

Die belastete Schraubenfeder als Urbild eines schwingenden Systems.

Erster Beitrag zur Schwingungslehre

von Dr. Curt Fischer in Berlin.

(Mitteilung der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Berlin.)

In der Technik tritt sowohl auf dem mechanischen als auch auf dem elektrischen Gebiete die Schwingungslehre immer mehr in den Vordergrund. Es erscheint angezeigt, daß auch die Schule sich mit der Schwingungslehre mehr befaßt. Der Umstand, daß mit Schwingungsversuchen eine viel größere Genauigkeit erreicht wird als mit den sonst in der Schule üblichen Versuchen aus der Bewegungslehre, drängt dazu, sich ernstlich die Frage vorzulegen, ob es nicht zweckmäßig ist, die ganze übliche Schuldynamik durch eine stärkere Betonung der Schwingungslehre von Grund aus umzugestalten. Versuche, die Schwingungserscheinungen in schulgerechte Form zu bringen, liegen bereits viele vor. In den folgenden Beiträgen zur Schwingungslehre handelt es sich einerseits um allgemeine kritische Bemerkungen über frühere Arbeiten dieser Art, andererseits soll versucht werden, durch einige neue Gedanken und Versuche den Aufbau eines neuen Lehrganges der Schwingungslehre vorzubereiten.

1. Trennung der Begriffe Masse und Starre. Die Differentialgleichung für die wirksamen Kräfte bei einer geradlinigen ungedämpften Schwingung lautet:

$$m\ddot{y} + fy = 0;$$

dabei bedeutet y die jeweilige Ausweichung des Massenschwerpunktes aus der Ruhelage und \ddot{y} ihre zweite Ableitung nach der Zeit, also die Beschleunigung des Massenschwerpunktes. Die beiden Festwerte der Bewegung sind die schwingende Masse m und die Starre f der Federung; f wird gemessen durch die Kraft, die der Federung die Ausweichung 1 cm erteilt. Die Lösung der Gleichung:

$$y = A \sin \frac{2\pi}{\tau} t, \text{ wobei } \tau = 2\pi \sqrt{\frac{m}{f}},$$

zeigt, daß die Schwingdauer nur von dem Verhältnis der Größen m und f abhängig ist.

Der schon von E. MACH in seinem „Leitfaden der Physik für Studierende“ eingeführte Begriff $f = \frac{m}{\tau^2}$, der später den Namen „charakteristische Beschleunigung“

bekommen hat, ist erfahrungsgemäß wenig glücklich gewählt. Diese der Bewegungslehre entnommene Begriffsfassung geht dem Schüler wesentlich schwerer ein, als die rein statisch zu erfassenden Begriffe der Masse und der Starre. Ja, es dürfte der Fortschritt, den die allgemeine Schwingungslehre durch die Untersuchung der elektrischen Schwingungen erfahren hat, hauptsächlich darin begründet liegen, daß dort die Begriffe der Kapazität (entsprechend der Nachgiebigkeit $h = 1:f$) und der Selbstinduktion (entsprechend der Masse m) stets getrennt gehalten werden. Insofern bedeutet die Arbeit von H. HAHN¹⁾ über die Starre einen wichtigen Fortschritt für

¹⁾ H. Hahn, Die Starre. Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Heft 4. Leipzig, Quelle & Meyer, 1920.

die Mechanik; denn in dieser Arbeit wird für den Begriff der Größe f ein Wort angegeben, das überall, wo die Größe f in der Mechanik eine Rolle spielt, gleich gut verwendet werden kann. Es ist eben das Wort „die Starre“ und für den umgekehrten Begriff das Wort „die Nachgiebigkeit“.

2. Trennung der Träger von Masse und Starre. Diese Erkenntnis schließt nun die Forderung in sich, daß ein Schwingungsgebilde, das man der Betrachtung aller mechanischen Schwingungen als Urbild zugrunde legen kann, so beschaffen sein muß, daß bei ihm Masse und Starre möglichst körperlich voneinander getrennt sind und unabhängig voneinander in die Erscheinung treten.

3. Pendel. Wer z. B. das Pendel als Urbild eines Schwingers hinstellt — und das geschieht noch vielfach und geschah früher allgemein —, der kann höchstens qualitativ zeigen, daß die Schwingdauer mit wachsender Starre abnimmt, indem er etwa die Pendelkugel aus Eisen einem Magnetfelde aussetzt, oder auf Umwegen, indem er das Pendel in einer schrägen Ebene schwingen läßt. Niemals aber kann beim Fadenpendel die Abhängigkeit der Schwingdauer von der Masse unmittelbar gezeigt werden, da die Masse auch in den Ausdruck für die Starre $f = mg:l$ eingeht und deshalb aus der Gleichung für die Schwingdauer herausfällt. Außerdem ist beim Pendel die Starre abhängig von der Schwingweite, so daß nicht einmal die Differentialgleichung der Schwingung genau erfüllt ist; und endlich werden durch die Ableitung der Pendelformel die höchst einfachen Gesetze der geradlinigen Schwingung mit den weit schwierigeren Gesetzen der Drehbewegung verquickt, wodurch ihr Verständnis erschwert wird. Alle diese Gründe sprechen dagegen, das Pendel ferner als das Urbild eines Schwingers anzuwenden. Diese Überlegung bedeutet einen schweren Entschluß; ist doch kein anderer Schwinger so leicht herzustellen und so leicht hinsichtlich der Schwingdauer zu verändern, wie das Fadenpendel. Auch die geringe Dämpfung und in manchen Fällen der Umstand, daß das Pendel eine wagrechte Bewegungsrichtung hat, sind Vorzüge, worauf man nicht gern verzichtet. Endlich spräche auch die geschichtliche Entwicklung der Schwingungslehre zugunsten des Pendels. Aber allein schon der wichtige Umstand, daß beim Pendel der Träger der Starre nicht unabhängig von dem Träger der Masse auftritt, erschwert das Verständnis der Grundbegriffe und damit den folgerichtigen Aufbau einer Schwingungslehre.

4. Saiten und Stäbe. Einige Physiker verwenden die Saite, andere nehmen unbelastete Stäbe, die einseitig festgeklemmt werden, als Ausgangspunkt ihrer Betrachtungen über Schwingungen. Hier sind Masse und Starre längs des ganzen Schwingers verteilt; da die einzelnen Stellen dieser Schwinger keinen gleich großen Anteil an den in der Schwingungsgleichung vorkommenden Größen, der gesamten schwingenden Masse m und der gesamten Starre f , haben, so erscheinen auch diese Gebilde zur Einführung in die Schwingungslehre ungeeignet.

Eines der Urbilder, die RAYLEIGH¹⁾ seinen Betrachtungen zugrunde legt, ist eine Saite, die in der Mitte belastet wird mit einer Masse, die groß ist gegen die Saitenmasse. Dieses Gebilde ist für die Darstellung der Saiteneigenschaften sehr wohl geeignet; da aber seine Bewegung nur mit starken Vernachlässigungen einfach zu berechnen ist, und auch aus praktischen Gründen, kommt es hier für uns nicht in Frage.

Als zweites Urbild eines Schwingers verwendet RAYLEIGH Stäbe, die an einem Ende festgeklemmt, am andern Ende stark belastet sind. Auf den ersten Blick scheint diese Anordnung auch für unsere Zwecke sehr geeignet zu sein. Ist die angehängte Masse groß gegen die Stabmasse, so geht nach RAYLEIGH nur etwa ein Viertel der Stabmasse in die Formel für die Schwingungsdauer ein (und trotz der ungleichförmig auf dem

¹⁾ Rayleigh, Die Theorie des Schalles. Deutsch von Fr. Neesen. Erster Band. Vieweg-Braunschweig 1880.

Stabe verteilten Verzerrung könnte der Anteil der Stabmasse an der Schwingung noch genauer berechnet werden). Die Trennung zwischen dem Träger der Starre und dem Träger der Masse ist also fast vollkommen; auch bleibt sich die Starre, selbst bei starken Biegungen des Stabes noch annähernd gleich. Aber bei der Ausführung und beim Gebrauch stößt der Versuch, den belasteten Stab als Urbild eines Schwingers zu verwenden, auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten, die im folgenden erörtert werden sollen. Wir setzen dabei den Querschnitt des Stabes als ein flaches Rechteck voraus, damit sich die beiden möglichen Querschwingungen nicht gegenseitig beeinflussen.

a) Ein schwingender Stab darf im allgemeinen nur wagrecht eingespannt werden. In jedem andern Falle ist der Stab gleichzeitig ein Pendel, seine Starre ist also nicht ausschließlich eine Eigenschaft des Stabes, sondern auch abhängig von der Größe der Endmasse. Bei langsamen Schwingungen, d. h. bei Stäben mit geringer Starre, sind die Unterschiede leicht meßbar.

b) Die Starre eines Stabes ist nur dann einwandfrei bestimmt, wenn die Klemmstelle vollkommen starr ist. Das führt dazu, unverhältnismäßig große Schraubstöcke als Klemmvorrichtung zu verwenden. Die von RAYLEIGH vorgeschlagene Verdoppelung des Schwingers, so daß er ähnlich wie eine Stimmgabel schwingt, gibt ein Gebilde, das sehr schwer veränderlich ist und deshalb für den Unterricht nur im Ausnahmefall in Frage kommt.

c) Die Starre ist abhängig von der dritten Potenz der Stablänge. An dieser hohen Potenz liegt es, daß es schwer fällt, die Starre durch Einklemmen des Stabes an verschiedenen Stellen genau zu ändern. Noch schwieriger aber ist das Anbringen der schwingenden Masse. Da das belastete Ende des Stabes bei der Schwingung kaum biegt, so kann man im allgemeinen die Stablänge von dem Schwerpunkt der Masse bis zum Schraubstock rechnen. Schwingt nun der wagrecht eingespannte Stab in einer Lotebene, dann dürfte wohl die Masse am besten so befestigt werden, wie die Fig. 1 zeigt; ein z. B. mit Plastilin am festen Stabende angeklebter Faden läuft oben längs des Stabes, hängt in der Mitte des freien Endes über die Kante herab und trägt dort die belastete Wagschale. Schwingt aber der Stab in der wagrechten Ebene, so ist außerdem darauf zu achten, daß der Schwerpunkt der angehängten Masse genau in die unverzerrte (indifferente) Stabschicht fällt, da sonst der Stab gedreht wird. Einwandfreie Versuchsanordnungen gibt es für diesen Fall noch nicht. Am nächsten kommt dem Gedanken der Schwinger von H. ABRAHAM¹⁾.

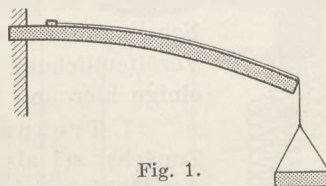


Fig. 1.

Diese Zusammenstellung von Fehlermöglichkeiten zeigt, daß der belastete Stab bei langsamen Schwingungen nur mit großer Vorsicht benutzt werden darf.

5. Drillschwinger. Wird ein federnder Draht oben befestigt, und werden an seinem unteren Ende spiegelbildlich zur Drahtachse gleiche Massen starr angebracht, so hat man die einfachste Form eines Drillschwingers. Die verschiedensten Gebilde dieser Art finden sich in der Literatur. Achtet man darauf, daß der Draht allseitig geklemmt wird und verwendet man auf den Massenausgleich die nötige Sorgfalt, so hat man Schwinger, die sehr genau berechenbar sind, und — worauf es uns hier am meisten ankommt — bei denen die Masse und die Starre so gut wie bei keinem andern Schwinger getrennt auftreten. Wie man zwei solcher Schwinger koppeln und die Koppelungsgesetze damit zeigen kann, hat H. J. OOSTING²⁾ in dieser Zeitschrift eingehend beschrieben.

Wenn nun aber diese Geräte trotz aller Vorzüge hier abgelehnt werden, so

¹⁾ H. Abraham, Recueil d'expériences élémentaires de physique. Paris, Gauthier-Villars 1904, Bd. I, S. 108, Nr. 71. — Vgl. auch H. Hahn, Handbuch der physikalischen Schüllerübungen, 2. Aufl., Berlin, Springer, 1913, S. 207, Nr. 13.

²⁾ H. J. Oosting, diese Zeitschrift (28) 1915, S. 226 und 240.

geschieht es aus einem didaktischen Grunde. Die für das Verständnis der Drillbewegung notwendigen Begriffe: Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung, Drehmasse (Trägheitsmoment) und Drillstarre (Direktionskraft) sind weit schwieriger, als die entsprechenden Begriffe bei der geradlinigen Schwingbewegung. Es dürfte deshalb keinem Zweifel unterliegen, daß man zum Urbild eines Schwingers lieber einen geradlinig schwingenden als einen Drillschwinger wählt.

6. Die Schraubenfeder. Allen denen, die sich mit dem Bau neuer Schwingungsgeräte beschäftigen, möge das Gesagte dazu dienen, Fehlbauten zu vermeiden; besitzen wir doch in der Schraubenfeder etwas viel Besseres. Die Schraubenfeder mit angehängter Masse dürfte zur Zeit als das beste Mittel zur Darstellung des Urbildes eines Schwingers anzusehen sein. Bei englischen und amerikanischen Forschern hat die Schraubenfeder weit mehr als bei uns Beachtung gefunden. LORD KELVIN legt in seinen *Baltimore Lectures* vielfach die Schraubenfeder seinen Betrachtungen zugrunde. J. H. POYNTING und J. J. THOMSON haben im ersten Teil ihres Physikwerkes die Schwingungserscheinungen ebenso wie den Stoß an diesem Urbild erläutert. Der zweite Band, der die Lehre vom Schall behandelt, nimmt aber merkwürdigerweise kaum Bezug auf diese Darstellung. In neuester Zeit hat nun auch in Deutschland O. FÖPPL¹⁾ seine Schwingungslehre darauf gegründet, wenn er auch das Bild leider nicht völlig durchführt. Im Schulunterricht bürgert sich die Schraubenfeder durch das „Handbuch für Schülerübungen“ von H. HAHN allmählich ein.

Die Sonderstellung, welche die Schraubenfeder unter diesen Gesichtspunkten einnimmt, veranlaßte den Verfasser²⁾ vor einigen Jahren ihre Eigenschaften rechnerisch und durch Versuche zu prüfen. Auch einige Versuche für den Anfangsunterricht über Schwingungen wurden damals angegeben. Von den nach Abschluß dieser Veröffentlichung angestellten Versuchen und Gedankengängen sollen nun einige hier und in den folgenden Aufsätzen mitgeteilt werden.

7. Trennung von Masse und Starre bei der Schraubenfeder. Zunächst sei als wichtigstes Ergebnis aus den dort angeführten Tabellen der Gültigkeitsbereich der Formel für die Schwingdauer τ einer mit der Masse M belasteten Schraubenfeder (Fig. 2) von der statisch gemessenen Starre k festgestellt. Die vereinfachte Gleichung:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{M + \frac{1}{3}m}{k}}$$

kann bis zu einem Fehler von 0,1 v. H. verwendet werden selbst noch für Federn, deren Masse m $\frac{1}{3}$ der angehängten Masse M beträgt. Die Bedingung, daß m klein gegen M sein soll, ist also sehr leicht zu erfüllen. Die rechnerische Trennung von Starre und Masse ist dadurch fast immer gewährleistet. Für das Verständnis wird man aber gut tun, mit der Feder-masse möglichst weit herabzugehen.

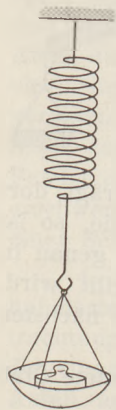


Fig. 2.

Außer dieser körperlichen Trennung von Starre und Masse stellt die Schule an die Schwinger unter anderm noch die im folgenden mitgeteilten Anforderungen.

8. Die Starre der Schraubenfeder. Die Starre des Schwingers muß auch bei großen Ausschlagreihen sich gleichbleiben, damit man es mit richtigen Sinusschwingungen zu tun hat. Diese Eigenschaft hat die Schraubenfeder in sehr weiten Grenzen. Aber noch mehr. Die durch das Gewicht der angehängten Masse hervorgerufene Verlängerung gilt bekanntlich für die Schwingung als jeweilige Gleichgewichtslage, um welche herum die Schwingungen stattfinden. Auch in diesem weiten Bereich der durch das Gewicht hervorgerufenen Verzerrung soll die Starre sich gleichbleiben. Darin dürfte wohl die Schraubenfeder von allen Federungen das Beste

¹⁾ O. Föppl, Grundzüge der Technischen Schwingungslehre. Berlin, Springer, 1923.

²⁾ Curt Fischer. Die Schraubenfeder. Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Heft 4. Leipzig, Quelle & Meyer, 1920.

leisten. Sie ist zwar auch noch nicht ganz vollkommen, aber ihre Starre ändert sich nur nahezu umgekehrt wie das Quadrat des Cosinus des jeweiligen Steigungswinkels α der Schraube, also umgekehrt wie $1 - \sin^2 \alpha = 1 - (L/l)^2$, wenn L die jeweilige Federlänge und l die Drahtlänge bedeuten (vgl. Schraubenfeder, Seite 137, Gleichung 23). Die Formel gilt genau, wenn das freie Federende verhindert wird, dem bei der Verlängerung auftretenden Drillantriebe zu folgen; das könnte z. B. durch Parallelschaltung zweier gleicher Federn mit entgegengesetztem Wicklungssinn erreicht werden. Aber bei festgewickelten Federn ist auch ohne diese Vorsicht die genannte Abhängigkeit gültig. Bei solchen Federn ist die Änderung der Größe $(L/l)^2$ im ganzen möglichen Bereich von der Belastung Null bis zur Höchstbelastung von der Größenordnung 0,02, so daß also die Starre nur um etwa 2 v. H. anwachsen kann.

9. Schraubenfeder mit beliebig veränderlicher Starre. In der genannten Schrift des Verfassers über „Die Schraubenfeder“ sind die Abschnitte 5, 11, 12 und 21 einer eingehenden Untersuchung der Federenden gewidmet. Kommt doch alles darauf an, daß die Feder auch bei Belastung stets Schraubengestalt behält und sich nicht krümmt. Alle gebräuchlichen Arten, die Feder aufzuhängen und zu belasten, haben den Nachteil, daß die Länge der Feder durch sie unabänderlich festgelegt ist. Bei einem mit diesen Federn gebauten Schwinger kann man also nur die Masse, nicht die Starre verändern. Das ist ein Übelstand, der sich bisher beim Arbeiten mit den Schwingern immer von neuem fühlbar machte, und der jetzt durch die folgende Vorrichtung überwunden ist. Der Grundgedanke ist der: eine Schraubenfeder ist einwandfrei aufgehängt, wenn eine ihrer Windungen in zwei Punkten, die auf einem Durchmesser liegen, unterstützt wird. Der Höhenunterschied der Unterstützungspunkte ist die halbe Ganghöhe der unverzerrten Schraube.

Ein runder Holzstab (Fig. 3 a und b), der in die Schraubenfeder leicht verschiebbar eingepaßt ist, wird am unteren Ende längs der Achse eingesägt. Senkrecht zu dieser Kerbe kommt ein Stift A , der einem Hebel B aus Stahldraht von der Dicke des Federdrahtes (0,7 mm) als Achse dient. Der Draht wird in ein gefaltetes Blechstück C gelegt und darin festgeklemmt. Ein Loch in diesem Schiffchen C ist das Lager des Hebels. Die beiden Hebelarme BB ragen aus der Kerbe des Holzstabes etwas heraus. Auf ihnen sollen die beiden Unterstützungspunkte der Schraubenwindung liegen. Die Feder wird nun eingesetzt (Fig. 3 c). Dazu wird das obere Windungsende auf den einen Hebelarm gelegt und nach einer halben Umdrehung der Feder auf den zweiten. Von da an kann man beliebig weiterschrauben und so der Feder die beabsichtigte Länge geben. Die Windungszahl rechnet von unten bis zur Auflagestelle auf dem Hebelarm, auf dem man das Auflegen der Windungen begonnen hat. In Fig. 3 d ist die fertige, belastete Feder dargestellt. Es wurden aber nur halb so viel Windungen gezeichnet, wie die hier beschriebene Feder in Wirklichkeit hat.

Der Stab dient der Feder als Führung, so daß der Hebel immer einen Durchmesser der Schraube bildet. Unterhalb der Hebelachse ist der Holzstab kegelförmig gefeilt, damit er die freien Windungen nicht stört. Der Hebel stellt sich genau nach der Ganghöhe der unverzerrten Feder ein und könnte deshalb eigentlich in dieser Lage unbeweglich hergestellt werden. Aber aus verschiedenen Gründen, die während der Versuche sich geltend gemacht haben, wurde die bewegliche Form bevorzugt.

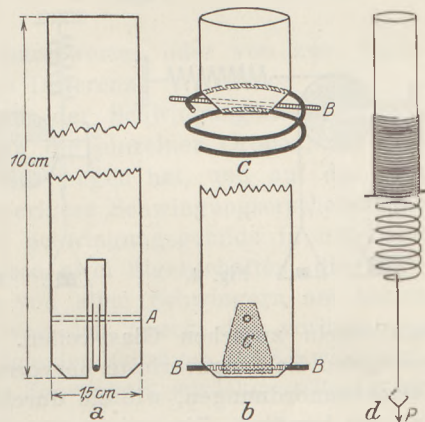
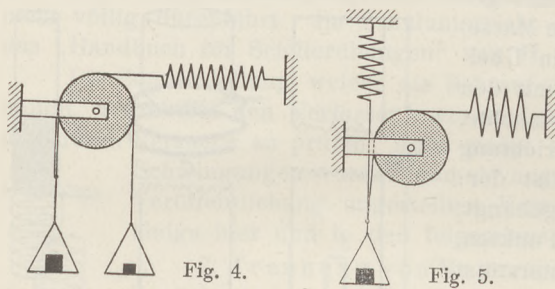


Fig. 3.

Bei dieser Vorrichtung ändert sich die Nachgiebigkeit der Feder ebenso wie die Anzahl der freien Windungen mit einer Genauigkeit, die von der Gleichheit der Windungsdurchmesser abhängt. Die Vorrichtung gibt die Möglichkeit an die Hand, zwei Federn von genau gleicher Starre herzustellen und zwei schwingende, mit bestimmten Massen belastete Federn auf gleiche Schwingungsdauer zu bringen. Kurz, diese Federaufhängung bietet dieselben Vorteile wie die Umwandlung der Leydener Flasche der drahtlosen Telegraphie in den Drehkondensator.

Bei Federn mit geringer Anfangssteigung läßt sich, wenn es nicht auf große Genauigkeit ankommt, die eben beschriebene Anordnung noch weiter vereinfachen. Eine starke Stricknadel wird wagrecht in den Schraubstock gespannt und ein walzenförmiger Kork senkrecht zu seiner Achse daraufgespießt. Der Kork paßt genau in die Schraubenfeder hinein. Nun wird die Feder auf die Stricknadel geschraubt, ebenso wie vorhin auf den Hebel. Hierbei ist aber darauf zu achten, daß das erste Einschieben der Nadel zwischen die Windungen bei dem Nadelstück zwischen Kork und Schraubstock erfolgt, und daß dieser Zwischenraum möglichst klein ist. Sonst biegt sich die Stricknadel, wenn die Feder belastet wird.

10. Wagrechte Federanordnung. Beim Ausbau der Schwingungslehre auf der Grundlage der Schraubenfeder stößt man öfters auf die Forderung, einen sich wagrecht bewegenden Schwinger zu bauen. WEINHOLD¹⁾ hängt zu diesem Zweck



bekanntlich seine Spiralfedern an Fäden auf. Wie die Federstarre dabei durch die Pendelstarre verändert wird, hat J. J. ROGERS²⁾ untersucht. Danach kommt dieser verlockende Weg hier nicht in Frage. FR. C. G. MÜLLER verwendet seinen „reibunglosen Wagen“, den er zwischen zwei wagrechte Federn spannt. W. KISSE³⁾ hat sich ähnliche Wagen gebaut, die aber auf drei

Stahlkugeln zwischen Glas rollen. Es dürfte indes am einfachsten sein und die geringsten Reibungsverluste hervorrufen, wenn man eine gute Feinrolle verwendet in Versuchsarrangements, wie sie durch Fig. 4 und 5 wiedergegeben sind; diese haben sich gut bewährt. Die auf die Rille bezogene Drehmasse der Rolle muß im Vorversuch besonders bestimmt werden. Die wagrechten Federn dürfen nicht zu schwer sein, damit ihr Selbstgewicht keinen merklichen Durchhang bewirkt.

11. Schaltungsarten von Federn. Es dürfte wohl nützlich sein, hier eine kleine Zusammenstellung von verschiedenen Schaltungen von Federn zu geben.

a) Werden zwei Federn mit den verschiedenen Starrewerten f_1 und f_2 so nebeneinander eingespannt, wie Fig. 6 zeigt, daß sie durch die Kraft P zwangsläufig um gleich viel ausgedehnt werden, so ist die Gesamtstarre gleich der Summe der beiden Einzelstarren: $f = f_1 + f_2$. Soll eine sehr nachgiebige Feder mit einer sehr starren verbunden werden, so verwendet man zur Erfüllung der Bedingung gleicher Ausdehnung an Stelle der starren Feder besser zwei parallele gleiche Federn von der halben Starre und schaltet die nachgiebige in die Mitte.

b) Werden zwei verschiedene Federn (f_1 und f_2) hintereinander geschaltet, wie Fig. 7 zeigt, so ist die Verlängerung durch die Kraft P für die erste Feder P/f_1 und für die zweite P/f_2 . Beide Verlängerungen zusammen geben die Verschiebung $1/f$ des Angriffspunktes der Kraft P ; also ist $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$. Oder die Gesamtnachgiebigkeit ist gleich der Summe der Einzelnachgiebigkeiten: $h = h_1 + h_2$.

¹⁾ Weinhold, Physikalische Demonstrationen, S. 271; 1913.

²⁾ J. J. Rogers, Phys. Rev. 15; 1902.

³⁾ W. Kisse, Diese Zeitschr. 32 (1919), S. 55.

c) Wird eine Feder zwischen zwei festen Punkten A und B gespannt (Fig. 8) und bringt man an ihr in einem beliebigen Punkt C eine Kraft P an, die in der Richtung der Feder wirkt, so wird der eine Federteil verkürzt, der andere verlängert. Ist κ die Starre der ganzen Feder und l die Federlänge, so ist $\kappa \cdot l$ die Starre der Längeneinheit. Ist der Abstand CA gleich x , so hat der entsprechende Federteil die Starre $\kappa \cdot l : x$ und der andere Federteil CB die Starre $\kappa \cdot l : (l - x)$. Im Punkt C hat also die eingespannte Feder die Gesamtstarre:

$$\mathfrak{k} = \kappa \left(\frac{l}{x} + \frac{l}{l-x} \right) = \kappa l^2 \frac{1}{x(l-x)}.$$

In der Mitte erreicht danach die Starre ihren kleinsten Wert 4κ . Wandert C nach A oder nach B , so wächst die Starre und wird in den Endpunkten der Feder unendlich groß.

Die Zusammenstellung dieser wichtigsten Schaltarten zeigt unter anderm, daß es wohl möglich ist, eine Summe von zwei Starrewerten oder von zwei Nachgiebigkeitswerten zu verwirklichen, nicht aber eine Differenz.

12. Wir fassen zusammen. Zum Verständnis der Schwingungserscheinungen braucht man ein Schwingungsgebilde, an dem man die einzelnen Größen, die eine geradlinige Schwingung bestimmen, handgreiflich vor Augen hat, und auf das man immer zurückgreifen kann, wenn man sich schwierigere Schwingungserscheinungen klar machen will. Zu diesem Zweck muß dieses Schwingungsgebilde in möglichst verschiedenen Anordnungen verwendbar sein. Diese zwei Eigenschaften, die Übersichtlichkeit und die Anpassungsfähigkeit, besitzt von allen Schwingern am besten die belastete Schraubenfeder. Das zu zeigen, war der Zweck des vorliegenden Berichtes. Er sollte erklären, weshalb in den nun folgenden Beiträgen zur Schwingungslehre stets auf die Schraubenfeder als Urbild eines Schwingers zurückgegriffen wird.

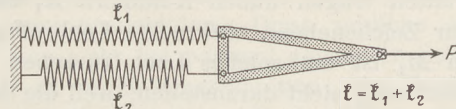


Fig. 6.



Fig. 7.

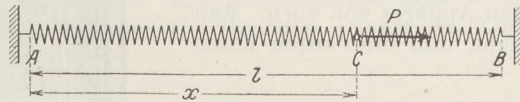


Fig. 8.

Zwei Vorführungsapparate zur Hydrodynamik.

Von Prof. Dr. R. Pohl in Göttingen.

Die Hydrodynamik ist im Elementarunterricht lange Zeit hindurch neben der Hydrostatik zu kurz gekommen. Erst neuerdings scheint sich ein gewisser Wandel anzubahnen¹⁾. Dabei gibt die Hydrodynamik Gelegenheit, eine Anzahl sehr eindrucksvoller Versuche vorzuführen und auf ihre Bedeutung in der technischen Nutzenanwendung hinzuweisen. Der Natur der Sache nach wird man sich im allgemeinen auf qualitative Erklärungen beschränken müssen. Diese erfordern im wesentlichen, daß der Schüler mit den Begriffen „Stromlinien“ und „Wirbelbewegung“ vertraut gemacht ist. Diesem Zweck dienen die beiden im nachfolgenden beschriebenen Apparate.

I. Stromlinienapparat.

Der Apparat gibt die Stromlinien im Modellversuch. Er zeigt nicht die Stromlinien in einer idealen, reibungslosen Flüssigkeit. Er bietet nur das formal gleiche Bild, das sich in zähen Flüssigkeiten infolge der inneren Reibung bei hinreichend

¹⁾ Vgl. die Neubearbeitung des Grimsehlschen Lehrbuches durch W. Hillers und H. Starke. B. G. Teubner, 1923.

kleinen Dimensionen ausbildet. Es handelt sich um eine technische Vereinfachung eines von Hele-Shaw¹⁾ herrührenden Verfahrens.

Die Fig. 1 zeigt die Ausführung. G_1 und G_2 sind zwei Glasplatten in 1 mm Abstand. Sie sind oben durch zwei Metallplatten M_1 und M_2 verlängert. Diese beiden Platten tragen außen Kammern K_1 und K_2 . Beide Kammern stehen durch je eine zur Zeichenebene senkrechte Lochreihe mit dem Plattenzwischenraum in Verbindung. In M_1 ist ein solches Loch zu sehen. Das entsprechende in M_2 ist in der Schnittzeichnung nicht darzustellen, weil die beiden Lochreihen gegeneinander um den halben Lochabstand versetzt sind. Die Kammer K_1 wird, wie angedeutet, mit klarem Wasser gefüllt, die Kammer K_2 mit Wasser, das durch Tinte blaugefärbt ist. Fig. 2 zeigt den Apparat von vorn. Man sieht, daß die Platten unten

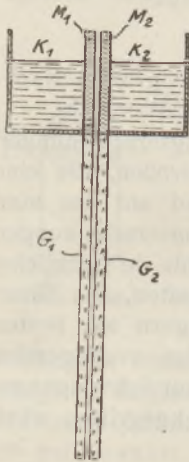


Fig. 1.

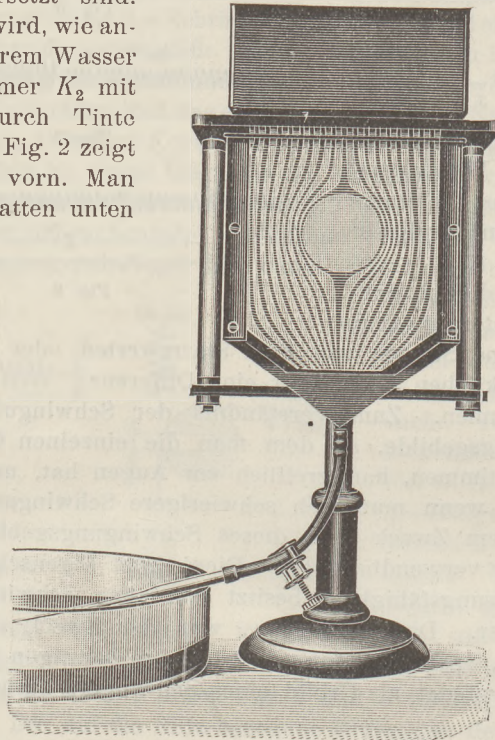
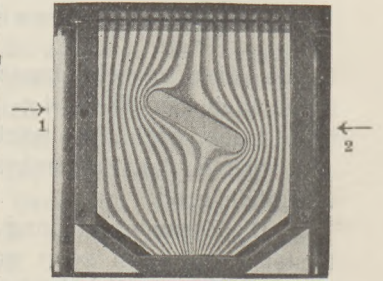
Fig. 2 ($1/4$ nat. Größe).

Fig. 3.

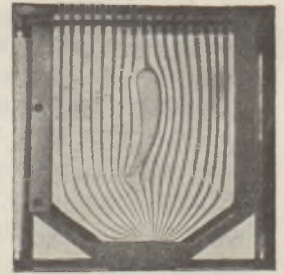


Fig. 4.

trichterartig zusammenlaufen und daß ein Gummischlauch mit Quetschhahn und Glasdüse die Strömungsgeschwindigkeit des nach unten ablaufenden Wassers einzustellen gestattet.

