezifischen Eigenschaften der Dinge, besonders im Bereich der Chemie, meßbar sind und auf zahlenmäßig feststellbaren Verhältnissen beruhen.“ Neben den philosophischen Gedanken treten die religiösen Anschauungen des Verfassers hervor. „Umfangreiche Stücke seiner Schriften sind in einer eigenartigen religiösen Sprache abgefaßt, und den Höhepunkt der Darstellung bilden die Stellen, wo DSCHÄBIR von seinem Meister, dem gegenwärtigen, sichtbaren Imām, auf jenen Imām übergeht, der in Kürze erscheinen wird.“ Die alchemistischen Theorien DSCHÄBIRS sind mit religiösen, insbesondere isma'ilitischen Gedanken unterbaut, seine Werke sind religionsgeschichtlich als Schriften der Isma'ilijja anzusehen. Das Lehrsystem der Geheimsekte der Isma'ilijja ist in DSCHÄBIRS Schriften wiederzufinden. „Die Kunst, die heiligen Texte mit wissenschaftlichen Lehren in Ausgleich zu bringen und sie, falls nötig, vollkommen ihres ursprünglichen Sinnes zu berauben, ist ein besonderes Merkmal der Isma'ilijja.“ Diese Kunst der allegorischen Deutung benutzt DSCHÄBIR. Den Stein der Weisen, das Elixier, bezeichnet er häufig als Imām; die vier Elemente sind in ihrer Art unvollkommen, sie werden erst durch das Elixier aneinander gebunden und in harmonischer Form vereinigt.

Der Verfasser der DSCHÄBIR-Schriften muß vor dem Erscheinungsjahr des Fihrist, also vor 987, gelebt haben, aber die Arbeiten können nicht vor 860 geschrieben sein. Die religionsgeschichtlichen Daten weisen auf das Ende des 9. oder den Anfang des 10. Jahrhunderts. Aus einem

Der Konus ist im Verhältnis viel größer als der Feldmagnetkörper; die richtigen Proportionen konnten in der Figur aus Raumangel nicht angegeben werden. — Die Konusform wird angewandt, weil sie die nötige starre Form auch bei sehr dünnem Mantel gewährleistet. Sie ist, soviel ich weiß, zuerst von G. SEIBT angegeben; eine bessere und zweckmäßigere Form ist noch nicht gefunden worden.

Für die Güte des Lautsprechers ist möglichst geringes Gewicht der schwingenden Massen dringende Notwendigkeit. In der Erfüllung dieser Bedingung hat der Fabrikant erhebliche Konstruktionsschwierigkeiten zu überwinden. Nicht leicht ist auch die Einhaltung einer möglichst geringen Spaltbreite des Feldmagneten, da andernfalls der magnetische Widerstand zu groß wird, so daß das Feld schwach bleibt, oder eine große Magnetisierungsstromstärke des Erregerstromes erforderlich wird; letzteres muß naturgemäß schon wegen der bei der Benutzung des Lautsprechers entstehenden Stromkosten vermieden werden. Bei den gebräuchlichen Modellen ist die Magnetisierungsstromstärke bei 220 Volt Erreger-spannung etwa 0,05, bei 4 Volt etwa 1,0 Amp.

Der Name „elektrodynamisches System“ ist gewählt worden, weil sich der Lautsprecher, wie bereits erwähnt, am Wechselstromkreis der Röhre durchaus verhält wie ein elektrischer Motor am Netz; die schallbildenden, durch den Sprechwechselstrom der Röhre hervorgerufenen Bewegungen der Spule *S* erzeugen eine Gegen-spannung in ihrer Wicklung, den dynamischen Widerstand, der entsprechend dem OHMSchen Widerstand eine reine Wattbelastung bedeutet. Je besser der dynamische Wirkungsgrad des Lautsprechers ist, um so geringere Röhrenleistung braucht er bei gleichbleibenden Schalleistungen. Den dynamischen Wirkungsgrad möglichst hoch zu machen, ist das Bestreben der Fabrikanten. Diese Forderung verträgt sich in der Praxis schlecht mit der anderen, die schwingende Masse möglichst klein zu halten, eine Notwendigkeit, die ja ohne Erörterung plausibel erscheint. Der dynamische Widerstand der Spule hängt (abgesehen vom Erregerfeld) von ihrer Ampere-Windungszahl ab. Da wegen der kleinen Röhrenströme eine große Windungszahl mit sehr dünnen Drähten untergebracht werden muß, wird der OHMSche Widerstand der Spule, der den dynamischen Wirkungsgrad des Lautsprechers herabsetzt, sehr groß; außerdem wird das Gewicht der Spule verhältnismäßig hoch, und endlich ist auch die Bedingung einer möglichst kleinen Spaltbreite nicht zu erfüllen. Berücksichtigt man außerdem noch die Arbeitsbedingungen der Röhre, so ergibt sich insbesondere für Röhren mit kleinerem inneren Widerstand ein sehr schlechter Röhrenwirkungsgrad, was zur Folge hat, daß die Lautstärke eines Lautsprechers mit Hochohmwicklung an Röhren größerer Leistung kaum zunimmt. Für kleinere Räume, z. B. Klassenzimmer, kommt man noch sehr gut mit dynamischen Hochohmlautsprechern (1500 bis 2000 Ohm) aus, für Säle jedoch versagen sie, wenn man nicht zur besseren Ausnutzung der

Röhre einen Transformator benutzt. In diesem Falle steht jedoch einer Herabsetzung der Windungszahl der Tauchspule nichts mehr entgegen, da durch die Wahl eines geeigneten Übersetzungsverhältnisses des Transformators die Sprechwechselströme in der Spule genügend stark gemacht werden können. Die Spule besitzt dann nur wenige Windungen, die Wechselstromstärke ist sehr groß und beträgt mehrere Ampere. Der Wirkungsgrad solcher Anordnung ist in jeder Beziehung besser, denn der Transformator kann so groß gebaut sein, daß sein OHMScher Widerstand gegen den dynamischen Widerstand der Anordnung klein wird. Auch akustisch steht der Benutzung eines Transformators nichts mehr im Wege, weil die Technik vorzügliche, nahezu frequenzunabhängige Transformatoren zur Verfügung stellt.

Die Durchbildung des dynamischen Lautsprechers mit Tauchspule hat für den Rundfunkempfang außerordentliche Vorteile gehabt. Der Hinweis darauf möge an dieser Stelle genügen¹. In der Folge soll vielmehr von einer anderen Entwicklung die Rede sein, die von der Rundfunktechnik im allgemeinen sowohl wie von der Durchbildung des Tauchspulenlautsprechers sehr große Vorteile gezogen hat und weiterhin in erhöhtem Maße noch ziehen wird.

Aufnahmemikrophon, Verstärker und Lautsprecher haben in der Rundfunktechnik ihre verschiedenen Entwicklungsstadien durchlaufen. Ihre Vervollkommnung geschah in der Absicht, im Rundfunk auf Sende- und Empfangsseite eine bessere Wiedergabe zu ermöglichen. In dieser Beziehung wurden in wenigen Jahren bezüglich der Aufrechterhaltung der Originalfrequenzen

¹ Daß die Einbürgerung des dynamischen Lautsprechers trotzdem so langsam vor sich geht, eigentlich kaum zunimmt, bleibt rätselhaft. Immer noch kann man fast bei jedem „Fachmann“ das schauerhafte Gekrächze hören, das nun einmal einem Lautsprecher mit Eisenanker (elektromagnetisches System) eigentümlich ist. Die Tauchspulenlautsprecher verlangen ja eine erhebliche Energielieferung von der Röhre, also kräftigen Anodenstrom, weshalb sie sich naturgemäß mit Trockenanodenbatterien nicht betreiben lassen. Daß diese Lautsprecher mindestens mit einer Anodenspannung von 170 bis 200 Volt arbeiten müssen, wenn sie ihre Güte offenbaren sollen, geht schon aus der Theorie der Röhre hervor; Röhren, aus denen man bei Spannungen von 100 Volt gute Leistungen herausholen kann, gibt es zwar imaginär in Druckschriften, doch lassen sich aus ihnen keine reellen Leistungen gewinnen. Wenn in vielen, sogar den meisten Haushaltungen gute Apparate nicht angeschafft werden können, so liegt das an der Verarmung unseres Volkes. Daß aber Schulen zu Lehrzwecken noch elektromagnetische Lautsprecher anschaffen, läßt sich nicht rechtfertigen, es sei denn damit, der Industrie Gerät abzunehmen, das im anderen Falle den Lagerraum der Firma anstatt den der Schule in Anspruch nehmen müßte.

(Reinheit der Wiedergabe) und der Erhöhung der Amplituden (Lautstärke) auf Send- und Empfangsseite große Erfolge erzielt.

Aber ebenso sehr ist ein Fortschritt bemerkenswert, der sich zunächst nicht vor den Augen der breiteren Öffentlichkeit vollzog, sondern ausschließlich in wenigen Laboratorien im geheimen vor sich ging, und dessen Auswirkung auf Leben und Wirtschaft kaum von geringerer Bedeutung ist als der Rundfunk.

Die Phonotechnik, unter welchem Namen sowohl die Herstellungstechnik der Schallplatten wie der Schallplattenwiedergabeapparate verstanden sein soll, wurde durch den Rundfunk anfangs in ihrer Existenz bedroht; nach der damals allgemeinen Annahme mußte der Rundfunk ihr

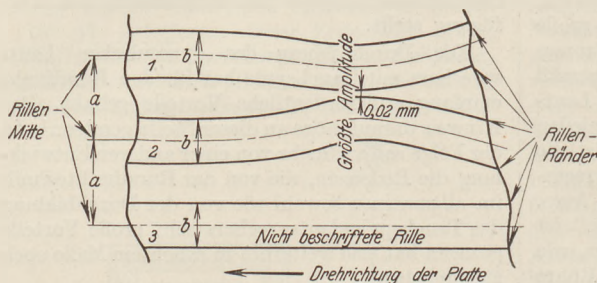


Fig. 2.

größter, übermächtiger Konkurrent werden. Das Gegenteil ist eingetreten: durch die Anwendung der gleichen Methoden in Aufnahme und Wiedergabe, wie sie im Rundfunk angewendet werden, ist die Phonotechnik eine gewaltige Industrie geblieben und geworden, die an Bedeutung der Funkindustrie gleichwertig ist.

Die technischen Verfahren der Aufnahme von Schallplatten, die heute angewendet werden, haben eine ungeahnte Verbesserung der Qualität der Platten zur Folge gehabt. Die einzelnen Herstellungsphasen mögen nachstehend in großen Zügen geschildert werden, wobei auch eine Gegenüberstellung der früheren Methoden, die heute merkwürdig genug anmuten, gestattet sei.

Das mechanische Einzeichnen der Tonschwingungen mittels des sog. Stichels in die Mutterplatte nennt man die Beschriftung. Die Methode hat TH. A. EDISON im Jahre 1877 angegeben. Er benutzte die sog. Tiefschrift, d. h. die Bewegungen des Stichels oder Schreibers wurden wellenartig auf der weichen Unterlage (zunächst aus Stanniol, später aus Wachs, das heute noch ausschließlich benutzt wird) eingegraben. Die Tiefschrift wird heute noch benutzt neben einer anderen Beschriftungsart, die E. BERLINER erfunden hat und deswegen Berlinerschrift genannt wird. In dieser Beschriftungsmethode der Platten bewegt sich der Stichel nicht auf und nieder, sondern macht seitliche Ausschläge, so daß die Tiefe der Rillen gleich bleibt, die aber seitliche Wellenzüge in der Ebene der Platte beschreiben. Die Berlinerschrift wird in Deutschland ausschließlich angewandt, weshalb im folgenden nur von ihr die Rede sein soll.

Um zu einem Urteil kommen zu können, wie weit die Oberfläche einer Platte zur Beschriftung ausgenutzt werden kann, sind eine Reihe Überlegungen physikalischer und technischer Art notwendig.

Bezüglich der Wahl der Plattengröße ist die Industrie aller Länder an Grenzen gebunden, die durch die Einbürgerung von Standardmaßen für Platten und Sprechmaschinen (Plattenteller) gegeben sind. Der Durchmesser einer großen Platte beträgt in allen Ländern etwa 30 cm. Dieses Maß zu überschreiten, ist zur Zeit unmöglich, weil der Absatz größerer Platten nicht wirtschaftlich sein könnte.

Die Sprechrillen beginnen am äußeren Rande der Platte (Nadeleinlauf) und laufen bei gleichbleibendem mittleren Abstände spiralförmig nach innen; sie endigen schon im radialen Abstände 5 cm von der Plattenmitte (Nadelauslauf). Bei dem Plattendurchmesser 30 cm bleiben also zu ihrer Beschriftung, auf den Radius gerechnet, 10 cm übrig. Die Beschriftung noch weiter nach innen vorzunehmen, ist aus folgenden Gründen unzweckmäßig.

Die Drehzahl der Platte beträgt 78 bis 80 Umläufe je Minute, eine Festsetzung, die sich aus praktischen Gründen im Laufe der Zeit allgemein eingebürgert hat. Das Abspielen dauert etwa $4\frac{1}{2}$ Minuten, woraus sich die Umlaufzahl und dementsprechend die beschriftete Rillenzahl 350 ergibt.

Die größtmögliche nutzbare radiale Entfernung von einer Rille zur anderen, d. h. also der mögliche mittlere Rillenabstand, ist gegeben aus dem Verhältnis: nutzbarer Radius zu Anzahl der Rillen. Es wird der Rillenabstand $a = 100 \text{ mm} : 350 = 0,285 \text{ mm}$ (Fig. 2).

Um die Nadelspitze einer Abtastdose (Schalldose) sicher zu führen, ist die Rillenbreite $b =$ etwa 0,15 mm notwendig, so daß für die seitlichen Ausschläge der Nadel (bzw. der Rillen) im Maximum etwa 0,14 mm Radialbreite zur Verfügung stehen würde; von der Ruhelage aus könnte demnach der Stichel nach jeder Seite Bewegungen von 0,07 mm Amplitude ausführen. Doch ist selbst diese geringe Entfernung noch zu groß gerechnet, weil von Rille zu Rille ein gewisser Abstand gewahrt werden muß, um das Überschneiden oder Ineinanderlaufen der einzelnen Rillen zu verhindern. So muß auch bei größter Amplitude, die bei der nächstfolgenden Rille negativ angenommen werden muß, wenn sie vorher positiv war, ein gewisser „freier“ nicht „besprochener“ Zwischenraum bleiben, der je 0,01 mm, insgesamt also 0,02 mm, beträgt. In Fig. 2 sind diese Maße in richtigem Verhältnis zueinander etwa 40fach vergrößert eingezeichnet. Die genaue Einhaltung der Maße bei der Aufnahme ist nur durch eine gute feinmechanische Führung des Schreibers möglich, die den mittleren Abstand a der Rillen gewährleistet.

Nach Entscheidung über Laufzeit, Rillenbreite und Amplitudenweite muß eine Festlegung darüber erfolgen, welche Frequenzen auf der Platte

aufgeschrieben werden sollen. Ihre obere Grenze wird wesentlich durch die kleinste lineare Geschwindigkeit eines Peripheriepunktes auf der Platte bestimmt. Da ihre Winkelgeschwindigkeit mit 78 Umdr./min. die gleiche bleibt, wird die Laufgeschwindigkeit der Rillenpunkte nach innen entsprechend dem abnehmenden Radius kleiner; sie beträgt beim Nadeleinlauf etwa 122 cm/sek., beim Nadelauslauf nur noch etwa 41 cm/sek. Erstere ist die größte, letztere die kleinste lineare Geschwindigkeit eines Plattenpunktes gegenüber dem Stichel. Mit wachsender Frequenz wird allgemein die Wellenlänge auf der Platte kleiner, sie fällt aber auch bei gleichbleibender Frequenz, je weiter beim Ablauf der Stichel oder die Nadel nach innen gelangt. Aus linearer Geschwindigkeit und Frequenz läßt sich in bekannter einfacher Weise die Wellenlänge berechnen. Sie beträgt z. B. für die Frequenz 3000 beim Nadeleinlauf etwa 0,41 mm, beim Nadelauslauf nur noch 0,14 mm. Für die Frequenz 6000 ergeben sich die entsprechenden Werte zu etwa 0,2 mm und 0,07 mm. Da die Spitze einer guten Abtastnadel immerhin noch einen Durchmesser von etwa 0,08 mm besitzt, sind die Grenzen der Abtastmöglichkeit der Frequenz 6000 schon im letzten Drittel des Plattenablaufes überschritten, ganz abgesehen davon, daß auch bereits die Beschriftung auf der Wachsplatte Schwierigkeiten macht.

In der Praxis stellt sich gegenüber diesen theoretischen Betrachtungen beim Ablauf der Platte noch ein nicht zu vernachlässigender Fehler ein: die Nadel schleift sich ab und weist gegen Ende des Ablaufes keine Spitze mehr, sondern eine Reibfläche auf, die schon mit dem bloßen Auge deutlich wahrnehmbar ist.

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß das Abtasten von Frequenzen über 6000 Hertz (= Perioden/Sek.) von einer normalen Platte nicht möglich ist, daß schon dieser Frequenzbereich Schwierigkeiten macht. Da auch bei der Aufnahme schon besondere technische Vorkehrungen getroffen werden müssen, um überhaupt so hohe Frequenzen zu übertragen, läßt sich mit guter Sicherheit sagen, daß Frequenzen über 6000 Hertz auf den gebräuchlichen Schallplatten nicht vorkommen.

Das Freilassen von 10 cm des inneren Durchmessers der Platte ist also in technischen Mängeln begründet, die zur Zeit nicht behoben werden können. Der freibleibende Raum wird zur Inhaltsangabe der Beschriftung, zu Kennzeichnungen der Platte und sonstigen Mitteilungen benutzt, die der Fabrikationsfirma oder auch dem „Autor“ erwünscht sind. In der Regel ist auch die vorgeschriebene Drehzahl der Platte vermerkt.

Da die Aufnahme höherer Frequenzen heute technisch möglich ist, würden sie sich ohne Zweifel auf einer geeigneten Platte einzeichnen lassen. Notwendig wäre dazu die Vergrößerung des Plattendurchmessers, um die langsamen linearen Geschwindigkeiten in der Nähe des Nadelauslaufes vermeiden zu können, d. h. also, um die Wellenlänge der hohen Frequenzen zu vergrößern. Das gleiche Ergebnis würde durch Erhöhung der

Drehzahl erreicht werden. Beide Maßnahmen lassen sich heute aus den schon erwähnten Gründen nicht ausführen.

Die geringe lineare Geschwindigkeit am Nadelauslauf ließe sich durch Verringerung des Rillenabstandes heraufsetzen; die Gesamtlänge der beschrifteten Rillen würde dann erhalten bleiben, während der innere, nicht beschriftete Durchmesser vergrößert werden könnte.

Technisch ergeben sich dabei keine Schwierigkeiten, doch bedeutet die Verkleinerung des radialen Rillenabstandes Verkleinerung der Amplitude und dadurch Herabsetzung der Lautstärke. Für elektrische Wiedergabe wäre die Verkleinerung der Amplituden durchaus erwünscht, da die nötige Lautstärke durch Röhrenverstärkung ohne Mühe erzielt werden kann. Je kleiner die Amplituden gehalten werden können, um so größer wird zudem auch die Verzerrungsfreiheit der ganzen Aufnahmeapparatur, um so größer damit die Reinheit der Wiedergabe. Trotzdem ist die Verkleinerung der Amplituden heute noch nicht möglich, weil die noch zumeist gebrauchten normalen Schallplattenapparate mit Glimmermembran und Schalltrichter kräftiger Amplituden bedürfen, um genügend laut zu sprechen, um so mehr, als ja bekanntlich das Bedürfnis nach Qualität der Musik bei den meisten Menschen viel weniger stark ausgeprägt ist als das Bedürfnis nach Quantität, wie man leider jeden Tag erneut feststellen kann.

Die Begrenzung der Frequenzen nach oben bedeutet für die Wiedergabe der Grundtöne kaum einen Mangel, da die meisten musikalischen Instrumente Grundtöne von über 5000 Hertz nicht aufweisen. Eine Ausnahme macht das Klavier, dessen höchste, aber doch sehr selten benutzte Töne in die Frequenzen von 7000 Hertz hineinreichen. Die menschliche Stimme hat einen weit kleineren Frequenzbereich; die Zischlaute liegen etwa im Frequenzbereich 5000 Hertz.

Wichtig jedoch sind die hohen Frequenzen (bis über 10000 Hertz) für die richtige Wiedergabe der sog. Klangfarbe, die bekanntlich durch die Zusammensetzung der Obertöne mit dem Grundton gebildet wird. Die Klangfarbe wird durch das Fehlen der Obertöne über 6000 Hertz verfälscht, was sich besonders beim Klavier, bei der Geige und anderen Instrumenten bemerkbar macht, die starke Obertöne aufweisen. Instrumente, die obertonarm sind, z. B. die Flöte oder die Orgelpfeife, werden überraschend gut eingeschrieben.

Für die Naturtreue der Wiedergabe maßgebend ist außer dem Vorhandensein aller tonbildenden Frequenzen noch die Aufrechterhaltung des Verhältnisses der einzelnen Grundtöne in der Amplitude. Die Amplituden der verschiedenen Grundtöne und auch der Obertöne müssen vom Stichel im gleichbleibenden Verhältnis auf die Wachsplatte übertragen werden.

Um die hierbei notwendigen technischen Aufnahmebedingungen zu übersehen, sind folgende Überlegungen notwendig. Die Schallwirkungen des Lautsprechers (abgesehen von physiologischen Eigenschaften des Ohres), die Spannungs-

wirkungen des elektrischen Aufnahmeapparates sind abhängig von dem Produkt Frequenz mal Amplitude der Wechselbewegung. Die ausgelöste Wirkung bleibt in ihrer Leistung gleich, sobald dieses Produkt konstant gehalten wird. Daraus ergibt sich für fallende Frequenzen die Notwendigkeit einer wachsenden Amplitude, während für steigende Frequenzen die Amplituden kleiner und kleiner werden können. Elektrisch (bei der Verstärkertechnik) ist die Verstärkung tiefer Frequenzen gemäß der Forderung des erwähnten Gesetzes schon schwierig; unmöglich jedoch ist die Beibehaltung der notwendig werdenden Amplituden für die tiefen Töne auf der Platte. Töne etwa der Frequenz 150 und darunter lassen sich nicht mehr

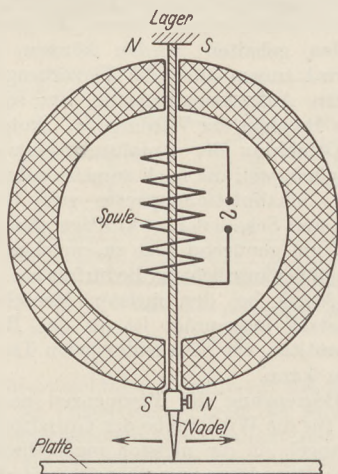


Fig. 3.

im richtigen Verhältnis einschreiben, weil infolge der großen Amplituden die Rillen ineinanderlaufen würden. Diese Frequenzen müssen also für die gebräuchlichen Platten stark abgedämpft werden und kommen deswegen zu schwach zu Gehör oder werden überhaupt nicht bemerkbar. Das gilt z. B. besonders für die tiefen Töne der Baßgeige, der Pauke usw.

Also auch aus dieser Betrachtung ergibt sich ein großer Nachteil sowohl der jetzt gebräuchlichen Plattengröße wie der notwendigen allgemeinen Intensität ihrer Beschriftung. Die Aufnahmetechnik könnte ohne jeden Zweifel heute weit mehr leisten, wenn sie nicht an die zur Zeit bestehenden Erzeugungsbedingungen gebunden wäre, die sich nur im Laufe längerer Zeiträume wandeln können.

Die Beschriftung der Wachsplatte durch die Schallwellen, kurz die Aufnahme genannt, geschah früher ganz allgemein mittels einer Membran aus Glimmer, durch die der Stichel direkt oder indirekt gesteuert wurde. Der Glimmer war im Laufe von Jahrzehnten als das bestgeeignete Material sowohl für die Aufnahme wie für die Wiedergabe gefunden worden. Der gesamte technische Apparat stand im gleichen Raum, in dem die Aufnahme vor sich ging, und da ein Verstärkermittel unbekannt war, mußten die Schallwellen durch einen oder mehrere Trichter mit weiter

Öffnung, vor welche das Orchester möglichst nahe zu setzen war, zur Membran geführt werden, um ihr die nötigen Amplituden aufzudrücken. Trotz vieler Versuche der Firmen aller Länder während einer dreißigjährigen Zeitspanne ist es jedoch nie gelungen, nach dieser Methode eine wirklich brauchbare Aufnahme zu erzielen. Es blieb unmöglich, gute akustische und technische Bedingungen für die Besprechung der Membran zu schaffen, und ebenso wenig gelang es, den Schreibapparat so durchzubilden, daß er einen genügend weiten Frequenzbereich aufschrieb. Wir wissen heute, daß auch die besten Apparate dieser Art kaum mehr als die Frequenzen zwischen 400 bis 3000 Hertz wiederzugeben vermochten, ganz abgesehen davon, daß sie selbst noch Resonanzlagen besaßen, also innerhalb des erwähnten Bereiches noch Frequenzen bevorzugten. Bekannt ist noch heute hinlänglich das Wort „Grammophonmusik“ oder „Grammophonsprache“, Ausdrücke, die jeder als Minderwertsbezeichnung kennt. Es ist jetzt kein Zweifel mehr, daß die Schallplattenindustrie an Stagnation zugrunde gegangen oder zum mindesten an Bedeutung sehr verloren hätte, wenn nicht zu rechter Zeit die Elektrotechnik, im engeren Sinne die Rundfunkindustrie, neue Wege gewiesen hätte.

In den neuen Aufnahmeräumen, die an Größe einem Konzertsaal gleichkommen, und die erst durch die neue Entwicklung möglich geworden sind, hängt als einzig vorhandenes technisches Instrument das Mikrophon. Es kann wegen seiner Kleinheit an der bestgeeigneten Stelle des Saales angebracht werden; die Anordnung aller Instrumente geschieht in großen Zügen wie in einem normalen Konzertsaal. Schon allein diese Anordnung erzielt Wirkungen, die vorher niemals erreichbar waren, weil die Akustik des Saales sich den Platten mitteilt, ihnen einen Klang verleiht, den man als „Raumton“ bezeichnet hat.

Vom Mikrophon führen zwei Leitungen zum eigentlichen Aufnahmeraum, in dem die Verstärkeranordnung und der Schreibapparat und außerdem, als wichtiges Hilfsmittel, eine Mithörapparatur aufgestellt sind. Die ganze Aufnahmeapparatur kann mit größter Sorgfalt und mit ganz erheblichen Geldmitteln zur größtmöglichen Vollkommenheit durchgebildet werden, weil sie stets ein laboratoriumsmäßiger Aufbau bleiben darf. Eine fabrikatorische Vervielfältigung mit allen ihren Nachteilen technischer und wirtschaftlicher Natur fällt fort; es gibt innerhalb einer Firma nur wenige Apparate solcher Art, deren technische Einzelheiten nur den wenigen Ingenieuren bekannt sind, die sie bedienen. Aus der Güte der modernen Platten, die in den Handel kommen, muß mit Notwendigkeit geschlossen werden, daß die Aufnahmeingenieure, denen die Beschriftung der Wachsplatte anvertraut ist, Theorie und praktische Handhabung der Röhre und der ganzen Apparatur sehr gründlich beherrschen.

Nächst dem Mikrophon und dem Röhrenverstärker ist der Schreibapparat, der den Stichel trägt, der wichtigste Teil der ganzen Anlage. Das

Werk eines solchen Schreibers ist in Fig. 3 schematisch abgebildet, wobei jedoch ausdrücklich betont werden muß, daß im einzelnen große Abweichungen bestehen können und sicherlich auch bestehen. Einen genauen Einblick in eine solche Apparatur zu nehmen, gelingt keinem Außenstehenden, weil sie sehr peinlich geheim gehalten wird.

Durch die Spule fließt der von der letzten Verstärkerröhre erzeugte Sprechwechselstrom, der einen veränderlichen Kraftfluß durch die einseitig gelagerte Eisenzunge treibt. Auf der anderen Seite kann die Zunge in den gezeichneten Richtungen frei schwingen und den durch den permanenten Magneten *SN* auf sie ausgeübten Kräften folgen. Die entstehenden Schwingungen werden durch die Nadel auf die Wachsplatte aufgeschrieben. Es ist wahrscheinlich, daß die modernen Schreibgeräte nicht mehr in dieser Art, sondern schon nach dem rein elektrodynamischen Prinzip, etwa nach Art des vorher beschriebenen Lautsprechers, ausgebildet sind.

Eine solche elektrische Aufnahmeapparatur vom Mikrophon bis zum Schreiber vermag sehr weitgehende Ansprüche an Aufrechterhaltung der Klangfarbe und Klangzusammensetzung nach Amplitude und Frequenz zu erfüllen, so weit, daß sie infolge der bereits erwähnten Mängel noch nicht voll auszunutzen ist.

Der Vollständigkeit halber mag hier noch kurz die Plattenfabrikation erläutert werden; sie beruht zwar auf schon lange angewandten Methoden, die indessen nicht allgemein bekannt sein dürften.

Nach Herstellung der Original-Wachsplatte muß diese zunächst haltbar gemacht werden. Das geschieht wohl heute noch allgemein auf elektrolytischem Wege: man macht einen Kupferabdruck, nach dessen Fertigstellung die Wachsplatte unbrauchbar geworden ist. Der Kupferabdruck enthält nun in erhabenen Rillen die Aufnahme.