Weiter zeigt Fig. 2, wie man zwischen die beiden Glasplatten eine Kreisscheibe aus Cellon klemmt und dann das Stromlinienbild um einen zylindrischen Querschnitt erhält. Die völlige Symmetrie dieses Stromlinienbildes erläutert das Fehlen des Flüssigkeitswiderstandes bei Potentialströmung. Vor der Projektionslampe (der Träger hat den für eine normale optische Bank von Zeiß passenden Stift) bekommt man außerordentlich eindrucksvolle Bilder.

Fig. 3 zeigt die Strömung um eine schräg gestellte Platte. Dieser Modellversuch zeigt uns eine Zusammendrängung der Stromlinien bei 1 und 2, also Gebiete verminderten Druckes. Man versteht, warum sich ein in Luft fallendes Blatt Papier oder ein in Wasser niedersinkender Teller quer zur Fallrichtung einstellt.

Aus einer großen Zahl weiterer Beispiele zeigt Fig. 4 das Stromlinienbild um einen Flügelquerschnitt ohne Zirkulation, also für den Fall, in dem wir keinen Auftrieb haben. Das Stromlinienbild mit Zirkulation, entsprechend Fig. 5 c, läßt sich mit diesem Modellversuch in zäher Flüssigkeit nicht zeigen. Diesem Zwecke dient der gleich zu beschreibende Schleppversuch-Apparat.

¹⁾ C. R. 132, 1306, 1901.

Zum Schluß noch ein wichtiger Hinweis: Ein einfacher Kunstgriff erlaubt die Stromlinien jederzeit zu unterbrechen und sich dann von neuem ausbilden zu lassen. Man hat nur in die Kammer K_1 etwas Wasser nachzufüllen, so daß es höher steht als in K_2 . Dann strömt das Wasser nur aus K_1 ab, und in kurzer Zeit ist die Glaskammer frei gespült. Sobald der Flüssigkeitsstand in beiden Kammern gleich geworden ist, beginnt das Stromlinienbild sich von neuem auszubilden. Diese zeitliche Ausbildung ist didaktisch ungemein instruktiv. Man sieht bei passend gewählten Cellon-schablonen das Vorschießen der Stromfäden in engen Querschnitten, ihr Zurückbleiben bei Querschnittserweiterung. In der Möglichkeit dieser Beobachtung scheint mir die didaktische Überlegenheit dieses Modellversuches vor jeder, auch bunten, Zeichnung zu liegen.

II. Schleppversuch-Apparat.

Dieser Apparat soll die in technischen Forschungslaboratorien in großem Maße betriebenen Schleppversuche erläutern. Er besteht aus einer flachen Glaskammer, Fig. 6, von 1 cm Tiefe. Ein dünner Draht in einer Gradführung erlaubt es, Körper



von verschiedenem Querschnitt zu schleppen. In Fig. 6 ist es ein Körper von Tropfenform, also der Gestalt eines modernen Luftschiffes. Zur Bewegung genügt meist die Hand, sonst nimmt man einen von einem Elektromotor langsam gedrehten Exzenter. Die Kammer enthält Wasser mit dem Zusatz fein verteilter Al-Bronze. Auch dieser Apparat eignet sich vortrefflich zur Projektion, die Bilder sind viel kontrastreicher, als bei Aufsicht. Läuft der Körper in Fig. 6 richtig, also mit dem stumpfen Ende voran, so gibt es am Schwanz keine Wirbel. Läuft der spitze Schwanz voraus, so lösen sich am stumpfen Ende die Wirbel ab.

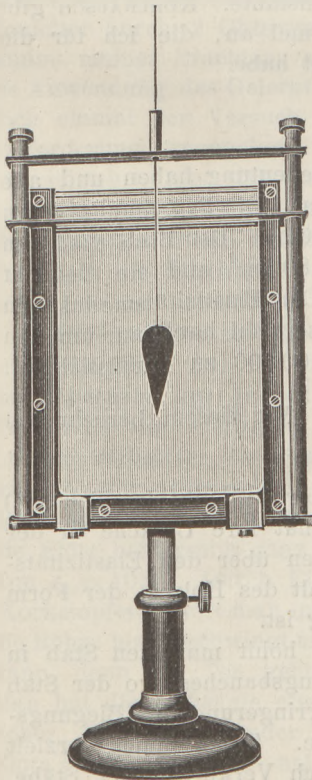


Fig. 6 (1/4 nat. Größe).

Ersetzen wir den eben geschleppten Luftschiffkörper durch einen „Flügel“, etwa nach Art der Fig. 7, so sehen wir, wie die Flüssigkeit rasch auf dem Rücken, langsam auf der Unterseite strömt. Es ist die Geschwindigkeitsverteilung, die dem Stromlinienbild der Skizze 5c entspricht, indem sich die Zirkulation in Fig. 5b dem Stromlinienbilde der Fig. 5a bzw. 4 überlagert. Wir erläutern, wie der Auftrieb durch einen Unterdruck auf der Rückenseite des Flügels und einen (kleineren) Überdruck auf seiner Unterseite zustande kommt.

Es bedarf keiner Erwähnung, daß man noch viele Körper anderer Gestalt in der kleinen Kammer schleppen kann. In allen Fällen kann man bei hinreichender Geschwindigkeit die Wirbel auf der Hinterseite zeigen, die den „Stirnwiderstand“ des Körpers bedingen.

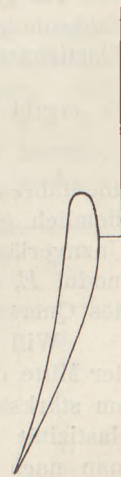


Fig. 7.

Die Höhe der Kammer ist ein wenig zu klein bemessen. Man erhält nicht immer den stationären Zustand, sondern beobachtet bisweilen das Anfahren. Diese Beschränkung ist mit Hinsicht auf die üblichen Projektionsapparate und die Größe ihrer Kondensoren erfolgt.

Die Apparate sind seit 6 Jahren in der Anfängervorlesung erprobt. Sie werden von der Firma Spindler & Hoyer G. m. b. H. in Göttingen hergestellt und können von dieser und von der Vereinigung Göttinger Werke für Feinmechanik, Optik und Elektrotechnik G. m. b. H., ebenda, Kurze Straße 17, bezogen werden.

Musikinstrumente in der Akustik.

Von K. Gentil in Elberfeld.

1. Angeregt durch die Abhandlungen von BOEHM (1), FERNBACH (2), und HÖFLER (3) habe ich versucht, andere als die in den genannten Aufsätzen behandelten Musikinstrumente im Unterricht in der Akustik zu verwenden. Durch eine kurze Notiz habe ich schon an anderer Stelle (4) auf die Bedeutung des Xylophons für die Akustik hingewiesen und dieses interessante Instrument näher beschrieben (5). Im folgenden werden daher nur einige Versuchsergebnisse mitgeteilt.

SEEBECK hat sich zuerst eingehend mit der Theorie transversal schwingender Stäbe befaßt. Nach ihm läßt sich die Schwingungszahl eines transversal schwingenden,

an zwei Knoten aufgelagerten Stabes mit Hilfe der Formel $n = 0,59692 \cdot \frac{\pi}{4\sqrt{3}} \cdot \frac{d}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot g}{s}}$

berechnen. In dieser Formel bedeuten d die Dicke, l die Länge des Stabes, E den Elastizitätsmodul, s das spezifische Gewicht des Stoffes und $g = 9,81$. Der Faktor 0,5969 ist eine von der Art der Auflagerung abhängige Konstante. KOHLRAUSCH gibt in seinem Lehrbuch der praktischen Physik folgende Formel an, die ich für die Berechnung der Schwingungszahl einzelner Stäbe verwendet habe.

$$n = 4,73^2 \cdot \frac{d}{l^2} \cdot \frac{1}{4\pi\sqrt{3}} \sqrt{\frac{E}{s}}$$

wobei die vorkommenden Größen die schon angegebene Bedeutung haben und alle Längen in Zentimeter, E in C.G.S.-Einheiten gemessen werden. Die Berechnung von n sei für einen Stab aus Eschenholz im folgenden durchgeführt. Der Stab von den Dimensionen 30 cm \times 3 cm \times 2 cm hat ein Volumen von 180 cm³ und ein Gewicht von 125 g. Hieraus berechnet sich s zu ungefähr 0,7. Der Elastizitätsmodul von Eschenholz ist im Mittel auf 1100 kg/mm² angegeben. Diese Zahl hat man, um den Elastizitätsmodul in C.G.S.-Einheiten zu erhalten, mit 98 100 000 zu multiplizieren.

Es ergibt sich dann: $n = \frac{4,73^2 \cdot 2 \sqrt{107910000000}}{30^2 \cdot 4 \cdot \frac{22}{7} \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{0,7}} = 852$. Mit diesem berechneten

ungefähren Wert stimmt der beobachtete Wert von $n = 821$ (der Stab gibt den Ton gis_2) ziemlich gut überein. Die nicht genaue Übereinstimmung hat ihre Ursache in der Unzuverlässigkeit der Tabellenwerken entnommenen Angaben über den Elastizitätsmodul E , da E in hohem Maße von dem Feuchtigkeitsgehalt des Holzes, der Form des Querschnittes und der Art der Beanspruchung abhängig ist.

Will man die Tonhöhe eines Stabes verändern, dann höhlt man den Stab in der Mitte der Unterseite, gerade an der Stelle des Schwingungsbauches, wo der Stab am stärksten auf Biegung beansprucht wird, aus. Eine Verringerung der Biegeelastizität hat natürlich eine Tonerniedrigung zur Folge. Tonerhöhung erzielt man nach dem physikalischen Gesetz: $n_1 : n_2 = l_2^2 : l_1^2$ durch Verkürzen der Stäbe. So geben Stäbe mit den Längen 29,8 cm, 20,7 cm und 14,4 cm die Töne a_2 , a_3 , a_4

mit den Schwingungszahlen 870, 1740 und 3480. Wenn sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Quadrate der Längen verhalten, dann muß sein: $870:1740 = 20,7^2:29,8^2$ oder $1740:3480 = 14,4^2:20,7^2$ oder $870:3480 = 14,4^2:29,8^2$, was nur angenähert der Fall ist, da die Ausrechnung ergibt:

$$428,5:888 \sim 1:2; 207,4:428,5 \sim 1:2; 207,4:888 \sim 1:4.$$

SEEBECK fand für die Entfernungen ac und bd 0,224, für die Entfernung cd , die sogenannte Schwingungsstrecke, 0,552 der ganzen Länge des Stabes, so daß also $ac + bd + cd = 1$ ist (Fig. 1). Diese Lage der Schwingungsknoten kann man leicht durch Versuche an Holz-, Metall- oder Glasstäben nachprüfen und bestätigen. Da aber die Tonhöhe schwingender Stäbe nicht einfach von der Länge, sondern auch von der Verteilung des Gewichtes innerhalb des Stabes abhängt, so wird diese Inhomogenität auch von Einfluß auf die Auflagerungsstellen, die Knotenpunkte, sein müssen.

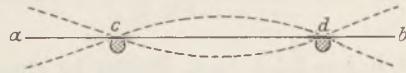


Fig. 1.

Statt der Holzstäbe kann man natürlich auch Metallstäbe verwenden (Metallophon).

Bei gleichen Dimensionen der Stäbe erhält man, da der unterscheidende Faktor $\sqrt{\frac{E}{s}}$ für Hartholz (Tallowood $E = 2015$), Gußbronze und Stahl die Werte: 324 000, 415 000 und 547 000 hat, wesentlich höhere Töne für Metallstäbe. Auch andere Stoffe, wie Glas, Kohle, sind natürlich verwendbar, wie schon F. LE CONTE (6) angegeben hat.

2. Die Flöte. Auf dem Prinzip der schwingenden Luftsäule beruht die Flöte und die Trompete. Es ist vorteilhaft, an Hand dieser Musikinstrumente die in Betracht kommenden physikalischen Gesetze zu erläutern und nicht mit Hilfe der üblichen Sammlungsapparate. Einmal lassen sich auf den genannten Musikinstrumenten die Obertöne viel leichter und reiner hervorbringen; zudem kann man die diatonische Tonleiter durch 2 Oktaven hindurch nur auf einem Musikinstrument spielen. Dann kommt meines Erachtens aber auch gewöhnlich die Praxis — ich verstehe hierunter die Anwendung des Gelernten auf Musikinstrumente aller Art — zu kurz. Man mache doch einmal den Versuch und zeige einer Klasse eine einfache Pikkoloflöte mit der Aufforderung, anzugeben, ob es sich um eine offene oder gedeckte Pfeife handelt. Die meisten werden sich wohl durch die äußere Form der Querflöte, bei der der Pfeifenkopf das eine Ende der Flöte abschließt, beeinflussen lassen und die Pikkoloflöte für eine gedeckte Pfeife halten. Aus einem ebenfalls rein äußerlichen Grund wird die Trompete oft fälschlicherweise als Lippenpfeife bezeichnet. Wir sehen also, wie wichtig es ist, Akustik an Hand von Musikinstrumenten zu geben.

Da die Flöte als offene Pfeife durch stärkeres Anblasen die Oktave des Grundtons gibt, kann man die diatonische Tonleiter durch zwei Oktaven hindurch spielen, im Gegensatz zur gedeckten Pfeife. Die Töne entstehen durch Verlängern oder Verkürzen der Luftsäule, wobei sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Längen verhalten; die Praxis stimmt hier mit der einfachen Theorie nicht überein, wie aus der nebenstehenden Tabelle hervorgeht. Die benutzte Pikkoloflöte gibt mit der längsten Luftsäule den Grundton $d_2 = 581$. Ist die Flöte beiderseits ganz offen, dann gibt sie den Ton $c_3 = 1035$. Durch Einsetzen des Pfeifenkopfes (Korkstopfen) weist man nach, daß die Luftsäule über die Röhre hinausgeschwimmt und daher beeinflußt werden kann, denn der Ton geht von c_3 nach $d_3 = 1161$. Man hat die Luftsäule etwas verkürzt, der Ton wird höher. In entsprechender Weise kann man auf einer Flöte ohne Klappen für halbe Töne, diese, wenn allerdings nicht rein, so doch einigermaßen gut hervorrufen,

Länge der Luftsäule	Schwingungszahl	Ton
28 cm	581	d_2
25 cm (Klappe)	615	dis_2
23 cm	652	e_2
21 cm	691	f_2
19 cm	775	g_2
16 cm	870	a_2
14 cm	977	h_2

indem man z. B. die über die Öffnung 1 hinaus schwingende Luftsäule durch Zuhalten der folgenden Öffnung 2 beeinflusst (Fig. 2).

Die Schwingungszahl des Grundtons läßt sich leicht berechnen. Die Formel $n = \frac{c}{\lambda}$ gibt allerdings nur einen angenäherten Wert: $n = \frac{33200}{56} = 593$ (581). Der

Zähler ändert sich mit der Temperatur der Luft. Der Röhrendurchmesser (Mensur) übt gleichfalls einen Einfluß auf die Schwingungszahl aus. Nach MAHLON muß $\frac{3}{4}$ des mittleren Durchmessers (bekanntlich haben die Flöten eine schwach konische Form) von dem einzusetzenden λ abgezogen werden,

d. h. $\lambda = 2l + \frac{3}{4}d$. Weiter ist eine geringfügige Korrektur wegen des schon erwähnten Darüberhinausschwingens der Luftsäule vorzunehmen. Nach AUERBACH beträgt diese 0,6 bis 0,8 des Endradius zugunsten des Nenners. Die Schwingungszahl berechnet sich jetzt, wenn $d = 1$ cm ist, zu:

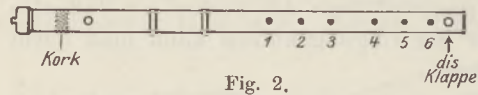


Fig. 2.

$$n = \frac{33200}{2 \cdot 28 + 0,75 + 0,25} = \frac{33200}{57,0} = 582.$$

3. Die Trompete. Auch die Trompete beruht auf dem Prinzip der schwingenden Luftsäule, ist aber im Gegensatz zur Flöte eine Zungenpfeife. Die Zunge wird durch die Lippen des Bläusers gebildet, die in Schwingungen geraten und diese der Luftsäule mitteilen. Der Grundton der Trompete spricht nicht leicht an, deswegen werden beim Spielen meistens Töne vom ersten Oberton (Oktave des Grundtons) an verwandt. Berechnet man auch hier wieder die Schwingungszahl n nach der einfachen Formel, so erhält man für die benutzte *Be*-Trompete von 140 cm Länge:

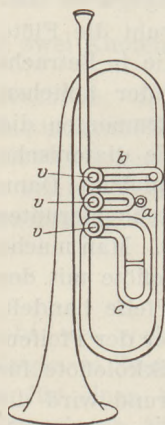


Fig. 3.

$$n = \frac{33200}{280} = 118,5 \text{ (115)}^1,$$

wohingegen die korrigierte Formel den Wert 114 ergibt.

$$n = \frac{33200}{280 + 7,5 + 4,5} = 114.$$

Die Oktave spricht als erster Oberton leicht an. Weitere Töne der Tonleiter werden durch Ventiltöne und Naturtöne (Obertöne) hervorgerufen. Durch Einschalten von Ventilen (Fig. 3) kann die Luftsäule von 140 cm um 12 cm, um 20 cm und um 30 cm verlängert werden.

Diese Verlängerungen entsprechen einem halben, einem ganzen und einundeinhalb Tönen. Durch Kombination von 2 und 3 Ventilen (*a*, *b*, *c*) kann man folgende Schwingungszahlen, bezogen auf den Grundton (114), bei der Länge l erzielen:

Ventile	Länge der Luftsäule	Schwingungszahl	Töne
l	140	114 (115)	<i>Be</i> (<i>Ais</i>)
$l + a$	152	105 (108)	<i>A</i>
$l + b$	160	100 (102)	<i>As</i> (<i>Gis</i>)
$l + c$	170	94 } (96)	<i>G</i>
$l + (a + b)$	172	93	
$l + (a + c)$	182	88 (91)	<i>Ges</i> (<i>Fis</i>)
$l + (b + c)$	190	85 (86)	<i>F</i>
$l + (a + b + c)$	202	80 (81)	<i>E</i>

Durch Überblasen gibt die *Be*-Trompete folgende „Naturtöne“:

Grundton	$n =$	<i>Be</i> (<i>Ais</i>)
1. Oberton	$n = 230$	<i>be</i> (<i>ais</i>)
2. Oberton	$n = 345$	f_1
3. Oberton	$n = 460$	b_1 (<i>ais_1</i>)
4. Oberton	$n = 580$	d_2

¹⁾ Die in Klammern angegebenen Schwingungszahlen wurden durch den Versuch bestimmt.

4. Die Okarina. Ein physikalisch sehr interessantes Instrument ist die Gefäßflöte oder Okarina, eine Lippenpfeife in Ei- oder Rübenform, die auf dem Prinzip des tönenden Luftraumes (nicht Luftsäule) beruht. Die Okarina hat, außer der Öffnung an der Lippe, 10 Öffnungen, 8 auf der Oberseite und 2 auf der Unterseite des Instrumentes (Fig. 4). Beim Spielen der Tonleiter ist es gleichgültig, in welcher Reihenfolge man die Finger von den Öffnungen abhebt. Sind alle Öffnungen geschlossen, dann gibt das benutzte Instrument den tiefsten Ton, $c_{is_2} = 548$. Durch Abheben der Finger von den 8 oberen Öffnungen entstehen der Reihe nach die Töne der Tonleiter bis $c_{is_3} = 1096$. Sind alle 10 Öffnungen offen, dann gibt die Okarina ihren höchsten Ton, $e_3 = 1304$. Die Schwingungszahl berechnet sich nach der Formel

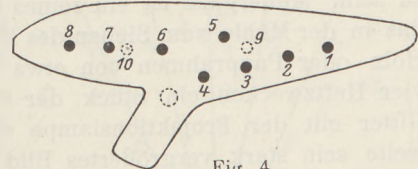


Fig. 4.

von KÖNIG und SONDHAUSS:
$$n = \frac{a \sqrt[4]{s}}{\sqrt{2} \cdot \sqrt[4]{\pi^5} \sqrt{S}}$$
 wobei

a die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls, s die Fläche der Lippenöffnung, S das Volumen des Luftraumes ist. Setzt man die Schallgeschwindigkeit = 332 000 mm, dann wird die Formel zu $n = 52\,400 \cdot \frac{\sqrt[4]{s}}{\sqrt{S}}$;

KÖNIG erhält unter Einsetzung eines etwas anderen Wertes für die Schallgeschwindigkeit die Formel: $n = 56\,000 \cdot \frac{\sqrt[4]{s}}{\sqrt{S}}$. Die Lippenöffnung der benutzten Okarina ist etwa 80 mm², das Volumen beträgt 80 000 mm³. Unter Zugrundelegung der KÖNIGSchen Formel

erhält man angenähert für $n = \frac{56\,000 \cdot 3}{282} = 597$; nach SONDHAUSS $n = 557$. Interessant

ist auch ein Vergleich mit den Beobachtungen WERTHEIMS (7). Dieser berechnete die Schwingungszahlen der Töne von kugeligen Gefäßen zu $n = 598$ bzw. $n = 466$ und $n = 776$ bzw. $n = 637$ für Volumina von $v = 115$ ccm und $v = 65$ ccm bei $d = 15$ mm bzw. $d = 10$ mm Durchmesser der Lippenöffnung. Durch graphische Ausmittelung der Beobachtungsreihe WERTHEIMS erhält man für das Volumen von 80 cm³ eine Schwingungszahl von etwa 570.

Wenn auch WERTHEIM, SONDHAUSS und KÖNIG ihre Untersuchungen an kugeligen Lufträumen angestellt haben, so ergaben die angestellten einfachen Versuche, daß die Formeln von SONDHAUSS und KÖNIG zur Berechnung der Schwingungszahl von kugelförmigen Lufträumen sich mit großer Annäherung auch auf Lufträume von beliebiger Form, wie z. B. die Okarina, anwenden lassen.

Literatur.

1. E. Boehm, Das Harmonium im akustischen Unterricht. Verlag Gaertner. Berlin 1895. Diese Zeitschr. 9, S. 150.
2. L. Fernbach, Die Violine als akustischer Apparat. Verlag Gaertner. Berlin 1896. Diese Zeitschr. 9, S. 297.
3. A. Höfler, Eine Physik- und Psychologiestunde am Klavier. Diese Zeitschr. 14, S. 65.
4. K. Gentil, Das Xylophon im Unterricht. Aus der Natur. 1918. S. 300.
5. Derselbe, Das Xylophon und die physikalischen Gesetze transversal schwingender Stäbe. Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterricht. 50. Jahrg. 1919. S. 271.
6. F. le Conte, Einfache akustische Versuche. Arch. des sciences phys. et math. 25. p. 295. 1891. Diese Zeitschr. 5, S. 35.
7. Wertheim, Mémoire sur les vibrations sonores de l'air. Ann. de Chimie et de Physique. Sér. 3. Tome XXXI. p. 428.

Lichtwellenlängenmessung mit einfachsten Mitteln in den Schülerübungen.

Von W. K. Schütt in Hamburg (Oberrealschule in St. Georg).

Daß man zur Ausführung von Beugungsversuchen statt der ziemlich teuren auf Glas geätzten oder photographierten Beugungsgitter die sogenannte Müllergaze, die ganz billig zu haben ist, verwenden kann, scheint mir nicht hinreichend bekannt zu sein. Müllergaze ist ein feines Gewebe aus Faserstoff oder feinstem Kupferdraht, das in der Mühle zum Sieben des Mehls benutzt wird. Auf einen kleinen rechteckigen Holz- oder Papprahmen von etwa $6 \times 7 \text{ cm}^2$ Größe und $4 \times 5 \text{ cm}^2$ Öffnung wird mit vier Heftzwecken ein Stück der Gaze befestigt. Beleuchtet man das so montierte Gitter mit der Projektionslampe und wirft mit einem Objektiv von kurzer Brennweite sein stark vergrößertes Bild auf einen Schirm, dann sieht man, daß das Gewebe aus rechtwinklig zueinander in genau gleichem Abstand verlaufenden Fäden besteht, also ein Kreuzgitter darstellt. Befestigt man mit zwei Klammern eine kleine Bilde leicht abzählen, wieviel Gitteröffnungen auf ein Millimeter Länge gehen, d. h. wie groß die Gitterkonstante δ ist; bei den von mir benutzten Sorten fallen 6–8 Öffnungen auf einen Millimeter, so daß $\delta = \frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{6}$ ist.

Die Gaze ist im Unterricht für Beugungsversuche gut zu verwenden. Wegen ihrer Billigkeit ist sie vor allem für die Schülerübungen in gleicher Front vorzüglich geeignet. Im folgenden will ich die Versuche schildern, die seit etwa 12 Jahren zur Messung der Wellenlänge des Natriumlichtes an unserer Schule (Oberstufe) ausgeführt werden.

Versuch 1: Als Lichtquelle dient (Fig. 1, im Grundriß) ein Bunsenbrenner B , versehen mit einem Rohraufsatz, der ein Stückchen mit Kochsalzlösung getränkter Asbestpappe A trägt. Einige Zentimeter vor der Natriumflamme ist am Bunsenstativ ein quadratisches geschwärztes Zinkblech ZZ (etwa $12 \times 12 \text{ cm}^2$) befestigt, in das ein vertikaler etwa 1 mm breiter Spalt S eingeschnitten ist. Man sieht durch die auf dem Holzrahmen befestigte Müllergaze — das Gitter G steht auf einem Holzklotz auf dem Tisch — aus etwa 1 m Entfernung auf den beleuchteten Spalt, indem man das Auge dicht an das Gitter heranbringt. Dann beobachtet man neben dem Spalt S zu beiden Seiten die Beugungsbilder 1., 2., 3. . . Ordnung (etwa bis zur 6.). Vergrößert man die Entfernung Gitter—Spalt, dann wandern die Beugungsbilder nach außen, während die Abstände $O1, O2, O3$ usw. kleiner werden, wenn man mit dem Gitter an S herangeht.

Nach der Gittertheorie erklärt sich dieser Befund auf folgende Weise: Fig. 2 stelle stark vergrößert das Gitter mit der Konstanten δ dar; das Licht fällt von oben ein. Sämtliche Punkte jedes Gitterloches sind Zentren von Elementarwellen oder

anders ausgedrückt: von jedem dieser Punkte gehen Lichtstrahlen in allen Richtungen nach unten hin aus. Um Ordnung in dieses Gewirr von Strahlen zu bringen, fassen wir alle unter einander parallelen zusammen: 0000, 1111 usw. Diese Parallelbündel verlassen das Gitter unter Azimuten, die gegen die Gitternormale gemessen von 0 über φ_1 bis 90° variieren, und fallen ins Auge. Die Linse derselben, die auf den Spalt S eingestellt



Fig. 1.

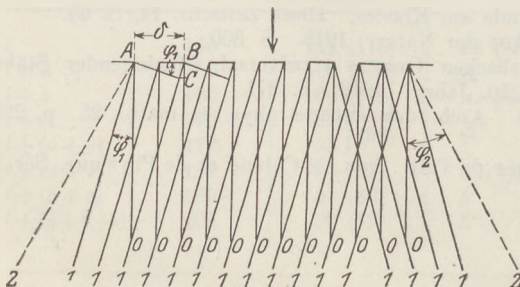


Fig. 2.

ist, biegt die Strahlen jedes Bündels auf je einen Punkt der Netzhaut zusammen, so daß sie hier interferieren. Der Gangunterschied BC , den die Strahlen eines Bündels gegeneinander haben, steht in einfacher Beziehung zum Winkel φ .

$$BC = \delta \cdot \sin \varphi_1. \dots \dots \dots (1)$$

Die nähere Untersuchung zeigt, daß die allermeisten Bündel sich vernichten, nur einige wenige bleiben erhalten, nämlich die, für welche der Gangunterschied

$$BC = 0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda \text{ usw. ist.}$$

Von diesen sind in Fig. 2 die Bündel 00 ($\varphi = 0$), 11 ($\varphi = \varphi_1, \lambda = \delta \cdot \sin \varphi_1$), 22 (nur ein Strahl nach jeder Seite ist gezeichnet, $\varphi = \varphi_2, 2\lambda = \delta \cdot \sin \varphi_2$) dargestellt; sie erzeugen bei ihrer Interferenz auf der Netzhaut Beugungsbild 0, 1 rechts, 1 links, 2 rechts, 2 links usw. In Fig. 3 sind die Verhältnisse dargestellt; X ist die dicht am Gitter G liegende Pupille, in welche die Strahlen 00, 11, 22 einfallen. Das auf S akkommodierte Auge sieht die Beugungsbilder 0., 1., 2. . . Ordnung in A_0, A_1, A_2, A_2 . Bringt man den Spalt weiter fort vom Auge nach S_2 , dann stellt sich dieses auf die größere Entfernung ein; man sieht also die Beugungsbilder weiter auseinander in B_0, B_1, B_1, B_2, B_2 ; die Winkel φ_1, φ_2 sind ja nur von der Gitterkonstanten und der Wellenlänge des Lichtes abhängig. Eine Verkürzung der Entfernung SG hat den umgekehrten Einfluß, siehe Lage Z_3, Z_3 in Fig. 3.

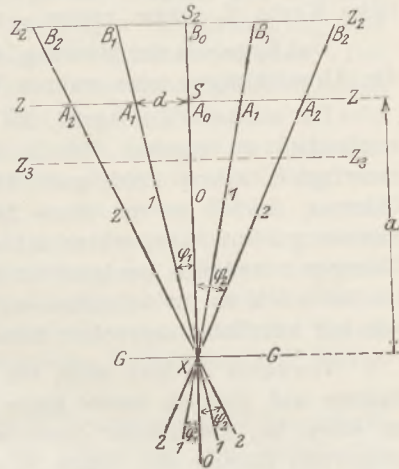


Fig. 3.

Um die Wellenlänge λ zu bestimmen, muß man in Gleichung 1 außer der Gitterkonstanten δ den Winkel φ_1 kennen. Aus Fig. 3 ergibt sich

$$\text{tg } \varphi_1 = \sin \varphi_1 = \frac{A_0 A_1}{a}. \dots \dots \dots (2)$$

$A_0 A_1$, der Abstand zwischen Beugungsbild 0 und 1, werde mit d bezeichnet, dann ist

$$\sin \varphi_1 = \frac{d}{a} = \frac{\lambda}{\delta},$$

woraus sich die bekannte Formel ergibt:

$$\lambda = \frac{d \cdot \delta}{a}. \dots \dots \dots (3)$$

Versuch 2: Um d zu messen, benutzt man den in Fig. 4 dargestellten Doppelspalt. Die beiden etwa 1 mm breiten Spalte S_1 und S_2 haben einen Abstand von 6 mm voneinander; das Spaltblech wird mit vertikalen Spalten vor der Natriumflamme eingespannt. Im folgenden wollen wir uns um die lichtschwächeren Beugungsbilder 2., 3. usw.-Ordnung nicht mehr kümmern. Betrachtet man den Doppelspalt aus der Nähe durch das Gitter, dann liegen dicht neben jedem Spalt S_1 und S_2 die Beugungsbilder 1. Ordnung o und o_1 bzw. unten n und n_1 . Uns interessieren die inneren o_1 und n_1 . Geht man mit dem Gitter weiter fort, dann entfernen sich beide nach innen zu von ihrem Spalt und fallen in einer ganz bestimmten Entfernung a des Gitters vom Spalt genau übereinander, so daß jetzt in der Mitte zwischen S_1 und S_2 eine einzige von oben nach unten ohne Absatz durchlaufende helle Linie zu sehen ist. Dieser Abstand a wird

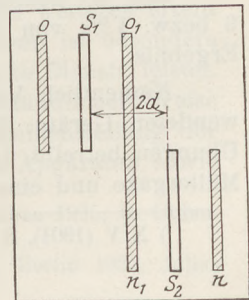


Fig. 4.

durch mehrere Beobachtungen möglichst genau festgelegt und gemessen; er beträgt für $\delta = \frac{1}{7}$ rund 800 mm.

Die Strecke d (Gleichung 2) = $A_0 A_1$ (Fig. 3) ist der halbe Abstand der Spalte $S_1 S_2$. Um ihn zu messen, verlängert man mit Lineal und Bleistift die beiden vertikalen Begrenzungsgeraden der beiden Spalte nach unten bzw. nach oben und mißt nun mit einem guten Maßstab an verschiedenen Stellen Abstand linke Kante S_1 bis linke Kante S_2 (bzw. rechte — rechte). Die Hälfte des Mittels ist d .

Das Ergebnis der Messung, die Wellenlänge des Na-Lichtes, ist recht befriedigend; die Abweichungen vom wahren Wert liegen zwischen 1 und höchstens 6 ‰.

Der einfache Kunstgriff, die Größe d durch Benutzung zweier Spalte der Messung zugänglich zu machen, ist in dieser Zeitschrift in verschiedener Ausführungsform mehrfach ¹⁾, zuerst 1901, geschildert worden. Doch war das Verfahren schon vorher bekannt, da ich es um diese Zeit im physikalischen Praktikum an der Universität kennen gelernt habe, wo es schon seit Jahren gehandhabt wurde. Da es für Schülerübungen vorzüglich geeignet ist und die Apparatur einfach und billig zu beschaffen ist, halte ich es für wünschenswert, daß es allgemeiner bekannt wird, zumal da man, wie ich kürzlich ausprobiert habe, ganz ohne Doppelspalt auskommen kann.