Von dieser sog. Originalmatrize werden Abdrücke, also Schallplatten, nicht hergestellt, weil sie als einzig vorhandenes Original der Aufnahme, das einen sehr großen Wert darstellen kann, unersetzlich ist. Deswegen wird von ihr ein Abdruck ebenfalls auf elektrolytischem Wege hergestellt, die sog. Muttermatrize, von der Plattenabzüge nicht gemacht werden können, weil die Rillen wieder eingesenkt sind. Von der Muttermatrize werden nun die eigentlichen Preßmatrizen angefertigt, die wieder erhabene, zum Eindruck in eine Preßmasse geeignete Rillen besitzt. Die Zahl der Preßmatrizen, die angefertigt werden, richtet sich nach der Auflage der (schwarzen) Schallplatten; falls die Preßmatrizen abgenutzt sind, werden neue von der Muttermatrize hergestellt.

Das Material der eigentlichen (schwarzen) Schallplatte ist nicht, wie vielfach angenommen wird, Hartgummi, sondern Schellack, vermischt mit Faserstoffen, um die Platte weniger leicht zerbrechlich zu machen. Nach Herstellung der Rohplatte gelangt diese in die Presserei, wo unter einem Druck von mehreren hundert Atmosphären die Schrift der Preßmatrize in die erwärmte Platte

gedrückt wird; dann ist die Schallplatte nach einigen nebensächlichen Arbeiten versandfertig.

Die Verbesserungen in der Güte der Wiedergabe, die durch die beschriebenen neuen Aufnahmeverfahren erreicht worden sind, würden sich in ihrer Bedeutung nicht auswirken können, wenn nicht auch die Wiedergabeverfahren die gleiche grundlegende Änderung erfahren hätten. Die alte Sprechmaschine, das Grammophon, wie es gebräuchlicher Weise genannt wird, stirbt aus; es stellt heute schon einen veralteten Apparat dar, der in wenigen Jahren nicht mehr hergestellt werden dürfte.

Auch beim Wiedergabeverfahren wird sich die elektrische Methode durchsetzen, die den Röhrenverstärker und (falls sie vorzügliche Leistungen erzielen soll) den dynamischen Lautsprecher benutzt.

Als elektrisches Relais, das die Schallrillen der Platte zur Umwandlung in Spannungsschwankungen benutzt, die es auf das Gitter der Eingangsröhre überträgt, dient der Tonabnehmer, (auch wohl Elektrodose genannt), der im wesentlichen wie der elektrische Schreiber (Fig. 3) konstruiert ist. Während der Schreiber gewissermaßen als elektrischer Motor wirkt, ist der Tonabnehmer Generator, der allerdings keine Energie abgeben soll, sondern als (offener) Spannungserzeuger wirkt. Seine Wechselspannungen werden durch die folgenden Röhren zunächst verstärkt, bis die Ausgangsröhre genügende Gitterwechselspannung erhält, um ausreichende Wechselstromleistung auf den Lautsprecher abgeben zu können.

Es ist ein weiter, sehr verschlungener Weg, der vom Mikrophon über die Schallplatte zum Lautsprecher führt. Aber es kann keine Frage sein, daß das erreichte Ziel sich lohnt. Wer einmal eine gute Schallplatte über ein gutes Wiedergabegerät abgehört hat, kann ein Gefühl der tiefen Bewunderung (wollen wir ruhig sagen) nicht unterdrücken, daß Massenteilchen (des Schreibers, des Tonabnehmers, der Nadel und des Lautsprechers), und seien sie auch noch so leicht, so komplizierte Bewegungen ausführen und formgetreu übertragen können. Die Klangfarben der verschiedensten musikalischen Instrumente zum großen Teil, die Klangfarbe der menschlichen Stimme ohne weiteres, wird heute naturgetreu auf die Platte geschrieben, von ihr weitergegeben und wohl erhalten im (dynamischen) Lautsprecher zu Gehör gebracht. Dies alles ist nicht nur der Fall bei einem allein spielenden Instrument, sondern auch dann, wenn eine Vielzahl von ihnen auf die übertragenden Massenteilchen einwirkt. Unvorstellbar werden infolgedessen die Bewegungen, die diese ausführen müssen, aber sie sind trotzdem ohne irgendeinen Zweifel vorhanden.

Als EDISON vor mehr als 50 Jahren zum ersten Mal seinen Phonographen zeigte, glaubte die Welt an einen Betrug. 30 Jahre etwa dauerte dann die Entwicklung zur besten Sprechmaschine, die wir Grammophon nennen; dann schien die Entwicklung abgeschlossen, ein Fortschritt nicht mehr möglich. Manches war erreicht, aber nicht genug, um einer kritischen Beurteilung standhalten zu

können. — Durch die Anwendung der elektrischen Methoden, die die Rundfunktechnik entwickelt hat, setzte die Vervollkommnung der Schallplattentechnik erneut sprunghaft ein; ihr Ende ist keinesfalls schon erreicht. Wie weit wir noch kommen werden, läßt sich nicht sagen, aber die innerhalb weniger Jahre erreichten Erfolge sind sicherlich nicht abgeschlossen.

Da die Schallplatte im Schulbetrieb vielfach ein willkommenes Lehrmittel ist und durch Verbesserung ihrer Qualität sowohl wie der Qualität der Wiedergabegeräte in Zukunft noch mehr werden wird, seien im folgenden noch einige praktischen Winke gegeben.

Die Abnutzung der Schallplatte bei dem elektrischen Abnahmeverfahren ist weit kleiner als früher. Selbstverständlich ist die Erneuerung der Nadel für jeden neuen Rundlauf der Platte wie bisher notwendig, weil, wie erwähnt, die Nadelspitze sich schon auf einem einzigen Rundlauf von etwa $4\frac{1}{2}$ Minuten Dauer zur kleinen Fläche abschleift. Die früheren Schalldosen der normalen Sprechmaschine nutzten die Platte sehr stark ab, weil jede Membran Resonanzlagen hatte, also gewisse Frequenzen bevorzugte, die vom schwingenden System auf die Platte eingeritzt wurden. Ferner waren diese Systeme sehr stark gedämpft, sie boten der Mitnahme starke seitliche Widerstände, so daß die Rillenränder abgeschliffen wurden. Die guten elektrischen Tonabnehmer besitzen diese Nachteile in weit geringerem Maße, so daß die Platte viel länger haltbar bleibt. — Bei allen Platten wird zunächst die Wiedergabe der hohen Frequenzen in der Nähe des Nadelauslaufes schlecht, erstens wegen des Nadelabschliffes, dann auch, weil die Steilheit der Wellenzüge hier am größten ist, weshalb die Nadel relativ am schwierigsten zu folgen vermag; die Platte leidet durch teilweise Beschädigung der Ränder der Schallrillen. Bei gutem Tonabnehmer läßt sich eine Platte fast ohne merkbare Beschädigung mehrere hunderte Male bespielen.

Merkbarer wird im Laufe der Zeit allerdings das sog. Rauschen der Platte, das auch bei der elektrischen Wiedergabe nicht unterdrückt wird, wenn es auch relativ weit leiser hörbar wird als bei der normalen Sprechmaschine. Die Ursachen des Rauschens sind noch nicht geklärt.

An eine gute Nadel ist die Bedingung zu stellen, daß sie eine möglichst feine Spitze habe. Da aber längere Spitzen wieder zu Eigenschwingungen der Nadel Anlaß geben, die ganz grob hörbar werden können und sicherlich die Haltbarkeit der Platte herabsetzen, ist die Spitze möglichst bald in einen dickeren Schaft zu überführen, der dann in die Mündung des Tonabnehmers gesetzt wird.

Solche Nadeln sind ohne Zweifel die besten. — Von größter Wichtigkeit für die Güte der Wiedergabe einer Schallplatte ist die genaueste Innehaltung der vorgeschriebenen Drehzahl. — Eine Regulier- vorrichtung seiner Umlaufgeschwindigkeit besitzt jedes einigermaßen brauchbare Drehwerk, wobei bemerkt werden muß, daß die aufgedruckten Drehzahlen in der Regel nur näherungsweise richtig sind, daß also eine Nachregulierung, am besten mit einer Stoppuhr, wichtig ist. Eine Nachkontrolle muß bisweilen erfolgen. Solche Hinweise werden vielleicht manchem Leser überflüssig erscheinen, aber die Erfahrung lehrt, wie oft gerade diese selbstverständliche Regel nicht beachtet und innegehalten wird. Eine zu schnell laufende Platte wird durch Abschleifen der Rillenränder bald unbrauchbar, ganz abgesehen davon, daß sie notwendigerweise falsche Wiedergabe zeigen muß.

Vielfach wird die Frage gestellt, welche Firmen die besten Platten herstellen. Sie ist nicht berechtigt und in dieser kategorischen Form nicht zu beantworten. Die Plattenaufnahmen sind bei allen bekannten Firmen an sich zu großer Vollkommenheit entwickelt, es glückt jedoch nicht jede Aufnahme in gleicher Qualität. Für das Gelingen einer guten Aufnahme (gut als Spitzenleistung gedacht) spielen viele Zufälle mit, wie das bei so komplizierter Apparatur auch kaum anders zu erwarten ist. Oft werden drei oder vier Aufnahmen vom gleichen Orchester oder Sprecher gemacht, bis das Resultat befriedigt. Trotzdem sind Platten ohne jeden Fehler, d. h. ohne verzerrte Stellen in der Wiedergabe, verhältnismäßig selten. Deswegen ist die Frage nach einer guten Platte niemals so zu stellen, welche Firma die besten Platten herstellt, sondern sie ist dahin zu ändern, bei welcher Firma das gewünschte Stück am besten aufgenommen wurde, eine Frage, die natürlich nur bei genauester Kenntnis der einzelnen im Handel befindlichen Platten zuverlässig beantwortet werden kann.

Aber wenn auch erhebliche individuelle Unterschiede in der Qualität von Platten der gleichen Firma sich nicht vermeiden lassen, — im Durchschnitt sind die Erfolge großartig. Auf einer modernen Schallplatte steht qualitativ so viel, daß wir Mühe haben, ihr mit den besten Wiedergabegeräten gerecht zu werden. Ein guter Tonabnehmer, ein guter Verstärker mit einem dynamischen Lautsprecher gehört dazu, wenn wir die richtige Schätzung einer solchen Platte gewinnen wollen. Völlig widersinnig und kritiklos muß es den Schallplatteningenieur unserer Zeit anmuten, wenn seine Platten mittels einer alten Schalldose abgespielt werden.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Funktionentheorie. Von W. F. OSGOOD. Erste Lieferung des zweiten Bandes, zweite Auflage. VII, 307 S. mit 6 Figuren im Text. Leipzig 1929. B. G. Teubner. Geb. RM 18.—

Die zweite Auflage des Buches, in welchem die Ergebnisse einiger neueren Arbeiten über die

allgemeine Theorie der Funktionen mehrerer komplexen Größen systematisch zusammengefaßt werden, weist nur am Schluß erheblichere Änderungen auf. Hier ist es gelungen, den WEIERSTRASSschen Satz betreffend rationale Funktionen auf alle erweiterten Räume auszudehnen, welche

durch Adjungierung eines unendlich fernen Bereiches zu einer abgeschlossenen Mannigfaltigkeit erhoben werden und ihn dadurch zu einem gewissen Abschluß zu bringen. *W. Kramer.*

Grundlagen der Raummessung. Von ADALBERT DECKERT. 71 S. mit 67 Figuren im Text. Leipzig 1929. Verlag Dr. Max Jänecke. Geh. RM 1.20.

Nach Auswahl und Behandlung des Stoffes eignet sich der Leitfaden wohl nur zum Gebrauch in den Beamten-Fortbildungslehrgängen, aus denen er hervorgegangen ist, und selbst hier scheint eine Auffrischung des Lehrstoffes etwa mit den Mitteln der darstellenden Geometrie dringend geboten. *W. Kramer.*

Einleitung in die Mengenlehre. Von ADOLF FRAENKEL. (Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Band 9). Dritte, umgearbeitete und stark erweiterte Auflage. Mit 13 Abbildungen. XIV, 424 Seiten. Berlin 1928. Julius Springer. RM 22.60; geb. RM 24.—.

Die Änderungen und Erweiterungen, die das Buch in der vorliegenden Auflage erfahren hat, erstrecken sich vor allem auf den zweiten Teil (Kapitel IV und V), worin in Zusammenhang mit den Antinomien der Mengenlehre die gegenwärtige Grundlagenkrise der Mathematik und Logik eingehend geschildert wird. Aus der kritischen Würdigung der zur Überwindung dieser Krise unternommenen Versuche, insbesondere des Intuitionismus BROUWERS, des durch HILBERT und seine Schüler vertretenen Formalismus, sowie des Logizismus RUSSELS ergibt sich für den Verfasser ein vorläufiger eigener Standpunkt, der dem RUSSELS nahe steht. Auch für diese zum Teil recht schwierigen Auseinandersetzungen hat Verfasser die von ihm bevorzugte breite Darstellungsart gewählt, die dem weniger Geübten das Verständnis sehr erleichtert und ihm ein schnelleres Eindringen in die mathematische Begründung des Unendlichgroßen gestattet. Das am Schlusse beigefügte sehr ausführliche Literaturverzeichnis wird allen denen willkommen sein, die auf dem Gebiete der Mengenlehre selbständig arbeiten. Einem jeden, der, sei es mathematisch oder mehr allgemein philosophisch, Interesse nimmt an der Mengenlehre „als demjenigen Zweig der Mathematik, der am wenigsten Anlehnung an die äußere sinnliche Erfahrung findet, der am reinsten dem freien Denken des Menschen entsprungen ist“, und der nach einem zuverlässigen Wegweiser sucht, dem sei FRAENKELS Buch angelegentlich empfohlen; ein besseres gibt es zur Zeit nicht. *W. Kramer.*

Physik. Ein Lehrbuch für Studierende an den Universitäten und technischen Hochschulen. Von WILHELM WESTPHAL. XV und 536 S., mit 471 Abbildungen. Berlin 1928. Julius Springer. Geh. RM 18.—; geb. RM 19.60. — Inzwischen erschien die zweite Auflage, 1930, geb. RM 19.80.

„Die Veranlassung zur Abfassung des vorliegenden Buches war der von zahlreichen maßgebenden Fachgenossen immer wieder betonte

Mangel an einer elementaren Darstellung der Physik, die nach Möglichkeit auf dem Boden unseres heutigen Wissens zu wurzeln sucht, die insbesondere betreibt ist, den Aufbau der Materie aus Atomen und Molekülen, wo es irgend durchführbar erscheint, zur Grundlage der Darstellung zu machen“. Dieser Satz aus dem Vorwort läßt die eine charakteristische Note des Buches klar erkennen: die Betonung der theoretischen Deutung der Erscheinungen nach den Anschauungen der modernen Physik. Gewisse allgemeine Grundsätze der erklärenden Theorie sind daher gelegentlich an die Spitze eines größeren Abschnittes gestellt. Z. B. ist der erste Teil des Kapitels über die Wärmelehre überschrieben: „Temperatur und Wesen der Wärme“. Ein solches Verfahren wäre sicherlich nicht am Platze bei der ersten Einführung in die Physik überhaupt auf der Schule; Studenten aber, für die das vorliegende Buch bestimmt ist, haben auf der Schule bereits einen recht beträchtlichen Einblick in die Physik erhalten; sie werden experimentelle Tatsachen und theoretische Erklärung auseinander halten. Für sie ist die theoretische Erklärung der Erscheinungen ein ordnender Führer, und der klare Hinweis darauf, welche Erscheinungen sich der Theorie nicht fügen, ist für sie von ganz besonderem Wert.

Das Zweite, was für das Buch charakteristisch ist, ist die Aufnahme der neuesten Gebiete der Physik. Eine ganz vorzügliche Einführung gibt das 11. Kapitel: „Quantentheorie und Theorie der Materie“, in dem der Bau der Atome, Molekeln und der zusammenhängenden Materie behandelt wird. Das letzte (12.) Kapitel behandelt die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. Die Schwierigkeiten, die einer Behandlung dieses Stoffes entgegenstehen, sind hier geschickt behoben; es wird klar und scharf gesagt, welche Fragen wirklich behandelt, welche aber nur als Probleme und im Ergebnis mitgeteilt werden.

Hier wie auch sonst überall im Buche zeigt sich die sorgfältige Arbeit und das große didaktische Geschick des Verfassers. Anlage, Darstellungsart und Illustration rechtfertigen eine warme Empfehlung. Das Buch wird nicht nur von Studenten, sondern auch z. B. von Lehrern an höheren Schulen mit bestem Erfolg zur Hand genommen werden. *E. Lampa.*

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Aufl. II. Band. **Lehre von der strahlenden Energie (Optik).** Zweite Hälfte: Erster und zweiter Teil. Herausgegeben von KARL WILHELM MEISSNER. XVI und 929—1708 Seiten mit 498 Fig. im Text und 3 Tafeln, XV und 1709—2392 Seiten. Mit 223 Figuren im Text. Braunschweig 1929, Verlag Fr. Vieweg u. Sohn. Beide Teile geh. RM 87.50, geb. RM 95.—.

Nachdem die erste Hälfte dieses II. Bandes vor 4 Jahren (1926) erschienen war (vgl. die Besprechung im 40. Jahrgang, S. 286, 1927 ds. Zeitschr.), liegt nunmehr auch die zweite Hälfte in zwei starken Teilbänden vor. Ihre Herausgabe wurde durch den Tod O. LUMMERS verzögert. Die inzwischen erzielten großen Fortschritte der physi-

kalischen Optik und Atomphysik sind nun sämtlich noch in den beiden Teilbänden verarbeitet. Der erste Teil der vorliegenden zweiten Hälfte der Optik beginnt mit einem kurzen Kapitel über die „geradlinige Polarisation des Lichtes“ aus der Feder von K. W. MEISSNER. Dem folgt naturgemäß die „Doppelbrechung“, von E. BUCHWALD verfaßt. Die daraus resultierenden „Interferenzerscheinungen im polarisierten Licht“ (von demselben) berücksichtigen alles, was an anisotropen Medien zu beobachten ist, während derselbe Autor die „Drehung der Polarisationssebene (Rotationspolarisation)“ im folgenden Kapitel ausgehend vom Quarz in Praxis und Theorie im parallelen und konvergenten Licht untersucht. Der „Kristalloptik der Röntgenstrahlen“ hat BUCHWALD ein besonderes Kapitel gewidmet, worin er nach der Behandlung einiger konkreter Fälle (Silvin, Steinsalz, Zinkblende, Diamant, Flußspat und Kalkspat) das Verfahren von LAUE, das von DEBYE und SCHERRER und schließlich kurz auch das aus beiden vorhergehenden ableitbare Verfahren von BRAGG, die Methode der vollständigen Diagramme, entwickelt. — Die „Photometrie“ bearbeitete H. KOHN. Ausgehend von den allgemeinen Grundlagen behandelt sie eingehend die Apparate für die Photometrie gleichfarbiger Lichter und erörtert sodann die Methoden und Apparate der heterochromatischen Photometrie. Besonders dargestellt werden die speziellen photometrischen Apparate für die chemische Analyse, das Kolorimeter und Tyndallphotometer. Dann folgt die Bestimmung der räumlichen Lichtverteilung und des Gesamtlichtstromes, sowie der daraus abgeleiteten „mittleren“ photometrischen Größen. Alles dies wird auf Fragen der Beleuchtung praktisch angewandt. Die objektiven Methoden der Photometrie, die lichtelektrische und die photographische, beschließen dieses Kapitel. In die Bearbeitung des Kapitels „Apparate und Methoden zur Untersuchung des gesamten Spektrums“ teilen sich MEISSNER, HETTNER und CZERNY, sowie GEHRKE. MEISSNER behandelt Apparate und Methoden zur Untersuchung des sichtbaren Spektrums, während das ultrarote Spektrum von G. HETTNER und M. CZERNY, das ultraviolette von E. GEHRKE bearbeitet wurde. Den Abschluß dieses Kapitels bildet die Erzeugung von Spektren, die K. W. MEISSNER behandelt. Die „Gesetze der schwarzen Strahlung“ werden von M. CZERNY und G. HETTNER untersucht sowie die Realisierbarkeit der schwarzen Strahlung nebst experimenteller Prüfung des STEPHAN-BOLTZMANNschen Gesetzes und Messung der Konstanten σ erörtert. In der Isochromaten- und der Isothermenmethode bringen beide Autoren die experimentelle Prüfung der Gesetze der Energieverteilung. Den experimentellen Nachweis des Strahlungsdruckes behandelt schließlich K. W. MEISSNER. Die beiden letzten mehr praktischen Kapitel, die „Temperaturbestimmung auf Grund von Strahlungsmessungen“ und „Ziele und Grenzen der Lichttechnik“ hat wieder H. KOHN bearbeitet. Den Rest des ersten Teils bildet die „Theorie der schwarzen Strahlung“ (von W. PAULY) und die „Theorie der Reflexion,

Brechung und Dispersion“ aus der Feder von R. MINKOWSKI.

Den zweiten Teil der zweiten Hälfte eröffnet W. PAULY mit den „allgemeinen Grundlagen der Quantentheorie des Atombaus“. Da dieses Kapitel schon frühzeitig abgeschlossen, durch die rasche Entwicklung der Quantentheorie und der Lehre vom Atombau aber veraltet war, werden in einem Nachtrag die neuere Entwicklung dieses Gebietes und die Quantenmechanik von DE BROGLIE, HEISENBERG und SCHRÖDINGER geschildert. Die folgenden Kapitel sind der Spektroskopie gewidmet. In einem kurzen Kapitel behandelt G. HERTZ die „Anregung von Spektrallinien“, dann F. PAASCHEN die „Serienspektren“ und A. KRATZER die „Bandenspektren“. Den „Zeemaneffekt“ erörtert nach der praktischen und theoretischen Seite E. BACK. Die „Spektroskopie der Röntgenstrahlen“ aus der Feder von D. COSTER ist ausführlich dargestellt. Neben der Entdeckungsgeschichte und den spektrographischen Methoden führt das charakteristische Spektrum zu der Bedeutung der Röntgenspektroskopie für die gesamte Atomphysik, zum kontinuierlichen Spektrum und der Dispersion der Röntgenstrahlen. Der Comptoneffekt schließt dieses Kapitel. Die sich hier naturgemäß anschließenden „ γ -Strahlen“ erörtert L. MEITNER. Die Darstellung der magnetischen Drehung der Polarisationssebene, des sog. Faradayeffects, stammt von R. LADENBURG, der die experimentellen Tatsachen, die Theorie und die quantitative Prüfung der Theorie kurz zusammenfaßt. Im Kapitel „transversale magnetische Doppelbrechung“ bringt derselbe Autor die Doppelbrechung als Folge des Zeemaneffektes, den Voigteffekt, die magnetische Doppelbrechung an kolloidalen Lösungen, den Majoranaeffekt und die Doppelbrechung an organischen Flüssigkeiten (COTTON-MOUTON-Effekt); der magnetooptische Kerreffekt wird von demselben Autor in seiner Theorie mit dem Faradayeffect in Zusammenhang gebracht. Derselbe behandelt sodann noch den elektrischen Kerreffekt, die elektrische Doppelbrechung und erörtert in einem besonderen Kapitel den Starkeffekt, den Einfluß elektrischer Felder auf Spektrallinien, der an Wasserstoff und Helium, an Atomen mit mehreren Elektronen und an Molekülen untersucht wird. Schließlich wird die elektrische Wirkung molekularer Felder dargestellt und der innere Zusammenhang der verschiedenen magneto- und elektrooptischen Effekte aufgedeckt. Unter dem Sammelthema „Umwandlungen der strahlenden Energie“ bearbeitet R. W. POHL zunächst die lichtelektrische Wirkung und die Fluoreszenz, während sein Mitarbeiter B. GUDEN die Phosphoreszenz und die Photochemie behandelt. So führen alle Kapitel dieses zweiten Teiles zur Atomphysik, die hier eine ausgezeichnete Begründung und Darstellung gefunden hat. Daß die einzelnen Kapitel von verschiedenen Autoren stammen, stört die Einheitlichkeit des Ganzen nicht merklich. Einige Wiederholungen müssen mit in Kauf genommen werden gegenüber dem großen Vorzug, die einzelnen Kapitel von Spezialisten der behandelten Gebiete bearbeitet zu

finden. Ein ausführliches Namen- und Sachverzeichnis, das beiden Teilen zur besseren Orientierung gleichmäßig beigegeben ist, ermöglicht es dem Benutzer des Werkes, jeden Stoff sogleich finden zu können. Die gesamte Darstellung ist flüssig und klar und wie kaum eine andere geeignet zur Einführung in die Materie. Auch dieser Doppelband gehört in jede Bibliothek von Schulen und Physikern, denn auch dem erfahrensten Fachmann wird er vielerlei Anregungen bieten. Sein Studium muß dringend empfohlen werden.

A. Wenzel.

Lichtelektrische Erscheinungen. Von BERNHARD GUDDEN. Heft VIII der Sammlung „Struktur der Materie in Einzeldarstellungen“, herausgegeben von M. BORN und J. FRANCK. Berlin 1928. Julius Springer. IX und 325 S., 127 Abbildungen. Geh. RM 24.—; geb. RM 25.20.

Seit dem Jahre 1888, als HALLWACHS zuerst beobachtete, daß Metalle unter Einwirkung ultravioletten Lichts negative Ladungen abgeben, ist auf dem Gebiet der lichtelektrischen Erscheinungen viel gearbeitet worden. Im vorliegenden Buch wird der „Versuch gemacht, unser derzeitiges Wissen und Nichtwissen über die Elektronenabspaltung infolge von Lichtabsorption übersichtlich darzulegen“. Das Theoretische wird bewußt zurückgestellt, das Experimentelle durchaus in den Vordergrund geschoben — ein Verfahren, das diesem schwierigen Gebiet durchaus angemessen ist, wo viele Erscheinungen so komplexer Natur sind, und wo die Theorie verhältnismäßig wenig geklärt ist. Die Arbeit umfaßt 4 Hauptabschnitte: 1. äußere und 2. innere lichtelektrische Erscheinungen an festen und flüssigen Körpern, 3. lichtelektrische Wirkung in Gasen und 4. lichtelektrische Wirkungen hoher Frequenzen.

Der erste Teil, der etwa die Hälfte des Textes umfaßt, behandelt zunächst die Meßtechnik und geht dann auf die Beeinflussung des normalen Effektes durch Oberflächenbeschaffenheit, Temperatur und äußere Felder ein. Leiter und Nichtleiter (auch Isolatoren wie Schwefel, Glas, Schellack, Ebonit u. a. entsenden Elektronen bei Belichtung mit ultraviolettem Licht) werden nacheinander besprochen; Anwendungen (lichtelektrische Zelle) schließen sich an.

Auf dem Gebiet der inneren lichtelektrischen Wirkung (Änderung der Leitfähigkeit bei Belichtung) haben besonders die Arbeiten von B. GUDDEN und R. W. POHL die elektrische Grundlage sicher gestellt. Das Buch gibt auch hier ein sehr klares und übersichtliches Bild der komplizierten Vorgänge, die besonders im Selen recht verwickelter Natur sind. Kürzer werden die Effekte in Gasen und die Wirkungen hoher Frequenzen (d. h. der Röntgen-, γ - und der durchdringenden Strahlen) behandelt. Einige besondere hierher gehörige Erscheinungen (Becquerel-Effekt, Phototropie, Weigert-Effekt u. a.) werden anhangsweise erörtert. Am Schluß des Buches findet sich ein ausführliches Verzeichnis der gesamten einschlägigen Literatur von 1914 bis 1927 (625 Nummern).

Das Buch, dessen Verfasser an der Entwicklung des behandelten Gebietes selbst hervorragenden Anteil gehabt hat, gibt eine vorzügliche und übersichtliche kritische Zusammenstellung des augenblicklichen Standes unserer Kenntnisse. Es ermöglicht jedem ein schnelles Einarbeiten in das weit verzweigte Gebiet und füllt eine bisher vorhandene Lücke in der physikalischen Literatur auf das beste aus.
E. Lamla.

Die optische Werkstatt. Handbuch der Arbeitsverfahren und Prüfmethode für die Fertigung von Optik. Von Dr. W. EWALD unter Mitarbeit von Dr. H. SCHULZ und Prof. Dr. F. WEIDERT. VIII und 277 Seiten, 169 Abbildungen. Berlin 1930, Gebr. Borntraeger. Geb. RM 20.—.

Das Buch berichtet auf Grund reicher Erfahrung über die Eigenschaften und die Behandlung der optischen Werkstoffe, über die Einrichtung und die allgemeinen Hilfsmittel einer optischen Werkstatt und dann im einzelnen über die verschiedenen Maschinen zur Glasbearbeitung und über die Meßinstrumente. Einige wenige ältere Maschinen von FRAUNHOFER u. a. werden erläutert; im übrigen handelt es sich um die jetzt üblichen Maschinen und Meßinstrumente, sowohl für kleine Werkstätten, wie auch für Massenerzeugung.

Die Darstellung ist leicht verständlich und setzt keine Fachkenntnisse voraus. Die letzten 60 Seiten enthalten Interpolationstabellen zur Umrechnung der Brechzahlmessungen an Quecksilberlinien auf FRAUNHOFERSche Linien. Durch diese Tabellen werden dem praktischen Optiker sehr umfangreiche Rechnungen erspart. Das Buch vermag auch dem Fernerstehenden einen recht klaren Einblick in die optische Fabrikation zu geben.
W. Vn.

Elektrische Maschinen. Versuche für Übungen und Lehrvortrag von Dr. Ing. e. h. KARL SCHMIDT und Oberstudienrat Dr. WILHELM VOLKMANN. 47 Abbildungen, 75 Seiten. Verlag von Julius Springer. Berlin 1929. RM 4,50. In: „Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft (Sonderhefte der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht)“, herausgegeben von K. METZNER, Berlin. Heft 14.