Versuch 3: Man stellt ein Bunsenstativ einige Zentimeter so vor der Natriumflamme auf, daß die breite gelbe Flamme zu beiden Seiten des vertikalen Eisenstabes zu sehen ist; die Ränder desselben stellen die inneren (nach unten bzw. oben verlängerten) Ränder der Spalte S_1 und S_2 in Fig. 4 dar, während die äußeren Ränder fehlen. Bei Beobachtung durchs Gitter aus mäßiger Entfernung schieben sich die Beugungsbilder 1. Ordnung der rechts und links über den Stab hinausragenden Natriumflamme nach der Mitte zu über den Stab, so daß in der Mitte zwischen ihnen eine scharf begrenzte dunkle Linie freibleibt. Geht man mit dem Gitter allmählich weiter ab, dann wird die dunkle Linie immer schmaler, verschwindet und schließlich tritt an ihre Stelle eine helle Linie, nämlich dann, wenn in der Mitte des Stabes die Beugungsbilder übereinander greifen. Die Entfernung a , in der die dunkle Linie gerade verschwindet, wird durch mehrere Versuche ermittelt. Die halbe Dicke des Stativs, mit Schublehre oder Mikrometerschraube gemessen, ist das d der Gleichung 3. Das Ergebnis zweier von mir selber gemachter Beobachtungen zeigt die Tabelle.

δ	a	$2d$	$\lambda = \frac{d \cdot \delta}{a}$
$\frac{1}{6,75}$ mm	1730 mm	13,3 mm	570 $\mu\mu$
$\frac{1}{7}$ mm	1600 mm	13,3 mm	592 $\mu\mu$

Die so gemessenen Werte für die Wellenlänge des Natriumlichtes weichen 3 bzw. $\frac{1}{2}$ ‰ von dem wirklichen Wert 589 $\mu\mu$ ab, also ein recht befriedigendes Ergebnis.

Namentlich Versuch 3 eignet sich für Übungen in gleicher Front, da die verwendeten Geräte: Bunsenbrenner und Bunsenstativ an jeder Schule, die überhaupt Übungen betreibt, in genügend großer Zahl vorhanden sind, so daß nur einige Stücke Müllergaze und eine Millimeterskala auf Glas anzuschaffen sind.

¹⁾ XIV (1901), S. 32; XV (1902), S. 238, 280, 346; XXX (1917), S. 201).

Die Behandlung der Grundlagen des Rundfunks im Unterricht.

Von Dr. Walter F. Zorn in Berlin-Schöneberg (Helmholtz-Realgymnasium).

Die ständig zunehmende Bedeutung des Rundfunks und die steigende Zahl der Schüler, die sich auf diesem Gebiete betätigen, erwecken bei Lehrern und Schülern den Wunsch, daß im Unterricht die physikalischen Grundlagen der Erzeugung und des Empfanges elektrischer Schwingungen ausführlicher behandelt werden. Der Erfüllung dieses Wunsches stellen sich aber meist nicht unerhebliche Schwierigkeiten entgegen. Durch die Schulreform in Preußen ist die Zahl der Physikstunden an sehr vielen Anstalten erheblich gekürzt worden, die physikalischen Übungen mußten zum Teil überhaupt fortfallen, die Arbeitslast des Lehrers ist durch die Erhöhung der Pflichtstundenzahl so gestiegen, daß das Einarbeiten in ein neues Gebiet — und das wird mindestens die praktische Seite des Rundfunkempfanges für die meisten Physiklehrer sein —, die Besorgung und der Zusammenbau der nötigen Apparate sehr erschwert, vielfach unmöglich gemacht werden. Häufig fehlen auch die Geldmittel zur Beschaffung der Geräte. Trotz dieser Schwierigkeiten muß die Schule aber das Bestreben der Schüler, sich physikalisch-technische Kenntnisse und Fertigkeiten anzueignen, unbedingt unterstützen.

Dieser Erkenntnis hat sich auch das preußische Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung nicht verschlossen; es hat die Abhaltung von praktischen Kursen über das Funkwesen für Lehrer in Berlin durch die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht während der ersten drei Monate dieses Jahres genehmigt und die Beurlaubung der Lehrer zu den Kursen befürwortet. Der große Andrang zu diesen und ähnlichen Kursen zeigt die Beachtung, die das Funkwesen findet, und die Opferfreudigkeit der Teilnehmer, die die sämtlichen, nicht unbedeutenden Unkosten selbst zu tragen hatten. Ist so eine der Schwierigkeiten wenigstens zum Teil behoben, so bleiben noch die geringe Zahl der Unterrichtsstunden in der Physik, die Beschränkung der auf die Pflichtstundenzahl anzurechnenden Schülerübungen und der Mangel an Apparaten. In der Erwartung aber, daß die vorgesetzten Dienststellen baldigst Abhilfe schaffen werden, mögen im folgenden einige Wege angegeben werden, auf denen man dem Ziele, den Schüler mit dem Funkwesen vertraut zu machen, bei nicht allzu ungünstigen Verhältnissen näher kommen kann.

Neben den eben genannten Kursen bieten auch die von den Funkvereinen zur Erlangung der Audionversucherlaubnis eingerichteten Ausbildungskurse Gelegenheit zur Weiterbildung des Lehrers. Es empfiehlt sich daher, mit diesen Vereinen Fühlung zu nehmen. Dies ist besonders dann zweckmäßig, wenn der Lehrer selbst die Audionversucherlaubnis erwerben will, um in seiner Wohnung Versuche mit Röhren machen zu dürfen, oder wenn er die Audionversucherlaubnis seinen Schülern vermitteln will. (Die Erlaubnis zu Empfangsversuchen für die Schule ist durch den Leiter der Anstalt bei der zuständigen Oberpostdirektion zu beantragen; sie wird ohne weiteres erteilt und kostet vierteljährlich 2,50 Mk.) Zur Einführung in das Funkwesen ist besonders das Buch von Dr. FRANZ FUCHS¹⁾ geeignet, das auch dem Schüler gute Dienste leistet. Das wichtige Gebiet der Elektronenröhre behandelt in leichtverständlicher Weise H. C. RIEPKA²⁾, ausführlicher Dr. CARL LÜBBEN³⁾, der auch eine Zusammenstellung der wissenschaftlichen Literatur gibt; Anleitung zur Selbsterstellung von Apparaten sowie

¹⁾ Dr. Franz Fuchs, Grundriß der Funkentelegraphie. 17. Aufl. München 1925, R. Oldenbourg. 3 Mk.

²⁾ Helmuth C. Riepkka, Die Röhre und ihre Anwendung. 2. Aufl. Berlin 1925, Julius Springer. 1,50 Mk.

³⁾ Dr. Carl Lübben, Röhren-Empfangsschaltungen für die Radiotechnik. Berlin 1925, Hermann Meusser. 6,80 Mk.

Schaltpläne bringen die Zeitschriften, z. B. „Der Radioamateur“¹⁾, „Funk“²⁾, „Radio für Alle“³⁾.

Auch bei ungünstigen Verhältnissen wird man nicht umhin können, die Grundzüge der Schwingungserzeugung und des Empfanges elektrischer Wellen an geeigneten Stellen des physikalischen Unterrichts kurz zu behandeln. Bei der Reibungselektrizität wird man die Eigenschaften des Kondensators und seine verschiedenen technischen Formen ausführlicher als sonst besprechen, bei der Durchnahme der Selbstinduktion die Entstehung von elektrischen Schwingungen in einem von Kapazität und Selbstinduktion gebildeten Kreise erklären und durch Vergleich mit einem schwingenden Pendel die hier stattfindenden Energieumwandlungen anschaulich machen. Resonanz und Koppelung lassen sich mit dem Teslatransformator zeigen, ihre mechanischen Gegenstücke mit gekoppelten Faden- oder Federpendeln sowie mit verstellbaren Stimmgabeln. Die Wirkung des Detektors weist man mit einem Drahtkreis aus einigen Windungen nach, der lose mit dem Teslatransformator gekoppelt wird; als Anzeiginstrument für den gleichgerichteten Strom dient das Telephon und ein langsam schwingendes Galvanometer. Wünschenswert ist auch die Besprechung der Elektronenröhre im Unterricht, da deren Verwendung nicht nur in der Funktechnik immer weiter um sich greift. Dies sollen nur einige Beispiele sein, wie man im Physikunterricht mit geringem Zeitaufwand Versuche vorführen kann, die zum Verständnis des Rundfunks beitragen.

Neben diesen gelegentlichen Versuchen im Unterricht, die allen Schülern einen Einblick in die Grundlagen der Rundfunktechnik geben sollen, gehen nun zweckmäßig Übungen und Kurse einher, um denjenigen Schülern, die sich näher mit dem Rundfunk beschäftigen wollen, Gelegenheit zu tieferem Eindringen in dieses Gebiet zu geben. Hier wiederholen die Schüler selbst zunächst die Versuche, die sie im Unterricht gesehen haben, auch halten der Lehrer oder einige Schüler zusammenfassende Vorträge über die Grundlagen und erläutern einfache Schaltbilder von Empfangsapparaten; Empfangsversuche mit Detektorempfängern schließen sich an. Besitzt die Schule eine Hochantenne und liegt sie in der Nähe eines Senders — die unmittelbar bevorstehende Inbetriebnahme eines großen Senders bei Berlin mit einer Welle von etwa 1200 m wird die Empfangsmöglichkeit mit Detektorapparat erheblich erweitern —, dann kann man mehrere Detektorapparate aperiodisch an die Antenne ankoppeln. Genügt die Energie der Antenne hierzu nicht, so führt häufig das gleichzeitige, ebenfalls aperiodische Anschalten eines Audionempfängers mit Rückkoppelung zum Ziel. Zur Not verwendet man Niederfrequenzverstärker, auch wenn die Erklärung ihrer Wirkungsweise zunächst zurückgestellt werden muß. Nachdem die Empfangsschaltungen mit Detektor, die gewissermaßen die Grundlage der Empfangstechnik bilden, eingehend behandelt worden sind, ist die Elektronenröhre zu besprechen und anzuwenden. Hier wie auch sonst bei den Übungen empfiehlt es sich, die Übungsfolgen durch Vorträge und Vorführungen des Lehrers oder geeigneter Schüler zu unterbrechen. Passenden Stoff bietet das Buch von FUCHS, das, in größerer Anzahl direkt oder durch die Ortsgruppen der Funkvereine bezogen, etwa 2,40 Mk. kostet.

Gelegentlich wird es zweckmäßig sein, daß der Lehrer die erwähnten Vorträge nicht im Rahmen der Schülerübungen hält, sondern sie zu einer Vortragsfolge ausgestaltet, die weitere Kreise der Funkfreunde in die Schwingungs- und Empfangstechnik einführen soll. Die Funkvereine sind dankbar, wenn ein Lehrer diese Aufgabe übernimmt. Der Erlaß des Ministers für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung

¹⁾ Der Radioamateur. Herausgeber Dr. E. Nesper und Dr. P. Gehne. Berlin, Julius Springer und M. Krayn. Monatlich 4 Hefte zu je 0,40 Mk.

²⁾ Funk. Berlin, Weidmannsche Buchhandlung. Monatlich 4 Hefte zu je 0,50 Mk.

³⁾ Radio für Alle. Herausgegeben von Hanns Günther und Dr. Franz Fuchs. Stuttgart, Francksche Verlagsbuchhandlung. Monatlich 2 Hefte zu je 0,50 Mk.

U II 1223 vom 27. I. 1925¹⁾ gibt hierfür Richtlinien. Die Schüler nehmen an ihnen unentgeltlich teil. Durch diese Verbindung der Schule mit den Funkvereinen werden physikalisch-technische Kenntnisse in unserem Volke verbreitet, ohne daß durch eine Überlastung des Lehrers die Schüler benachteiligt werden. Außerdem aber kann der Lehrer gemäß der angezogenen Verfügung die Eintrittsgelder für diese Vorträge zur Ergänzung der physikalischen Schulsammlung verwenden. —

Wir kommen nunmehr zu dem wichtigen Punkt der Beschaffung von Apparaten. Wie die nötigen Geldmittel zu erlangen sind, wird von Fall zu Fall verschieden sein, ein Weg ist soeben angegeben. Die Frage, welche Apparate anzuschaffen sind, ist bei der Fülle der vorhandenen Fabrikate noch schwer zu beantworten. Einige Richtlinien mögen hier folgen. In Sonderfällen ist die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Berlin W 35, Potsdamerstr. 120, bereit, Ratschläge zu erteilen, ebenso der Verfasser.

Soll der Apparat zu Empfangszwecken, etwa im fremdsprachlichen Unterricht, dienen, wobei er also auch von nicht physikalisch ausgebildeten Lehrern zu bedienen ist, so ist ein in einen Kasten eingebauter Empfänger zu benutzen. Die meisten dieser Apparate sind aber zur Demonstration im physikalischen Unterricht nicht brauchbar, da die einzelnen Teile zu dicht gedrängt eingebaut und ihre Verbindungen zu unübersichtlich sind. Eine Ausnahme in gewisser Hinsicht bilden solche Empfänger, bei denen die Teile auf einer senkrechten Platte und einem mit ihr fest verbundenen Grundbrett angebracht sind. Dieses Gestell ist so in einen festen Holzkasten eingeschoben, daß die senkrechte Platte mit den Abstimmgriffen den Kasten dicht verschließt; hierdurch wird ein Verstauben oder eine Beschädigung der empfindlichen inneren Teile verhindert. Im physikalischen Unterricht kann der Kasten entfernt und die einzelnen Teile wahrgenommen werden, ohne daß der Empfang gestört wird. Diese Ausführungsform wird z. B. von der Deutsche Telefonwerke und Kabelindustrie-A.G. in Berlin²⁾ geliefert, man erhält auch sämtliche Einzelteile in vorzüglicher Ausführung mit der gebohrten Platte und einer Werkzeichnung zum Selbstzusammenbau des Empfängers.

Für den Physikunterricht sind die offenen Empfänger am geeignetsten. Bei ihnen sind die einzelnen Teile gut sichtbar auf einem meist wagrechten Brett befestigt und durch Stecker und Schnüre leicht in verschiedener Weise zu verbinden; die Zugehörigkeit der einzelnen Leitungen zu den verschiedenen Stromkreisen ist durch Farben gekennzeichnet. Ein sehr brauchbares Unterrichtsgerät dieser Art bringt die Firma Kohl-Huth³⁾ in den Handel; es besteht aus fünf wagrechten Brettern, die aneinandergeschoben und verbunden einen 4-Röhrenempfangsapparat ergeben. Auf dem ersten Brett befindet sich ein Detektorempfänger, auf dem zweiten ein Hochfrequenzverstärker, auf dem dritten ein Audionempfänger mit Rückkoppelung, auf den beiden letzten je ein Niederfrequenzverstärker. Auch hier bedeutet der Bezug der Einzelteile mit den vorgebohrten Grundbrettern und der Werkzeichnung zum Selbstzusammenbauen eine nicht unerhebliche Ersparnis. Eine solche auf Brettern zusammengestellte Empfangsanlage ist für die Vorführung im Unterricht sehr zu empfehlen, da ein großer Teil der Verbindungen schon fertig hergestellt ist; sie können natürlich auch in den Übungen benutzt werden. Es hat sich aber herausgestellt, daß es zweckmäßiger ist, für die Übungen die Empfangsanlage noch weiter in ihre Bestandteile aufzulösen. Es werden ja nicht bei jeder Empfangsschaltung alle auf einem Brett angebrachten Teile gebraucht, die unbenutzten Teile machen nicht nur die Schaltung weniger übersichtlich, sondern fehlen besonders bei stark besuchten Schülerübungen häufig gerade einem anderen Schüler zu seiner Schaltung. Auch prägt sich dem

¹⁾ Abgedruckt im Zentralblatt f. d. gesamten Unterricht in Preußen. Jahrg. 67. H. 4. S. 40, 20. Febr. 1925.

²⁾ Berlin SO 33, Zeughofstr. 6—9.

³⁾ Berlin SW 68, Charlottenstr. 95.

Schüler die Schaltung besser ein, wenn er sämtliche Verbindungen selbst herstellt. Notwendig sind daher für Schülerübungen Einzelteile in genügender Menge, die in zweckmäßiger Weise einzeln aufgebaut und mit geeigneten Klemmen versehen sind. Als solche kommen in Frage: Drehkondensatoren, Variometer, Spulen, Halter für Steckspulen, Lampenfassungen, Detektoren, Blockkondensatoren, Transformatoren, Potentiometer, Widerstände usw. Daneben wird man gewisse, immer wiederkehrende Zusammenstellungen fertig geschaltet geben, z. B. Röhrenfassung mit Heizwiderstand und den erforderlichen Klemmen. Aber auch diese Schaltungen müssen die Schüler anfangs selbständig herstellen; erst wenn sie mit ihnen vollständig vertraut sind, dürfen sie die fertig geschaltete Röhrenplatte benutzen. Derartig aufmontierte Einzelteile sind noch nicht im Handel zu haben, da die Bastler die Einzelteile sich meist selbst nach einem bestimmten Schaltungsschema auf einer Platte zusammenbauen. Auch stellen sich eingebaute Geräte immer verhältnismäßig teuer, da zu den Arbeitslöhnen noch die erheblichen Geschäftskosten kommen, so daß es sich für den Lehrer empfiehlt, diese Arbeit selbst zu übernehmen, besonders da sie keine großen Anforderungen an die Geschicklichkeit stellt und nicht allzuviel Werkzeug erfordert.

Bei dieser Gelegenheit möge die Frage gestreift werden, wie weit der Lehrer unter Berücksichtigung der heutigen Pflichtstundenzahl und der zur Verfügung stehenden Geldmittel in der Selbstanfertigung von Apparaten für die Schule gehen soll. Es wird immer Lehrer geben, die eine so große Freude am Basteln haben, daß sie sich alle Teile eines Apparates selbst herstellen. Für die Mehrzahl kommt dies jedoch nicht in Betracht. Erstens besitzen sie nicht die erforderliche Handfertigkeit, zweitens fehlt ihnen das nötige Handwerkszeug, drittens, und das ist ausschlaggebend, die Zeit. Ich halte es für durchaus notwendig, daß der Physiklehrer nach Möglichkeit Ausbesserungen selbst vornimmt und zur Veranschaulichung bestimmter Vorgänge Apparate nach eigenen Entwürfen herstellt; unzweckmäßig ist es aber, mit großen Opfern an Zeit Apparate zu bauen, die fabrikmäßig zu einem verhältnismäßig geringen Preise hergestellt werden. Der Bau eines Drehkondensators z. B., der in vielen Bastelbüchern beschrieben ist, oder eines Doppelkopfhörers oder Niederfrequenzverstärkers ist viel zu zeitraubend und — da der Erfolg nicht immer sicher ist — viel zu teuer, als daß er für den Lehrer in Frage käme. Zeit und Geld werden zweckmäßiger für das Anpassen käuflicher Teile an die Bedürfnisse der Schule verwendet. Hierbei sind im weitesten Umfang die Massenartikel der Technik zu benutzen, z. B. Schrauben, Stecker, Buchsen, Messingrohr, behobelte Holzleisten usw. Ferner empfiehlt es sich, bei Beschaffung eines Empfangsapparates statt des fertigen Apparates von einer zuverlässigen Firma die hierzu erforderlichen Einzelteile mit vorgebohrter Montageplatte und Werkzeichnung zu beziehen. Man hat dann die Sicherheit, daß die gekauften Teile einander angepaßt sind und kann durch das Selbstzusammenbauen bis zu einem Viertel des Preises für den fertig gekauften Apparat sparen. —

Wie sind nun die Einzelteile auszugestalten, damit sie den Anforderungen, die in den Schülerübungen an sie gestellt werden, genügen? Sie müssen 1. gegen unvorsichtige Behandlung beim Hin- und Hertragen geschützt sein; 2. sich leicht in beliebiger Weise zusammenstellen lassen; 3. eine schnelle und übersichtliche Verbindung gestatten.

Diese Bedingungen erfüllt man nach meinen Erfahrungen am besten durch Einbauen der leicht verletzlichen Apparate, also besonders der Drehkondensatoren und Variometer, in Kästen, die zum Zwecke der Beobachtung durch den Schüler und der einfacheren Herstellung wegen an zwei gegenüberliegenden Seiten offen sein können. Der Drehkondensator z. B. wird im Innern des Kastens an den Deckel

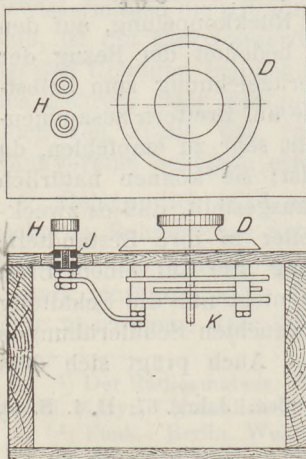


Fig. 1.

geschraubt, der Drehknopf befindet sich oben, hinter ihm die Anschlußklemmen (Fig. 1). Wer in Holzarbeiten wenig geübt ist, kann den Kasten ohne große Mühe in folgender Weise herstellen. Von einer Grobischlerei oder Holzhandlung¹⁾ beschafft man sich behobelte, 10 cm breite Bretter, und zwar von 6 mm und 13 mm Dicke in der üblichen Länge von 3—5 m. Von den dünneren Brettern sägt man zwei 16 cm breite Stücke ab (Boden und Deckel), ferner von den dickeren zwei von 10 cm Länge. Aus diesen vier Brettern stellt man einen Rahmen her, indem man die dünnen Bretter auf die gehobelten — nicht die gesägten — Kanten der dicken Brettchen schraubt. Hat man beim Einkauf darauf geachtet, daß die Kanten des dickeren Brettes rechtwinklig zur breiten Fläche behobelt sind, was bei maschineller Hobelung meist der Fall sein wird, so ist der so entstandene kastenförmige Rahmen ohne weiteres rechtwinklig und fest. Die Festigkeit wird erhöht, wenn der Boden geschraubt oder genagelt und geleimt wird; der Deckel muß leicht abnehmbar sein und wird daher nur geschraubt. Um einem Verstauben vorzubeugen, kann man die beiden offenen Seiten auch durch Aufnageln von Pappe oder dünnen Brettchen, in besonderen Fällen auch durch Anbringen von Glasplatten (z. B. alte photographische Platten) verschließen. Der in Holzarbeiten Erfahrene wird vielleicht eine handwerksmäßigere Herstellungsweise bevorzugen, doch bringt die angeführte Art bei einfachsten Mitteln ein gutes Ergebnis.

An der Unterseite des Deckels wird der Drehkondensator befestigt. Hierzu bohrt man mit dem Zentrumsbohrer oder einem Spiralbohrer ein Loch für die Achse, das nötigenfalls mit einer runden Holzraspel auf 10—13 mm erweitert wird. Die Befestigung selbst erfolgt meist mit 3 oder 4 Metallschrauben, für die in der oberen Platte des Kondensators Gewindebohrungen vorgesehen sind. Um nun die Löcher im Holzdeckel an den richtigen Stellen bohren zu können, schneidet man mit einem passenden Korkbohrer aus der Mitte eines Papierblattes ein Loch, dessen Durchmesser etwas größer ist als das der Achse, legt es so auf die obere Platte des Kondensators, daß die Achse das Loch zentrisch durchsetzt, und durchsticht es an den Stellen mit einem Bleistift, wo sich die Befestigungslöcher des Kondensators befinden. Mit diesem Stück Papier kann man dann leicht die Lage der Löcher auf den Deckel übertragen. Zum Durchbohren des Holzes benützt man einen etwas stärkeren Bohrer als dem Durchmesser der Befestigungsschraube entspricht, und weitet die Löcher etwas auf, wenn sie von der richtigen Lage abweichen sollten. Nach dem Festschrauben des Kondensators wird der Drehknopf aufgesetzt. Ein auf diese Weise eingebauter Drehkondensator ist gegen Beschädigung beim Hin- und Hertragen gut geschützt, auch wenn die beiden Seitenwände fehlen. Man bedarf keiner besonderen Vorrichtung, um die zu einer Schaltung notwendigen Einzelteile zu vereinigen, sondern kann den Kondensator einfach neben andere ebenso eingebaute Einzelteile stellen. Die dritte Forderung wird erfüllt durch das Anbringen zweier Klemmen auf dem Deckel hinter dem Drehknopf, die mit den Belegungen verbunden sind. Die Verbindungsdrähte verlaufen unterhalb des Deckels, sind also auch geschützt. Über die Art dieser Klemmen, ihren Abstand, ihre Isolation usw. wird weiter unten zu sprechen sein. In gleicher Weise wird man Variometer und Koppelungsspulen einbauen, da auch sie durch Gegenstoßen leicht beschädigt werden können. Transformatoren, Blockkondensatoren würden an sich eines solchen Schutzes nicht bedürfen; es würde genügen, sie auf ein Brettchen aufzuschrauben und dieses mit den gleichen Klemmen zu versehen wie die übrigen Einzelteile. Es ergäbe sich hierbei aber der Übelstand, daß die Klemmen der eingebauten Apparate etwa 10 cm über der Tischplatte liegen, während die anderen sich etwa 8 cm tiefer befinden würden. Das würde ein schnelles und übersichtliches Verbinden der einzelnen Teile erschweren. Man wird daher die Klemmen nach Möglichkeit in eine Ebene zu bringen suchen und z. B. einen Transformator auf dem Boden eines ebenfalls 10 cm hohen Gestelles festschrauben und die Klemmen auf dem Deckel anbringen. Gleiches gilt für Potentiometer, schwere Block-

¹⁾ Z. B. F. Bendix Söhne, Berlin O 27, Andreasstr. 32.

kondensatoren, Heizwiderstände und dergl. Dagegen wird man leichte Gitter- und Telephonkondensatoren, Fassungen für Silitstäbe usw. auf den Deckeln der einzelnen Apparate anbringen.

Zur Verbindung der einzelnen Apparate untereinander bedient man sich in der Funktechnik gerne der sog. Steckerschnüre, die ein schnelles Schalten ermöglichen. Man stellt sie sich aus gummiisolierter Einfachlitze her. Die Umspinnung der passend zugeschnittenen Längen (20 cm, 30 cm, 60 cm) wird von den Enden zurückgeschoben

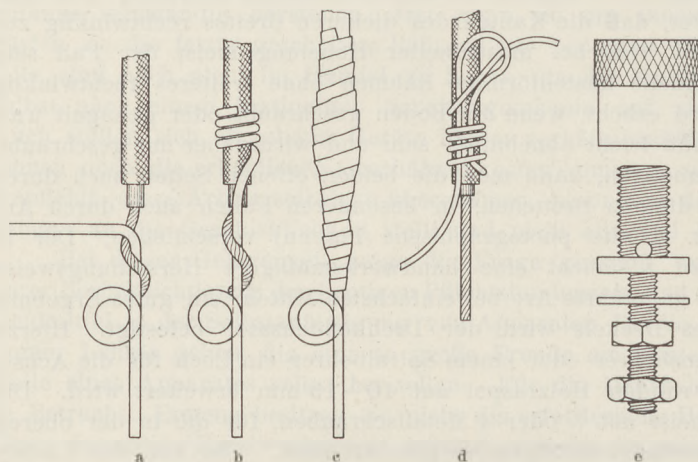


Fig. 2, a—e.

und die Gummiisolation auf 1 cm vorsichtig ohne die dünnen, verselten Drähte zu beschädigen, entfernt. Damit die Bespinnung sich nicht aufzieht, wird sie abgebunden. Sie wird soweit vorgeschoben, daß sie die Gummiisolation wieder bedeckt; dann wird ein Ende (Fig. 2, d) eines etwa 12 cm langen nicht zu dünnen Baumwollfadens so auf das Drahtende gelegt, daß es die Isolation 1 cm überragt und auf der Bespinnung eine 2 cm lange offene Schleife bildet. Das lange Ende des Fadens wird nun, an der offenen Seite der Schleife beginnend, in eng nebeneinanderliegenden Windungen um Bespinnung und Schleife gelegt. Das letzte Fadenende wird dann durch die Schleife gesteckt und am freien Ende der Schleife solange gezogen, bis sie unter Mitnahme des durchgesteckten Endes in der Mitte der Umwicklung verschwunden ist. Die beiden Fadenenden sind nunmehr durch Umwicklung festgelegt; das Überstehende wird abgeschnitten. In der Zeichnung sind die ersten Windungen nur deshalb voneinander getrennt, um die Lage der Schleife besser darstellen zu können, die Schleife selbst ist noch nicht zugezogen. Nunmehr wird das Litzenende mit dem Steckerstift verlötet oder verschraubt, vorher aber wird die den Steckerstift umgebende Isolierhülse auf den Draht geschoben. Das von der Isolation befreite Ende der Litze soll nicht länger sein, als unbedingt notwendig ist, damit die Bespinnung noch innerhalb der Hülse beginnt. Um diese Steckerschnüre benützen zu können, müssen die Apparate entsprechende Buchsen besitzen, in die die Stecker mit Reibung hineingeschoben werden können. Der Stecker besteht im einfachsten Falle aus einem 4 mm dicken Messingstab mit einem Längseinschnitt (Fig. 2, h, i, k) oder aus einem dünneren Stift, der von 4 längslaufenden federnden Messingstreifen so umgeben wird, wie eine z. T. abgeschälte Banane von den 4 Teilen der Schale. Als Buchse kann ein Messingrohr von 4 mm innerer Weite und 0,75 mm Wandstärke dienen (Fig. 2, g, k, l). Die käuflichen Buchsen tragen ein Außengewinde und können mit Hilfe einer Mutter in der entsprechenden Bohrung einer Platte befestigt werden; eine zweite Mutter ermöglicht das Festklemmen des Verbindungsdrahtes. Diese einfache Buchse hat den Nachteil, daß sie nur eine Verbindung herzustellen gestattet, und zwar nur mit Benutzung des Steckers. Da nun häufig von einem Anschlußpunkte mehrere Drähte ausgehen sollen, auch besonders in den Übungen sich die Benutzung von Drähten ohne Stecker nicht umgehen läßt, so ist die Verwendung der Anschlußbuchse mit Kordelschraube (Fig. 2, e) sehr zu empfehlen. Sie besteht aus einem dünnen Gewindeteil mit breitem Kragen, der durch eine Mutter auf der Apparateplatte festgepreßt wird.

Darüber sitzt ein dicker, ebenfalls mit Gewinde versehener Schaft mit einer 4 mm weiten Längsbohrung zur Aufnahme des Steckers und einer unmittelbar über dem Kragen sitzenden, etwa 1,5 mm weiten Querbohrung für Drähte, die durch eine, meist mit Hartgummi umpreßte Kordelschraube auf den Kragen festgepreßt werden. Diese Anschlußklemme hat den Vorteil, daß außer einer Steckerschnur ohne weiteres noch ein oder zwei Drähte angeschlossen werden können; ferner lassen sich statt der Drähte noch bis zu 3 Steckerschnüre anschließen, wenn man unter die Kordelschraube die käuflichen Kabelschuhe (Fig. 2, *f*), für Litzen von 10 qmm Querschnitt unterklemmt, deren röhrenförmiger Teil gerade 4 mm lichte Weite aufweist; den Ring in der Platte schneidet man gemäß der Zeichnung zweckmäßig auf. In die Querbohrung der Anschlußklemme kann auch ein Zwischenstück (Fig. 2, *g*) zur Aufnahme eines zweiten Steckers eingesetzt werden, das aus einem 2 cm langen Messingrohr (lichte Weite 4 mm) und einem 1,5 mm dicken Kupferdraht besteht, der in der gezeichneten Weise in das Rohr eingelötet ist. Dieses Zwischenstück ist besonders auch dann brauchbar, wenn man einen mit den gewöhnlichen Klemmschrauben versehenen Apparat mit Hilfe von Steckerschnüren anschließen will. Sollen an eine Buchse statt eines Steckers mehrere Drähte eingeklemmt werden, so benutzt man die

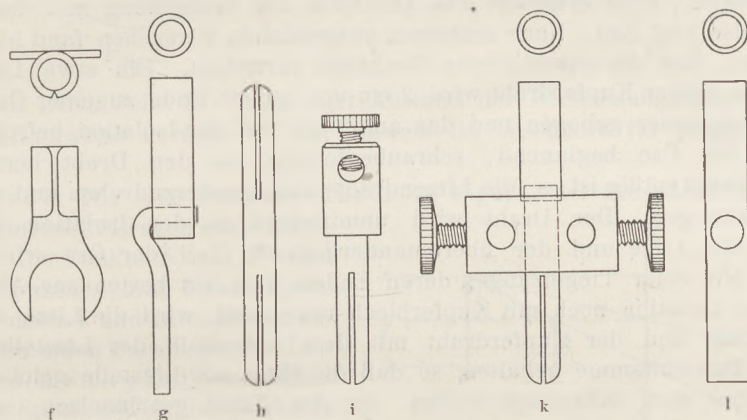


Fig. 2, f—l.

Steckklemme (Fig. 2, *i*). Ein 20 mm langer Messingstab von 4 mm Durchmesser trägt einen 14 mm langen Schlitz und ist in eine 3 mm tiefe Längsbohrung der Batterieklemme eingelötet. Diese kann man kaufen oder durch Häufelung der neben ihr abgebildeten Batterieklemme (Fig. 2, *k*) gewinnen. In der Zeichnung ist diese Klemme mit einem — in gleicher Weise wie oben beschrieben — geschlitzten Messingstab von 4 mm versehen, der in eine Bohrung der Klemme so eingelötet ist, daß er oben 2 mm herausragt und hier ein 20 mm langes Messingrohr (4 mm lichte Weite) trägt. Dieses Zwischenstück ist besonders zweckmäßig, um eine einfache Buchse ohne Kordelschraube mit einem Stecker und außerdem mit mehreren Drähten zu verbinden; auch können mehrere so hergerichtete Klemmen aufeinandergesteckt werden. Durch Hinzufügen des Zwischenstückes *g* wird auch der Anschluß mehrerer Stecker möglich. Das 4,5 cm lange Messingrohr (Fig. 2, *l*) von 4 mm lichter Weite und einer 4 mm weiten Querbohrung in der Mitte gestattet, 2 Steckerschnüre miteinander zu verbinden und außerdem noch einen dritten Stecker durch die Bohrung hindurchzustecken, mit dem das Ganze schließlich noch auf eine Buchse gesetzt werden kann. Das Gegenstück zur Doppelbuchse ist der ebensolange Doppelstecker (Fig. 2, *h*) aus 4 mm dickem Messingstab.

Zur Konstruktion dieser Zwischenstücke (Fig. 2, *g—l*) wurde ich veranlaßt durch die Notwendigkeit, die aus Heeresbeständen erworbenen Funkapparate vorhandenen und selbstgebaute Apparate anzupassen, ohne daß für die benötigten, damals noch

teuren Buchsen und Stecker Mittel zur Verfügung standen. Sie haben sich aber auch später, nachdem die Vereinheitlichung der Apparateklemmen infolge der bevorzugten Benutzung der Buchse mit Kordelschraube weiter fortgeschritten war, besonders in den Übungen als sehr brauchbar erwiesen.

Ihre Herstellung wurde erleichtert durch Benutzung gezogenen Messingrohrs von 4 mm lichter Weite, 0,75 mm Wandstärke und des mit Reibung hier hineinschiebbaren Rundmessings von 4 mm Dicke. Beides ist, wie überhaupt gezogene Rohre, Stangen und Profilmessing jeglicher Art zu beziehen von Max Cochius¹⁾. Das Material wird in jeder Menge abgegeben und nach Gewicht berechnet. Batterieklemmen und Metallschrauben erhält man bei C. F. Staerke²⁾ sehr preiswert, auch in kleineren Mengen.

So bequem die Benutzung des Steckers auch in vielen Fällen ist, so ist nicht selten die Größe des Steckers lästig, besonders dort, wo viele Drähte zusammenlaufen; man benützt dann mit Vorteil Drähte ohne Stecker. Der vielfach zu Verbindungen benutzte Klingelleitungsdraht ist sperrig, seine Isolation wird meist schon nach kurzem Gebrauch mangelhaft. Die Verwendung von Starkstromlitze ohne Endbewehrung hat den Nachteil, daß das Festklemmen der Enden schwierig ist, und etwa angelötete Drahtenden leicht abbrechen, wenn die Lötstellen nicht durch eine feste Isolierhülse geschützt werden; auch erfordert das Abbinden der Bespinnung und das Anbringen der Isolierhülse viel Zeit. Nach mehreren vergeblichen Versuchen fand ich schließlich ein Verfahren, das die geschilderten Nachteile vermeidet. Ein etwa 12 cm langer, 1 bis 1,3 mm dicker Kupferdraht wird 2 cm von seinem Ende zu einer Öse von 3 mm innerem Durchmesser gebogen und das auf 2 cm von der Isolation befreite Ende der Litze, von der Öse beginnend, schraubenförmig um den Draht herumgewickelt (Fig. 2, a); zweckmäßig ist es, die Litzendrähte auseinanderzudrehen und als schmales Band herumzulegen. Der Draht wird unmittelbar an der Isolation rechtwinklig abgebogen, die Litze und der übereinanderliegende Teil der Öse wird mit Tinol bestrichen. Mit einer Tiegelzange, deren Enden man am besten zur Ableitung der Hitze von der Isolation noch mit Kupferblech umwickelt, wird die Litze dicht an der Isolation erfaßt und der Kupferdraht mit dem außerhalb der Lötstelle gelegenen Teile in die Bunsenflamme gehalten, so daß die Hitze zur Lötstelle geleitet wird und dort das Tinol zum Schmelzen bringt. Ist das Tinol geschmolzen, so wird die Lötstelle sofort mit einem nassen Lappen blankgewischt und der angelötete Kupferdraht ins Wasser getaucht, um ein Eindringen der Wärme in den isolierten Teil zu verhüten. Darauf wird die Bespinnung bis an das Ende der Isolation herangezogen und das rechtwinklig abgebogene Drahtende in festen dichten Windungen um die Bespinnung gelegt (Fig. 2, b; die Umwicklung erfolgt bequemer entgegengesetzt wie die Zeichnung zeigt, auch sollen die Windungen dicht am Ende der Isolation beginnen). Hierdurch ist eine feste mechanische Verbindung des Drahtes mit der Litze erreicht und gleichzeitig ist die Bespinnung abgebunden; außerdem ist das Ende der Litze versteift und zum bequemen Anfassen verdickt. Als Isolator hat sich besser als das übliche Isolierband ein 7 mm breiter Streifen von Leukoplast bewährt — gegebenenfalls ist ein breiteres Band längs durchzuschneiden —, da es außen nicht klebt und sich beim Drehen in der warmen Hand sehr gut dem Draht anschmiegt (Fig. 2, c). Die Öse dient zum Aufhängen der Drähte; hierzu schlägt man durch eine Holzleiste von 1 cm Dicke und etwa 2 cm Breite von hinten lange Nägel hindurch (Vorbohren und Versenken der hinteren Öffnung, damit der Nagelkopf nicht vorsteht), kneift die Spitze ab, um Verletzungen zu vermeiden und biegt den Nagel vorn in 5 mm Länge etwas in die Höhe. Wird die Leiste an die Wand genagelt, so können die Nägel nicht herausfallen; sie sitzen fester, als wenn man sie wie üblich von vorne einschlägt und den Kopf abkneift.

(Schluß folgt im nächsten Heft.)

¹⁾ Berlin S 42, Alexandrinenstr. 35.

²⁾ Berlin O 27, Blumenstr. 96.

Kleine Mitteilungen.

Eine wenig bekannte Methode zur Bestimmung der Brennweite von Linsen und Hohlspiegeln.

Von Studienrat Johannes Wiesent in München (Neues Realgymnasium).

Um die Brennweite von Linsen, und zwar von Sammellinse wie von Zerstreuungslinsen zu ermitteln, braucht man die Linse nur über ein mit feinen parallelen und äquidistanten Geraden versehenes Blatt weißen Papieres zu bringen und den Abstand der Linse von der Ebene des Blattes so lange zu verändern, bis man bei der Sammellinse den Abstand der Geraden verdoppelt, bei der Zerstreuungslinse aber halbiert sieht.

Figur 1 zeigt die Erscheinung bei einer Sammellinse, Figur 2 die bei einer Zerstreuungslinse. Der Abstand der Sammellinse von der Papierebene ist dann gleich

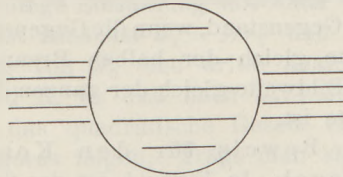


Fig. 1.

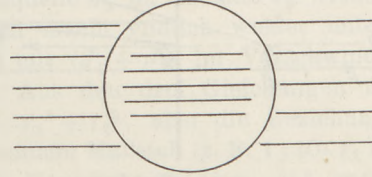


Fig. 2.

der halben Brennweite der Linse, der Abstand der Zerstreuungslinse aber gleich der totalen Brennweite derselben. Der Beweis ist besonders für jüngere Schüler sehr anziehend.

Beweis für die Sammellinse: In Figur 3 ist die Sammellinse durch die sogenannte ideale Ersatzlinse JL dargestellt. Die Punkte F' und F'' sind die Brennpunkte. Zur Konstruktion von Gegenstand und Bild dienen zunächst die beiden Parallelen zur Linsenachse a , die mit g und b bezeichnet sind. Die Spitze des Gegenstandes G liegt auf g , die Spitze des Bildes B auf b . Nach dem Durchgange durch die Linse geht der achsenparallele Strahl g durch den Brennpunkt F'' , scheint also von einem Punkte hinter der Linse herzukommen, der als Schnittpunkt seiner Rückverlängerung mit b leicht festgestellt wird. Damit ist die Lage des Bildes B ermittelt. Der von diesem Schnittpunkt ausgehende, durch den optischen Mittelpunkt laufende Strahl trifft g in einem Punkte, der die Lage der Spitze des Gegenstandes G aufdeckt. Es ist nun leicht einzusehen, daß die Gegenstandsweite gleich der halben Brennweite, die Bildweite aber gleich der ganzen Brennweite ist.

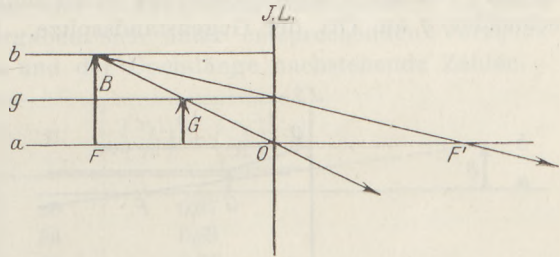


Fig. 3.

Beweis für die Zerstreuungslinse: In Figur 4 ist die Zerstreuungslinse durch die ideale Ersatzlinse JL dargestellt. Die Brennpunkte sind F' und F'' . Zur Konstruktion von Gegenstand und Bild dienen wieder die beiden Parallelen g und b zur Achse a . Die Spitze des Gegenstandes G liegt auf g , die Spitze des Bildes B auf b . Der vom Gegenstand G kommende Parallelstrahl g hat nach dem Durchgang durch die Linse die Richtung $F'A$. $F'A$ aber schneidet b an der

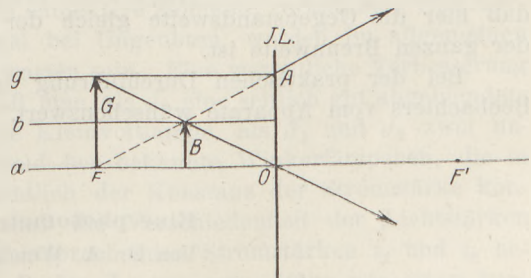


Fig. 4.

Stelle, wo das Bild des Gegenstandes liegt. Der durch die Spitze von B und den optischen Mittelpunkt O hindurchgehende Strahl trifft g an der Stelle, wo der Gegenstand G aufgestellt ist. Eine elementare geometrische Überlegung zeigt, daß hier die Gegenstandsweite gleich der ganzen Brennweite, die Bildweite gleich der halben Brennweite ist.

Dasselbe Verfahren, das den meisten Lehrern ja nicht neu sein dürfte, läßt sich vorteilhaft auch auf Hohlspiegel, und zwar sowohl auf Konkav- wie auf Konvexspiegel anwenden. Als Objekt verwendet man am besten eine Glasplatte, auf die man ein paralleles Geradensystem mit Tusche eingezeichnet hat. Wenn beim Konvexspiegel das Bild gerade halb so groß wie der Gegenstand ist, dann ist die Gegenstandsweite gleich der ganzen Brennweite, die Bildweite gleich der halben Brennweite.

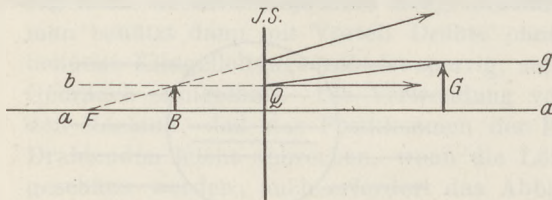


Fig. 5.

Beim Konkavspiegel ist das virtuelle Bild gerade dann doppelt so groß wie der Gegenstand, wenn die Gegenstandsweite gleich der halben Brennweite, die Bildweite gleich der ganzen Brennweite ist.

Beweis für den Konvexspiegel: In Figur 5 ist der Spiegel durch den ideellen Ersatzspiegel JS

dargestellt. F ist der Brennpunkt. Für die Gegenstandsspitze ist erster geometrischer Ort die Parallele g zur Spiegelachse a , für die Bildspitze ist erster geometrischer Ort die Achsenparallele b . Der achsenparallele Strahl g wird nun so reflektiert, daß der reflektierte Teil durch F geht. Der Schnittpunkt desselben mit b bestimmt die Bildspitze. Der als b zurückgeworfene Strahl muß vorher die Richtung QF haben. QF schneidet g am Ort der Gegenstandsspitze. Eine einfache geometrische Überlegung zeigt, daß hier die Gegenstandsweite gleich der ganzen Brennweite, die Bildweite gleich der halben Brennweite ist.

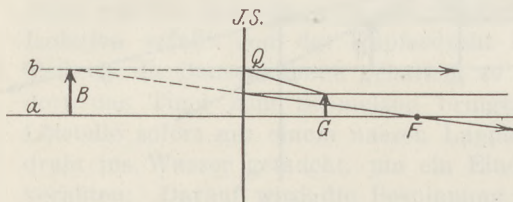


Fig. 6.

Beweis für den Konkavspiegel: In Figur 6 ist der Spiegel durch den ideellen Ersatzspiegel JS dargestellt. F ist der Brennpunkt. Für die Gegenstandsspitze ist erster geometrischer Ort die Parallele g zur Spiegelachse a , für die Bildspitze die Achsen-

parallele b . Der achsenparallele Strahl g geht nach der Reflexion durch F , seine Rückverlängerung schneidet aus b den Ort der Bildspitze aus. Der Strahl, der in der Richtung b den Spiegel verläßt, hat vorher die Richtung QF . Sein Schnittpunkt mit g legt die Gegenstandsspitze fest. Eine einfache geometrische Betrachtung zeigt, daß hier die Gegenstandsweite gleich der halben Brennweite, die Bildweite gleich der ganzen Brennweite ist.

Bei der praktischen Durchführung ist eine genügend große Entfernung des Beobachters vom Apparate wünschenswert.

Eine photometrische Übung.

Von Dr. A. Wendler in Erlangen.

Der Satz, daß die Beleuchtungsstärke bei senkrechter Beleuchtung durch ein und dieselbe Lichtquelle dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional ist, wird auf die Betrachtung der Lichtpyramide bzw. der konzentrischen Hohlkugeln gegründet und in Parallele zu anderen Gesetzen gebracht, bei denen das Entfernungs-

quadrat eine analoge Rolle spielt. Die photometrischen Übungen beschränken sich wohl meist auf die Vergleichung von Lichtquellen auf Grund der Photometerformel $J_1 : J_2 = r_1^2 : r_2^2$, da für die experimentelle induktive Ableitung des Entfernungsgesetzes selbst nicht immer genügend Zeit zur Verfügung steht. Gegebenenfalls verwendet man unter Anlehnung an die Photometerformel gleiche Lichtquellen, die man in bekannter Weise z. B. durch Ligroinflämmchen erzeugt.

Von der Forderung gleicher Lichtquellen, die in Verhältnissen wie 1:2, 1:3, 1:4, 2:3 usw. zusammengesetzt werden, kann man sich frei machen, wenn man folgendermaßen verfährt:

Auf die eine Seite z. B. eines Fettfleckphotometers wird eine beliebige konstante Vergleichslichtquelle gestellt (J_0), auf die andere Seite eine Lichtquelle J_1 in einem solchen Abstand r_1 , daß der Fettfleck verschwindet. Unter Belassung von J_0 wird die analoge Einstellung mit einer beliebigen Lichtquelle J_2 im Abstand r_2 wiederholt; dann ist zunächst $J_1 = Br_1^2$ und $J_2 = Br_2^2$. Man macht endlich wieder unter Belassung von J_0 eine dritte analoge Einstellung mit $(J_1 + J_2)$ im Verschwindungsabstand R , so daß nach $J_1 + J_2 = B \cdot R^2$ gilt. Aus den drei Gleichungen müßte, wenn das quadratische Gesetz richtig ist, $R^2 = r_1^2 + r_2^2$, also die Beziehung des Pythagoras folgen. Trägt man also in entsprechendem Maßstab (z. B. 1:10) r_1 und r_2 an den aufeinander senkrechten Rändern eines Koordinatenpapiers auf und mißt mit dem Maßstabe die zugehörige Hypotenuse, so müßte diese mit $\frac{1}{10} \cdot R$ übereinstimmen.

Verschiebt man jetzt auch noch J_0 und wiederholt das ganze Verfahren, so erhält man auf Grund der Gleichungen $J_1 = B' \cdot r_1'^2$; $J_2 = B' \cdot r_2'^2$; $J_1 + J_2 = B' \cdot R'^2$ die neue Prüfungsgleichung $R'^2 = r_1'^2 + r_2'^2$.

Bei den nachfolgenden mit Kerzen und Glafey'schen Nachtlichtern (in fester Form) ausgeführten Probemessungen ergaben sich unter entsprechenden Vorsichtsmaßregeln bezüglich des Augenschutzes und der Dochtlänge nachstehende Zahlen.

r_1	r_2	R	$\left(\frac{r_1}{R}\right)^2 + \left(\frac{r_2}{R}\right)^2$
16	23	30	0,87
20	25	34	0,89
22	30	38	0,96
27	44	53	0,95
18	23	32	0,83

Die Prüfung von $r_1^2 + r_2^2 = R^2$ kann anstatt in der oben angedeuteten Weise (Koordinatenpapier) auch an dem Ausdruck $\left(\frac{r_1}{R}\right)^2 + \left(\frac{r_2}{R}\right)^2$ durchgeführt werden, der theoretisch = 1 sein müßte. Bei der durch subjektive Momente veranlaßten Unsicherheit photometrischer Vergleichen, zumal bei Ungeübten, werden im allgemeinen auch größere Schwankungen gegen 1 zu erwarten sein. Eine wesentliche Verbesserung kann man aber wohl dadurch erzielen, daß man als J_0 eine seitlich gut abgeblendete in einem besonderen Stromkreise liegende Kleinvoltlampe, als J_1 und J_2 zwei unmittelbar nebeneinander montierte vom Feld her bekannte Winkerlämpchen, die in Parallelschaltung in einem zweiten hinsichtlich der Konstanz der Stromstärke kontrollierten Stromkreise liegen, so zwar, daß die Verschiedenheit der Lichtstärken J_1 und J_2 durch die Verschiedenheit der entsprechenden Stromstärken i_1 und i_2 bedingt ist. In der einen Nebenleitung (z. B. für J_2) hat man daher nur einen konstanten Widerstand dazugeschaltet zu denken. Als $J_1 + J_2$ sind dann die Lämpchen unmittelbar zu verwenden; um J_1 (J_2) zu erhalten, muß dann nur J_2 (J_1) entsprechend abgedeckt werden.

Herstellung eines Heliometers.

Von P. Nickel in Berlin.

Um den scheinbaren Durchmesser der Sonnen- oder Mondscheibe zu messen, dient wohl im Unterricht gewöhnlich der Spiegelsextant. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, so läßt sich mit geringen Mitteln eine Projektionseinrichtung herstellen, die die Beobachtung und Messung des Sonnen- und Mondbildes (sogar großer Sonnenflecken) erlaubt. An dem einen Ende einer nicht zu schwachen Holzleiste wird in einer angeschraubten einfachen Holzfassung ein Brillenglas mit 1 m oder 1,5 m Brennweite befestigt; an dem anderen Ende ist mit Hilfe von zwei ungreifenden Blechstreifen ein Schlitten verschiebbar, der ein mit weißem Papier beklebtes Brettchen trägt. Auf diesem Schirm wird das Sonnen- oder Mondbild aufgefangen und mit einer Schublehre der Durchmesser bestimmt.

Mit einer solchen Einrichtung wurde am 9. Januar 1925 für die Sonnenscheibe 14,4 mm Durchmesser bei 1510 mm Brennweite der Linse erhalten. Der scheinbare Durchmesser war also: $\alpha = \frac{180 \cdot 14,4}{\pi \cdot 1510} = 0,546^\circ$. Auch die Abbildung durch eine feine Öffnung könnte zur Messung dienen, doch erhält man nicht so große Schärfe wie bei Verwendung der Linse.

Das klassische Instrument zur genauen Ermittlung des Winkels α ist das Heliometer. Die Werkstätte von Frauenhofer lieferte 1829 ein solches Instrument für die Königsberger Sternwarte; es ist in BESSELS Händen zur Berühmtheit gelangt. Der große astronomische Meßkünstler veröffentlichte darüber die „Besondere Untersuchung des Heliometers der Königsberger Sternwarte“ (1841). Bekanntlich ist das Heliometer (Objektivmikrometer) ein Fernrohr, bei welchem das Objektiv durchgeschnitten ist und die eine Hälfte sich gegen die andere in Richtung des Schnittes meßbar verschieben läßt. Jede Objektivhälfte erzeugt ein Bild, beide Bilder decken sich in der Nullstellung. Bei der Bewegung der einen Objektivhälfte entfernt sich das zugehörige Bild von dem der festen Halbinse; im Falle der Sonne läßt man die Bewegung so weit gehen, bis sich beide Bildscheiben von außen berühren; es folgt dann Winkel α aus der mikrometrisch gemessenen Verschiebung und der Brennweite des Objektivs. Das Instrument ist in vielfacher Hinsicht für die Schule interessant; man kann es auch sehr schön zu Entfernungsmessungen benutzen. Da es in keinem Lehrmittelkatalog aufgeführt zu finden war, ging der Verfasser selbst an die Herstellung eines bescheidenen Instrumentes. Für ein schon früher angefertigtes $1\frac{1}{2}$ zölliges Fernrohr wurde ein Ansatz hergestellt, der sich an Stelle des Objektivs auf das Rohr aufstecken läßt. Die notwendigen Metallarbeiten sind unschwer auszuführen, jeder etwas geschickte Bastler kann sie bewältigen.

Da die saubere Aufteilung eines achromatischen Objektivs für zu schwierig angesehen wurde, so wählte der Verfasser ein Brillenglas mit zwei Dioptrien, dessen Brennweite sich zu 49,3 cm ergab. Es wurde auf dem Schleifstein zunächst auf 42 mm Durchmesser gut rund geschliffen und dann mit dem Diamanten halbiert. Dazu war die Linse mit Klebwachs auf einen vorgezeichneten Kreis auf Zeichenpapier befestigt, unter welches zur Federung noch einige Bogen weiches Papier gebreitet waren.

Die Schnittflächen wurden mit etwas losem Schmirgel auf einer Eisenplatte nachgeschliffen. Um die Fassung zu gewinnen, wurden zwei Stücke Messingschiene von 9 cm Länge, 3,5 cm Breite und 3 mm Stärke mit ihren Längskanten mittels Weichlot aneinander gelötet (auf einer ebenen Eisenplatte mit untergestellter Bunsenflamme), dann in das erhaltene Stück von der Größe 7×9 cm auf der Drehbank eine Öffnung von 3,5 cm Durchmesser eingedreht und endlich eine Stufe von 4,2 cm Durchmesser abgesetzt. Nachdem die beiden Messingteile wieder in der Flamme getrennt waren, konnten in beide Hälften die Halblinsen eingekittet werden. Es geschah mit Schlemmkreide und Wasserglas (auch Siegellack hätte wohl genügt); der Kitt darf nicht auf die freie Öffnung der Linsen gebracht werden, weil er Flecke hinterläßt, die sich schwer entfernen lassen. Zuvor waren mittels Spiralbohrer (3,5 mm) die nötigen, aus

Figur 1 ersichtlichen Bohrungen hergestellt worden, um die beiden Messingstücke passend auf einer Messingplatte $8,5 \times 12$ cm von 2 mm Dicke befestigen zu können. Diese Platte erhielt zunächst auf der Drehbank eine Bohrung von 43 mm und eine Stufe mit 45 mm Durchmesser, um auf der einen Seite ein Rohrstück von 7 cm Länge, 45 mm äußerem Durchmesser und 1 mm Wandstärke einlöten zu können. Auf der anderen Seite wurde die Fassung *A* der einen Objektivhälfte mit vier Schrauben von 3,5 mm Stärke festgelegt, während die Fassung *B* der anderen Hälfte zwischen *A* und der Schiene *C* mit Hilfe einer Mikrometerschraube *M* verstellbar blieb. Diese Mikrometerschraube ist aus 6 mm starkem Rundmessing mit einem Gewindeschneidstück S. J. 6 mm (1 mm Ganghöhe) hergestellt, sie trägt zwischen zwei Muttern, von denen die eine die Form eines Griffes hat, eine Teilscheibe mit 100 Teilen; diese war von einem Sphärometer entliehen, sie läßt sich aber auch aus 3—4 mm starkem Messing leicht herstellen. Besitzt die Drehbank keine Einrichtung zum Teilen, so klebt man auf die Scheibe Papier und zeichnet die Teilung darauf. Das Muttergewinde für die Meßschraube wurde mit Vor- und Mittelschneider S. J. 6 mm, 1 mm Ganghöhe, in den angeschraubten Messingwinkel *W* geschnitten, der auch den Index *Z* hielt. Die Streifen *St* aus federndem Messingblech von 0,5 mm Stärke gewährleisten eine sichere Führung des Schlittens *B*. Von der Anbringung einer Feder, die den Schlitten selbsttätig gegen die Mikrometerschraube zurückdrückt, wurde Abstand genommen und der Schlitten nach jeder Messung zurückgeschoben. Die Mikrometerschraube stößt gegen den Ansatz *D*.

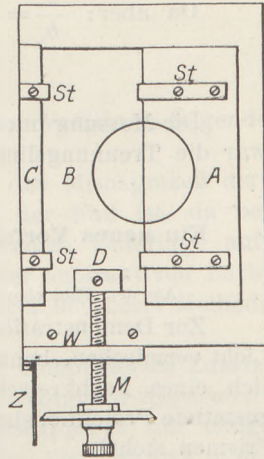


Fig. 1.

Der fertige Heliometeransatz läßt sich auf ein Messingrohr von 40 cm Länge, 43 mm äußerem Durchmesser und 1 mm Wandstärke stecken; am anderen Ende dieses Rohres ist in einer Holzbuchse ein Messingrohr mit 25 mm äußerem Durchmesser, 0,45 mm Wandstärke, von 27 cm Länge als Okularzug verschiebbar, in welchem die Okularhülse von 5 cm Länge, 24 mm äußerem Durchmesser, 0,45 mm Wandstärke steckt (Fig. 2). Sie enthält zwei plankonvexe Linsen von 10,4 cm Brennweite, die mittels durchbohrter Korke nach Art des Ramsden-Okulars in einem gegenseitigen Abstand von 3 cm darin befestigt sind. Das Okular hat also etwa 6 cm Brennweite und gibt mit dem Objektiv von 49,3 cm Brennweite etwa achtfache Vergrößerung. Bei dieser schwachen Vergrößerung erhält man trotz des nicht achromatischen Objektivs noch ganz zufriedenstellende Bilder. In der Nullstellung weichen die Bilder der beiden Objektivhälften ganz wenig in Richtung senkrecht zum Schritt voneinander ab, weil die Halblinsen etwas weiter auseinandergesetzt sind, als der Materialverlust beträgt; der kleine Fehler erwies sich als vorteilhaft bei Entfernungsmessungen.

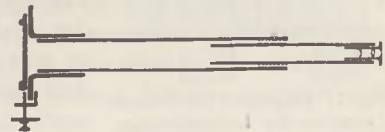


Fig. 2.

Die zur Arbeit erforderlichen Gewindeschneider und -bohrer waren bezogen von Eisenführ, Berlin, Kommandantenstraße, das Messing von M. Cochius, Berlin, Alexandrinenstraße.

Es seien zwei mit dem Instrument vorgenommene Messungen mitgeteilt. Am 9. Januar 1925 wurde die Sonne beobachtet, dabei war auf dem Okulardeckel ein Dunkelglas, bezogen von Steinheil, München, befestigt. Es waren 4,67 mm Verschiebung des Schlittens erforderlich, um die beiden Sonnenbilder aus der Nulllage bis zur Berührung zu bringen.

$$\text{Es ist also: } \alpha = \frac{180 \cdot 4,67}{\pi \cdot 493} = 0,543^\circ.$$

Für eine Entfernungsmessung wurden auf ein Brett drei gut sichtbare Striche in je 50 cm Abstand voneinander gezogen und dieses Brett aus größerer Entfernung beobachtet. Es waren 4,10 mm Verschiebung nötig, bis die Bilder von zwei benach-

barten Strichen zur Deckung kamen. Ist der Bildabstand vom Objektiv b , die Entfernung x , so gilt: $\frac{4,10}{b} = \frac{500}{x}$.

$$\text{Da aber: } \frac{1}{b} = \frac{1}{493} - \frac{1}{x}, \text{ so folgt aus: } 4,10 \left(\frac{1}{493} - \frac{1}{x} \right) = \frac{500}{x}$$

$$x = \frac{504,1 \cdot 493}{4,1} = 61 \text{ m.}$$

Die Messung mit dem Bandmaß ergab auch wirklich 61 m. Bei beiden Messungen war die Trennungslinie des Objektivs horizontal gerichtet.

Ein neues Verfahren zur Demonstration der Mischung von Lichtarten.

Von O. Becker und J. Eggert.

(Aus dem Photochemischen Laboratorium der Actien-Gesellschaft für Anilin-Fabrikation, Berlin.)

Zur Demonstration der Tatsache, daß komplementäre Lichtarten sich zu weißem Licht vermischen, benutzt man in der Regel zwei Anordnungen: Entweder man bedient sich eines Farbkreisels oder man verwendet eine mit geeigneten Lichtfiltern ausgestattete Projektionslampe, vor der ein System von Spiegeln oder total reflektierenden Prismen steht¹⁾.

Die nachfolgenden Zeilen beschreiben eine neue Lösung dieser Aufgabe, die mit einfachen Mitteln arbeitet und den Vorgang der Lichtmischung in recht instruktiver Weise vorzuführen gestattet.

In die Bildbühne eines normalen Projektions-Apparates wird ein Diapositiv geschoben, das aus gleichbreiten Farbstreifen (gefärbten Gelatinefolien) besteht, etwa

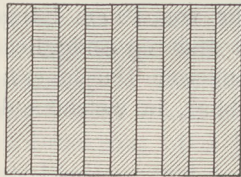


Fig. 1. Diapositiv zur Demonstration der Lichtmischung
Rot + Grün = Gelb.



Fig. 2. Profil des Riefenglases, mit dem die Lichtmischung ausgeführt wird.

in der Art, wie das in der beistehenden Figur 1 angedeutet ist. Auf der Projektionswand erscheinen dann farbige Lichtbänder entsprechend dem verwendeten Diapositiv. Zur Vermischung dieser Lichtarten setzt man nunmehr vor das Projektionsobjektiv ein wellenförmig gestaltetes Glas, sogenanntes Riefenglas, dessen Profil Figur 2 zeigt. Laufen die Streifen des Riefenglases senkrecht zu der Streifung des Diapositivs, so tritt zunächst in der Projektion nur die Veränderung ein, daß die farbigen Streifen nach oben und unten verlängert erscheinen. Sie greifen jedoch nicht ineinander über, sondern sind immer noch deutlich voneinander abgesetzt. Das Verhalten der Projektion läßt sich leicht verstehen, wenn man bedenkt, daß das Riefenglas genau so wirkt, wie ein System von Zylinderlinsen, die in der bisher angegebenen Stellung eine Verzerrung des Bildes in der Längsrichtung bewirken. — Beginnt man nun das Riefenglas um die optische Achse und senkrecht zu ihr zu drehen, so bemerkt man, daß die bunten Streifen auf der Projektionswand sich zu überschneiden anfangen. Es bilden sich rhombische Figuren, die sich auf der Projektionswand in dem Maße durcheinander drehen, wie man das Wellglas vor der Projektionslinse bewegt. Hat man die Drehung um 90° gegen den ursprünglichen Zustand ausgeführt, fällt also die Wellenrichtung des Riefenglases mit der Streifung unseres farbigen Diapositivs zusammen, so werden die Lichtarten nicht mehr streifenförmig nebeneinander, sondern teils mehr teils weniger übereinander projiziert. Es gelingt leicht, durch Versuche ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem gerade zur Verfügung stehenden Stück Riefenglas und der Breite der Streifen im Diapositiv herauszufinden, bei welchem die Übereinanderprojektion der Lichtstreifen zu einer idealen Mischung führt; das Optimum ist erreicht, wenn auf der Projektionswand ein zu den ursprünglichen Streifen senkrecht

¹⁾ Vgl. z. B. Liesegang, Physik. Zeitschr. 1909 S. 780.

verlaufendes gleichmäßiges Band erscheint, dessen Farbe gleich der Lichtmischung aus den einzelnen Komponenten ist. Man kann auf diesem Wege folgende bekannten additiven Mischvorgänge demonstrieren:

$$\begin{aligned} \text{Rot} + \text{Grün} &= \text{Gelb} \\ \text{Grün} + \text{Blau} &= \text{Grünblau} \\ \text{Blau} + \text{Rot} &= \text{Purpur} \\ \text{Rot} + \text{Grün} + \text{Blau} &= \text{Weiß.} \end{aligned}$$

Die beschriebene Methode dürfte vor den bisher verwendeten Verfahren folgende Vorzüge haben:

1. Sie verwendet tatsächlich Lichtarten und gestattet, den Mischprozeß derselben objektiv besser zu verfolgen, als es beim Farbkreis der Fall ist, da bei diesem Apparat letzten Endes immer Pigmente auf einer weißen Unterlage aufgetragen werden müssen. Das bekannte Mißverständnis mit der subtraktiven Farbmischung, wie sie auf einer Palette stattfindet, ist für den Anfänger bei dieser Methode sehr naheliegend.