Nach allgemeiner Darlegung der Prinzipien bringt das Buch, wie der Titel sagt, Versuche für Übungen und Lehrvortrag über elektrische Maschinen. Es beschränkt sich infolgedessen in der Hauptsache darauf, im einzelnen anzugeben, wie die Versuchsanordnungen zu treffen sind. Die Schaltbilder werden durch zahlreiche übersichtliche Skizzen dargestellt, die ermöglichen, danach eine einfache Versuchseinrichtung aufzubauen. Die Erklärungen beschränken sich zweckmäßigerweise im allgemeinen auf das für den Versuch Nötige. Die Charakteristiken der einzelnen Maschinenarten sind jedesmal durch Kurvenbilder dargestellt. Infolge der einfachen, knapp gehaltenen Form, die nur das Wesentliche heraushebt, ermöglicht einem dieser Leitfaden, ohne langes Suchen gewünschte Versuchsanord-

nungen aufzubauen. Wie der Verfasser WILHELM VOLKMANNS im Vorwort ausführt, war das Werk ursprünglich nur als Hilfsbuch für Schulzwecke gedacht. Später ist es über diesen Zweck hinausgewachsen, so daß es auch zu Vorübungen für Messungen an großen Motoren Verwendung finden kann. Über die Gliederung des Inhaltes braucht im einzelnen nichts gesagt zu werden. Es werden im großen und ganzen sämtliche Hauptarten der Gleich- und Wechselstrommotoren und -generatoren behandelt. Am Schluß steht noch eine Reihe sog. „Vorlesungsversuche“, bei denen stichwortartig Inhalt und Gang nebst Versuchseingliederung möglicher Vorlesungen behandelt werden.

Otto Holm.

Radiotechnik. VI. Die elektrischen Wellen. Von Dr. F. KIEBITZ, Professor an der Universität Berlin, Dirigent der Abteilung Funkwesen des Reichspostzentramtes. Mit 28 Figuren. 125 Seiten (Sammlung Götschen Bd. 1010). Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter & Co. Preis in Leinen gebunden RM 1.50.

Das sechste Bändchen der Radiotechnik behandelt die elektrischen Wellen. Beginnend mit dem Wesen der Wellen, erklärt der Verfasser den Begriff des elektromagnetischen Wechselfeldes, seine Abhängigkeit von Kapazität und Selbstinduktion, erläutert die klassischen Versuche von HEINRICH HERTZ und beschreibt die Verwandtschaft mit den Lichtwellen. Der zweite Abschnitt, „Ausstrahlung und Empfang“ benannt, erklärt die Dämpfung der Schwingungskreise und den Strahlungsvorgang; dann folgt eine Auseinandersetzung über den Energiestrom und die Wirkungsweise der Antennen. Der dritte Abschnitt umfaßt die Wellenausbreitung. Es werden die ungestörten Ausbreitungsvorgänge im freien Raum und darauf der Einfluß der Erdoberfläche und der Atmosphäre besprochen; der Abschnitt endet mit der Erläuterung des Fernwirkungsgesetzes. Der letzte Abschnitt behandelt die gerichteten Wellen; er erklärt die Vorgänge an Antennenpaaren, Antennenspiegeln und Rahmenantennen. Den Schluß des Abschnittes bilden die Abweichungen von der geradlinigen Ausbreitung.

Das Büchlein füllt eine wesentliche Lücke in der Fachliteratur aus, da sich die Beschreibung dieser grundlegenden Vorgänge sonst nur in den großen Lehrbüchern findet. Daher ist es jedem zu empfehlen, der sich über ein amateurhaftes Wissen hinaus streng wissenschaftlich mit der Hochfrequenzphysik beschäftigen will. Auch in den Schülerbüchern für die Oberstufe kann dieses Bändchen mit Recht seinen Platz einnehmen. Es ist vor allem dem Primaner zu empfehlen, der später an der Universität oder der Technischen Hochschule Physik oder angewandte Physik studieren will, da es ihn an exakte Arbeit gewöhnt, entgegen so vielen anderen Amateurbüchern, die gerade auf diesem Gebiete erschienen sind, und die beim Eingehen auf die Theorie versagen. Die Rechnungen sind teils in technischen, teils in absoluten Maßen durchgeführt,

mit dem Zweck, die numerische Bestimmung möglichst einfach zu gestalten. M. Rühl.

Die spezielle Relativitätstheorie Einsteins und die Logik. Von Dr. J. H. TUMMERS, Privatdozent an der Universität Nymegen. 2. Aufl. Verlag O. Hillmann in Leipzig.

Die Relativitätstheorie verfährt, wenn wir uns dem Gedankengang der vorliegenden Schrift anschließen wollen, etwa folgendermaßen:

1. Da bisher niemals die Wirkung einer Bewegung an sich, sondern nur immer in bezug auf andere Körper beobachtet wurde, so versuchen wir es einmal mit der Behauptung, die Beobachtung einer Absolutbewegung sei unmöglich (Relativitätsprinzip).

2. Da es bisher nicht gelungen ist, einen Unterschied in der Lichtgeschwindigkeit in verschiedenen Richtungen festzustellen, so behaupten wir die vollkommene Unveränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit relativ zum Beobachter, gleichviel wie dieser sich auch bewegen möge.

3. Aus 1 und 2 folgt die Unmöglichkeit einer absoluten Zeit, insbesondere auch die eines absoluten Gleichzeitigkeitsbegriffes. Da wir 1 und 2 angenommen haben, müssen wir auch 3 annehmen.

4. Der Beweis für die Behauptungen 1 bis 3 kann nur dadurch erbracht werden, daß die Gesamtheit der Folgerungen mit der Gesamtheit der Erfahrungen verglichen wird. Eine andere Möglichkeit, einen naturwissenschaftlichen Beweis zu erbringen, gibt es nicht.

Ich halte diese Logik für völlig einwandfrei und den sonstigen Gewohnheiten der theoretischen Physik entsprechend. Der Verfasser erhebt indessen folgende Einwendungen:

2 ist mit 1 nur vereinbar, wenn die Relativität der Zeit angenommen wird. Durch die gleichzeitige Setzung der zwei Prinzipien 1 und 2 wird diese also implizite schon vorausgesetzt. Ihr nachträglicher Beweis ist nur ein Zirkelschluß.

Der Grund für die Abneigung des Verfassers gegen die Relativitätstheorie ist ihre Ablehnung des Äthers. Er wiederholt die schon oft gehörte Behauptung, daß eine Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen ohne „Medium“ nicht denkbar sei; nur vernehmen wir nichts darüber, wodurch sich denn eigentlich dieses „Medium“ vom physikalisch gedachten leeren Raum unterscheidet. Folgt z. B. daraus, daß Lichtstrahlen durch einen Raum gehen, daß das raumerfüllende Etwas Trägheit und Schwere hat? Fehlen aber diese Eigenschaften, wodurch unterscheidet sich dann der von dem „Medium“ erfüllte Raum vom leeren? Wie ist das „Medium“ atomtheoretisch aufzufassen? Aus dem Schriftchen geht nicht hervor, ob sich der Verfasser über diese Fragen Gedanken gemacht hat. Hat er es wirklich getan, so hat er es sehr gut zu verbergen gewußt. P. Kirchberger.

Diesellokomotiven. Von Prof. Dr. Ing. E. H. G. LOMONOSOFF. 304 S. mit 401 Abbildungen und 3 Tafeln. 4^o. 1929. V. 4. Verlag des Vereins deutscher Ingenieure. Geb. RM 32.—

Es ist bekannt, daß der Dieselmotor als

modernste Kraftmaschine eine bessere Wärmeausnutzung und Umsetzung der im Brennstoff enthaltenen Energie in mechanische Nutzarbeit ermöglicht als die übrigen Kraftmaschinen. Deshalb sehen wir ihn auf allen Gebieten mehr und mehr vordringen. Die Welttonnage an Motorschiffen hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen und ist noch in ständigem Steigen begriffen. Dasselbe gilt für alle sonstigen Kraftmaschinenbetriebe auf dem Lande. Auch in den Fahrzeugbau dringt er allmählich ein. Bei diesem Gang der Entwicklung fragt man sich unwillkürlich, warum unsere Eisenbahnen bis heute noch nicht durch Diesellokomotiven betrieben werden. Die mannigfachen Gründe, die gegen eine schnelle Einführung des Dieselantriebes bisher gesprochen haben und noch sprechen, findet man in dem Buch auseinandergesetzt. Es ist von einem russischen Professor verfaßt und aus dem Russischen von Dr. Ing. F. MEINEKE übersetzt und durchgesehen. Die Schwierigkeiten des Dieselantriebes wie überhaupt des Motorantriebes von Eisenbahnfahrzeugen sind darin begründet, daß ein Verbrennungsmotor nur von einer gewissen Drehzahl an ein einigermaßen großes Drehmoment entwickelt, während gerade beim langsamen Anfahren einer Lokomotive bzw. eines Zuges die größten Drehmomente gefordert werden. Beim Auto hat man diese Schwierigkeit bekanntlich durch Verwendung einer Reibungskupplung umgangen, die beim Anfahren eventuell etwas rutschen kann. Der Vorgang ist ja jedem Autofahrer bekannt. Man schaltet zunächst auf den ersten Gang, läßt den Motor etwas auf Umdrehungen kommen und schaltet dann ein, so daß das Fahrzeug zunächst hauptsächlich durch die im rasch rotierenden Schwungrad aufgespeicherte Energie beschleunigt wird. Droht der Motor stehen zu bleiben, so löst man die Kupplung, läßt den Motor wieder auf Umdrehungen kommen und rückt dann wieder ein usw. Ein solches mehr oder weniger ruckartiges Anfahren ist natürlich für den Eisenbahnbetrieb ganz unbrauchbar. Man hat nun die verschiedensten Wege beschritten, um das Problem zu lösen. Man findet mechanische Übersetzungsgetriebe, hydraulische, pneumatische und elektrische Kraftübertragung. Diese verschiedenen Möglichkeiten der Kraftumsetzung und Geschwindigkeitänderung sind in dem Buch eingehend besprochen worden. Jedem von ihnen ist mindestens ein einzelnes Kapitel gewidmet. Teilweise kann man natürlich die verschiedenen Antriebsarten auch kombinieren. Auch hierüber wird ausführlich auf Grund von eigenen Arbeiten, Versuchen usw. berichtet. LOMONOSOFF selbst hat ja bekanntlich für Rußland eine sog. dieselelektrische Lokomotive gebaut. Bei ihr treibt der Dieselmotor eine Dynamomaschine. Der in ihr erzeugte Strom wirkt auf Antriebsmotoren der Räder. Nur durch elektrische Schaltungen kann man das Drehmoment und die Drehzahl der Radmotoren ändern. Der Dieselmotor selbst kann dauernd mit derselben oder annähernd derselben Drehzahl laufen. Das ist natürlich im Prinzip eine ideale Methode der Regelung. Solche Lokomotiven

haben sich deshalb auch schon ganz gut bewährt. Auch in Amerika bringt man dieser Bauart ein großes Interesse entgegen. Ein wesentlicher Nachteil ist dabei die dreimalige Energieumwandlung und der außerordentlich hohe Preis und das große Lokomotivgewicht, das durch die schweren elektrischen Anlagen bedingt wird. In dieser Hinsicht sind die mechanischen Übertragungsverfahren wesentlich im Vorteil.

Ein großer Vorzug des Buches ist es, daß es sich nicht auf theoretische Erörterungen beschränkt oder vielleicht auf der anderen Seite lediglich praktische Erfahrungen mitteilt, sondern es wird beides in idealer Weise miteinander vereint. Man hat absolut das Gefühl, daß der Verfasser über der Sache steht und das ganze Gebiet aus eigener Arbeit kennt.

Die Gliederung des Textes ist folgende: Zunächst als Einleitung Geschichte und Theorie der Lokomotive. Dann werden die Bewegungsgleichungen des Bahnbetriebes abgeleitet. Hierauf folgen allgemeine Betrachtungen über die Wahl des zweckmäßigsten Dieselmotors für Lokomotiv-antrieb mit Einzelteilen, Zubehör wie Kühler usw. Das nächste Kapitel behandelt die elektrische Übertragung; dann folgen die Flüssigkeitsgetriebe, mechanische Übertragung, Gasübertragung (neue Lokomotive der Maschinenfabrik Eßlingen), Luftdampfübertragung und schließlich Dampfübertragung. Zuletzt kommen allgemeine Betrachtungen zur wissenschaftlichen Überlegenheit des Diesellokomotivbetriebes über den Dampflokomotivbetrieb.

Die Ausstattung des Buches ist erstklassig; es ist mit sehr zahlreichen, guten Abbildungen versehen. Im ganzen ist es ein sehr lesenswertes Werk.

Otto Holm.

Fahrzeug-Dieselmotoren. Von A. E. THIEMANN. Verlag von Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W 62, Lutherstraße 14. 268 S. Mit 237 Abbildungen. Lex. 8°. 1929. S. 9. Geb. RM 22.—

Die Fahrzeug-Diesel-Motoren, von denen obiges Werk handelt, sind noch im vollen Fluß der Entwicklung begriffen. Bekanntlich sind wir noch nicht so weit, daß alle Automobile mit Dieselmotoren ausgerüstet werden. Es ist vielleicht auch die Frage, ob es jemals dahin kommen wird. Die Nutzkraft-Fahrzeuge wird sich der Kleindieselmotor allerdings höchst wahrscheinlich schon in allernächster Zeit als Anwendungsgebiet nach und nach erobern. Daß die Dieselmotoren nur ganz allmählich im Kraftfahrzeugbau Eingang finden, ist durch gewisse Schwierigkeiten ihrer Herstellung und des Betriebes bedingt. Ein Fahrzeug-Dieselmotor unterscheidet sich von einem normalen, mit Vergaser ausgerüsteten Automotor hauptsächlich dadurch, daß bei jenem das schon fertig vorbereitete Gasluftgemisch bzw. Benzindampf-Luftgemisch in den Arbeitszylinder gelangt, während es bei diesem gleichsam erst unmittelbar vor der Entzündung erzeugt wird. Bei den Kleindieselmotoren wird der Brennstoff durch kleine Pumpen unter außerordentlich hohen Drucken durch feinste Düsenöffnungen in den

Verbrennungsraum eingespritzt. Damit er sich hier schnell entzündet und hinreichend rasch verbrennt, muß er sehr fein zerstäubt sein, und die Luft im Verbrennungsraum muß eine hohe Temperatur besitzen. Die erforderliche Lufttemperatur kann nur durch Verdichtung auf einen Druck von etwa 40 at erzielt werden. Diese hohen Verdichtungsdrücke machen die Kleindieselmotoren besonders schwierig in der Herstellung und teuer. Das im Motor verbrennende Rohöl bildet Verbrennungsprodukte, die bisher leider noch nicht so geruchlos sind wie diejenigen des Benzinmotors. Das ist mit einer der Hauptgründe, warum der Rohölmotor bisher, vor allem im Stadtverkehr, noch nicht allgemein Anwendung gefunden hat. Im übrigen weist er ja in bezug auf die Betriebskosten ganz wesentliche Vorteile auf gegenüber den bisher verwendeten Motoren. Der Brennstoffverbrauch ist um etwa 50% geringer; die Brennstoffkosten sind darüber hinaus noch dadurch bedeutend erniedrigt, daß das Rohöl, das man im Dieselmotor verwenden kann, schon an und für sich wesentlich billiger ist als Benzin.