2. Das neue Verfahren bedarf zu seiner Ausübung keiner komplizierten Zusatzapparate, wie Spiegel und Prismen usw., die bei den bisherigen „Lichtmisch-Apparaten“ erforderlich waren, sondern es benötigt außer dem Projektionsapparat nur einige einfach herzustellende Farbdiaspositive und eine Riefenglasscheibe, die man sich in der nötigen Größe (abhängig vom Projektionslinsen-Durchmesser) bei jedem Glaser beschaffen kann.

Versuch zur Demonstration der Brechung von Kraftlinien im elektrischen Felde.

Von Marie Belaëff.

Assistent am Physikalischen Laboratorium des Pädagogischen Görzen-Instituts zu Leningrad.

Wie jedermann weiß, werden die elektrischen Kraftlinien beim Übergang von einem Medium 1 zu einem Medium 2 in der Einfallsebene gebrochen, und zwar derart, daß die trigonometrischen Tangenten des Einfalls- und Brechungswinkels sich verhalten wie die Dielektrizitätskonstanten K_1 und K_2 der Medien.

Diese Erscheinung kann folgendermaßen demonstriert werden: Ein Kupferdraht, ungefähr 3 mm im Durchmesser, wird an einem Stück Paraffin A zwischen zwei Glasscheiben L befestigt (Fig. 1, Seitenansicht). In der oberen Scheibe befindet sich

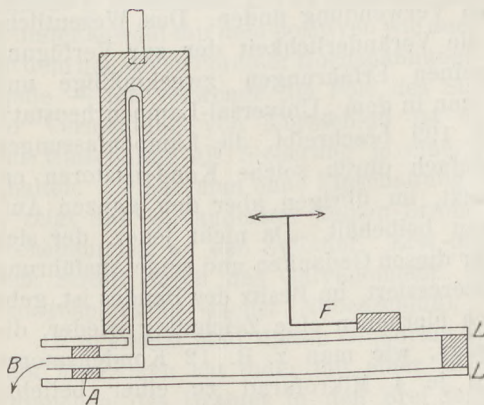


Fig. 1.

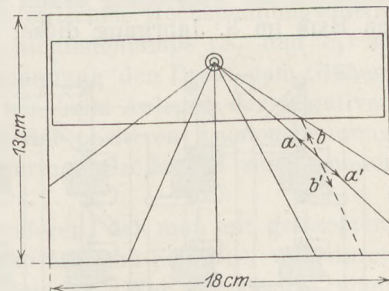


Fig. 2.

eine runde Öffnung, durch die der Draht hindurchgeht. Der über die Scheibe vorragende Teil des Drahtes ist 7 cm lang. Auf der Scheibe wird eine Reihe von Geraden gezogen, die von dem Mittelpunkt des Drahtes radial auslaufen (Fig. 2); diese Linien entsprechen der Richtung der bei der Elektrisierung des Drahtes ent-

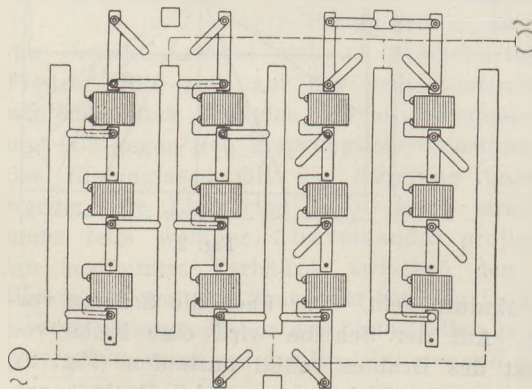
stehenden Kraftlinien; das untere Ende des Drahtes *B* wird mit dem Konduktor der Elektrisiermaschine verbunden. Drei Zentimeter vom Drahte entfernt befindet sich ein leichter Aluminiumzeiger (2,5—3 cm lang, 3 mm breit), der sich in horizontaler Ebene auf einer 3,5 cm hohen Nadel dreht; diese Nadel ist mittelst eines Kupferdrahtes *F* an einem Stück Paraffin befestigt und kann leicht auf der Glasscheibe hin- und hergeschoben werden. Weiterhin macht man ein quaderförmiges Stück Paraffin (9 cm hoch, 4 cm dick und 13 cm lang) mit einem senkrechten Kanal fertig, der dem Draht an Durchmesser und Länge entspricht. In die obere Fläche des Paraffinstückes wird ein hölzerner Griff eingeschmolzen, der das Aufsetzen erleichtert.

Beim Elektrisieren des Drahtes allein (ohne Paraffin) stellt sich der Zeiger radial zu demselben, d. h. er nimmt die Richtung einer der an der Scheibe gezogenen Linien an. Setzt man das Stück Paraffin über den Draht (siehe Fig. 1), so verändert der Zeiger seine Stellung und bildet einen Winkel mit der auf der Scheibe gezogenen Linie; er zeigt die Richtung der Kraftlinie nach der Brechung an. Das Paraffin wird vor dem Experiment an der Flamme eines Brenners leicht geschmolzen. Als Zeiger kann eine kleine Magnetnadel dienen, die vorher unmagnetisch gemacht worden ist. Fig. 2 stellt uns die Ansicht des Apparates in horizontaler Projektion dar. *aa'* ist die Stellung des Zeigers ohne den Paraffinblock, *bb'* ist die Stellung nach Aufsetzen des Paraffinblockes.

Kondensatorbatterien.

Von E. Hensel in Villingen.

Das gesteigerte Interesse der Schule am Wechselstrom, die Notwendigkeit, die Eigenschaften desselben durch das Experiment den Schülern möglichst klar zu machen, haben besondere Experimentiermittel notwendig gemacht, die vor wenigen Jahren noch in den Schulsammlungen so gut wie unbekannt waren. Zu diesen gehören auch die variablen Selbstinduktionen und Kapazitäten. Die letzteren, von denen hier die Rede sein soll, kommen in sehr verschiedenen Ausführungen auf den Markt, je nach dem Verwendungszweck. Ich möchte auf eine Form hinweisen, die sich der bekannten, vielfach verwendeten Telephonkondensatoren bedient, oder auch der „Minos-Block-Verdichter“ der Jenaer Glaswerke. Es können aber auch, je nach Bedarf, irgendwelche andere Blockkondensatoren Verwendung finden. Das Wesentliche der Zusammenstellung dieser Elemente ist die Veränderlichkeit der zur Verfügung stehenden Gesamtkapazität. Eine nach meinen Erfahrungen zweckmäßige und übersichtliche Anordnung erhält man, wenn man in dem „Universal-Lampenrheostat“, den HEIM im 8. Jahrgang dieser Zeitschrift S. 199 beschreibt, die Lampenfassungen



einfach durch solche Kondensatoren ersetzt, im übrigen aber den ganzen Aufbau beibehält. Da nicht jeder, der sich für diesen Gedanken und seine Ausführung interessiert, im Besitz des Bandes ist, gebe ich hierneben eine Zeichnung wieder, die zeigt, wie man z. B. 12 Kondensatoren zu je 4 Mikrofarad zu einer beliebig schaltbaren „Batterie“ zusammenstellen kann. Bei Parallelschaltung hat man dann die Summe der Einzelkapazitäten, also $12 \times 4 = 48$ Mikrofarad, bei Hintereinanderschaltung den 12. Teil einer Einzelkapazität also $\frac{1}{3}$ Mikrofarad. Aber auch sehr,

viele Zwischenwerte sind möglich, entsprechend den Schaltungsmöglichkeiten des Apparats. In der Zeichnung ist angenommen, daß die ersten sechs Kondensatoren parallel, die anderen hintereinander geschaltet, beide Gruppen selbst hintereinander geschaltet sind. Die erste Gruppe hat dann die Kapazität $c_1 = 24$, die zweite $c_2 = \frac{4}{6}$.

Die Gesamtkapazität ist folglich, da $\frac{1}{c} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} = \frac{1}{24} + \frac{6}{4} = \frac{37}{24}$, $c = \frac{24}{37}$ Mikrofarad.

Auf die Einzelheiten der Ausführung, die nicht allzuviel Kosten verursacht, kann ich hier allerdings nicht eingehen, sondern muß auf die angeführte Veröffentlichung verweisen.

Zwei Versuche zur Demonstration des Glühkathodenstromes.

Von Studienrat Dr. Alfred Wenzel in Brandenburg (Havel).

Will man das Austreten von Elektronen aus einem glühenden Draht und die dadurch hervorgerufene Ionisierung der Umgebung experimentell nachweisen, so kann man sich auf die Elektronenversuche mit Flammen, wie sie in dieser Zeitschrift 32, 137; 1919 von K. BRUNO beschrieben sind, beschränken und dann gleich zur Glühkathodenröhre selbst greifen. Die hier klaffende experimentelle Lücke wird von dem von F. KEUTEL (*ds. Zeitschr.* 35, 124; 1922) angegebenen Versuch mit einer Glühlampe mit Hilfselektrode nicht völlig geschlossen, abgesehen davon, daß nicht jeder im Besitze einer Glühlampe mit eingeschmolzener Hilfselektrode ist. Auch der Versuch von H. GREINACHER (vgl. *ds. Zeitschr.* 37, 193; 1923), mit der gewöhnlichen Glühlampe vermag nur das Austreten von Elektronen aus dem Glühdraht in hohem Vakuum (Edison effekt) zu zeigen. Die Tatsache, daß jeden glühenden Draht auch bei Atmosphärendruck Elektronen verlassen, veranschaulicht man mit Vorteil durch folgende sehr einfache Versuchsanordnung.

Ein elektrisch heizbarer gerader Draht K (Fig. 1) aus einem Metall mit möglichst hohem Schmelzpunkt — ich verwende einen Platindraht — ist von einem Metallzylinder Z von etwa 2 cm Durchmesser fast in seiner ganzen Länge axial umgeben. Der Zylinder ist über ein hochempfindliches Drehspulgalvanometer G (10^{-7} Amp.) mit einem Umschalter U verbunden, der es gestattet, den Zylinder sowohl mit dem positiven wie auch mit dem negativen Pol einer Hochspannungsquelle — ich verwende die Pole des Starkstromnetzes ± 220 Volt — zu verbinden. Zur Vermeidung von Kurzschluß ist es vorteilhaft, zwischen Hochspannungsquelle und Umschalter als Sicherung je eine 16kerzige Kohlenfadenlampe (S_1 und S_2) zu schalten. Bringt man ohne Einschaltung der Anodenspannung den Draht zum Glühen, so zeigt das Galvanometer keinen Strom an, ebenso wie beim Anlegen der negativen Hochspannung an den Zylinder. Erst mit Einschalten der positiven Anodenspannung fließt Strom durch das Galvanometer, dessen sehr geringe Größe mit zunehmender Anodenspannung wächst (Nebenschluß).

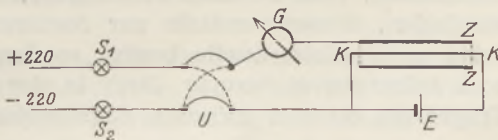


Fig. 1.

Nun ersetzt man diesen Glühdraht durch einen anderen, den man mit gelöschtem Kalk überzogen hat (oder mit einer Mischung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ und $\text{Sr}(\text{OH})_2$), was durch Eintauchen des Drahtes in den Brei leicht zu erreichen ist. Wer im Besitze einer Nernstlampe ist, verwendet mit großem Vorteil diese nach Abheben der eventuell vorhandenen Schutzkappe. Beim Glühen des Drahtes mit der Oxydkruste oder des Nernstfadens ergibt sich ohne oder mit negativer Anodenspannung dasselbe wie oben. Legt man dagegen die positive Anodenspannung an, so zeigt das Galvanometer bei gleicher Anodenspannung einen viel stärkeren Strom an, als bei dem glühenden Draht ohne Oxydhaut. Ein Vergleich des Glühgrades des Fadens oder Drahtes, den man

mit dem Nebenschluß der Schalttafel variieren kann, führt zu dem Schluß, daß der Oxydfaden, besonders der der Nernstlampe schon bei niedrigeren Temperaturen Elektronen aussendet als der blanke Metalldraht.

Hat man diese Versuche gezeigt, kann man noch an der Hand nachstehender Tabelle (nach C. RIEPKA, Die Röhre und ihre Anwendungen, Berlin 1925, S. 10) die Abhängigkeit der Elektronenemission für die gebräuchlichsten Glühkathodenfadenmaterialien, Wolfram- und Oxydfaden (Oxyde der Erdalkalimetalle auf einem dünnen Wolframdraht) von der Temperatur besprechen.

Elektronenemission von Wolfram- und Oxydfaden beim Glühen.

Wolframfaden		Oxydfaden	
Absolute Temperatur	Sättigungsstrom in Milliamp. für 1 cm ²	Absolute Temperatur	Sättigungsstrom in Milliamp. für 1 cm ²
2000	4,2	900	0,06
2100	15,1	1000	0,79
2200	48,3	1100	6,56
2300	137,7	1200	37,6
2400	364,8	1300	163,3
2500	891	1400	588
2600	2044		
2800	Schmelztemperatur		

An dieser Stelle liegt eine kleine Abschweifung zu dem Kathodophon sehr nahe. Die Wirksamkeit dieser modernsten und wohl auch vollkommensten Art des Mikrophons beruht bekanntlich darauf, daß die in einem Trichter aufgefangenen akustischen Luftschwingungen den zwischen Trichter (= Anode) und Glühfaden fließenden Strom beeinflussen. Diese Stromschwankungen, die im Rhythmus der akustischen Schwingungen stattfinden, dienen verstärkt zur Steuerung des Senders. Daß dieses Kathodophon keine untere Reizschwelle besitzt, sondern auch die allerschwächsten Schwingungen noch aufzunehmen vermag, liegt in der Feinheit der Moleküle begründet, die als Träger des Stromes zwischen Schalltrichteranode und Glühkathode anzusehen sind.

Für die Praxis.

Ein einfacher Versuch zum sog. Magnuseffekt. Von Dr. August Mader in Brünn. Zu den in dieser Zeitschrift auf Seite 35 des ersten Heftes unter dem gleichen Titel erschienenen Mitteilungen möchte ich eine einfache Versuchsanordnung angeben, die den Effekt ohne Verwendung eines besonderen Apparates zur Erzeugung des Luftstromes zeigen läßt.

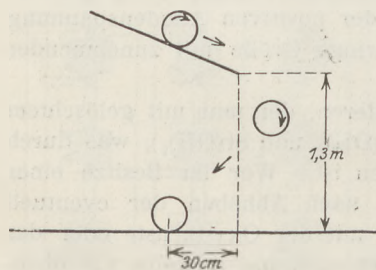


Fig. 1.

Man stellt sich dazu einen möglichst leichten Hohlzylinder aus Papier her, der zur Vergrößerung des Trägheitsmomentes sowie zur Versteifung an seinen beiden Rändern mit je einem stärkeren Kartonring versehen ist. Läßt man diesen Zylinder von einer schräg gehaltenen ebenen Fläche (z. B. einem Buch) herabrollen, so fällt er nicht in einer parabolischen Bahn herunter, sondern wird infolge des Magnuseffektes sogar nach rückwärts getrieben (Fig. 1).

Der von mir benützte Zylinder hat eine Länge von 22 cm, einen Durchmesser von 4 cm und wiegt nahezu 3 g. Wird die Rollebene in Brusthöhe gehalten, dann kommt nach meinen Versuchen dieser Zylinder bis zu 30 cm hinter der unteren Kante der Rollebene auf dem Fußboden an. Das Maximum des Effektes tritt bei einem bestimmten Neigungswinkel der Ebene auf, der leicht durch einige Versuche bestimmt werden kann.

Obige Versuchsanordnung scheint mir auch viel einfacher und sicherer zu sein, als die in demselben Heft auf Seite 43 angedeutete, nach der man einen Papierzylinder längs eines um seinen Umfang gewickelten Fadens abrollen läßt. Um die auf Seite 36 angegebene günstigste Drehungsgeschwindigkeit zu erreichen, wäre es in diesem Falle angezeigt, den Faden nicht auf dem Zylinder selbst aufzuwickeln, sondern auf einem in der Achse des Zylinders angebrachten Papierröhrchen, dessen Durchmesser $\frac{1}{10}$ von dem des Zylinders ist (Fig. 2).

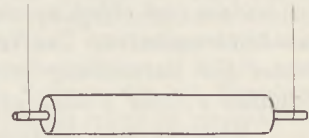
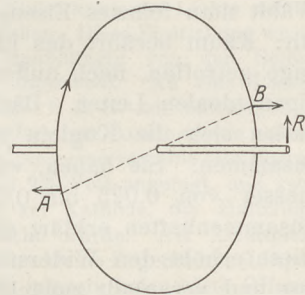


Fig. 2.

Ein einfacher Versuch zum Kreisel. Von E. Magin in Hamburg. Man setzt auf die Achse eines schnell umlaufenden Motors eine Scheibe aus mäßig dickem Zeichenpapier. Läßt man den Motor laufen und gibt dann seiner Achse eine Drehung in der Richtung R , so treten in der bekannten Weise an den Punkten A und B Kräfte auf, welche, wenn die Scheibe wie hier biegsam ist, eine Deformation hervorrufen, indem das Papier bei A sich nach links, bei B nach rechts biegt. Diese Deformation läuft langsam um den Rand der Papierscheibe herum. Durch den richtigen Takt in den Schwankungen der Kreiselachse kann man diese auf der Scheibe umlaufende Deformation dauernd erhalten.



Neue elektrische Versuche mit Bärlappsamen. Von Martin Gebhardt in Dresden. Die Benutzung des Bärlappsamens (semen lycopodii) zur Erzeugung der Lichtenbergschen Figuren ist alt und allgemein bekannt. Das staubartig fein verteilte Pulver mit seiner großen Beweglichkeit und geringen Masse zeichnet bei Entladungen auf isolierenden Platten mit zarten Linien die Bahnen der überfließenden Elektrizität auf, wobei positive und negative Elektrizität deutlich voneinander unterschieden werden.

Man kann nun mit Bärlappsamen weiterhin die folgenden, ebenso einfachen wie lehrreichen Versuche aus der Elektrostatik anstellen. Lädt man eine Leydener Flasche gut auf und streut man auf ihre Kugel aus einer an der Spitze durchlocherten Papierdüte aus etwa 10 cm Entfernung reichlich Bärlappsamen auf, so setzen sich die gelben Stäubchen sofort wie dichter Rauhreif an. Dabei beobachtet man folgendes: Die feinen nadelartigen Gebilde zeigen schön radiale Struktur, sind oben am dichtesten und üppigsten, während sie unterhalb des Knopfes immer spärlicher werden. Deutlich markieren sie die Richtung der Kraftlinien. Nun kommt aber die hübscheste Erscheinung. Von den Spitzen der Nadeln aus werden unausgesetzt Samenstäubchen mit ziemlicher Anfangsgeschwindigkeit abgestoßen und radial weit fortgeschleudert, 12, 15 cm und mehr. Dieses nach allen Seiten erfolgende Bombardement kann intensiver gestaltet werden, wenn man ein wenig an die Flasche klopft. Es dauert eine ganze Weile an und verliert sich ganz allmählich, wobei sich die Flasche in gleichem Tempo entlädt.

Läßt man mittels des Entladers gleich nach dem Aufstreuen des Bärlappsamens einen kräftigen Funken überspringen, so entzündet sich der Samen und läßt eine helle geräuschlose, irrlichtähnliche Flamme aufschießen, die momentan wieder erlischt.

Man lade nun zwei gleiche Leydener Flaschen (ich wählte solche von etwa 1200 cm Kapazität) kräftig auf, stelle sie nahe aneinander und bestreue ihre Kugeln wie oben. Dann beginnt das gleiche Spiel und man wird bemerken, daß die Bahnen der losgeschleuderten Teilchen jetzt nicht mehr radial weiterfliegen, sondern sich zu Kraftlinienketten aneinanderreihen. Je nachdem man die Flaschen mit gleichartiger oder entgegengesetzter Elektrizität geladen hat, erhält man in bekannter Weise spitz nach oben und unten ausweichende oder in sanftem Bogen beide Kugeln überbrückende Kraftlinienscharen. Der Versuch ist auch insofern lehrreich, als er räumliche Kraftfelder zur Darstellung bringt, während man meist zufrieden ist, wenn man ebene Schnitte solcher Felder erzielen kann.

Bestreut man hinreichend weit entfernte Platten eines Schlittenkondensators (mit Luft als Dielektrikum), während sie an die in Tätigkeit gesetzte Influenzmaschine angeschlossen sind, reichlich mit Bärlappsamen, so kann man wieder schön die Struktur des Kraftfeldes beobachten; insbesondere verlaufen die Bahnen der Stäubchen am Rande bogenförmig nach außen.

Bei der Erklärung der Erscheinungen findet man zunächst Schwierigkeiten. Warum werden die aufgestreuten Partikelchen nicht augenblicklich zurückgeschleudert? Wählt man feinstes Eisenpulver (nicht Feilspäne) zum Aufstreuen, so tritt dies sofort ein: Kaum berührt das Eisenmehl die Kugeln, so strebt es, wie von scharfem Luftzuge getroffen, nach außen und ist momentan zerstäubt. Hierbei handelt es sich um einen idealen Leiter. Bärlappsamen aber, gut getrocknet, ist ein Halbleiter. Auch ballen sich die Küglein mit ihrer fein gerauhten Oberfläche zunächst zu Klumpen zusammen. Sie haben, wie die Messung unter dem Mikroskop ergab, einen Durchmesser von 0,025 bis 0,03 mm und ein sehr geringes spezifisches Gewicht. Ihr Zusammenhaften erklärt sich also wohl durch eine Art loser mechanischer Koppelung. Diese erhöht den Widerstand. Der elektrische Zustand dringt erst allmählich weiter vor und veranlaßt zunächst nur die äußersten, einseitig freien Stäubchen, dem Gesetz der Abstoßung gleichartig elektrischer Körper zu folgen. Dabei kommt es vor, daß noch immer dichtere Gruppen zusammenbleiben. Der Versuch gelingt nicht mehr oder nur schlecht, wenn man das auf den Tisch verschüttete und mit Staub und anderen Beimischungen verunreinigte Bärlappmehl zusammenkratzt und von neuem verwendet.

Sicher lassen sich die Versuche erweitern. Sie versprechen noch manche anschaulichen Einblicke in elektrostatische Kraftfelder, lassen auch Vergleiche mit Vorgängen wie Verdunstung, Atomzerfall usw. zu.

Abscheidung des Kohlenstoffes aus dem Kohlendioxyd der Bunsenflamme mittels Magnesium (für Schülerübungen geeignet). Von S. Genelin in Krems a. D. (Realschule). Aus einem halbkugelförmigen langstieligen Eisenlöffelchen von der Art, wie man sie für die Verbrennungsversuche im Sauerstoff vorrätig hält, macht man sich durch Einschlagen zahlreicher Löcher ein Sieb. Dieses füllt man bis zum Rande mit Magnesiumpulver, was trotz der vielen Löcher leicht gelingt; die unten durchgehenden Anteile muß man natürlich in einer untergestellten Schale auffangen. Das so beschickte Löffelchen hält man in den obersten Teil der blau brennenden Bunsenflamme. Nach ca. fünf Minuten nimmt man das Löffelchen aus der Flamme und löscht die glühende Masse mit einigen Tropfen Wasser ab. Nun gibt man den teigigen grau-schwarzen Inhalt in ein Porzellanschälchen und fügt etwas Wasser und Salzsäure hinzu; der Kohlenstoff scheidet sich dann in tief schwarzen Flocken ab. Schließlich verdünnt man mit Wasser, filtriert und wäscht am Filter mit Wasser aus.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein scheinbar widersinniger Fliehkraftversuch. Von M. v. SCHWARZ (*Physikal. Zeitschr.* 26, 211, 1925). In ein Zylinderglas von etwa 10 cm Durchmesser und rund 20 cm Höhe bringt man etwa $\frac{1}{4}$ kg Schweröl (von der Destillation des Steinkohlenteers) von spezifischen Gewicht etwas über 1,0 und schichtet etwa 8–10 cm Wasser vorsichtig darüber. Rührt man nun mit einem Stabe, zuerst langsam, dann immer rascher in einer Richtung um, so steigt das Wasser in bekannter Weise am Rande hoch, das Öl dagegen erscheint in der Mitte erhöht, wie Fig. 1 veranschaulicht. Wenn man die Dichte und die

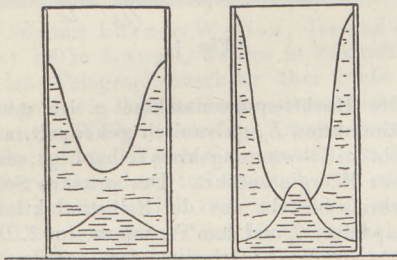


Fig. 1.

Fig. 2.

Viskosität des Öls richtig trifft, kann das Öl sogar in der Mitte kuppenförmig (wie in Fig. 2) über die Wasseroberfläche herausragen.

Der scheinbare Widerspruch gegen das Fliehkraftgesetz dürfte nach Ansicht des Verfassers auf die größere Reibung des Öls an der Glaswand und insbesondere am Boden des Gefäßes zurückzuführen sein, wodurch seine Umlaufgeschwindigkeit gegenüber dem Wasser wesentlich verzögert wird. Wäre die Umlaufgeschwindigkeit des Öls = 0, so würde die Trennungsfäche Wasser–Öl wie eine Membran anzusehen sein, die sich unter der Einwirkung des im Querschnitt ungleichmäßig verteilten Druckes deformiert. Auf der Drehscheibe des Zentrifugalapparates gelingt dieser Versuch nicht, denn dort wird das Öl rascher mitgenommen als das Wasser und steigt am Rande in die Höhe, wie es dem Fliehkraftgesetz entspricht.

Wie der Verf. bemerkt, dürfte das Schweröl noch bei manchen anderen hydrostatischen Versuchen geeignet sein, innere Beziehungen in bewegten Flüssigkeiten anschaulich zu machen.

P.

Demonstration des Photoeffekts mit der Glimmlampe. Von A. LAMBERTZ (*Physikal. Zeitschrift* 36, 254, 1925). Ähnlich wie L. BERGMANN (*ds. Zeitschr.* 35, 165, 1922) die Glimmlampe zum Nachweis der ionisierenden Wirkung von Röntgenstrahlen benutzte, suchte der Verfasser die selbstinduzierte elektromotorische Kraft in einer Spule mittels der Glimmlampe zu zeigen.

An eine große Spule mit Eisenkern war eine Spannung von 60 Volt angelegt und parallel zur Spule die Glimmlampe geschaltet. Dann kommt bei Verwendung einer geeigneten Spule im Moment der Stromunterbrechung die Lampe durch das Hinzutreten der selbstinduzierten E.M.K. zum Aufleuchten. Der Versuch, der bei Tageslicht vorbereitet war, versagte jedoch im verdunkelten Hörsaal. Bei Zulassung von Tageslicht erwies sich die Versuchsanordnung als völlig in Ordnung und auch die Lampe leuchtete auf, versagte aber wiederum auf Verdunkelung; das Aufleuchten konnte jetzt nur erreicht werden, nachdem durch Zuschalten von Spulen die Selbstinduktion noch vergrößert worden war. Die Ursache der gesteigerten Wirkung im erhellten Hörsaal war offenbar in einer Einwirkung des Lichts auf die Glimmlampe zu suchen. Diese Einwirkung wurde nunmehr völlig unabhängig von den Selbstinduktionsspulen untersucht. An eine Lampe der Firma J. Pintsch A. G. mit halbkugelförmiger Kathode und drahtförmiger Anode wurde mittels Potentiometerschaltung eine variable Gleichspannung von maximal 220 Volt angelegt, und zwar indem der Draht zur Kathode, die Halbkugel zur Anode gemacht wurde. Als Lichtquelle diente die durch eine kleine Bogenlampe (Liliput-Lampe von Zeiß) intensiv beleuchtete Öffnung einer Irisblende, die mittels einer Linse scharf auf die drahtförmige Kathode der Glimmlampe projiziert wurde. Die Spannung war im Dunkeln so reguliert, daß sie eben unterhalb der Zündspannung lag. Beim Einschalten der Bogenlampe und erneutem Anlegen der Spannung trat nunmehr die Zündung ein. Daß speziell die Kathode vom Lichte getroffen werden mußte, war ein Beweis dafür, daß es sich nicht um eine Ionisierung des Gasinhalts der Lampe handelte, sondern um eine Emission von Photoelektronen aus der Metalloberfläche der Kathode.

Bemerkt sei noch, daß der zur Potentiometerschaltung zu benutzende Schieberrheostat zweckmäßig einen Gesamtwiderstand von etwa 900 Ohm hat, falls an seinem Ende eine Spannung von 220 Volt liegt. Bringt man farbige Gläser als Filter vor die Irisblende, so zeigt sich, daß die violetten und blauen Strahlen eine zur Zündung hinreichende Menge von Elektronen auslösen, während die gelben und roten Strahlen dies nicht tun.

Auffallend ist, daß die Zündung nur erfolgte, wenn zunächst die Bogenlampe eingeschaltet und dann erst die Spannung an die Glimmlampe gelegt wurde. Die dazwischen liegende Zeit konnte sehr kurz sein, eine Mindestdauer war nicht feststellbar. Kehrt man jedoch die Reihenfolge des Vorgehens um, so trat eine Zündung niemals ein. Auf eine Erklärung hierfür wird noch nicht eingegangen.

P.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Zur Wellentelegraphie und -telephonie.
Orig.-Ber. von Dr. ALFRED WENZEL.

Zur Erzeugung ungedämpfter elektrischer Wellen, wie sie zur Telegraphie und Telephonie benutzt werden, bedient man sich heute dreier Mittel: des Poulsen-Lichtbogens, der Hochfrequenzmaschine und der Glühkathodenröhren. Alle drei Arten gestatten Antennenströme hoher Wattzahl bei großer Wellenlänge zu erzielen. Um aber Wellen schwacher Energie von kleiner Wellenlänge zu erzeugen, wie sie für Rundfunkzwecke benötigt werden, war man bis zum vorigen Jahre auf den Röhrensender angewiesen, dessen prinzipielle Schaltungen in dieser Zeitschrift schon früher angegeben worden sind. Erst im vorigen Jahre ist es K. SCHMIDT (von der Firma C. Lorenz, A.-G. Berlin) gelungen, die beiden Aufgaben, an deren unvollkommenen Lösung bis dahin die Verwendung der Hochfrequenzmaschine für Telephoniezwecke auf kleineren Wellen gescheitert war, mit Erfolg zu lösen (1). Einmal muß die Maschine kleine Wellen erzeugen, dann aber, und das ist wohl noch schwieriger, muß die Drehzahl der Maschine zur Erhaltung einer konstanten Wellenlänge möglichst konstant gehalten werden. Wollte man kurze Wellen (z. B. 300 m) direkt aus der Maschine entnehmen, so würde man zu abnorm hohen Umfangsgeschwindigkeiten am Rotor kommen, die die Stabilität der Maschine gefährden. Aus diesem Grunde geht man praktisch nicht gern über 3000 Umdrehungen in der Minute hinaus, d. h. nicht über 10000 Perioden in der Sekunde, was einer Welle von 30 km Länge entspricht. Die Frequenzvermehrung für hohe Leistungen ist bekanntlich leicht durchführbar. Will man aber eine etwa 100fache Frequenz der Maschine erzielen, wie sie z. B. zur 300 m-Welle erforderlich ist, so werden die bekannten Frequenzwandler zu unwirtschaftlich. Um die Maschinenfrequenz noch einigermaßen wirtschaftlich auf so hohe Frequenzen zu vervielfältigen, muß die Kurvenform des Grundfrequenzstromes der Maschine durch den Hochfrequenztransformator derartig verzerrt werden, daß nur kurz andauernde Spannungsstöße induziert werden, die einen parallel zur Wicklung des Transformators gelegten Schwingungskreis, der auf die gewünschte Welle abgestimmt ist, anstoßen, so daß er bis zur nächsten Aufladung weiterschwingt. Um die Primärstromkurve entsprechend zu verzerrern, muß der Primärstromkreis so abgestimmt werden, daß der Transformator im magnetischen Kippmoment arbeitet. Theoretisch hat man es dann im sekundären Schwingungskreis mit einem gedämpften Sender zu tun. Denn letzterer schwingt solange, bis ein neuer Anstoß in der richtigen Phase erfolgt. Jeder Anstoß liegt aber nur dann in der richtigen Phase, wenn die Sekundärfrequenz ein harmonisches Vielfaches der Maschinenfrequenz ist. In der Praxis ist die Dämpfung der Wellen zwischen zwei Anstößen sehr gering. Während beim tönenden Sender von der Periode 500 in der

Sekunde 500 Stöße den Schwingungskreis erregen, geschieht dies bei der Hochfrequenzmaschine von der Periode 10000 in jeder Sekunde 20 mal so oft wie beim tönenden Sender. Demnach kann zwischen zwei Erregerstößen die Schwingungsdämpfung nur sehr gering sein, so daß die Amplitude der Wellen nur wenig schwankt. Die hierbei verwendete Schaltung zur Frequenzvervielfältigung ist in Fig. 1 wiedergegeben (nach K. SCHMIDT, *Elektrotechn. Zeitschr.* 1924. Sonderheft, Fig. 3).

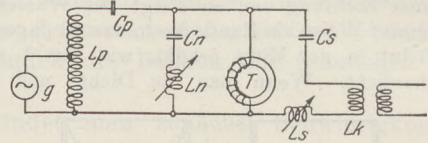


Fig. 1.

Die Hochfrequenzmaschine g ist mit der Selbstinduktion L_p galvanisch gekoppelt, so daß sie nicht im Schwingungskreis selbst liegt, sondern ihm nur Energie zuführt. Der primäre Schwingungskreis besteht aus der Selbstinduktion L_p , der Kapazität C_p und dem Transformator T . Dieser Kreis wird so abgestimmt, daß gerade Kippresonanz auftritt, wodurch eine starke Kurvenverzerrung des Stromes hervorgerufen wird und die gewünschten spitzen Spannungskurvenformen erzeugt werden. Parallel zum Transformator T liegt ein auf ein Vielfaches der Grundfrequenz abgestimmter Nebenkreis, der aus der Selbstinduktion L_p und der Kapazität C_p besteht. Dieser Kreis wird nicht genau auf Resonanz einer Vielfachen eingestellt, sondern der beste Effekt wird erzielt, wenn man so abstimmt, daß erst bei einer kleinen Variation der Selbstinduktion volle Resonanz eintritt. Parallel zum Transformator liegt ferner der auf die gewünschte Welle abgestimmte Kreis, der aus Kapazität C_s , Koppelungselbstinduktion L_k , womit die Antenne bzw. noch ein Zwischenkreis gekoppelt wird, und der variablen Selbstinduktion L_s besteht. Der Wirkungsgrad dieser Frequenzvervielfältigung hängt von der Konstruktion des Transformators T ab. In T muß der Magnetisierungskreis ein Minimum sein, was dadurch erreicht wird, daß ringförmige Eisenkerne von kleinstem Durchmesser verwendet werden, d. h. Ringe von Eisen-Emailledrähten von 0,05 mm Durchmesser oder Eisennickelblech von 0,006 mm Stärke.

Zur Konstanthaltung der Drehzahl der Hochfrequenzmaschinen dient eine Blattfeder, die auf einer Scheibe oder dem Läufer der Maschine selbst angebracht ist. Die Feder besitzt einen Kontakt, der ebenfalls auf dem Läufer auf einen Gegenkontakt derart arbeitet, daß sich bei jeder Umdrehung der Kontakt einmal schließt, wobei die Schließungsdauer mit der Drehzahl des Antriebsmotors wächst. Zwischen beiden Kontakten liegen Organe zur Regulierung der Drehzahl des Motors, z. B. beim Gleichstromnebenschlußmotor

der Feldwiderstand, der im Moment des Kontaktes kurzgeschlossen wird. Die Feder wird durch die Zentrifugalkraft nach außen geschleudert. Nun ist die Feder so bemessen, daß nur beim Zusammenfallen der Zentrifugalkraft und der Schwerkraft bei jeder Umdrehung einmal der Kontakt geschlossen wird. Dies dauert natürlich um so länger, je größer die Zentrifugalkraft, d. h. die Drehzahl des Motors ist. Durch die Dauer des Kontaktes wird die Drehzahl des Motors geregelt. Durch Verstellen des Abstandes zwischen Feder und Kontakt läßt sich die gewünschte Drehzahl und damit die Periode der Grundschwingung und folglich auch die Wellenlänge der Antennenschwingung einstellen. Mit dieser Regulierung läßt sich die Drehzahl bis auf $\frac{1}{1000}$ Prozent konstant halten, wobei die Periodenschwankungen die zulässige Höchstgrenze von 10 Perioden pro Sekunde nicht überschreiten.

Die ganz kurzen Wellen, das sind solche unter 100 m Länge, werden in Zukunft auch für den Telegraphenverkehr über große Entfernungen, wie ihn die Großstationen bisher nur mit langen Wellen (über 3 km Länge) besorgten, von Bedeutung. Wie A. Esau auf der 88. Naturforscherversammlung in Innsbruck 1924 mitteilte (2), hat Nauen seit Juli 1924 eine Welle von nur 70 m Länge nachts in den Handelsverkehr mit Buenos Aires eingestellt. Andere Stationen sind ihr seitdem gefolgt und damit hat auch die kurze Welle ihren Einzug in die Großstationen gehalten. Während die langen Wellen mehrere hundert Kilowatt Energie haben müssen, um große Entfernungen zu überbrücken, benötigen die kurzen Wellen nur einen geringen Bruchteil davon zur betriebssicheren Lösung der gleichen Aufgabe. Hinzu kommt noch, daß atmosphärische Störungen bei den kurzen Wellen von geringfügigerer Bedeutung sind als bei den langen, wodurch sie viel besser für den Schnellbetrieb zu verwenden sind, der auf langen Wellen stets unter den atmosphärischen Störungen zu leiden hat. Zur Ausschaltung von Störungen kommen sowohl auf der Sender- wie auf der Empfängerseite noch Besonderheiten hinzu. Bei der Kürze der Wellen ist es nämlich möglich, die Antenne in ein Viertel ihrer Eigenwelle zu erregen. Dann ist die Stärke J der Ausstrahlung in einer zur Oberfläche senkrechten Ebene gegeben durch

$$J = a \cdot \cos \varphi,$$

worin φ von der Horizontalen ab gerechnet wird. Hieraus ergibt sich, daß die Hauptausstrahlung einer so erregten Antenne in der Horizontalen erfolgt, während eine Antenne, die in der Eigenwelle schwingt, was bei längeren Wellen stets zutrifft, ihr Strahlungsmaximum bei einem Elevationswinkel von etwa 30° hat. Durch die vornehmlich horizontale Ausstrahlung der kurzen Wellen läßt sich Richtwirkung sowohl durch Kombination von Antennen als auch durch Spiegelung zur Anwendung bringen, wobei als Spiegel mehrere vertikale Einzelantennen, die auf die Senderwelle abgestimmt sind, in Hohlspiegelanordnung nach Art der HERTZschen Spiegel

dienen. Auf der Empfangsseite kann die Richtwirkung hervorgerufen werden durch Verwendung der sog. Beverageantenne, deren horizontale Länge etwa gleich der der aufzunehmenden Welle ist und die nur wenige Meter über dem Erdboden in der Richtung auf den Sender ausgespannt zu werden braucht. Das dem Sender zugewandte Ende ist über einen Widerstand von etwa 300 bis 500 Ohm geerdet; das dem Sender abgewandte Ende ist über eine Koppelungsspule zum Empfangsapparat ebenfalls geerdet.

Interessant ist die Frage nach der Energieübertragung bei langen und kurzen Wellen. Bei den bisher im Verkehr über große Entfernungen üblichen großen Wellenlängen ist das Verhältnis zwischen der ausgestrahlten Energie und der Energie in der Antenne sehr klein. Bei einer wirksamen Antennenhöhe von 150 m, einer Welle von 20 km und einer Antennenstromstärke von 500 Ampère werden nach A. Esau 22 Kilowatt ausgestrahlt, d. h. etwa nur 5% der Leistung in der Antenne. Bei kurzen Wellen von 15 m Länge und 15 m wirksamer Antennenhöhe gehen etwa 1,6 Kilowatt in den Raum hinaus, was etwa 30% der aufgewendeten Energie ausmacht. Auch die Vorgänge im Raum zwischen Sender und Empfänger sind für beide Wellenarten verschieden. So läßt sich bei den großen Wellen die Intensität des vom Sender am Empfangsort erzeugten Feldes der Größenordnung nach berechnen. Ist die Entfernung zwischen Sender und Empfänger r , die Wellenlänge λ , die wirksame Höhe der Sendantenne h und der in ihr fließende Strom i , so ist die Feldstärke F in Mikrovolt pro Meter wirksamer Höhe der Empfangsantenne am Empfangsort gegeben durch die Austinsche Formel

$$F = \frac{120 \pi \cdot h \cdot i}{\lambda \cdot r} \cdot e^{-0,0015 \frac{r}{\lambda}}$$

wobei der Einfluß der Erdkrümmung unberücksichtigt geblieben ist. Ein Beispiel mag dies erläutern: Für die Entfernung Nauen—Buenos Aires ($r = 12000$ km), einer Antennenhöhe $h = 170$ m, einer Antennenstromstärke $i = 500$ Amp. und der Wellenlänge 18 km ergibt sich in Buenos Aires eine Feldstärke von etwa 3 Mikrovolt auf ein Meter, eine Größe, die man experimentell der Größenordnung nach bestätigt fand. Wendet man aber obige Formel auf eine Welle von beispielsweise 100 m Länge und eine Antennenhöhe von 15 m bei 4 Amp. Antennenstrom an, so liefert sie ein falsches Ergebnis. Während nach obiger Formel $F = 3,3 \cdot 10^{-21}$ Mikrovolt pro Meter sein müßte, fand man den Wert experimentell zu 10 Mikrovolt pro Meter. Die Formel besitzt also für kurze Wellen keine Gültigkeit. Die Energieübertragung muß also bei kurzen Wellen anders vor sich gehen wie bei langen.

Die bisherigen Vorstellungen über die Ausbreitung der elektrischen Wellen beruhen hauptsächlich auf den theoretischen Überlegungen von SOMMERFELD, v. RIBZINSKY und ZENNECK. SOMMERFELD läßt die Ausbreitung vor sich gehen durch miteinander verkettete Oberflächen- und Raumwellen. A. MEISSNER (3) nimmt nun zur Erklärung

der besseren Ausbreitung kurzer Wellen an, daß in gewissen Wellengebieten Oberflächen- und Raumwellen unabhängig voneinander bestehen, daß in manchen Gebieten nur die einen oder nur die andern ausschließlich den Charakter der Erscheinungen bestimmen. Reine Oberflächenstrahlung soll nach dieser Hypothese nur bei den ganz langen Wellen auftreten, während bei den kurzen reine Raumstrahlung angenommen wird. Während erstere an der Oberfläche der Erde entlang laufen, treten die letzteren in den Raum hinaus und kommen durch Beugung oder Reflexion zur Empfangsstation. Die Ausbreitung der langen Wellen ist demnach sehr stark vom Boden und von den meteorologischen Verhältnissen abhängig, und von der Absorption durch Ionisation um so weniger abhängig, je länger die Welle ist. Die Ausstrahlung kleiner Wellen (< 50 m) geht nur in den Raum vor sich und hängt sehr von der Ionisation der Atmosphäre, d. h. vom Stand der Sonne ab. Die Reichweite der Sender mit kurzer Welle ist demnach am Tage gering; doch bei Nacht fällt die Ionisation der Luft fort, weshalb die Reichweite nun erheblich wächst. Auch wird die Ausbreitung der kurzen Wellen bei weitem nicht so stark von den atmosphärischen Störungen beeinflusst wie die der längeren. In dem Wellengebiet zwischen den kurzen und den langen Wellen, also zwischen etwa 100 m und etwa 10 000 m, sind, wie M. BÄUMLER (4) und K. STOYE (5) nachgewiesen haben, diese atmosphärischen Einflüsse oft derartig störend, daß die Nachrichten zuweilen nur verstümmelt den Empfangsort erreichen und infolgedessen eine allgemeine Durchführung der Schnelltelegraphie auf langen Wellen immer noch Schwierigkeiten begegnet. Diese atmosphärischen Störungen verhindern auch die Verwendung der Parallelohmethode zur Messung der Empfangslautstärke über große Entfernungen, während man sie bei kurzen Entfernungen, z. B. Lautstärkemessungen der Rundfunksender, gut verwenden kann. Sie besteht bekanntlich darin, daß man parallel zum Kopfhörer einen variablen Widerstand legt und diesen so lange variiert, bis man nichts mehr deutlich hören kann. Wie hieraus ersichtlich, ist die Lautstärke der Parallelohmzahl umgekehrt proportional. Daß die atmosphärischen Störungen oft über sehr große Entfernungen gleichzeitig auftreten, hat M. BÄUMLER nachgewiesen in einer großen Versuchsreihe, die in New-York und Berlin gleichzeitig ausgeführt wurde (6).

Ein weiterer charakteristischer Unterschied zwischen den langen und den kurzen Wellen zeigt sich noch, sofern man die Intensität der Zeichen im Empfang über längere Zeiten beobachtet. Bekannt sind die eigentümlichen Schwächeperioden bei längeren Wellen, die als Fadingeffekt beim Empfang mit ziemlicher Regelmäßigkeit auftreten, oft zu den Zeiten, wo am Sender oder Empfänger die Sonne aufgeht. Je länger die Welle ist, um so geringer ist der Energieabfall. Während bei einer Welle von 16 bis 18 km die Zeichen niemals vollkommen verschwinden, sinkt die Intensität schon bei einer Welle von 11 km

unter die Hörbarkeitsgrenze. Diese Schwankungszustände halten oft nicht lange an. Bei Wellen unter 10 bis 1 km treten die Schwankungen in noch verstärktem Maße auf, dazu noch ganz unregelmäßige, die häufiger wie die regelmäßigen zu beobachten sind. Wie ILIIN und PICKARD (7) durch eingehende Versuche nachgewiesen haben, hängt der Grad der Unregelmäßigkeit von der wechselnden Beschaffenheit der Atmosphäre ab. Besonders stark werden die unregelmäßigen Schwankungen in dem Gebiet zwischen 1000 und 200 m, also im Gebiet der eigentlichen Rundfunkwellen, in dem PICKARD seine Versuche in Amerika angestellt hat. Eine Erklärung für diese Schwankungen der Empfangsintensität, die auch mit Richtungsabweichungen der Wellen zusammen auftreten und so beim Funkpeilen der Schiffe zu Mißweisungen führen können (vgl. 8), läßt sich wenigstens teilweise geben, wenn man bedenkt, daß die Ausbreitung der Wellen längs der gekrümmten Erdoberfläche sowohl auf Beugung wie auch auf Reflexion in den elektrisch inhomogenen Schichten der Atmosphäre beruht. Die Schwankungen können sowohl durch Absorption wie auch durch reflexionsartige Effekte zustande kommen. Beide werden hervorgerufen durch ungleichmäßig in der Atmosphäre verteilte Ionen. Diese lagern nach PICKARD in bandförmigen Wolken in der Atmosphäre; ihre Gestalt wird in den oberen Schichten durch das magnetische Erdfeld, in den unteren durch Luftströmungen bedingt. Da bei Tage die Ionisation durch die Sonnenstrahlen gleichmäßiger ist, treten die Schwankungen besonders bei Nacht auf. Nach PICKARDS Auffassung besteht also ein inniger Zusammenhang zwischen der Empfangsintensität und den Wetterbedingungen, deren Faktoren uns aber in ihren Einzelheiten noch nicht genau bekannt sind.

Sehr wesentlich ist es aber, daß im Wellengebiet von 100 m und darunter die Empfangsintensität ein gänzlich anderes Verhalten zeigt, das durch viel weniger scharf ausgeprägte und seltener eintretende Schwächeperioden gekennzeichnet ist. Außerdem laufen diese Schwankungen so schnell ab, daß es noch nicht sicher ist, ob sie ihren Ursprung in Störungen auf dem Wege vom Sender oder in Schwankungen der Senderenergie selbst haben. Diese Schwankungen sind aber sämtlich bei diesen ganz kurzen Wellen so klein, daß man sie nur mit feinen Mitteln nachweisen kann.

Sehr wesentlich für den störungsfreien Telegraphiebetrieb ist die Innehaltung einer konstanten Wellenlänge der Sender, da die ständige Vermehrung der Funkstationen dazu zwingt, die Betriebswellenlängen der einzelnen Stationen immer näher zu legen. Der Forderung nach möglichst genauen Wellenlängenmessungen und der Zuverlässigkeit absoluter Wellenlängennormalen hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt durch die Konstruktion eines neuen Normalwellenmessers und durch die Ausbildung einer absoluten Meßmethode Rechnung getragen, über die E. GIERE und seine Mitarbeiter (9) be-

richten. Dieser Normalwellenmesser besteht aus einem Satz fester Luftkondensatoren, dekadisch abgestufter Kapazitäten von 100 bis 200000 $\mu\mu\text{F}$ und einem Drehkondensator kleiner Kapazität zur Feineinstellung. Dazu gehört ferner ein Satz Selbstinduktionsspulen von 0,1, 0,05 usw. Henry, die mit Litzendraht auf Porzellanzylinder gewickelt und im Vakuum paraffiniert sind. Die Größen der Kondensatoren und Selbstinduktionsspulen sind nach bekannten Methoden aufs genaueste bestimmt. Die Kondensatoren lassen sich zur Vermeidung von Drahtverbindungen durch Steckkontakte aufeinandersetzen und so parallel schalten. Sie sind natürlich durch Metallumhüllung gegen äußeren Einfluß geschützt. Ebenso werden die Spulen in einem geräumigen, mit Metallwänden ausgekleideten Schutzkasten untergebracht, um ihre Kapazität genau definieren zu können. Spulenhülle und Kondensatorgehäuse werden miteinander verbunden, so daß die Schwingungskreise elektrisch völlig abgeschirmte Systeme bilden. Ihre absolute Eichung geschah nun folgendermaßen: Zunächst wurde ihre Eigenfrequenz nach der Thomsonschen Formel berechnet aus den absolut gemessenen Werten der Kapazitäten und der Selbstinduktion. Dann wurden die harmonischen Oberschwingungen bestimmt, wobei die Frequenz der Grundschiwingung aus der Tourenzahl einer umlaufenden Maschine oder mit Hilfe einer Stimmgabel ermittelt wurde. Die Resultate ergeben für beide Methoden im Wellenbereiche von 200 bis 2 km eine Meßgenauigkeit von 0,1‰ bis 0,2‰. Für kleinere Wellen sinkt sie allmählich auf 1‰. Ein Vergleich dieser Skala mit der des Bureau of Standards in Washington und des National Physical Laboratory ergab gute Übereinstimmung. Er geschah ebenso wie auch die Kontrolle von Betriebswellenlängen tätiger Stationen auf folgendem Wege. Eine empfindliche, mit Dämpfungsreduktion versehene Empfangsschaltung wird auf die zu messende Welle der Sendestation eingestellt. Ein Hilfsender im Laboratorium selbst liefert die Überlagerungswelle. Es wird dann nicht auf das Verschwinden des Schwebungstones, sondern zuerst mit höherer, dann mit niedrigerer Frequenz derselbe Schwebungston eingestellt. Damit auch jeder nichtmusikalische Beobachter bei höherer und niedrigerer Überlagerungsfrequenz denselben Ton scharf einstellen kann, wird die niedrigere Frequenz durch Hinzuschalten von Kapazität der erforderlichen Größe mit Hilfe einer Taste gewonnen. Schnell aufeinanderfolgendes Schließen und Öffnen der Taste läßt schnell hintereinander die beiden durch höhere und niedrigere Überlagerungsfrequenz erzielten Schwebungstöne hören, deren Abgleichung nach dieser Methode sehr leicht ist. Die beiden Frequenzen des Überlagerers werden mit dem Normalwellenmesser gemessen. Ihr Mittel ist die zu bestimmende Betriebsfrequenz der eingestellten Station.

In der Wellentelephonie spielt die klanggetreue Schallaufnahme, Verstärkung im Sender und Wiedergabe im Empfänger eine ausschlaggebende Rolle. Von welchen Umständen diese

Forderungen abhängen, hat H. RIEGGER (10) untersucht. Sind p_1 bzw. p_2 die Amplituden des Druckes im primären bzw. sekundären Schallfelde und ist k ein Faktor, so gilt zwischen einem primären und einem sekundären Schallfelde die Beziehung $p_2 = k \cdot p_1$. Amplitudengetreue Abbildung zu erzielen ist zwar nicht so schwierig, jedoch wird sie von allen Apparaten mit Schwellenwert nicht erreicht, da bei diesen — z. B. dem elektromagnetischen Telefon — die kleinen Amplituden gegenüber den großen benachteiligt sind. Schwieriger ist es, die Unabhängigkeit des Faktors k von der Frequenz zu erzielen. Der Faktor k läßt sich dem technischen Wandlungsgang des Tones entsprechend in drei Faktoren zerlegen $k = f_1(\omega) \cdot f_2(\omega) \cdot f_3(\omega)$, wobei sich die Funktionen der Reihe nach auf die Aufnahmeanordnung, den Verstärker und die Fernleitung usw. und schließlich auf die Wiedergabeanordnung beziehen. Durch theoretische Überlegungen und aus praktischen Versuchen findet RIEGGER, daß die Resonanzfrequenz der Wiedergabemembran bei elektromagnetischen Apparaten vorteilhaft unterhalb der verwendeten Tonfrequenz liegt. Dann werden die tiefen Töne bei der Wiedergabe z. B. durch elektromagnetischen Lautsprecher bevorzugt. Die Vernachlässigung der höchsten Töne kann dadurch kompensiert werden, daß im Aufnahmeapparat eine Membran verwendet wird, deren Eigen-ton dicht über den höchsten vorkommenden Tönen liegt. So kann eine einigermaßen gleichmäßige Wiedergabe der primären Töne im sekundären Schallfelde erzielt werden. Daß sich für die klanggetreue Wiedergabe ein elektrostatisches Telefon, wie es RIEGGER konstruiert hat, besser eignet als ein elektromagnetisches, zeigt die vom Verf. berechnete Funktion $f_2(\omega)$ für beide Systemarten. Aus der wiedergegebenen Tabelle 1 erhellt, daß beim elektromagnetischen System $f_2(\omega)$ von der Frequenz ω abhängt, was für das elektrostatische nur ganz wenig zutrifft.

Tabelle 1. Abhängigkeit der Wiedergabe von der Tonfrequenz.

ω	500	1000	2000	3000	6000	11000	24000
$f_2(\omega)$ elektrodyn.	2,29	4,02	4,66	4,7	4,44	2,52	1,32
$f_3(\omega)$ elektrostat.	0,67	0,54	0,52	0,54	0,55	0,55	0,39

Zur Erzielung eines resonanzlosen Aufnahme- und Wiedergabeapparats haben W. SCHOTKY und E. GERLACH (11) auf das Prinzip des Saitengalvanometers zurückgegriffen. Dabei haben sie die Seite durch einen flächenhaften Leiter, ein Band ersetzt, dessen elektrodynamisch erzeugte Bewegung die Luft in Schallschwingungen versetzt. Als Material des Bändchens, das geringes Gewicht, gute elektrische Leitfähigkeit und relativ hohe Zerreibfestigkeit haben muß, kommen nur einige Aluminiumlegierungen in Frage. Um ihre

Nachgiebigkeit zu erhöhen, werden sie mit wellblechartiger Querriffelung versehen. Zur Hervorbringung des Magnetfeldes werden starke Elektromagnete verwendet, beim Lautsprecher ein solcher von 200 Watt Erregerleistung, der in einem Luftspalt von 10 mm ein Feld von über 10000 Gauß besitzt, beim Mikrophon ein kleiner Elektromagnet von 4000 Gauß. In der Tabelle 2 (nach E. GERLACH l. c.) sind einige Daten über die Bänder wiedergegeben.

Tabelle 2. Zahlenwerte der Bänder in Bandmikrophonen und Bandlautsprechern.

des Bandes	Lautsprecher	Mikrophon
Dicke	10 μ	3 μ
Länge	10 cm	7 cm
Breite	10 mm	3 mm
Gewicht	30 mg	2 mg
Widerstand	0,05 Ohm	0,2 Ohm
Strom maximal	10 Amp.	—
Spannung	0,5 Volt	0,005 Volt
Leistung	5 Watt	—
Amplitude maximal	5 mm	0,1 μ

Von großer Wichtigkeit ist besonders im Gebiet der Rundfunkwellen ein möglichst gleichmäßiger Verstärkungsgrad der verwendeten Verstärkeranordnung für einen großen Wellenbereich. Die Verstärkung kurzer Wellen in Hochfrequenzverstärkern gemessen haben H. RIEGGER und F. TRENDELENBURG (12). Nach der Theorie der Verstärkerschaltung von H. BARKHAUSEN (13) ist die Verstärkung, d. h. das Verhältnis V_{sp} der Spannung am Gitter zur Spannung an der Anode:

$$V_{sp} = \frac{1}{D} \left(\frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_a}} \right).$$

Hierin ist D der Durchgriff der Glühkathodenröhre, d. h. das Verhältnis des Einflusses der Anode zu dem des Gitters auf die Glühfäden,

also $D = \frac{C_A}{C_G}$ = Kapazität der Anode zu der des

Gitters; R_i ist der innere Widerstand der Röhre, R_a der gesamte äußere Widerstand des Anodenstromkreises. Verwendet man im Anodenstromkreis zur Koppelung der Röhren abgestimmte Schwingungskreise, so zeigt naturgemäß die Verstärkeranordnung in Abhängigkeit von der Wellenlänge ein scharf ausgeprägtes Maximum. Im Resonanzfall ist $R_a \approx R_i$, wodurch beträchtliche Verstärkung erzielt wird. Liegen jedoch mehrere solche Verstärker in Serie, so wird die Resonanzkurve des Verstärkersystems sehr spitz, da dann mehrere aufeinander abgestimmte Schwingungskreise in Serie liegen. Die Einstellung wird dann schwierig. Dies läßt sich umgehen, wenn man die Selbstinduktion so groß macht, daß man auch ohne parallele Kapazität einen günstigen Wert für R_a erhält. Die Meßapparatur bestand aus einem kleinen Sender, der bis auf eine kleine

Koppelungsspule in einem mit Metall ausgeschlagenen und geerdeten Kasten zur Vermeidung elektrischer kapazitiver Nebenkoppelung untergebracht war. Das gleiche geschieht mit dem Empfangsverstärker. Die magnetische Streuung der Senderspule wurde dadurch vermieden, daß die Spulen als streuungsfreie Toroidspulen als geschlossener Ring gewickelt waren. Als Schaltung diente im Verstärker die übliche Kaskadenschaltung. Als Ergebnis dieser Messungen läßt sich folgendes mitteilen. Wird der Verstärker mit reinem Ohmschen Widerstand ausgerüstet, so steigt die Verstärkungszahl bei einem Rohr mit zunehmender Wellenlänge allmählich an, hat bei Wellen von 500 m Länge erst die Hälfte ihrer Maximalzahl erreicht, die von 1000 m Wellenlänge ab etwa 5 beträgt. Eine reine Schwingdrossel in der Anodenleitung als Koppelung zum Gleichrichterrohr hat bei ca. 500 m Wellenlänge denselben Verstärkungsgrad, der aber mit zu- und abnehmender Wellenlänge sinkt. Legt man aber in die Wicklungen der Schwingdrosseln Konstantendraht zur Dämpfung der Eigenschwingung, so wird der Bereich der ungefähr gleich stark maximal verstärkten Wellen breiter. Bei einer Kaskade von 4 Röhren reicht eine gleichmäßige etwa 250fache Verstärkung von etwa 350 bis 470 m Wellenlänge, um dann allmählich zu fallen. Wird die Schwingung der Drossel nur schwach gedämpft, so treten Resonanzmaxima scharf heraus.

Die in den Verstärkeranordnungen und als Gitterableitungswiderstände benutzten Silitstäbe von hohem Widerstand sind in ihrem Verhalten bei variabler Spannung von E. ALBERTI und G. SCHULZE (14) eingehend untersucht worden. Sie fanden bei ihren Messungen, daß manche Silitstäbe gleicher Abmessungen, gleichen Aussehens und gleichen Widerstandes bei 120 Volt bei wechselnder Spannung oft großen Wechsel des Widerstandes zeigen. Meist nimmt ihr Widerstand bei steigender Spannung stark ab. So hatte ein Stab der üblichen Größe bei 2 Volt einen Widerstand von 2760000 Ohm, während der gleiche Stab unter sonst gleichen Versuchsbedingungen bei bis 965 Volt wachsender Spannung in seinem Widerstand auf 16860 Ohm, d. i. etwa 6% des ersten Wertes zurückging. Diese Spannungsabhängigkeit bleibt bei Hochfrequenzschwingungen bis zu 1400 m Wellenlänge bestehen. Die Untersuchung der mit einem Siemenschen Oszillographen aufgenommenen Wechselstromkurven und Wechselspannungskurven der Enden des zu untersuchenden Silitstabes führte die Verfasser zu der Annahme, daß der Silitstab eine verteilte Eigenkapazität hat. Diese hat mit ihrer Spannungsempfindlichkeit nichts zu tun, dürfte aber für die Hochfrequenz von allgemeiner Bedeutung sein. Die Silitwiderstände werden ja vielfach als kapazitätsfrei und induktionslos angesehen. Die vorliegenden Versuche zeigen aber, daß schon von Wellen von 4000 m abwärts der durch die verteilte Eigenkapazität hervorgerufene phasenverschobene Strom von der gleichen Größenordnung wie der Wirkstrom ist,

Bei einer Wellenlänge von 500 m (Rundfunk) wird ein derartiger Widerstand mehr als Kapazität wie als Ohmscher Widerstand wirken. Da somit ein Silitstab unter Umständen eine ebenso stark gekrümmte Charakteristik hat wie ein Kristalldetektor, wurde er mit Hilfe einer Vorspannung von 80 Volt an Stelle eines Detektors verwendet. Da die Spannungsabhängigkeit in seiner Substanz begründet liegt und nicht die Folge irgendwelcher leicht zerstörbarer Oberflächenschicht ist, ist sein Gebrauch viel betriebssicherer als der eines Kristalldetektors.

Literatur.

1. C. Schmidt, Elektrotechn. Zeitschr. 1923. Heft 4; ebenda Heft 40 und Sonderheft 1924.
2. A. Esau, Zeitschr. f. techn. Phys. 5. 538. 1921.
3. A. Meißner, ebenda. 5. 485. 1924.
4. M. Bäumlcr, Jahrb. f. drahtl. Telegr. 20. 268. 1922; 22. 2. 1923; 23. 1. 1923.
5. K. Stoye, ebenda. 20. 303. 1922.
6. F. Kiebitz, ebenda. 22. 196. 1923.
7. B. Iliin, ebenda. 22. 122. 1923.
G. W. Pickard, ebenda. 23. 92. 1924 nach Proc. Inst. Radio-Eng. 12. 119. 1924.
F. Schindelbauer, ebenda. 19. 223. 1922.
8. K. Stoye, ebenda. 23. 87. 1924.
9. E. Giebe, Zeitschr. f. techn. Phys. 5. 547. 1924.
E. Giebe und E. Alberti, ebenda. 6. 92. 1925.
10. H. Riegger, ebenda. 5. 577. 1924.
11. W. Schottky, ebenda. 5. 574. 1924.
E. Gerlach, ebenda. 5. 576. 1924.
12. H. Riegger und F. Trendelenburg, ebenda. 5. 495. 1925.
13. H. Barkhausen, Elektronenröhren. Verlag von S. Hirzel & Sohn. Leipzig 1923.
14. E. Alberti und G. Schulze, Zeitschr. f. techn. Phys. 6. 11. 1925.

Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. Nach W. KOLHÖRSTER¹⁾.

Die seit langer Zeit bekannte allmähliche Entladung von Elektrometern in der Luft wird bekanntlich auf Ionisationsvorgänge zurückgeführt, die in erster Reihe durch radioaktive Substanzen verursacht werden, die im Boden, in den Gewässern und in der Luft vorkommen. Die von diesen ausgesandten Strahlen zerlegen die Luft in positiv oder negativ geladene Ionen und machen sie dadurch leitend. Aber selbst in abgeschlossenen Gefäßen aus Metall oder sonstigem leitenden Material traten dieselben Erscheinungen auf, die auf eine die Wände von außen durchdringende Strahlung schließen ließen (RUTHERFORD und COOKE 1903, Mc LENNON und BURTON 1903). Diese Strahlung entsprach den γ -Strahlen radioaktiver Substanzen. Bei Versuchen mit Freiballons ergab sich, daß die Strahlung zwar bis etwa 1000 m abnahm, aber in den nächsten 1000 m konstant blieb und von da mit wachsender Höhe immer stärker zunahm. Man bezeichnete diese Strahlung nunmehr als Höhenstrahlung; ihre Existenz wurde außer Zweifel gestellt durch Fesselballonbeobachtungen bis 15 km Höhe und Messungen im Hochgebirge,

¹⁾ Die durchdringende Strahlung in der Atmosphäre. Von Dr. W. KOLHÖRSTER. (Probleme der kosmischen Physik, herausgeg. von Chr. Jansen und A. Schwabmann). 72 S. Hamburg, Henri Grand, 1924. Mk. 3.60.

besonders am Jungfraujoch in 3500 m Höhe (KOLHÖRSTER). Ihre Härte, aus ihren Absorptionskoeffizienten in Luft, Wasser und Eis entwickelt, erwies sich rund zehnmal größer als die der bisher bekannten härtesten γ -Strahlen. Zu den Messungen diente in der Regel ein von TH. WULF konstruiertes Instrument. In einem flachen Zinkzylinder von 2–3 mm Wandstärke und etwa 2 l Inhalt ist ein Wulfsches Zweifadenelektrometer von der Mitte der einen zur Mitte der anderen Zylinderwand vertikal gespannt; senkrecht dazu ist in die Zylinderwand ein Mikroskop mit Okularskala verschraubt, das die Spreizung der Elektrometerfäden abzulesen gestattet. Diese sind platierte Quarzfäden von einigen Tausendstel Millimeter Stärke und etwa 60 mm Länge, deren Aufladung durch eine eingeschlossene drehbare Ladesonde erfolgt. Die Wandung ist völlig luftdicht, die Empfindlichkeit beträgt rund 2 Volt auf einen Skalenteil. Die Untersuchungen gestalteten sich dadurch kompliziert, daß auf das Instrument außer der erwähnten Höhenstrahlung auch die Strahlung der radioaktiven Substanzen des Erdbodens, ferner aber auch die sogenannte Reststrahlung und in geringem Maße auch die von den radioaktiven Substanzen der Troposphäre ausgehende Luftstrahlung von Einfluß sind. Die Reststrahlung ist teils auf eine selbständige Ionisation der Gasfüllung oder auf radioaktive Verunreinigungen des Gases oder endlich auf radioaktive Strahlung der Gefäßwände zurückzuführen. Die Luftstrahlung macht jedoch nur einen geringen Bruchteil der Gesamtstrahlung aus.