Der Gang der Entwicklung, die Versuche und die Schwierigkeiten, die sich einer Vervollkommnung und allmählichen Einführung des Kleindieselmotors entgegenstellen, sind in dem Buch eingehend beschrieben. Zunächst wird eine kurze Entwicklungsgeschichte der Schwerölmotoren überhaupt als Einleitung gegeben. Dann folgt im zweiten Kapitel ein wärmetechnischer theoretischer Teil. Dieser ist auch von Interesse für einen Physiker bzw. Nichtfachmann, der mehr auf allgemeine Naturwissenschaften eingestellt ist. Im dritten Kapitel folgt die eingehende Behandlung der Einblase- und Einspritzvorgänge, die sich sinngemäß in einen rein hydraulischen und einen thermischen Vorgang unterteilen lassen. Das vierte Kapitel behandelt die sog. Vorkammerverfahren. Man versucht bei dieser Art Motoren, die Zerstäubung und Verteilung des Brennstoffes auf den Luftraum dadurch zu verbessern, daß man einen Teil des Verbrennungsraumes abschnürt und als Vorkammer ausbildet, die durch einen oder mehrere enge Kanäle mit dem eigentlichen Hauptverbrennungsraum verbunden ist. Es wird hierdurch eine starke Durchwirbelung von Brennstoff und Luft erreicht. Der Brennstoff wird in die Vorkammer eingespritzt oder durch die Vorkammer hindurchgespritzt. Die Luft strömt infolge der Verdichtung beim Kolbenaufwärtsgang zunächst in die Vorkammer hinein und reißt einen Teil des Brennstoffes mit. Hier erfolgt eine Vor-explosion, die den restlichen Brennstoff, fein zerstäubt, in den Hauptverbrennungsraum hineinbläst, wo er verbrennt. Die Reichhaltigkeit der Formen dieser sog. Vorkammermotoren ist groß. Über sie wird ein ausführlicher Überblick gegeben. Außer den Vorkammermotoren gibt es noch solche, bei denen der Brennstoff direkt in einen ungeteilten Verbrennungsraum eingespritzt wird. Es ist bis jetzt noch zweifelhaft, welches Verfahren letzten Endes das Feld behaupten wird bzw., ob beide dauernd nebeneinander weiterbestehen werden.

Das V. Kapitel gibt eine ausführliche Übersicht

über die bisher ausgeführten Dieselmotoren für Fahrzeuge, von denen ein großer Teil über ein gewisses Versuchsstadium nicht hinausgekommen ist. Wenn hier im wesentlichen auch Fachkenntnisse vorausgesetzt werden und dieses Kapitel hauptsächlich denjenigen interessieren wird, der mit der Materie vertraut ist, so beansprucht es doch als Beispiel für viele insofern auch Interesse des Nichtfachmanns, als es in äußerst eindringlicher Weise vor Augen führt, mit welchen ungeheuren Schwierigkeiten der Ingenieur im allgemeinen in der Praxis zu kämpfen hat, bis ein endgültiger Fortschritt auf irgendeinem Gebiet erzielt wird, den der Laie im allgemeinen später als nichts Besonderes und etwas Selbstverständliches hinnimmt. Für den Techniker ist sein Werk der absolut sachliche und unerbittliche Kritiker. Hier kann man mit „Meinungen“ nichts anfangen. Ein Mißerfolg läßt sich durch schöne Theorien nicht wegdisputieren! Darin liegt ein ungeheurer erzieherlicher Wert der technischen Arbeit, den viele andere Berufstände entweder entbehren müssen oder doch wenigstens in diesem Maße nicht haben!

Neben der Einführung des eigentlichen Fahrzeug-Diesel-Motors im engeren Sinne laufen immer noch Bestrebungen einher, den Vergasermotor dem Rohölbetrieb anzupassen. Bisher jedoch durchweg mit ziemlich negativem Erfolg. Auch diese Bestrebungen sind in dem Buch ausführlich geschildert. Erwähnenswert sind die zahlreichen guten Abbildungen, die es neben dem inhaltreichen Text zu einer wertvollen Bereicherung der Fachliteratur des Verbrennungsmotorenbaues machen.

Otto Holm.

Kompressorlose Dieselmotoren (Druckeinspritzmaschinen). Ein Lehrbuch für Studierende. Von F. Sass. Berlin 1929. Julius Springer. VII, 395 S., 328 Abbildungen. Preis geb. RM 52.—

Der Verfasser schreibt im Vorwort zu seinem Buch, daß es aus seiner Praxis als Leiter der Ölmaschinen-Abteilung der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft und aus Vorlesungen entstanden sei, die er als Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin gehalten habe. Sein Inhalt sei in erster Linie für Studierende technischer Hochschulen bestimmt. — Dieser letzte Zusatz ist wohl etwas zu bescheiden, denn auch der Praktiker und spezielle Dieselmotorenfachmann kann sehr viel nützliche Anregung aus dem Buch entnehmen und manches Neue lernen. Man merkt bei der Durcharbeitung, daß das Buch von einem Fachmann aus eigener Praxis heraus geschrieben ist. Es unterscheidet sich in dieser Beziehung sehr vorteilhaft von manchen Veröffentlichungen dieser Art, die von an sich sonst durchaus befähigten, aber nicht mehr in der Praxis selbst stehenden Verfassern geschrieben sind. Mit Rücksicht darauf, daß das Buch vor allen Dingen ein Lehrbuch für Studierende sein soll, ist der ganze systematische Aufbau gegliedert. Es werden zunächst im 1. Kapitel die Treiböle, ihre Zündung und Verbrennung im Dieselmotor, behandelt. Die hier besprochenen Tatsachen sind dem Fachmann im allgemeinen geläufig. Trotzdem ist es begrüßens-

wert, sie in kurzer, übersichtlicher Form noch einmal zusammengestellt zu finden. Außerdem sind sie teilweise durch eigene Erfahrungen des Verfassers ergänzt. Auf die Behandlung der Treiböle als solcher folgt die Besprechung ihrer Entzündung und Verbrennung. Man findet hier u. a. die Ergebnisse der neueren Versuche von Prof. NEUMANN, die erst vor einigen Jahren auf einer Hauptversammlung des Vereins Deutscher Ingenieure bekannt gegeben wurden. Seitdem ist man auf die wesentliche Rolle des sog. Zündverzuges für den Arbeitsprozeß im Dieselmotor aufmerksam geworden. An die Zündung und Verbrennung schließt sich logisch ein Kapitel über räumliche Gemischbildung an. Auf die einzelnen, zum Teil sehr wertvollen Ausführungen kann hier mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum nicht eingegangen werden. Es sei aber darauf hingewiesen, daß außerordentlich zahlreiche und gründliche Versuche der Firma, wo der Verfasser tätig war, beschrieben werden. Es sind Versuche mit einem Aufwand, wie sie ihn sich nur eine große Firma leisten kann. So werden z. B. Brennstoffstrahlen gefilmt, wobei die Lichtquelle ein elektrischer Funke ist. Das Kapitel über die räumliche und zeitliche Gemischbildung nimmt einen ziemlich großen Raum in Anspruch. Es schließen sich grundlegende Erwägungen über die Wahl der Zylinderzahl an. Sie behandeln keine den kompressorlosen Dieselmotoren spezielle Erscheinungen, sondern treffen für alle Mehrzylindermaschinen mehr oder weniger zu. Dieses Kapitel könnte fehlen, wenn das Buch, wie gesagt, nicht ein Lehrbuch sein sollte. Für den Dieselfachmann speziell bietet erst wieder die Behandlung der Brennstoffventile einiges Neue. Bei dem Kapitel über Brennstoffpumpen ist die sog. Einstempel-Brennstoffpumpe für Mehrzylindermaschinen erwähnenswert. Der Gedanke, der ihr zugrunde liegt, ist keineswegs neu. Interessant ist dagegen, daß man sie ausgeführt und scheinbar keine schlechten Erfahrungen damit gemacht hat. Sie arbeitet nach dem Prinzip, daß eine und dieselbe Pumpe sämtlichen Arbeitszylindern des Motors nacheinander das abgemessene Brennstoffquantum zudrückt. Die Verteilung geschieht durch gesteuerte Absperrventile in der Druckleitung. Durch diese Bauart soll erreicht werden, daß sämtliche Zylinder mit absoluter Sicherheit genau die gleichen Brennstoffmengen erhalten. Das Kapitel über Brennstoffpumpen bietet sonst noch manches Interessante, das jedoch nicht näher besprochen werden kann. Für den Physiker und Naturwissenschaftler wird das 28 Seiten umfassende Kapitel über Schwingungen in den Brennstoffdruckleitungen von besonderem Interesse sein. In den weiteren Kapiteln folgen Besprechungen allgemeiner Bauteile. Sie bringen auch noch manche erwähnenswerte Einzelheiten, vor allem der Großmotoren-Bauteile. Der Hauptwert des Buches scheint mir in den außerordentlich gründlichen und klaren Untersuchungen und Mitteilungen von Versuchsergebnissen über die luftlose Einspritzung als solche zu liegen.

Otto Holm.

Graphische Dynamik. Von FERDINAND WITTENBAUER. Ein Lehrbuch für Studierende und Ingenieure. Mit zahlreichen Anwendungen und Aufgaben. Berlin 1923. Julius Springer. XVI, 797 S., 745 Abbildungen. Preis geb. RM 30.—.

Graphische Rechnungsmethoden haben sich beim Ingenieur lange eingebürgert, weil sie für viele Zwecke weit übersichtlicher sind als die algebraische Rechnung und die Lösung von Aufgaben ermöglichen, die sonst unter Umständen erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Im allgemeinen hat sich diese graphische Rechnung jedoch bisher auf die Statik beschränkt. Es gibt viele bedeutende Werke über „Graphische Statik“. Dieses Wissensgebiet gehört zum Rüstzeug jedes Praktikers, der Berechnungen anzustellen hat. Dagegen sind die zeichnerischen Methoden in die Lehre von den Bewegungen der Körper bzw. die Dynamik noch sehr wenig eingedrungen. Hier füllt das vorliegende Werk eine fühlbare Lücke aus. Man erhält nach dem Studium des Buches den Eindruck, daß sich die zeichnerischen Methoden mit Vorteil auch für die meisten dynamischen Probleme verwenden lassen. Der Verfasser hat in seiner Vorrede wohl recht, wenn er meint, daß die graphische Dynamik in einigen Jahren an den Hochschulen ordentliches Lehrfach werden würde. Mir scheint es, daß man die einfacheren dieser Probleme auch schon im Geometrie- bzw. Physik-Unterricht der Schule behandeln könnte. Es würde hierdurch eine außerordentliche Befruchtung, vor allem des Geometrieunterrichtes, bewirkt werden können.

Im ersten Kapitel wird der Bewegungszustand eines freien Systems beschrieben und Geschwindigkeitspläne usw. gezeichnet. Es folgt ein Kapitel über kinematische Geometrie. Darauf wird im nächsten Abschnitt die Dynamik des freien Systems behandelt, wobei natürlich vom D'ALEMBERTSchen Prinzip ausgegangen werden muß. Die an sich sonst sehr verwickelten Zusammenhänge der Beschleunigungszustände einer bewegten Getriebekette gewinnen außerordentlich an Klarheit und erscheinen schließlich ganz einfach, wenn man sich die entwickelten geometrischen Zusammenhänge zu eigen macht. Im nächsten Abschnitt folgt die Behandlung flächentläufiger und zwangläufiger Systeme. Hieran schließt sich eine Theorie der Ersatzpunkte, worunter einzelne Massenpunkte verstanden werden, durch die man die einzelnen Gelenkglieder bzw. Getriebeglieder ersetzt denken kann. Weiterhin folgt die Untersuchung der Beschleunigungsdrücke eines geschlossenen Systems, die kinematische Kette, ihre Beweglichkeit und ihr Zwanglauf, die Relativbewegung mehrerer Systeme gegeneinander usw. Es würde zu weit führen, sämtliche Kapitel im einzelnen aufzuführen. Es mag genügen darauf hinzuweisen, daß das Studium dieser ganzen Geometrie der Dynamik interessant und lehrreich ist. Zum Schluß folgt in den letzten Kapiteln die Behandlung von Anwendungsbeispielen. So werden beispielsweise Steuerungen von Dampfmaschinen besprochen, weiterhin wird der Nockentrieb eines Verbrennungsmotors

behandelt. Besonders erwähnenswert ist noch das Kapitel über das Aufzeichnen von Diagrammen. Etwas ganz Neues bringen die Abschnitte über die Bewegungsgesetze der veränderlichen Masse eines Punktes. Es ist hierbei an die Ersatzpunkte bzw. Reduktion von Massen gedacht, wo die Größe der Einzelmasse von der momentanen Stellung der Getriebeteile zueinander abhängig sein kann. Eine veränderliche Masse behandelt auch die Bewegung eines Pumpenkolbens mit der dahinter befindlichen Flüssigkeitsäule, die während der Bewegung in den Pumpenzylinder einströmt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Anwendung der in dem Werk behandelten graphischen Methoden auf praktische Probleme der Kinematik und Dynamik sehr fruchtbringend zu werden verspricht. Es kann nur gewünscht werden, daß dieses verhältnismäßig noch neue Wissensgebiet weiter entwickelt und gepflegt wird.

Otto Holm.

Harry R. Ricardo: Schnellaufende Verbrennungsmaschinen. Übersetzt und bearbeitet von Dr. A. WERNER und Dipl.-Ing. P. FRIEDMANN. Berlin 1926. Julius Springer. VII, 374 Seiten, 280 Abbildungen. Preis geb. RM 30.—.

Der Verfasser hat während des Krieges in England für die Heeresverwaltung ausgiebigste Versuche mit schnellaufenden Verbrennungskraftmaschinen angestellt. Das Buch scheint im wesentlichen auf Grund dieser Versuche entstanden zu sein. Man muß dem Verfasser zugestehen, daß er in bezug auf seine Untersuchungen auf vielen Gebieten geradezu bahnbrechend gewirkt und eine Änderung der Anschauungen über die inneren Vorgänge in Verbrennungsmotoren herbeigeführt hat. Das Werk beginnt mit der Besprechung der für den Betrieb von Vergasermotoren verwendbaren leichtflüchtigen flüssigen Brennstoffe. Es wird beispielsweise auf den Einfluß der inneren Verdampfungswärme, den Heizwert, die Klopffestigkeit und andere Eigenschaften der Brennstoffe in ihrer Auswirkung auf ihre Verwendbarkeit im Motor eingegangen. Besonders erwähnenswert sind die Versuche, die der Verfasser mit einer eigens hierfür gebauten Versuchsmaschine angestellt hat, um den Einfluß der Kompressionshöhe auf die Verbrennung im Motor zu untersuchen. Bei diesem Versuchsmotor ist der Zylinder mit der Grundplatte so verbunden, daß die Höhe der Kompression während des Betriebes geändert werden kann. Die Versuche geben außerordentlich interessante und teilweise ganz neuartige Aufschlüsse. Erwähnenswert sind hierbei vor allem die Untersuchungen über den Einfluß der Kolbenreibung auf den Gesamtwirkungsgrad eines Verbrennungsmotors, sowie die Bestimmung des Anteiles, der auf die einzelnen Kolbenringe hierbei entfällt. In der Art, wie es schon angedeutet ist, wird bei den Versuchen ganz systematisch der Einfluß jedes einzelnen Faktors auf die inneren Vorgänge der Maschine besprochen, so z. B. die Gestalt des Verbrennungsraumes, die Stellung der Zündkerze usw. In den nächsten

Kapiteln folgt die Besprechung der Schmierung, Vergasung, Gestaltung des Zylinderblocks, der Kurbelwelle, Ventile usw., kurz, der wichtigsten Bauteile. Interessant ist in allen diesen Kapiteln die außerordentlich scharfsinnige und kritische Beleuchtung der verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten, ihrer Vor- und Nachteile und ihrer Wechselwirkungen im Zusammenhang mit der ganzen Funktion des Motors. In dem Kapitel über den Entwurf der Ventile speziell und der Steuerung schlechthin wird auch den Nichtfachmann bzw. den Physiker die Behandlung der kinematischen Probleme der Ventilbewegungen interessieren. In der zweiten Hälfte des Buches werden sehr viele verschiedene praktische Ausführungen vorhandener Konstruktionen besprochen und in Abbildungen gezeigt. Besonders erwähnenswert sind hierbei die Antriebsmotoren für Tanks, die vom Verfasser selbst gebaut wurden bzw. entworfen sind und von den Engländern in großem Maßstabe in ihren Tanks praktisch verwendet wurden. Über sie liegen deshalb auch wieder sehr viele Versuchsergebnisse und Erfahrungen vor. Als besonders auffallendes Bauglied, das vom Herkömmlichen abweicht, sei noch auf den sog. Kreuzkopfkolben von H. R. RICARDO hingewiesen, der im wesentlichen aus dem Gesichtspunkt heraus entstanden ist, daß belastete Gleitflächen möglichst kühl laufen sollen. Es sind hiermit auch tatsächlich etwas bessere Ergebnisse als mit normalen Tauchkolben erzielt worden; jedoch scheint die Bauart sehr teuer zu sein, so daß man sie heutzutage kaum mehr findet. Beachtenswert sind die Ausführungen des Verfassers über schnellaufende Maschinen von hoher Leistung ganz allgemein und besonders für Tanks.

Zusammenfassend kann man wohl ohne Übertreibung sagen, daß das Buch von RICARDO bei weitem das beste Werk dieses Fachgebietes darstellt, das überhaupt in den letzten zehn Jahren auf dem Büchermarkt erschienen ist.

Otto Holm.

Wetter und Mensch. Von Dr. PAUL PERLEWITZ. Leipzig 1929, Verlag Hesse & Becker.

In allgemein verständlicher Art und in bewußter Abweichung von streng wissenschaftlichen Darstellungen wendet sich das Buch an einen größeren Leserkreis als die meisten anderen Bücher meteorologischen Inhalts. Aus diesem Grunde ist es besonders geeignet zur ersten Einführung in das Gebiet dieser jungen und schwierigen Wissenschaft, deren Bedeutung zwar von Jahr zu Jahr wächst, deren Grundlagen aber bisher noch recht unbekannt sind. Die Behandlung des Gegenstandes erfolgt durchaus von der physikalischen Seite her. Bei den Beobachtungsmethoden haben die der meteorologischen Höhenforschung besondere Berücksichtigung erfahren, da der Verfasser auf diesem Gebiet umfangreiche eigene Erfahrungen verwerten konnte. Mit einer Ausdehnung auf fast die gesamte Physik der Atmosphäre und einem Überblick über die moderne Klimalehre geht das Buch über sein eigentliches Thema, das Wetter, hinaus. Auf der

anderen Seite sind die Beziehungen zwischen Wetter und Klima auf den menschlichen Körper nicht in der Ausführlichkeit dargestellt, wie es der Titel vielleicht vermuten läßt. Dagegen findet man eine zusammenfassende Schilderung der praktischen Meteorologie und wird bekannt gemacht mit dem Wetterdienst und seiner Verwendung für Zwecke der Luft- und Seefahrt, wie auch des Wirtschaftslebens. Damit ist es dem Verfasser gelungen, die Bedeutung meteorologischen Wissens und meteorologischer Einrichtungen für das praktische Leben in das rechte Licht zu rücken.

Dr. W. König.

Einfache chemische Versuche und Übungen.

Von Schulrat WILHELM HOPPE. 30 Abbildungen. 84 Seiten. Breslau 1929, Ferdinand Hirt. Kart. RM 2.50.

Früher ist in dieser Zeitschrift (42, 237; 1929) über das Büchlein: „Chemie“ des gleichen Verfassers in der Sammlung von Ferdinand Hirts Tatsachen und Arbeitsheften, Abteilung Naturkunde, berichtet worden, das sich durch seine große Einfachheit und die Beschränkung auf das Allerwichtigste auszeichnet. Das vorliegende Heft stellt gewissermaßen die praktische Ergänzung dazu dar und ist für Volks- und Mittelschulen, die unter den primitivsten Verhältnissen arbeiten, geschrieben, läßt sich aber auch von dem, der sich aus Liebhaberei im Hause ein kleines Laboratorium einrichtet, mit Vorteil verwenden. Der Verfasser nennt das Buch eine Anleitung für Lehrer, „die ohne besondere praktische Erfahrung und Geschicklichkeit den Chemieunterricht übernehmen“.

Daher wird in der Einleitung zunächst das Ziel des Unterrichts in der Volksschule festgelegt, die notwendige Ausrüstung beschrieben, allgemeine Arbeitvorschriften für Anfänger gegeben und eine Anleitung zu den immer wiederkehrenden Arbeiten wie Filtrieren usw. Die Auswahl der Versuche wird als methodisch bezeichnet, da der Verfasser stets von aus dem täglichen Leben bekannten Erscheinungen ausgeht. In der Anordnung scheint mir indessen doch nicht immer das Richtige getroffen zu sein; beispielsweise beginnen die Arbeiten mit der Beobachtung des Verhaltens von Lackmuspapier gegen verschiedene Lösungen. Die Versuchsanordnungen sind genau beschrieben, durch Abbildungen erläutert und einfach gehalten. Zusammen mit dem verbindenden Text führen sie in leicht verständlicher Weise in die Grundlagen der Chemie ein. Die Anwendungen der Erkenntnisse erstrecken sich wieder auf Gebiete des täglichen Lebens, in der anorganischen Chemie auf Baustoffe, Glas- und Tonwaren, Eisen und die Stickstoffverbindungen, in der organischen auf Kohlehydrate, die Gärung, die Leuchtgasfabrikation, Eiweiß, Fette, Gerberei und Färberei.

A. Isberg.

Jahrbuch der organischen Chemie. 13. Jahrgang: Die Forschungsergebnisse und Fortschritte im Jahre 1926. Von Prof. Dr. JULIUS

SCHMIDT. Leipzig und Wien 1929, Franz Deuticke. 256 Seiten. Geh. RM 21.—.

Der verspätet erschienene 13. Jahrgang bringt eine umfangreiche Zusammenstellung von Forschungsergebnissen des Jahres 1926, die in der in Lehrbüchern üblichen Einteilung in aliphatische, karbozyklische und heterozyklische Verbindungen behandelt werden. In die Form kurzer Referate mit ausführlichem Hinweis auf die Originalliteratur gebracht, ermöglicht das Buch eine schnelle Orientierung über die Arbeiten des betreffenden Jahres. Diese können unmöglich alle aufgezählt werden, sondern es sollen nur die mir wichtig und eventuell für die Schule und Arbeitsgemeinschaften geeignet erscheinenden Arbeiten kurz erwähnt werden.

In dem kurzen allgemeinen Teil wird zunächst eine schnell arbeitende Methode zur Bestimmung von Wasserstoff und Kohlenstoff in organischen Verbindungen angegeben, die darauf beruht, daß man die Substanz mit karbonatfreiem Bleichromat auf dunkle Rotglut erhitzt. Die Methode soll recht genau arbeiten und hat überdies den Vorzug, mit sehr wenig Substanz auszukommen. — Weiter wird ein Verfahren zur direkten Synthese von Erdöl-Kohlewasserstoffen beschrieben, die bei gewöhnlichem Druck und nur mäßiger Temperatur unter Anwendung geeigneter Katalysatoren verläuft. Als Gasgemisch wird Wassergas, aber auch kohlenoxydreicherer und ärmerer Gas verwendet, als Katalysatoren dienen die Metalle der Eisengruppe, insbesondere Kobalt, und Zink vermischt mit den Metalloxyden, die den Katalysator auflockern sollen. Es wird bei Temperaturen von 250° bis 350° gearbeitet und ein Produkt erhalten, das aus Benzinen, Leuchtpetroleum und höheren Kohlewasserstoffen besteht. Es entsteht zunächst die Methylgruppe, die polymerisiert und dann hydriert wird. Geht die Hydrierung zu schnell, wie bei der Verwendung von Nickel als Katalysator, vor sich, so entsteht Methan, daneben in geringen Mengen Naphtene. — Sehr interessant ist ein neues Verfahren zum Bromieren und Jodieren, das mit einem Gemisch von Bromid und Bromat oder Jodid und Jodat arbeitet, das durch Einleiten von Chlor in Freiheit gesetzt wird, sowie ein kurzer Abschnitt über Tetraphenylchrom. — Für die Praxis wird ein Schnellverfahren zur Trocknung kleinerer Mengen Alkohol angegeben, das darauf beruht, daß man etwa wie bei der Soxhlet-Extraktion den verdampften Alkohol beständig kondensiert und über Kalziumoxyd in das Verdampfungsgefäß zurücklaufen läßt. — Von grundlegender Bedeutung sind Versuche über die katalytische Spaltung und Oxydation der Ameisensäure und über die Synthese von Aminosäuren, die den Schluß zulassen, daß der Aufbau in der Natur in gleicher Weise vor sich geht.

Weiter sei eine Arbeit über die Synthese der Lezithine, eine andere über die Struktur der normalen Monosaccharide, andere über Struktur und Synthese von Biosen, Polyosen und den Aufbau und Abbau von Polysacchariden hervorgehoben, weil über sie besonders eingehend berichtet wird,

wie es ihrer Bedeutung entspricht. — Aus der Autotechnik wird über den neuen Betriebsstoff Motalin berichtet, bei dem das Klopfen der Motore durch Verlangsamung der Verbrennung, die man durch Zusatz von 0,2% Eisenpentakarbonyl zum Benzol erreicht, vermieden wird. — Eine Arbeit STAUDINGERS behandelt die Polymerisation des Zyklopentadiens; v. BRAUN beschreibt neuere Versuche zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Radikalen. Man hat mehrere Arylarsinsäuren aufgebaut und auf ihre pharmakologische Wirkung

hin untersucht; man hat überhaupt eine Fülle neuer Substanzen synthetisiert, die Konstitution anderer ermittelt und neue Erklärungsversuche, besonders für Reaktionsmechanismen, aufgestellt. Das Jahrbuch hält den Chemiker, der die Zeitschriften nicht verfolgen kann, über den Stand der organischen Chemie auf dem Laufenden, nur müßte sich das Erscheinen dieser Zusammenfassung nicht 3 Jahre hinauszögern, da dadurch manchem die Aktualität genommen wird.

A. Isberg.

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes in Wien.

Bericht

über die Vereinstätigkeit im 35. Vereinsjahre (Schuljahr 1928—29). Fortsetzung.

A. Vorträge.

12. Jänner 1929: Dr. MAX SKALICKY — Moderne Gesichtspunkte für den Bau und die Wahl elektrischer Meßinstrumente und Apparate für Unterrichtszwecke. — Beschlußversammlung über eine Eingabe an das Bundesministerium für Unterricht, die physikalischen Schülerübungen auf der Unterstufe betreffend.

26. Jänner 1929: Schulrat ANTON LOHSE — 1. Vorführung eines Schulmodelles des Elektromotors und der Dynamomaschine und Versuche damit. — 2. Aufzeichnung der Fallwege mittelst der elektrischen Klingel. — Schulrat HANS KELLERMANN — Das Großkraftwerk Partenstein, eine Lichtbilderreihe des Vereins „Skioptikon“, angefertigt von Hauptschullehrer ERWIN EFFENBERGER.

1. März 1929: Ing. SCHULZE — Fortschritte der Technik in Projektion und Kino unter besonderer Berücksichtigung der Schulprojektion.

16. März 1929: Professor FRANZ STENZL, Zwittau in Mähren — Das Kraftfeld in neuer Beleuchtung.

6. April 1929: KRAUS-Feier zur Erinnerung an die beiden verstorbenen Gründer des Vereines Reg.-Rat KONRAD KRAUS und Direktor Dr. ISIDOR KRAUS. — Vorführung von Schul- und Schülerversuchen mit einfachen Mitteln. — Hauptschullehrer LUDWIG ANTONICEK: Schaltgerät für Radioempfang. — Hauptschullehrerin MARIE BREUER: Fleckputzen als chemisches Problem in der Mädchenschule. — Schulrat JOSEF DEISINGER: Ein einfacher Bodendruckapparat. — Hauptschullehrer LEOPOLD DOBROWOLNY: Schülerversuch über das Telephon. — Schulrat HANS KELLERMANN: 1. Die Venus als Morgen- und Abendstern; 2. Trommelanker; 3. Zweitaktmotor; 4. Federwaagen für Schülerübungen. — Hauptschullehrer PAUL KOLLER: Verwertung von Altmaterial der Post- und Telegraphendirektion für Schülerübungen. — Fachlehrer KARL SEIDEL: Flachmodelle zur Behandlung von Elektromotor und Dynamomaschine. — Schulrat FRANZ MOLLIK:

Verwertung des Gleichrichters von Phillips im Schulunterrichte.

20. und 27. April 1929: O. ö. Univ.-Professor Dr. A. FRANKE — Schulversuche aus dem Gebiete der organischen Chemie.

4. Mai 1929: Dr. FRANZISKA SEIDL — Erzeugung und Verwertung starker Magnetfelder.

11. Mai 1929: Ing. ANTON DÖRFLENER — Radio und Lichtnetz.

25. Mai 1929: Professor Dr. KARL IPPISCH — Einfache Anwendungen des Niederfrequenzverstärkers im Demonstrationsunterrichte.

B. Exkursionen.

9. Jänner 1929: Besichtigung der technischen Einrichtungen des Kunsteislaufplatzes des Wiener Eislaufvereines.

13. Mai 1929: Besichtigung der Betriebsstätten der Julius Meißl A.G.

15. Mai 1929: Besichtigung der Wiener Porzellanfabrik im Schloß Augarten.

36. Vereinsjahr (Schuljahr 1929—30).

A. Vorträge.

12. Oktober 1929: Jahreshauptversammlung. — Professor Dr. RUDOLF BERANEK — Schülerversuche zur Bewegungslehre; Vorführung des Wechselstromgenerators der Firma F. W. STUCK.