Über den Ursprung der neuen Strahlung ist bisher auf experimentellem Wege nichts Sicheres ermittelt worden. Die Vermutung eines Zusammenhanges mit der Sonne erwies sich als unzutreffend. Dagegen führten Beobachtungen zur Zeit des Durchgangs des Halleyschen Kometen durch die Erdbahn (1910) zu dem Ergebnis, daß mehrere Beobachter (POCCINI, GOCKEL, THOMPSON) eine beträchtliche Erhöhung der durchdringenden Strahlung zur fraglichen Zeit feststellten. Dies leitete zu dem Gedanken, überhaupt nach kosmischen Ursachen dieser Strahlung zu suchen. W. KOLHÖRSTER stellte (1923) Untersuchungen am Jungfraujoch an, bei denen sich eine tägliche Periode der Höhenstrahlung mit Maximis zwischen 8^h und 9^h und zwischen 20^h und 21^h herausstellte, die mit der Kulmination der Milchstraße für diesen Ort zeitlich ungefähr zusammenfielen. Die Versuche lassen erwarten, daß mit noch empfindlicheren Instrumenten der sichere Nachweis für den kosmischen Ursprung erbracht werden wird. Dies träte zusammen mit einer Vermutung von NERNST, nach der die Strahlung aus jenen Himmelsgegenden stammt, wo die jungen roten Riesensterne sich vorwiegend finden, in deren Urmaterie Substanzen von besonders starker Radioaktivität zu suchen sein würden. „Die beim Zerfall solcher aktiver Substanzen frei werdenden ungeheuren Energiemengen könnten so manche Lücke in der Energiebilanz des Kosmos schließen“ und die Möglichkeit eines stationären Zustands des Universums eröffnen.

4. Unterricht und Methode.

Die physikalischen Schülerübungen nach dem Kriege. Von MAX PRODINGER in Mödling. Nach dem Vortrage auf der Innsbrucker Naturforscherversammlung 1924 in gekürzter Form veröffentlicht in der *Zeitschr. f. d. math. u. naturwissenschaftlichen Unterricht*, Jahrg. 56, 1925, ausführlicher in „*Physik und Chemie*“ (Wien, Deutscher Verlag für Jugend und Volk, 1925, Heft 2).

Der Vortragende stellt fest, daß die physikalischen Schülerübungen bis zum Ende des Schuljahres 1923/24 an 37 von 100 im Staatsverbande verbliebenen Lehranstalten eingeführt waren, was einen Zuwachs von 3 Prozent gegenüber 1913 bedeutet.

In der Frage nach der geeignetsten Art der Einführung der physikalischen Schülerübungen stellt der Verf. sich auf den von H. Hahn empfohlenen Standpunkt der Verwebung mit dem Klassenunterricht und gibt diesem Verfahren insbesondere auf der Unterstufe grundsätzlich den Vorzug. Doch sei der Ersatz des Unterrichts durch die Schülerübungen keineswegs überall notwendig, ja auch nur möglich; manche Gebiete eignen sich dafür vor allem deswegen nicht, weil die anstandslose Durchführung mancher nicht zu umgehender Versuche eine höhere Praxis im Experimentieren verlangt, als man Schülern zumuten könne (dahin gehören z. B. viele Luftpumpenversuche und überhaupt fast alle „Schauversuche“). Auch glaubt der Verf., daß ein lediglich auf Schülerübungen, also vorwiegend messenden Versuchen aufgebauter Unterricht die Jugend auf die Dauer unbefriedigt lassen würde, worüber sich kein Lehrer mit einiger Erfahrung einer Täuschung hingeben werde. Unabweisbare Voraussetzung für die Schülerübungen sei aber die obligatorische Beteiligung sämtlicher Schüler. Diese sei bei zahlreich besuchten Klassen nur möglich durch Teilung in kleinere Abteilungen, deren Übungsstunden auf unterrichtsfreie Nachmittage zu verlegen seien. Den von K. Rosenberg gegen verbindliche Übungen auf der Oberstufe ausgesprochenen Bedenken kann sich der Verf. nicht anschließen. Daß auf einzelne Schüler dadurch ein ihnen lästiger Zwang ausgeübt werde, sei doch höchstens eine seltene Ausnahme und ein Zwang liege schließlich auch schon darin, daß jeder Schüler am Physikunterricht teilnehmen müsse; wolle man hiervon abgehen, so würde dies ein Aufgeben des bisherigen Zieles der Mittelschule, der allgemeinen geistigen und sittlichen Durchbildung, bedeuten und einer verfrühten Fachausbildung dienen.

Der Vorzug der Schülerübungen vor dem Demonstrationsunterricht besteht erstlich darin, daß bei letzterem das unmittelbare Schauen, Mitbeobachten und Verfolgen der Versuche für die nicht in den vorderen Bänken sitzenden Schüler unmöglich wird, ein Übelstand, den auch das „Projizieren“ nicht immer behebt. Die Feststellung von Messungsergebnissen durch Selbstbeobachtung sei meist unmöglich, auch müsse in der Regel aus einem Versuch oder einer Versuchs-

reihe das Ergebnis gefolgert werden, während in den Übungen aus einer größeren Zahl von Messungen das Resultat gewonnen werden könne. Mindestens auf der Unterstufe sei das Arbeiten in gleicher Front das geeignetste Verfahren. Gleichzeitige Verteilung mehrerer Aufgaben auf einzelne Gruppen sei nur ein Notbehelf. Der Verf. hat deshalb schon seit dem Jahre 1909 eine Sammlung von Übungsapparaten angelegt, die zur Zeit bereits 500 Nummern mit 1560 Stücken (Wert $\sim 15\,000\,000$ Kr.) umfaßt und auf der Unterstufe für 24, auf der Oberstufe für 20 gleichzeitig arbeitende Schüler ausreicht.

In betreff der Ergebnisse der Schülerübungen urteilt der Verf., daß man sich nicht damit begnügen dürfe, daß der Schüler einen zum Ziel führenden Weg kennen lernt, sondern daß es darauf ankomme, auch zu (annähernd?) richtigen Ergebnissen zu gelangen, weil sonst der Schüler die Freude an der eigenen Arbeit und das Vertrauen auf seine Leistungsfähigkeit verliert, auch leicht sich daran gewöhnt, sich mit mangelhaften Resultaten zufriedener zu geben.

Unter den Aufgaben unterscheidet der Verf. zwei Gruppen: a) solche, die zur Gewinnung neuer Erkenntnis, also der Fortführung des Unterrichtes dienen, b) solche, die einer Erweiterung oder Wiederholung dienen. Zu ersteren dient als Beispiel, daß die Mischung von Quecksilber und Wasser auf den Begriff „spezifische Wärme“ führt. Bei ihnen tritt die Mitwirkung des Lehrers stärker hervor, bei letzteren genügt die zur Fragestellung führende Besprechung, die Durchführung bleibt ausschließlich dem Schüler überlassen.

Übungen dieser Art können nach Meinung des Verf. einen vollwertigen Ersatz für das leidige Prüfen bilden, der überdies inhaltreicher und zuverlässiger ist als das bisherige Prüfen, nämlich ein Prüfen nicht allein auf das angesammelte Wissen, sondern vielmehr auf die geistigen Fähigkeiten.

An den Lehrer stellt das Verfahren hohe Anforderungen, dies darf aber nicht von der Verfolgung eines als richtig erkannten Zieles abschrecken. Rastlose ehrliche Arbeit und hingebender Idealismus werden die Schwierigkeiten überwinden. —

Im Anschlusse an den Vortrag wurden folgende Leitsätze von der Versammlung angenommen:

1. Physikalische Schülerübungen sind für einen nach modernen Grundsätzen geführten Unterricht unbedingt notwendig, ohne durch sie den Demonstrationsunterricht überall ersetzen oder ihn gänzlich unentbehrlich machen zu wollen.

2. Auf der Unterstufe sind die Übungen verbindlich für alle öffentlichen Schüler, auf der Oberstufe ist zunächst noch Wahlfreiheit zu gewähren; an Anstaltstypen, deren Oberstufe eine Gabelung in einen philologisch-historischen und einen realistischen Zweig aufweist, sind die

Übungen auch auf der Oberstufe des realistischen Zweiges verbindlich zu gestalten.

3. Bei den Übungen der Unterstufe ist nach Möglichkeit das Arbeiten „in gleicher Front“ als in jeder Hinsicht zweckmäßigste Form zu pflegen; die Übungen sollen, wenn anders es die Verhältnisse irgendwie gestatten, in die Unterrichtsstunden verlegt werden.

4. Solange aus irgendwelchen Gründen die Durchführung der Übungen in der geschilderten

Art nicht möglich ist, sind Übungen im jeweils möglichen Ausmaß einzurichten, keinesfalls aber unter Hinweis auf unzulängliche Mittel gänzlich fallen zu lassen.

5. Zur speziellen Durchführung muß dem Lehrer bezüglich Auswahl und Beschränkung des Übungsstoffes und Art der jeweiligen Behandlung volle Freiheit gewahrt bleiben. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Radio und Blitzgefahr. Einem reichsgerichtlichen Gutachten von Professor Dr. ERICH MARX in Leipzig entnehmen wir folgende Angaben.

Eine gut geerdete Antenne ist ein Schutz für das Gebäude. Der Schutzraum erfährt sogar eine Vergrößerung gegenüber dem Blitzableiter, die der Länge der Höherführung der Antenne proportional ist. Ist dagegen außer der Antenne ein normaler Blitzableiter vorhanden, so wird ein einschlagender Blitz über diesen zur Erde gehen, so daß die Antenne keinen weiteren Einfluß hat.

Für den Blitzschutz eines Blitzableiters, also auch einer Außenantenne, kommt alles darauf an, daß der Widerstand der Erdführung so klein wie möglich für den Blitz ist; dies ist der Fall, wenn die Leitung lückenlos bis zum Grundwasser geführt oder an die Wasserleitung angelötet ist. Ist die Antenne nur durch den Apparat hindurch geerdet, so ist die Zerstörung des Apparats und die Möglichkeit der Feuergefahr nicht ausgeschlossen. Diese ist aber ausgeschlossen, wenn während des nahenden Gewitters die Antenne über eine Zweiwegschaltung an die Erde gelegt ist, oder wenn ein besonderer Blitzschutz stets an der Antenne liegt, unabhängig davon, ob der Apparat im Gebrauch ist oder nicht. Dieser besondere Blitzschutz wird so angebracht, daß er von dem Hebel des Antennenerdschalters auf kürzestem Wege durch einen starken Draht an den Blitzableiter des Hauses führt oder an die Dachrinnen oder Abflußröhren, die in die Erde gehen, angelötet wird. Er besteht aus zwei oder mehreren Kohle- oder Metallspitzen, die von einer Luftstrecke oder besser noch von einer Edelgasstrecke wie Helium, Argon oder Neon unterbrochen sind. Diese Strecke braucht nur etwa 1 mm lang zu sein, sie bietet einem schnell sich ändernden Strom wie dem Blitz einen nur geringen Widerstand. Es ist zu empfehlen, den

in diesem Fall dreipoligen Schalter möglichst so anzubringen, daß noch Drahtlänge von der Erdschalterklemme bis zum Apparat vorhanden ist. Dann wird, selbst wenn während eines Gewitters die Erdung vergessen wurde, zum mindesten der bei weitem größte Teil des Blitzes über den Blitzschutz zur Erde gehen. Eine Antenne, die mit einem derartigen Blitzschutz im Nebenschluß zur Apparaterdung geerdet ist, ist ein vollständig sicher wirkender Blitzableiter und hat sich tausendfach in der Telephon- und Telegraphenverwaltung bewährt.

Übrigens haben die Beobachtungen über Blitzeinschläge in Antennen in den Jahren 1923 und 1924 in keinem Falle über einen Feuerschaden selbst bei nicht geerdeter Antenne berichtet. Die Niederführung der Antenne wirkt ähnlich wie eine Sicherung und schmilzt schon bei etwa 50 Amp., also bei einem Blitz, der während einer $\frac{1}{100}$ Sek. nur 5000 Amp. zu haben braucht, also nur $\frac{1}{4}$ der durch Rechnung gefundenen mittleren Stromstärke des Blitzes von 20000 Amp. Durch den Luftdruck wird der Metallstaub fortgeblasen, so daß in den meisten Fällen nichts von der Antennenführung mehr aufzufinden ist. Die Antenne wird, selbst wenn sie durchschmilzt, bewirkt haben, daß der Blitz außen an der Hauswand zur Erde geht, ohne in das Haus einzuschlagen, was ohne ihr Vorhandensein vielleicht wahrscheinlicher gewesen wäre. Auch hat Baurat HAMMER von der Berliner Feuerwehr am 3. Juni 1924 in einem Vortrage ausgeführt, daß bei sämtlichen in den vorhergehenden Monaten vorgekommenen Dachstuhlbränden, die durch Blitzeinschlag erfolgten, der Einschlag nicht auf das Vorhandensein einer Antenne zurückzuführen war, und daß die Hochantenne sich sogar als ein wirksamer Blitzschutz erwiesen hat.

Eine sachgemäß angelegte Antenne ist also keine Gefahr, sondern ein Blitzschutz des Hauses.
(Nach der Zeitschrift Radio, Märzheft 1925.)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vorlesungen über Atommechanik. Von Prof. Dr. MAX BORN. (Struktur der Materie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von M. Born und J. Franck, Band II.) Erster Band. Mit 43 Abbildungen. Herausgegeben unter Mit-

wirkung von Dr. Friedrich Hund. Berlin, Julius Springer, 1925. IX u. 358 S. GM. 15.—, geb. GM. 16.50.

Das Buch stellt den kühnen Versuch dar, die Atommechanik nach dem Vorbilde der

Himmelsmechanik, also unter dem besonderen Gesichtspunkt der Anwendung mechanischer Prinzipien zu behandeln. Von physikalischen Grundlagen werden die Entwicklung der Quantentheorie des Oszillators aus der Strahlungslehre, die allgemeine Fassung der Quantentheorie in ihrer Beziehung zum lichtelektrischen Effekt, endlich die Bohrschen Vorstellungen vom Atom- und Molekelbau vorausgeschickt. Von mathematischem Rüstzeug wird die Hamilton-Jacobische Theorie und die Lehre von den periodischen und mehrfach periodischen Bewegungen eingehend behandelt. Die Aufgabe selbst, die der Verfasser sich gestellt hat, erscheint ungemein schwierig, da es sich fast durchweg um ein Mehrkörperproblem handelt. Der Verfasser beschränkt die Untersuchung daher fürs erste auf „Systeme mit einem Leuchtelektron“. Er schließt sich dabei an eine Annahme von Bohr, wonach eine große Reihe von Eigenschaften der Atome, vor allem die in den Serienspektren zutage tretenden, sich dadurch verständlich machen lassen, daß bei den in Betracht kommenden Zuständen ein Elektron, das Leuchtelektron, eine besondere Rolle spielt. Man kann dann von stationären Bahnen des Leuchtelektrons sprechen und die Vorgänge in Atomrumpf unberücksichtigt lassen, indem man sich mit der Annahme begnügt, daß der Rumpf auf das Leuchtelektron so wirkt wie ein zentralsymmetrisches Kraftfeld. Die Durchführung dieser Grundidee erstreckt sich auf die Keplerbewegung in dem Fall von Atomen, die aus einem Kern und nur einem Elektron bestehen, dann auf die wasserstoffähnlichen Spektren, die Serienordnung der nicht wasserstoffähnlichen Spektren, die Rydberg-Ritzsche Formel, die Röntgenspektren, den Aufbau des periodischen Systems der Elemente, den Zeeman- und Starkeffekt usw. Das weitere Problem, die Behandlung von Atomen mit mehreren Elektronen erfordert die Ausbildung einer Störungstheorie, deren Schwierigkeiten weit über die bei astronomischen Systemen vorhandenen hinausgehen. Der Verfasser steht mit den Darlegungen hierüber erst in den Anfängen einer deduktiven Theorie der Atomvorgänge, die er vielleicht erst nach Jahren in einem zweiten Band darbieten zu können hofft. Möge es ihm dabei an Arbeitskraft und Erfolg nicht fehlen!

P.

Zeemaneffekt und Multiplettstruktur der Spektrallinien. Von Dr. E. BACK und Prof. Dr. A. LANDÉ. (Struktur der Materie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von M. Born und J. Franck). Mit 25 Textabbildungen und 2 Tafeln. Berlin, Julius Springer, 1925. XII u. 213 S. GM. 14.40. geb. GM. 15.90.

Der Zeemaneffekt, eine schon von Faraday gesuchte, von Zeeman mit kräftigeren Hilfsmitteln aufgefundenen Wirkung magnetischer Kräfte auf die Spektrallinien, hat durch die Bohrsche Theorie des Atoms eine befriedigende Erklärung gefunden, seinerseits aber durch die Verwandtschaft der für ihn charakteristischen Typen zur bestimm-

teren Erkenntnis zusammengehöriger Spektrallinien geführt. Er verspricht auch neue Einsichten in die atomistische Struktur der Materie zu liefern. Deswegen war es gerechtfertigt, diesen Band an die Spitze der neuen Bücherreihe zu stellen, die die Struktur der Materie behandeln soll. Er umfaßt in § 1—23 die theoretischen Grundlagen und die Methoden zur Auswertung empirisch festgestellter Zeemaneffekte. Ein besonderer Abschnitt ist dem Paschen-Back-Effekt gewidmet, der sich auf die gegenseitige Beeinflussung benachbarter Multiplettterne in starken Magnetfeldern bezieht. Zwei Tafeln bringen eine größere Reihe ausgewählter Zeeman-Multipletts in photographischer Wiedergabe zur Darstellung.

P.

Über die Konstitution der Elektrizität. Antrittsvorlesung an der Universität Bern. Von Prof. Dr. H. GREINACHER. 23 S. Bern, Akad. Buchhandlung vormals Max Drechsel, 1925. GM. 0.80.

Die Vorlesung bietet eine gute zusammenfassende Übersicht über die Versuche zur Ermittlung der Konstitution der Elektrizität, worunter nicht ihr „Wesen“, sondern ihr „Bau“ verstanden ist. Zur direkten Bestimmung der Elektronenladung wird ein Verfahren nach Art des von Rutherford und Regener mit α -Strahlen ausgeführten vorgeschlagen, wobei aber die Elektronen des lichtelektrischen Effekts zu verwenden wären. Zur Darstellung kommen ferner die Untersuchungen über Elektronenmasse, Größe des Elektrons, Beziehung von Elektrizität und Materie, die Frage der zwei Arten von Elektrizität und des positiven Elektrons, das sich von dem negativen durch eine 1830 mal größere Masse unterscheidet. Die Materie wird als eine Kombination beider Elektrizitätsarten bezeichnet, die Welt löst sich danach auf in positive und negative Elementarquanten. Folgerungen auf eine „Belebtheit“ der toten Materie lehnt der Verfasser indessen mit Recht ab.

P.

Das Atom und die Bohrsche Theorie seines Baues. Gemeinverständlich dargestellt von H. A. KRAMERS und HELGE HOLST. Deutsch von F. Arndt. Mit 35 Abbildungen, 1 Bildnis (von Niels Bohr) und 1 farbigen Tafel. VIII u. 192 S. Berlin, Julius Springer, 1925. GM. 7.50, geb. GM. 8.70.

Das dänische Originalwerk ist bereits 1922 erschienen, eine verbesserte englische Ausgabe 1923. Diese deutsche Ausgabe wird auch bei uns willkommen sein, da sie aus dem engsten Wirkungskreise des Verfassers stammt und die Wandlungen, die die Theorie durchgemacht hat, lichtvoll darstellt. Fast die ganze erste Hälfte des Buches ist mit einer Darstellung der Ergebnisse der Atomforschung bis zu Bohrs Auftreten im Jahre 1913, also bis zu Rutherfords Atommodell angefüllt. Danach wird die Bohrsche

Theorie entwickelt, wie sie sich aus den beiden Grundpostulaten Bohrs im Anschluß an die Planck-Einsteinsche Quantentheorie entwickelt hat. Es werden im besonderen die Ableitung der Rydbergschen Konstanten, das Korrespondenzprinzip, die Einführung von mehr als einer Quantenzahl und in einem besonderen Abschnitt die Wechselwirkung zwischen Licht und Stoff behandelt. Hier ist namentlich bemerkenswert, daß Bohr selbst bezüglich der Lichtserien keiner dualistischen Auffassung — Wellen und Energiekorpuskeln — huldigt, sondern das Licht als Wellenbewegung auffaßt und die Energiequanten lediglich in der Materie auftreten läßt. Damit ist auch eine neue Auffassung der Grundpostulate verbunden, wonach das Atom, während es in den umgebenden Raum ausstrahlt, dabei doch seinen eigenen Energieinhalt nicht ändert. Wie diese Abweichung vom Energiegesetz zu erklären ist, bleibt noch eine offene Frage. Den Schluß des Buches bilden verschiedene Anwendungen der Bohrschen Theorie, wie Emissionsspektren, Elektronenstöße, Absorption, endlich die chemischen Eigenschaften der Stoffe und das periodische System. Ein Anhang bringt einige grundlegende Rechnungen zur Bohrschen Theorie des Wasserstoffatoms. *P.*

Physik in graphischen Darstellungen.

Von FELIX AUERBACH. 1557 Fig. auf 257 Tafeln, mit erläuterndem Text. Zweite Aufl. Leipzig, C. G. Teubner, 1925. Geb. GM. 14.—

Die vorliegende Auflage ist um fast 50 Tafeln vermehrt; mit ebenso viel Fleiß wie kritischer Sichtung hat der Verfasser zusammengetragen, was die Forschung der letzten zwölf Jahre an neuem Material zutage gefördert hat. Hierzu gehören namentlich Darstellungen von Wärme-, Licht- und Röntgenspektren, Atombau, Zeemaneffekt, Strahlung, Magnetismus, Relativitätstheorie, ferner Strecken und Fließen von Metalldrähten, Strömungsdrucke, Vorgänge in Lippen- und Zungenpfeifen, kritische Temperatur, Ohmsches Gesetz, Leitvermögen, Ionenbeweglichkeit, Thermokräfte, Charakteristiken von Lichtbogen, Glühlampe und Glühkathodenröhre, Zerfallskonstanten des Radiums, erdmagnetische Elemente und vieles andere. Das Werk kann als ein willkommenes Gegenstück zu den Landolt-Börnsteinschen Tabellen angesehen werden und bietet auch für den Unterricht viel brauchbares. *P.*

Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung. Von ARNOLD BERLINER. 3. Auflage. Mit 734 Abbildungen. Berlin, Julius Springer, 1924. X u. 645 S. Geb. G.-M. 18.60.

Die Vorzüge des Buches sind schon in früheren Besprechungen (*ds. Ztschr.* 17, 177; 25, 261) rühmlich hervorgehoben worden. Die Darstellung ist durchweg auf begriffliche Klarheit gerichtet, obwohl sie von dem Hilfsmittel mathematischer Entwicklung einen vielleicht etwas zu sparsamen Gebrauch macht. Sie wagt selbst eine elementare

Behandlung der Relativitätstheorie namentlich in bezug auf die neueren Auffassungen von der Masse und ihrem Zusammenhang mit der Energie; sie spricht korrekterweise nicht von der Gleichheit der trägen und der schweren Masse, sondern von der Identität von Trägheit und Schwere. Ein besonderer Vorzug des Buches ist die Neubearbeitung eines großen Teils der Wärmelehre durch F. HENNING, die selbst so schwierigen Dingen wie dem 2. und 3. Hauptsatz gerecht zu werden versteht. Nicht minder mustergültig ist die Umarbeitung der Atomphysik und der Radioaktivität durch GEIGER. Ein Vorzug des Buches schon von der ersten Auflage her ist die geschickte Behandlung der optischen Abbildung im Anschlusse an ABBE und CZAPSKI, im besonderen die Lehre von der Begrenzung der Strahlenbündel. Von einzelnen sonst in elementaren Lehrbüchern seltener sich findenden Gegenständen mögen noch genannt sein: die Erklärung von Ebbe und Flut nach NEWTON-BERNOULLI, der HAGENsche Isotomeograph zum Nachweis der Erdrotation, die Drehwage von EÖRVÖS zur Bestimmung der Unterschiede in der Größe und der Richtung der Schwerkraft, die BERNOULLISCHE Gleichung für den Druck in einer strömenden Flüssigkeit, die genaue Darstellung der thermochemischen Vorgänge, die Erklärung des Mechanismus galvanischer Elemente nach NERNST, die Strahlungsgesetze u. a. m. Das Buch wird nicht nur der elementaren Belehrung dienen, sondern auch jedem, der mit dem Unterricht zu tun hat, eine Fülle von Anregungen geben. *P.*

Ein neuer Weg im physikalischen Unterricht. Von Prof. OTTO DOBROWOLNY. (Schulreform-Bücherei von V. Fadras und K. Linke, Nr. 9.) 23 S. Wien, Schulwissenschaftl. Verlag A. Haase, G. m. b. H., 1923.

In diesem Heft berichtet der Verfasser über physikalische Lehrgänge, die er mit der 3. und 4. Klasse der Realschule zu Wien-Meidling durchgeführt hat. Man vergleiche auch den Bericht über den Innsbrucker Vortrag des Verfassers, Heft 2 dieses Jahrgangs der Zeitschrift, S. 98: Der Weg ist nicht neu, und alt sind auch die Forderungen. Der Verfasser meint jedoch, selbst an den bestausgestatteten Schulen Österreichs seien jetzt und in aller Zukunft nicht die Bedingungen für das Durchführen von Schülerversuchen in gleicher Front gegeben. Daher wählt er das Verfahren des Übens in Gruppen an vorhandenen Apparaten, die eigentlich dem Vorführungsunterricht zu dienen haben. Damit sind nach bisherigen Erfahrungen im allgemeinen keine befriedigenden Ergebnisse zu erzielen. Die Selbstständigkeit der Schüler ist dadurch stark begrenzt, daß die Geräte durch ihre mehr oder minder verwickelte Bauart von vornherein den Weg bestimmen, den man beim Durchführen des Versuches gehen muß. Zeitvergeudung wäre es, wenn man die Schüler, nur um den Grundsatz der Selbstständigkeit zu wahren, stundenlang ziellos herumprobieren ließe. Man kann

sicher von einem vierzehnjährigen Jungen nicht verlangen, daß er, vor einen Flaschenzug gestellt, ohne Führung durch den Lehrer ganz aus sich selbst den Satz fände, daß die Wege immer im umgekehrten Verhältnis der Kräfte stehen. Mit Recht faßt daher der Verfasser seine Ausführungen auch dahin zusammen, daß die Selbständigkeit der Schüler nur so weit zu treiben ist, daß sie nicht in ein uferloses Suchen und zufälliges Erraten ausartet. Recht hübsch behandelt er in diesem Sinne als Beispiele das Seil über der festen Rolle und den freien Fall im Stiegenhaus. Welche Schwierigkeiten bei dem Nebeneinanderarbeiten mehrerer Gruppen an verschiedenen Aufgaben entstehen, hat der Verfasser selbst angedeutet. Vor allem verstößt das Auflösen der Klassengemeinschaft in Abteilungen mit verschiedenen Aufgaben gegen den Grundsatz der gemeinschaftlichen Arbeit. Was DOBROWOLNY gegen diesen Einwand anführt, ist nicht überzeugend. So sieht denn auch er selber sein Verfahren wohl nur als einen Notbehelf an und fordert im besonderen: Zuwendung von Mitteln zum Ausgestalten der physikalischen Lehrmittelsammlungen und zum Schaffen von Arbeitsplätzen mit Anschlüssen für Gas und elektrischen Strom, ferner unbedingte Freiheit des Lehrers innerhalb des für ein Jahr vorgeschriebenen Lehrstoffes. Er vertritt die Sache der Schülerübungen mit Begeisterung, daher kann die anregende Schrift allen Fachgenossen empfohlen werden. (P.)

Die Gestirne und die Weltgeschichte. Gedanken über Raum, Zeit und Ewigkeit. Von FELIX EBERTY. Mit einer Einleitung von Albert Einstein. Berlin, J. M. Spaeth, 1924. 48 S. kl. 8°. GM. 1.—.

Das Schriftchen des 1884 verstorbenen Verfassers ist heute durchaus aktuell, indem es dem Wort aus Wagners Parsifal „Zum Raum wird hier die Zeit“ eine sinnvolle Deutung gibt, bezugnehmend darauf, daß uns das Licht aus fernen Tiefen des Weltraums Kunde bringt von Vorgängen, die in einer weit zurückliegenden Zeit stattgefunden haben. Die Anwendungen auf den Begriff der Ewigkeit und auf die göttliche „Allwissenheit“ werden nachdenklichen Lesern gewiß beachtenswert erscheinen. Der uns durch die Kinotechnik geläufig gewordene Begriff der Zeitlupe wird ebenfalls entwickelt und bis zu der Konsequenz des in einem Punkt zusammengedrängten Weltgeschehens durchgeführt, wobei freilich der Übergang von Zeitdifferential zur Zeit Null doch bedenklich sein dürfte. Der Zusammenhang mit der philosophischen Auffassung von Raum und Zeit als Formen der menschlichen Anschauung macht das Büchlein besonders interessant. P.

Die Sterne. Monatsschrift über alle Gebiete der Himmelskunde. Herausgeber ROBERT HENSELING. Verlag Die Sterne, Potsdam. 5. Jahrgang. 1925. Heft 1. 32 S. mit 2 Tafeln. Halbjährlich GM. 4.—.

Die Zeitschrift will der Vernachlässigung des astronomischen Weltbildes in unserem Bildungswesen entgegenwirken und der sprunghaft raschen Entwicklung der Astronomie zu folgen suchen. Heft 1 bringt das Neueste über die Erforschung der Marskanäle, wonach diese als optische Täuschungen besonderer Art anzusehen sind, nebst einer Reihe von Marsansichten aus der Zeit der letzten Opposition, ferner einen Artikel über Sterne von hoher Geschwindigkeit und eine Reihe interessanter Mitteilungen aus Wissenschaft und Leben, darunter Nachrufe auf Franz Boll und Hugo von Seeliger. P.

Das Zeißische Projektions-Planetarium. Von Dr. ing. W. BAUERSFELD. Mit 16 Abbildungen. 16 S. Jena, Dr. S. von Jezewski, 1925. GM. 0.35.

Das Schriftchen gibt eine Beschreibung des Planetariums, das auf Anregung von Oskar von Miller durch die Firma Carl Zeiß für das Deutsche Museum in München hergestellt ist und in zweiter Ausführung für Jena angefertigt wird. Auf einer Hohlkugelfläche von 10 m Durchmesser werden die scheinbaren Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten dargestellt. Dazu dient eine Reihe von Projektionsapparaten, die am Mittelpunkt der Hohlkugel aufgestellt sind. Die Bahnen der Planeten werden dadurch veranschaulicht, daß Erde und Planet in kleinem Maßstabe ihre kopernikanischen Bewegungen ausführen und von diesen mit Hilfe eines kleinen Projektionsapparates das Bild des Planeten auf den Himmelshintergrund geworfen wird. Zahnräder mit möglichst genau den wirklichen Verhältnissen entsprechenden Umdrehungsverhältnissen, sämtlich miteinander mechanisch gekoppelt, bewirken die gleichzeitige Bewegung aller Himmelskörper. Das Ganze ist ein Wunderwerk feinmechanischer Arbeit, würdig des großen eben eingeweihten Denkmals deutscher Technik und Naturwissenschaft. Die Herstellungskosten sind beträchtlich, aber doch nicht so hoch, daß nicht an die Errichtung ähnlicher Vorführungsstätten in anderen größeren Städten, wie in Berlin bereits beabsichtigt, gedacht werden könnte. P.

Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Von Prof. Dr. J. ZENNECK und Dr. H. RUKOP. Fünfte Auflage. Mit 775 Textabbildungen und zahlreichen Tabellen. 902 Seiten. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1925. GM. 34.50.