26. Oktober 1929: Professor HEINRICH PABISCH — Dr. KARL AUER-WELSBACH, sein Leben und sein Werk.

9. November 1929: Professor Dr. KARL IPPISCH — Drehstromversuche im Drehstromstator.

14. November 1929: Schulrat HANS KELLERMANN und Hauptschullehrer LUDWIG ANTONICEK — Versuche mit Verwendung der neuen Gleichstromschalttafel der Wiener Gemeinde-Hauptschulen.

23. November 1929: HERMANN PANGERL — Vorführung und Erklärung neuer Apparate der optischen Werke C. REICHERT.

7. Dezember 1929: Ing. ADOLF RAZDOVITZ — Schulversuche mit der Photozelle.

11. Jänner 1930: O. ö. Professor Hofrat Dr. HEINRICH MACHE — Das Studium der technischen Physik und seine Ziele. — Schulrat HANS KELLERMANN — 1. Die Glaserzeugung, eine Lichtbilderreihe von Hauptschullehrer ERWIN EFFENBERGER; 2. Die Taschenuhr.

23. Jänner 1930: Hauptschullehrer FERDINAND WAGNER — Schülerversuche.

15. Februar 1930: Ing. KARL WEBER: Ein einfacher Apparat zur raschen Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft.

25. Februar 1930: Hauptschullehrer FRANZ KOSOHABEK — Vorführung von Versuchsanordnungen für den Arbeitsunterricht in Naturlehre.

1. März 1930: Dr. FRANZISKA SEIDL — Über Stroboskopie und Oszillographie.

15. März 1930: Oberbergrat Dr. ADOLF GSTÖTTNER — Vorführung des vom Vereine der Bergwerksbesitzer Österreichs hergestellten Filmes über die Kohlenbergbaue Österreichs.

27. März 1930: Hauptschullehrer FERDINAND WAGNER — Arbeitsbuch; Schülerversuch; Schülergerät.

5. und 12. April 1930: Professor Ing. Dr. FRIEDRICH BÖCK — Moderne Verwertung der Kohle.

5. April 1930: KRAUS-Feier zur Erinnerung an die beiden verstorbenen Gründer des Vereines Reg.-Rat KONRAD KRAUS und Direktor Dr. ISIDOR KRAUS. Vorführung von Schul- und Schülerversuchen mit einfachen Mitteln. —

Hauptschullehrer LUDWIG ANTONICEK: Demonstrationsmodell zur Stichbildung der Nähmaschine. —

Schulrat JOSEF DEISINGER: Generator zur Vorführung der wichtigsten Erscheinungen mit Dreiphasenstrom. —

Hauptschullehrer LEOPOLD DOBROWOLNY: 1. Praktische Verwendung des Magnetinduktors als Elektromotor. 2. Ein einfacher Wasserzersetzungsgenerator. —

Schulrat HANS KELLERMANN: Bewegliches Aufbaumodell eines Senkkastens. —

Inspektor KARL WAIS: 1. Ein einfacher Projektionsapparat zur Darstellung von Kegelschnitten mit gegebenen Konstanten. 2. Modell zum CARNOTSchen Lehrsatz.

30. April 1930: JOSEF J. MELICHAR — Vorführung naturkundlicher Lehrfilme (Schmalfilme).

3. Mai 1930: Ing. JOSIP SLIŠKOVIČS — Das Fernsehen.

17. Mai 1930: O. ö. Univ.-Professor Dr. HANS THIRING — Das Tonfilmproblem.

B. Exkursionen.

25. Oktober 1929: Besichtigung der Betriebsstätten der Julius Meinel A.G.

27. Oktober 1929: Besichtigung des städt. Gaswerkes und des neuen Gasbehälters in Wien-Leopoldau.

5. Februar 1930: Besichtigung der Bühneneinrichtung der Wiener Staatsoper.

11. Februar 1930: Besichtigung der Ausstellung für Spritztechnik des Gewerbeförderungsdienstes des Bundesministeriums für Handel und Verkehr.

29. März 1930: Besichtigung des neuen chemischen Institutes der Technischen Hochschule sowie des Institutes für technische Elektrochemie und des Institutes für Mineralogie und Baustoffkunde.

3. Juni 1930: Besichtigung der Maschinenglasfabrik in Brunn am Gebirge.

Vereinsleitung.

Obmann: O. ö. Professor an der Technischen Hochschule Hofrat Dr. HEINRICH MACHE.

Stellvertreter: Gymnasialdirektor Dr. KARL BRUNO und Studienrat FRIEDRICH BRANDSTÄTTER.

Geschäftsführer: Regierungsrat Prof. KARL MÜLLNER (Wien 4., Schellingg. 39).

Vereinszeitschrift: „Physik und Chemie“; Hauptschriftleiter: Prof. Dr. RUDOLF BERANEK (Wien 6., Amerlingstr. 6).

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

(Ortsgruppe des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.)

Bericht über das Jahr 1930.

Den Vorstand bildeten die Herren GIRKE, SPILLNER, KLAMROTT, HAASE.

Sitzungen.

14. Januar: Herr KISSE: 1. Versuche am Windkanal. 2. Vorführung eines neuen Wasserdruckmessers. 3. Vorführung eines Apparates zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes.

11. Februar: Gemeinsame Sitzung der drei Berliner Ortsgruppen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Herr v. MISES: Wahrscheinlichkeit und Statistik.

25. März: Herr LÖWENSTEIN: Unterrichtsapparate nach R. W. POHL (mit Vorführungen).

20. Mai: Herr VOLKMANN: 1. Versuche mit einer elektrischen Schulmaschine (vgl. SCHMIDT und VOLKMANN: Elektrische Maschinen. Berlin: Julius Springer 1929). 2. Versuche mit Niederspannungsglühlampen.

24. Juni (in Gemeinschaft mit der Ortsgruppe Potsdam-Nowawes): Herr HAUSCHULZ: 1. Apparate für physikalische Schülerübungen (mit Vorführungen). 2. Verschiedenes aus der Praxis der Sammlungsleitung.

27. August: Gemeinsame Sitzung der Vereine zur Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichtes. Herr MOSCH: Philosophische Betrachtungen im mathematischen und physikalischen Unterricht.

9. September: Herr KRÖNCKE: 1. Einige neue akustische Versuche. 2. Versuche mit dem Glühkathoden-Oszillographen.

8. Oktober: Gemeinsame Sitzung der Vereine zur Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichtes. Herr SCHAUFF: Die Infinitesimalrechnung im Physikunterricht.

18. November: Herr MOELLER: Versuche mit kleineren Röhrengeneratoren (Anodenspannung 220 Volt) für Frequenzen von 1 bis 10000 Hertz.

5. Dezember: Herr WESTPHAL: Die physikalischen Übungen an der Technischen Hochschule.

R. Girke.

Himmelserscheinungen im März und April 1931.

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

| 0h W.Z. | Sonne ☉ | | | | Merkur ☿ | | Venus ♀ | | Mars ♂ | | Jupiter ♃ | | Saturn ♄ | |
|------------|---------|-------|----------------------|------------------------|----------|-------|---------|-------|--------|-------|-----------|-------|----------|-------|
| | AR. | Dekl. | Zeitgl. ¹ | Sternzeit ² | AR. | Dekl. | AR. | Dekl. | AR. | Dekl. | AR. | Dekl. | AR. | Dekl. |
| 1931 | h m | ° | m s | h m s | h m | ° | h m | ° | h m | ° | h m | ° | h m | ° |
| März 1 | 22 44 | - 8,0 | +12 44 | 10 31 20 | 22 0 | -14,5 | 19 44 | -19,6 | 8 3 | +24,4 | 6 46 | +23,3 | 19 27 | -21,6 |
| „ 6 | 23 3 | 6,1 | 11 41 | 10 51 3 | 22 33 | 11,4 | 20 8 | 18,8 | 8 1 | 24,3 | 6 46 | 23,3 | 19 29 | 21,6 |
| „ 11 | 23 21 | 4,2 | 10 28 | 11 10 46 | 23 7 | 7,7 | 20 32 | 17,9 | 8 1 | 24,2 | 6 46 | 23,3 | 19 31 | 21,5 |
| „ 16 | 23 40 | 2,2 | 9 7 | 11 30 29 | 23 42 | - 3,6 | 20 55 | 16,8 | 8 2 | 23,9 | 6 46 | 23,3 | 19 32 | 21,5 |
| „ 21 | 23 58 | - 0,2 | 7 40 | 11 50 12 | 0 17 | + 1,0 | 21 19 | 15,4 | 8 5 | 23,7 | 6 47 | 23,3 | 19 34 | 21,4 |
| „ 26 | 0 16 | + 1,7 | + 6 9 | 12 9 54 | 0 53 | + 5,7 | 21 42 | -13,9 | 8 8 | +23,3 | 6 48 | +23,3 | 19 35 | -21,4 |
| „ 31 | 0 34 | 3,7 | 4 38 | 12 29 37 | 1 27 | 10,2 | 22 5 | 12,2 | 8 12 | 23,0 | 6 49 | 23,3 | 19 36 | 21,3 |
| April 5 | 0 52 | 5,6 | 3 7 | 12 49 20 | 1 57 | 14,1 | 22 28 | 10,3 | 8 17 | 22,5 | 6 51 | 23,2 | 19 38 | 21,3 |
| „ 10 | 1 11 | 7,5 | 1 41 | 13 9 3 | 2 21 | 16,8 | 22 51 | 8,4 | 8 23 | 22,1 | 6 54 | 23,2 | 19 38 | 21,3 |
| „ 15 | 1 29 | 9,3 | + 0 22 | 13 28 45 | 2 35 | 18,4 | 23 13 | 6,3 | 8 30 | 21,5 | 6 56 | 23,1 | 19 39 | 21,2 |
| „ 20 | 1 48 | +11,1 | - 0 49 | 13 48 28 | 2 40 | +18,6 | 23 35 | - 4,1 | 8 37 | +21,0 | 6 58 | +23,1 | 19 40 | -21,2 |
| „ 25 | 2 6 | 12,8 | 1 50 | 14 8 11 | 2 36 | 17,5 | 23 58 | - 1,9 | 8 44 | 20,4 | 7 1 | 23,0 | 19 40 | 21,2 |
| „ 30 | 2 25 | +14,4 | - 2 40 | 14 27 54 | 2 27 | +15,5 | 0 20 | + 0,4 | 8 53 | +19,7 | 7 4 | +23,0 | 19 40 | -21,2 |

¹ Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

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

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

| | Sonne | | Mond | | | Sonne | | Mond | | | Sonne | | Mond | |
|--------|-------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|-------|---------|----------|-------|---------|-------|---------|
| | Aufg. | Unterg. | Aufg. | Unterg. | | Aufg. | Unterg. | Aufg. | Unterg. | | Aufg. | Unterg. | Aufg. | Unterg. |
| 1931 | h m | h m | h m | h m | 1931 | h m | h m | h m | h m | 1931 | h m | h m | h m | h m |
| März 1 | 6 49 | 17 37 | 13 3 | 5 54 | März 26 | 5 51 | 18 22 | 8 23 | 1 58 | April 20 | 4 54 | 19 6 | 5 27 | 22 31 |
| „ 6 | 6 38 | 17 46 | 20 57 | 7 26 | „ 31 | 5 39 | 18 31 | 15 13 | 5 5 | „ 25 | 4 43 | 19 14 | 9 44 | 2 28 |
| „ 11 | 6 26 | 17 56 | 2 47 | 9 12 | April 5 | 5 28 | 18 40 | 22 59 | 6 13 | „ 30 | 4 33 | 19 23 | 17 16 | 3 49 |
| „ 16 | 6 15 | 18 4 | 5 51 | 14 50 | „ 10 | 5 16 | 18 48 | 3 16 | 10 5 | | | | | |
| „ 21 | 6 3 | 18 13 | 6 40 | 20 49 | „ 15 | 5 5 | 18 57 | 4 32 | 16 13 | | | | | |

| Mondphasen 1931 M.E.Z. | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 19. März 8h 50,6m | 27. März 6h 4,2m | 4. März 11h 36,1m | 11. März 6h 15,2m |
| | 18. April 1 59,7 | 25. April 14 40,1 | 2. April 21 5,5 | 9. April 21 15,2 |
| | | | 2. Mai 6 14,4 | |

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

| Trabant I | | Trabant II | | Trabant III | | Trabant IV | |
|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|--|------------|--|
| März 3 20h 33,9m A | April 2 22h 45,1m A | März 4 19h 29,1m A | März 22 20h 53,9m A | April 14 20h 17,3m E | | | |
| „ 10 22 29,5 A | „ 10 0 40,6 A | „ 11 22 4,4 A | „ 29 21 25,9 E | „ 15 0 4,9 A | | | |
| „ 18 0 25,1 A | „ 18 21 5,1 A | „ 19 0 39,8 A | „ 30 0 54,3 A | | | | |
| „ 26 20 49,5 A | „ 25 23 0,5 A | April 12 21 44,3 A | April 6 1 25,6 E | | | | |
| | | „ 20 0 20,1 A | | | | | |

Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

| | Merkur ☿ | Venus ♀ | Mars ♂ | Jupiter ♃ | Saturn ♄ |
|----------|----------------|--------------|----------------|---------------|--------------|
| 1931 | h | h | h | h | h |
| März 1 | — | A 5,0 Dm 6,3 | Da 18,8 Dm 5,6 | Da 18,7 U 4,5 | A 4,9 Dm 5,7 |
| „ 11 | — | A 4,9 Dm 5,9 | Da 19,1 Dm 5,3 | Da 19,0 U 3,9 | A 4,3 Dm 5,3 |
| „ 21 | — | A 4,8 Dm 5,5 | Da 19,4 U 4,6 | Da 19,3 U 3,3 | A 3,7 Dm 4,9 |
| „ 31 | Da 19,6 U 20,0 | A 4,6 Dm 5,1 | Da 19,7 U 4,0 | Da 19,6 U 2,6 | A 3,1 Dm 4,5 |
| April 10 | Da 19,9 U 20,8 | A 4,4 Dm 4,7 | Da 20,0 U 3,4 | Da 19,9 U 2,1 | A 2,4 Dm 4,0 |
| „ 20 | Da 20,3 U 20,6 | A 4,1 Dm 4,4 | Da 20,4 U 2,9 | Da 20,3 U 1,5 | A 1,8 Dm 3,6 |
| „ 30 | — | A 3,8 Dm 4,0 | Da 20,8 U 2,3 | Da 20,6 U 0,9 | A 1,2 Dm 3,2 |

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

21. März 15h 7m **Frühlingsanfang.** 2. April 19h 23,2m bis 22h 51,7m **Mondfinsternis**, welche von 20h 22,3m bis 21h 52,6m total ist. Zeitangaben in M.E.Z. Kohl.

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

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