Der erste Teil des Buches (S. 1—520) ist ein unveränderter Abdruck der 4. Auflage, der bereits während der mehrjährigen Kriegsabwesenheit des Verfassers von der Heimat durch den Verlag unter Mitwirkung von Professor Dr. Knoblauch vorbereitet war. Er umfaßt das ganze damals bekannte Gebiet der drahtlosen Telegraphie und behandelt in 14 Kapiteln: Eigenschwingungen in Kondensatorkreisen, offene Oszillatoren, den Wechselstromkreis hoher Frequenz, gekoppelte Systeme, Resonanzkurven, Antennen, Sender für gedämpfte Schwingungen, Hochfrequenzmaschinen für ungedämpfte Schwin-

gungen, ungedämpfte Schwingungen nach der Lichtbogenmethode, die Ausbreitung der Wellen längs der Erdoberfläche, Detektoren, Empfänger, gerichtete Telegraphie, drahtlose Telephonie. Der zweite Teil (S. 521—860), nur die Elektronenröhren umfassend, ist von dem Mitherausgeber Dr. RUKOR, der als der beste Kenner dieses Gebietes in Deutschland gilt, verfaßt worden. Das Material ist in jahrelanger Arbeit durch die erst nach und nach bekannt gewordenen Veröffentlichungen des Auslands und Bezugnahme auf eine große Zahl von Patentschriften ergänzt worden und kann als die zur Zeit vollständigste Darstellung des Gegenstandes angesehen werden. Dargeboten werden, mit der Liebenröhre beginnend, eine eingehende Theorie der Hochvakuumröhren und ihrer prinzipiellen Anwendungen, danach die Schaltungen und Apparate für Eingitter- und Mehrgitterröhren. Ein ausführlicher Literaturnachweis nebst theoretischen Ergänzungen (S. 861—880) macht den Beschluß. Ein sehr genaues Namen- und Sachregister ermöglicht es, sich über irgend eine spezielle Frage rasch zu orientieren. P.

Aufgaben aus der Maschinenkunde und Elektrotechnik. Eine Sammlung für Nichtspezialisten nebst ausführlichen Lösungen. Von FRIEZ SÜCHTING, Ingenieur und Professor an der Bergakademie Clausthal. Mit 88 Textabbildungen. XII u. 235 S. Berlin, Julius Springer, 1924. GM. 6.60, geb. GM. 7.50.

Die Eigenart des Buches besteht darin, daß es den jungen Ingenieur an der Hand ausgewählter Beispiele zur Selbständigkeit im Lösen von Aufgaben aus der Praxis anleiten will, indem es zwar ausführliche Lösungen gibt, aber davor warnt, sie zu benutzen. Der Anfänger soll sich vielmehr der in bestimmten Lehrbüchern gebotenen Handhaben bedienen, um die Lösungen selbst zu finden, und dann die im Buch enthaltenen nur zur Kontrolle und Ergänzung heranziehen. Dieser Gesichtspunkt ist in dem sehr lesenswerten Vorwort ausführlicher entwickelt. Die Lösungen werden aber auch dem Nichtfachmann als Beispiele von Nutzen sein können, zumal in vielen Fällen auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage Bezug genommen wird. Die Zahl der Aufgaben beträgt 172, sie sind teils mechanischer, teils elektrischer Art, teils aus beiden gemischt. Auch manche für den physikalischen Unterricht interessante Aufgaben befinden sich darunter, namentlich dürften die Aufgaben aus dem Gebiet der Elektrizität der Beachtung zu empfehlen sein. P.

Die Differentialgleichungen des Ingenieurs. Darstellung der für Ingenieure und Physiker wichtigsten gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen einschließlich der Näherungsverfahren und mechanischen Hilfsmittel. Mit besonderen Abschnitten über Variationsrechnung und Integralgleichungen. Von Prof. Dr. WILHELM HORT, Oberingenieur der A.E.G.-Turbinenfabrik, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu

Berlin. 2. umgearb. u. verm. Auflage, unter Mitwirkung von Dr. phil. W. Birnbaum und Dr. ing. K. Lachmann. Mit 308 Abb. im Text und auf 2 Tafeln. XII u. 700 S. Berlin, Julius Springer, 1925. Geb. GM. 25.50.

Das Buch bietet eine Darstellung der für Ingenieure und Physiker wichtigsten gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen einschließlich der Näherungsverfahren und mechanischen Hilfsmittel. Die im Titel genannten Mitarbeiter haben die Abschnitte über Variationsrechnung und Integralgleichungen bearbeitet. Die klare und ausführliche Art, in der der Verfasser den Stoff behandelt, ist sehr geeignet, dem Anfänger das Studium des Gegenstandes zu erleichtern. Von rein mathematischen Feinheiten, wie Existenz- und Konvergenzbetrachtungen, ist abgesehen, dagegen in den Anwendungen durchweg ein naturwissenschaftlicher Standpunkt zur Geltung gebracht. Neben technischen Anwendungen sind auch rein physikalische wie die Planetenbewegung in die Darstellung einbezogen. Von den technischen Anwendungen seien hervorgehoben: Grundwasserspiegel und Grundwasserstrom, Entstehung eines Wechselstromes, Seilkurve. Kettenlinie; Formänderung eines dickwandigen Rohres, Formänderungen an Eisenbahnschienen und Wasserbehältern; Pendelgleichung; Stromverteilung in einem Kettenleiter, Bewegungsverlauf einer Einzylinderdampfmaschine; schwingende Seile, Stab- und Biegungsschwingungen, Schiffschwingungen, Eigentöne nicht gleichförmiger Stäbe; Membranschwingungen; Wärmeleitung; Potentialtheorie mit Anwendung auf Elektrostatik; Bewegungen elastischer Körper; Hydrodynamik, Turbinentheorie; Elektrodynamik, im besonderen elektromagnetische Wellen, Gleich- und Wechselströme in linearen Leitern; Schwingungen eines Flugzeugflügels, erzwungene Schwingungen biegsamer Stäbe u. a. m. Den Schluß bilden ausführliche Anmerkungen und Literaturangaben. P.

Beobachten und Nachdenken. Eine Anleitung zu Naturbeobachtungen. Von Dr. RICHARD GEIGEL, Professor an der Universität Würzburg. München, J. F. Bergmann, 1924. 277 S. GM. 4.80.

Der Titel erweckt falsche Erwartungen, das Buch leitet nicht eigentlich zum Beobachten und Nachdenken an, sondern es knüpft an Beobachtungen in der freien Natur und in der näheren Umgebung an, um daran Erklärungen und Aufklärungen in populärer Form anzuschließen. Ein großer Teil der Abschnitte bezieht sich auf Astronomisches, einige andere auf Wetterverhältnisse, einige auch auf im engeren Sinne physikalische Gegenstände, wie Farbe, Biegen und Brechen, Schneiden und Stechen, Messen und Wägen. An einem geworfenen Papierblatt wird eine ganze Reihe mechanischer Grundbegriffe erläutert. Der gänzliche Mangel an Abbildungen ist hier und da störend. P.

Analytische Dynamik der Punkte und starren Körper. Mit einer Einführung in das

Dreikörperproblem und mit zahlreichen Übungsaufgaben. Von E. T. WHITTAKER, Professor a. d. Univ. Edinburg. Nach der 2. Auflage übersetzt von Dr. F. und K. Mittelsten Scheid. XII u. 462 S. (Band XVII der Grundlehren der mathematischen Wissenschaften.) Berlin, Julius Springer, 1924. GM. 21.—, geb. GM. 22.50.

Das durch eindringende und klare Gedankenentwicklung ausgezeichnete Werk behandelt nach den Elementen die Hauptprobleme der höheren Mechanik, beginnend mit den lösbaren Problemen der Punktdynamik und der Dynamik starrer Körper. Es folgt eine kurze Theorie der Schwingungen, dann die nicht-holonomen Systeme, die Prinzipien der kleinsten Wirkung und der kleinsten Krümmung mit besonderer Bezugnahme auf Gauß und Hertz, die Hamiltonsche Form der Bewegungsgleichungen und deren Anwendungen, die Transformationstheorie der Dynamik, die Eigenschaften der Integrale dynamischer Systeme, die Reduktion des Dreikörperproblems mit Einbeziehung der Sätze von Bruns und Poincaré, endlich die allgemeine Theorie der Bahnkurven und die Integration durch trigonometrische Reihen. Eine große Zahl von Übungsaufgaben, größtenteils aus englischen Quellen, bietet ein reiches Anwendungsmaterial. P.

Aufgaben aus der technischen Mechanik. II. Dynamik und Hydraulik. Von Prof. N. SCHMITT. 2. Auflage, besorgt von Prof. Dr. G. Wiegner. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 559.) 96 S., mit zahlreichen Figuren. Leipzig, B. G. Teubner, 1925. Geb. GM. 1.80.

Die Aufgaben, von einem Schulmann herührend, sind auch für den Gebrauch an realistischen Anstalten zu empfehlen. Die Zahl der Aufgaben beträgt 198, die Lösungen nehmen den größten Teil des Bändchens (60 Seiten) ein. P.

Elementarmathematik vom höheren Standpunkt aus. Von FELIX KLEIN. 3. Aufl. I. Band: Arithmetik, Algebra, Analysis. Ausgearbeitet von E. Hellinger. Für den Druck fertig gemacht und mit Zusätzen versehen von Fr. Seyfarth. Mit 125 Abbildungen. XII u. 321 S. (Band XIV der Grundlehren der mathematischen Wissenschaften.) Berlin, Julius Springer, 1924. GM. 15.—, geb. GM. 16.50.

Diese Vorlesungen sind zum ersten Male 1908 in autographierter Ausgabe und danach noch einmal 1911 in gleicher Gestalt erschienen. Jetzt sind sie im Zusammenhang mit den gesammelten wissenschaftlichen Abhandlungen KLEINS im Druck herausgegeben, der vorliegende erste Teil bildet den XIV. Band der „Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen“. Zwei weitere Teile werden den Abschluß dieser Vorlesungen und die Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie bringen. Der vorliegende Band behandelt nur die Arithmetik, Algebra und Analysis. Hier ist namentlich, gemäß den Zielen der Kleinschen Unterrichtsreform, der Funktions-

begriff in den Mittelpunkt der Darstellung gerückt. Für den Lehrer der Physik sind besonders zwei Gegenstände beachtenswert: die Bemerkungen über die Lehre von den kleinen Schwingungen und die allgemeinen Ausführungen zur Differentialrechnung nebst dem Taylorschen Lehrsatz sowie historischen und pädagogischen Betrachtungen. Der Band wird sicher dazu helfen, die Kleinschen Gedanken in immer weiteren Kreisen zu verbreiten. P.

Die Geburt der modernen Mathematik. Von H. WIELEITNER. I. analytische Geometrie 60 S. — II. Die Infinitesimalrechnung 72 S. (Wissen und Können, Band 12 und 14.) Karlsruhe, G. Braun, G. m. b. H., 1924 und 1925. Je GM. 1.—.

Die beiden Bändchen geben auf historischer Grundlage eine leicht verständliche Einleitung in die beiden genannten Gebiete; beide betonen nachdrücklich die Zusammenhänge mit der griechischen Mathematik, der erste geht namentlich auf Fermat und Descartes, der zweite auf Leibniz und Newton näher ein; auf den Zusammenhang mit allgemeinen philosophischen Ideen wird hingewiesen. P.

Das Ding. Eine Einführung in das Substanzproblem. Teil I: Die Dinge der Naturwissenschaft. Von R. WINDERLICH. Karlsruhe i. B., G. Braun, G. m. b. H. 1924. 71 S. GM. 1.—.

In lebhafter, mit Beispielen und Zitaten reich durchsetzter Darstellung beleuchtet der Verfasser den Dingbegriff vom Standpunkte der Naturwissenschaft aus. Indem er die Lehre vom Aufbau der Materie bis zu den Elektronen und dem Weltäther verfolgt, bringt er die Wandelbarkeit des Dingbegriffs aufs deutlichste zum Bewußtsein. Kritische Gedanken über Raum und Zeit, Masse und Kausalität bilden den Schluß des interessant geschriebenen Büchleins. P.

Erziehung zur sparsamen Wärmewirtschaft. Von der Hauptstelle für Wärmewirtschaft. 4. Auflage. 56 Seiten. Verlag der Hauptstelle für Wärmewirtschaft in Darmstadt. GM. 0.40.

Das verdienstliche Schriftchen enthält außer den einschlägigen Belehrungen nebst Hinweisen auf deren Verwertung im Unterricht noch eine beachtenswerte Anleitung für die Behandlung des Lehrstoffes im Physik- und Chemieunterricht aus der Feder von Dr. W. VOLKMAN in Berlin. Sie sei für den Gebrauch an Volksschulen wie auf der Unterstufe höherer Lehranstalten besonders empfohlen. P.

Rudolf Arendts Technik der Experimentalkemie. Anleitung zur Ausführung chemischer Experimente. 5. umgearb. Auflage. Herausgeg. von Prof. Dr. L. DOERMER. Allgemeiner Teil, anorganische und physikalische Chemie, bearb. von L. DOERMER, organische Chemie von Dr. W. FRANCK. Mit 720 Abb. Leipzig, L. Voß, 1925. 732 S. GM. 26.50, geb. GM. 28.50.

Das Buch hat in der neuen Auflage eine erhebliche und, man darf wohl sagen, durchweg

erfreuliche Umarbeitung erfahren. Vor allem ist eine alte Lücke ausgefüllt: Der organischen Chemie ist zu ihrem Rechte verholfen. Man versteht es heute nicht mehr, wie es einer früheren Unterrichtsverwaltung in den Sinn kommen konnte, das Organische so weit einzuschränken, wie es z. B. auf dem Realgymnasium geschah. Ferner hat das Buch eine wohlthuende Kürzung erfahren. Die dafür seitens des Herausgebers angeführten Gründe sind als gerechtfertigt anzuerkennen. Andererseits sind über 70 neue Figuren (statt der fortgefallenen 300 veralteten) und eine erhebliche Zahl von neuen Versuchen, besonders auch von Schülerversuchen aufgenommen worden. Auf Einzelheiten einzugehen, möchten wir uns versagen. Erwähnt sei nur, daß auch auf die Unfallverhütung vielfältig Bedacht genommen ist, daß es jedoch zu weit geht, anzuempfehlen, das Gemisch von H_2 und Cl_2 im Hofmannschen geteilten Rohr „einige Stunden im zerstreuten Tageslicht stehen zu lassen“. Die Synthese kann ohne Gefahr sogleich, in derselben Unterrichtsstunde, erledigt werden. Die rechte Unfallverhütung möchte das Experimentelle im chemischen Unterricht nicht durch Vorsichtsmaßregeln einschränken oder gar hemmen, sondern es durch Hinweise auf mögliche Fehlergriffe nur von Fährlichkeiten befreien und es dadurch erweitern und heben. Alles in allem ist dem neugestalteten Buch der beste Erfolg zu wünschen. Hoffentlich wird es mit dazu beitragen, daß dem in Preußen durch die neuen Lehrpläne bereiteten Niedergang des chemischen Unterrichts bald wieder ein Aufstieg folgt.

O. Ohmann.

Entstehung und Eigenschaften der Elemente. Von KARL HACK. Physikochemischer Verlag, Würzburg-Süd (ohne Jahreszahl), 53 S. GM. 3,00.

Es ist anzuerkennen, daß die hier gebotene gemischt-spiralige Anordnung der Elemente gegenüber früheren rein-spiraligen Darstellungen, wie solche z. B. dem älteren Lehrbuch der Chemie von H. Erdmann als Tafel beigegeben wurde, erhebliche Vorteile zeigt. Die Hauptfigur ist jedoch viel zu klein gezeichnet (nur 6,5:7 cm), auch müßten Ordnungszahl und Atomgewicht mit angegeben sein. Durch einen Kunstgriff — Heraufdrehen der ersten unteren Halbspirale mit den Elementen $NOFNeNaMgAl$ — treten die gerade für den Unterricht wichtigen natürlichen Familien ebenso deutlich hervor, wie in der sonst üblichen Übersichtstafel. Das Hafnium ist noch nicht eingefügt. Daß durch diese „Eutropische Spirale“ und durch die übrigen, zuweilen sehr anspruchsvoll auftretenden Ausführungen der kurzen Schrift „Eine neue Universaltheorie, welche alle Probleme der Physik und der Chemie von einem einheitlichen mathematischen Standpunkt aus zu lösen vermag“, geschaffen sei, vermögen wir nicht zu unterschreiben. Immerhin sei die kritische Beschäftigung mit der Schrift hiermit empfohlen.

O. Ohmann.

Chemische Reaktionen in Gallerten. Von Dr. RAPHAEL ED. LIESEGANG, Frankfurt a. M. 2. umgearb. Aufl. Mit 39 Abb. Dresden u. Leipzig, Th. Steinkopff, 1924. 90 S. GM. 3.50.

Beiträge zu einer Kolloidchemie des Lebens. (Biologische Diffusionen.) Vom selben Verfasser, im gleichen Verlage. 3. Aufl. 1923. Mit 6 Abb. 40 S.

Die in der ersten Schrift beschriebenen Diffusionsvorgänge und Niederschlagsbildungen sind nicht nur für verschiedene Zweige der Technik, sondern auch für die Biologie und Medizin, wie für Mineralogie und Geologie von wachsender Bedeutung. Stützte sich die erste Auflage (1898) fast nur auf die Arbeiten von Pringsheim und vom Verfasser selbst, so bildet die vorliegende eine „vollkommene Neuschrift“, bei der — wie man aus dem „Autorenverzeichnis und Literatur“ ersehen kann — die Ergebnisse von mehr als 70 neueren Forschern berücksichtigt sind. Die Ausführungen zur Methodik der Untersuchung und die zahlreichen experimentellen Einzelheiten bieten nicht nur dem Chemiker, sondern auch dem Physiker viel Neues. Ebenso ist die Schrift allen Biologen, die histologische Studien treiben, dringend zu empfehlen. Verhältnismäßig am eingehendsten sind die „Rhythmischen Niederschlagsbildungen“ behandelt. Die meist erfreulich großen, scharfen Abbildungen belegen die einzelnen Vorgänge in überzeugender Weise und gewähren oftmals auch einen ästhetischen Genuß.

Von den vielseitigen Anwendungen der Kolloidchemie in Natur und Technik (vgl. hierzu den Bericht in *dies. Zeitschr.* 37, 55) haben die auf biologisch-medizinischem Gebiet liegenden naturgemäß einen besonderen Reiz. In der zweiten kurzen Schrift darf man nun nicht eine Zusammenfassung der bisherigen vielfältigen Leistungen auf diesem Gebiet erwarten, der Verfasser gibt hier nur ein „Sammelreferat über eigene Arbeiten, welche die Diffusion in kolloiden Medien betreffen“; diese Arbeiten sind aus dem „Institut für physikalische Grundlagen der Medizin der Universität Frankfurt a. M.“ hervorgegangen. Die Schrift beginnt mit elementaren Erscheinungen zur Diffusion und behandelt dann: Diffusionen unter chemischem Umsatz, scheinbare chemische Fernwirkungen, Kalkniederschläge in Gallerten, periodische Niederschlagsbildung, Keimwirkung in Gallerten, schließlich Assimilation, Dissimilation, Membranen. Im Unterricht werden wir uns freilich von den gebotenen Deutungen noch so lange fernhalten müssen, bis die Ergebnisse festere Gestalt angenommen haben. Gewiß ist es z. B. sehr interessant, die konzentrischen Kalkablagerungen rings um die Haversschen Kanäle (versehentlich wird in der Schrift, auch in Nr. 1, von Haverschen Kanälen gesprochen) im Knochengewebe mit den künstlichen ringförmigen Niederschlägen in Gallerten in Beziehung zu setzen; leider sind aber diese, vom Verfasser viel studierten, oftmals nach ihm „Liesegangsche Ringe“ genannten Bildungen selbst „durchaus noch nicht restlos geklärt“ (S. 25). Etwas Ähn-

liches ist es mit dem fermentativen Abbau und Wiederaufbau der Eiweißstoffe (im Nahrungskanal), der auf einen Dispersitätswechsel, auf ein abwechselndes Diffusibel- und Nichtdiffusibelwerden, also auf einen Wechsel der Teilchengröße, zurückgeführt werden kann. Allenthalben bietet die Schrift aber sehr wertvolle Anregungen. Besonders die Biologen seien eindringlich auf sie hingewiesen. O. Ohmann.

1. Kleines Praktikum der Kolloidchemie

Von Prof. Dr. WOLFGANG OSTWALD (Univ. Leipzig). 5. Aufl. Mit 21 Fig. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff, 1923. 174 S.

2. Die Welt der vernachlässigten Dimensionen.

Eine Einführung in die moderne Kolloidchemie, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen. Vom selben Verfasser, im gleichen Verlage. 1922. 7. u. 8. Aufl. 253 S.

Wohl infolge eines Zufalls sind die Arbeiten Wo. OSTWALDS in dieser Zeitschrift noch nicht zur Besprechung gelangt, mit Ausnahme eines Sonderheftes der Kolloidzeitschrift (ds. Zeitschr. 36, 280). Dies soll jetzt, wenigstens zum Teil, an den schon ziemlich weit vorgerückten Auflagen der beiden vorstehenden Bücher nachgeholt werden. Um das Gesamturteil gleich vorwegzunehmen: beide Bücher sind für die Schulchemie von außerordentlicher Bedeutung. Für alle, die bisher keine Gelegenheit hatten, kolloidchemische Versuche zu sehen, oder selbst auszuführen, ist das „Praktikum“ das beste Hilfsmittel zum Hineinarbeiten in das neue Gebiet. Die gründlichen experimentellen Angaben zu den Versuchen über die Herstellung kolloider Lösungen, über Dialyse und Ultrafiltration, über die optischen und elektrischen Eigenschaften der Kolloide, über Adsorption und Koagulation, ferner auch die genauen Handgriffe zur Herstellung verschiedener Gerätschaften, z. B. von „spontanen“ Ultrafiltern, sind zu diesem Zwecke besonders willkommen. Bei den Versuchen zur Oberflächenspannung wäre eine kurze Angabe über die sehr zweckmäßige Tropfenzählvorrichtung von RONA erwünscht. — Das zweite Buch, hervorgegangen aus einer großen Reihe von Vorträgen, die der Verfasser in Amerika auf Wunsch dortiger Universitäten abhielt, zeichnet sich durch besondere Frische der Darstellung aus. Hier wird auf Grund der geschichtlichen Entwicklung meisterhaft dargestellt, wie man zu den jetzigen Anschauungen über die Kolloide, und zu den scharfen Begriffsfassungen über die „dispersen Systeme“ überhaupt, gekommen ist. Klar tritt hervor, daß es sich hier um ein bisher vernachlässigtes Forschungsgebiet handelt, das zwar schon von SELMI und GRAHAM erschlossen wurde, das aber erst neuerdings richtig bearbeitet und ausgewertet wird, so daß es wie Neuland anmutet. Die überraschend zahlreichen Anwendungen der Kolloidchemie in Wissenschaft, Technik und Praxis werden ebenfalls in ungemein anregender und auch didaktisch wertvoller Weise erörtert, wobei die hübschen und zahlreicheren (34) Abbildungen noch besondere

Erwähnung verdienen. Nicht nur für den Chemiker sondern auch für den Physiker ist das Buch zur Einführung in die reizvolle Kolloidchemie vorzüglich geeignet. O. Ohmann.

Petrographisches Vademecum.

Von Dr. E. WEINSCHENK. Ein Hilfsbuch für Geologen, Geographen und Techniker. 3. u. 4. verb. Aufl. bearbeitet von Dr. JOSEF STINY, Prof. a. d. höh. Forstlehranstalt in Brück a. d. Mur. Mit 1 Taf. u. 104 Abb. Freiburg i. B., Herder u. Co. 1924. XI. u. 236 S. Geb. GM. 5.80.

Das hier (29, 53; 1916) bereits gekennzeichnete Buch hat alle Vorzüge der früheren Ausgaben beibehalten. Durch die zugefügte Erweiterung um 25 Seiten hat die Handlichkeit noch nicht gelitten. Die vom Neuherausgeber eingeflochtenen Ergänzungen, die stellenweise vorgenommenen Textumformungen, Verdeutschungen u. a. sind für weitere Kreise berechnet, so dass das ursprünglich nur für Geologen bestimmte Buch jetzt auch Geographen und Technikern willkommen sein wird. Wenn das Buch auch keine eigentlichen Bestimmungstabellen enthält, so kann es doch durch die genauen Kennzeichnungen und die zahlreichen praktischen Angaben auf geologischen Ausflügen treffliche Dienste leisten. Die vorzügliche Ausstattung verdient noch besondere Erwähnung. O.

Allgemeine Physiologie.

Eine systematische Darstellung der Grundlagen sowie der allgemeinen Ergebnisse und Probleme der Lehre vom tierischen und pflanzlichen Leben. Von A. VON TSCHERMAK. Erster Band: Grundlagen der Allgemeinen Physiologie. In 2 Teilen. Mit 109 Abb. XIV und 515 S. Berlin, Julius Springer, 1924. Geb. Mk. 48.—

Das Buch ist für den Unterricht in der organischen Chemie so wertvoll und beziehungsreich, daß allein aus diesem Grunde hier eine Besprechung notwendig ist. Es kommt jedoch noch hinzu, daß in dem Werk sowohl die Physik wie auch die Chemie in ungewöhnlich weitem Maße herangezogen werden, besonders in der ersten Hälfte „Allgemeine Charakteristik des Lebens. Physikalische und chemische Beschaffenheit der lebenden Substanz“. Die hier gebotene treffende „Charakteristik des unbelebten Stoffes und Vergleich mit dem belebten Stoffe“ enthält eine Fülle von wertvollen didaktischen Gesichtspunkten und Einzelheiten. Bemerkenswert ist in dieser Hinsicht die scharfe Grenze, die zwischen der Physiologie und der Naturphilosophie gezogen wird; beispielsweise wird das Problem der Entstehung von lebender Substanz nicht als ein physiologisches sondern als ein naturphilosophisches bezeichnet. Allgemeines Interesse bietet auch die mehr referierende, zuweilen aber auch kritisch durchleuchtete Darstellung der „Naturphilosophischen Lebenstheorien“, insbesondere des Monismus — oder vielmehr der verschiedenen Monismen (des chemischen, energetischen usw.) — und des Neovitalismus. Hier werden auch gang-

barste Münzen auf ihre ersten Präger zurückgeführt, so omne vivum ex ovo: Harvey, Purkinje; omnis cellula e cellula: R. Virchow; das umfassendste omne vivum e vivo: (W. Preyer, A. Wigand) wird als „über allem Zweifel erhaben“ bezeichnet. Im zweiten Teile: „Morphologische Eigenschaften der lebenden Substanz und Zellulärphysiologie“ wird zunächst das Protoplasma nach allen Richtungen hin betrachtet, wobei die Ergebnisse der kolloidchemischen Forschung weitgehend berücksichtigt sind, unterstützt durch vorzügliche Abbildungen, die vielleicht im ganzen noch etwas vermehrt werden könnten. Ebenso gründlich werden behandelt die Fermente sowie die Vererbungslehre. Hier finden sich auch die prägnanten Bezeichnungen W. Johannsens vom „Phänotypus“ (= persönliche Erscheinung, individuelles Gepräge) und „Genotypus“ (= innere Veranlagung, Gesamtheit der Erbfaktoren) mit eingeflochten. Das Interesse des Physiklers verdienen auch die Ausführungen zur Sinnesphysiologie, und zwar zur subjektivistischen Richtung derselben, der beispielsweise auch E. Mach nahesteht und zu deren Begründern A. von Tschermak selbst gehört, die sich übrigens auch mehrfach mit dem berührt, was in dieser Zeitschrift (38, 1 und 57) von M. Gebhardt in den beiden Aufsätzen „Goethe im Physikunterricht“ vorgetragen wurde. Zum Schluß wird ein umfassendes Bild der modernen Zellforschung geliefert; hier wird besonders der Biologe die reichste Ernte für seinen Unterricht auf der Oberstufe halten können. Das inhaltreiche, beiläufig auch vorzüglich ausgestattete Werk, in dem eine erstaunliche Verarbeitung der gesamten physiologischen Literatur mit genauesten Angaben vorliegt, ist jedem, der über die neueren Strömungen in der Biologie und über die wesentlichsten Forschungsergebnisse der führenden Physiologen näher unterrichtet sein will, warm zu empfehlen. Es sollte mindestens von allen Schulbibliotheken angeschafft werden. *O. Ohmann.*

Lehrbuch der Mineralogie. Von Dr. P. NIGGLI, Professor an der Universität Zürich. I. Allgemeine Mineralogie. Zweite Auflage. Mit 553 Fig. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1924, 16 u. 712 S. Geb. GM. 24.—.

Die vorzüglichen Eigenschaften des Werkes wurden bereits in dieser Zeitschrift (34, 94) ein-

gehend dargelegt. In der neuen Ausgabe haben besonders die Kapitel Kristallphysik und Kristallchemie eine Neubearbeitung erfahren, das Buch wendet sich gerade auch an die Physiker und Chemiker. Trotz aller lichtvollen Plastik in der Darstellung der Kristalloptik vermissen wir einen Faktor der Veranschaulichung: die Farbe; sie ist für die Interferenzbilder schlechterdings unentbehrlich. Eine Doppeltafel, wie in Groths Physikalischer Kristallographie, würde genügen (aber nicht, wie dort, mit bloßer Faltung eingefügt, sondern mit Weißblatt ganz herausklappbar). Den Forschungsergebnissen der Kolloidchemie kommt ein eigenes Kapitel: „Hydrosol- und Hydrogelbildung im Mineralreich“ entgegen. Allenthalben sind die eigenen Forschungen des Verfassers mit eingeflochten. Eine Übersicht über die Kristallsysteme und Kristallklassen ist ebenfalls hinzugekommen. Auch diese Neubearbeitung des Werkes sei aufs wärmste empfohlen. Angesichts der vorzüglichen Ausstattung ist der Preis als ein sehr mäßiger zu bezeichnen. Man darf dem zweiten, die „Spezielle Mineralogie“ behandelnden Teile mit Spannung entgegensehen. *O. Ohmann.*

Der kleine Brockhaus. Handbuch des Wissens in einem Bande, enthaltend über 40000 Stichwörter auf etwa 800 dreispaltigen Seiten, mit etwa 5000 Abbildungen und Karten im Text und auf 90 einfarbigen und bunten Tafel- und Kartonseiten, sowie 37 Übersichten und Zeitafeln. In 10 Lieferungen zu je Mk. 1.90. Lieferung 1. Leipzig, F. A. Brockhaus. 1925.

Ein gediegenes Realienbuch von staunenswerter Fülle des Inhalts bei gedrängtester Kürze. Naturgemäß nehmen biographische, historische und geographische Artikel den größten Raum ein; aber auch naturwissenschaftliche und technische Gegenstände werden in nicht zu knapper Auswahl dargeboten, die dem „Gebildeten“ völlig genügen wird, während der Fachmann, wie etwa der Physiker und Chemiker, andere Ansprüche stellt, denen nur ein Speziallexikon genügen kann. Aber man sehe Stichwörter wie „Arbeit“ oder „Atom“ an, und man wird sich überzeugen, wie scharf die Begriffsbestimmungen und wie auch den neuesten Forschungen gerecht werdend die Auskünfte sind. Lehrern wie Schülern wird das Buch Belehrung und Anregung bieten. *P.*

Vereine und Versammlungen.

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

27. Hauptversammlung in Hannover am 5.—8. April 1925.

Die Tagung stand unter dem Zeichen der Technik. Den ersten Vortrag in der Eröffnungssitzung hielt Herr KULKA, Direktor der Fabrik für Eisenhoch- und Brückenbau L. Eilers, in Hannover, über „Forderungen der Technik an die Schule“. Er forderte eine Erziehung zum technischen Verständnis der Gegenwart, die aber

nicht in weitgehender Spezialisierung, sondern nur in der mathematischen Schulung des Kopfes liegen könne. Darüber hinaus aber habe die höhere Schule die Pflicht, die Eigenschaften auszubilden, die zur Erziehung von Persönlichkeiten und Charakteren führen. — Prof. Dr. MIESSNER (Hannover) sprach über die moderne Immunitäts-

lehre, Professor Dr. ROTHE (Charlottenburg) über die Ausbildung der Mathematik und Naturwissenschaften, Prof. Dr. GEBHARDT (Dresden) über „Goethe als dichtender Physiker“ (man vgl. den Aufsatz des Vortragenden in Heft I und II dieses Jahrgangs dieser Zeitschrift).

Am 6. April sprach zuerst Prof. Dr. QUINCKE (Hannover) über das Verfahren der Luftstickstoffbindung. Von den vorgeführten Versuchen zeigte der erste Bunsens Anordnung, im glühenden Rohr ein Gemenge von Pottasche und Kohle mit Stickstoff zu Cyankalium umzusetzen; zwei weitere Versuche demonstrierten die von Frank und Caro gefundene Bildung des Kalkstickstoffs aus Carbid durch Aufnahme von Stickstoff bei 900° und die Entbindung von Ammoniak aus Kalkstickstoff durch Aufblasen von Wasserdampf; es folgte die Stickoxydverbrennung der Luft nach Birkeland, nach Schönherr und im Hörnerlichtbogen nach Pauling, dann der nur Spuren von Ammoniak liefernde Versuch der direkten Bildung dieser Verbindung aus den Elementen, endlich das Verfahren der Ammoniakdarstellung nach Haber und Bosch. — Studienrat Dr. WILKENS (Hannover) sprach über das Kali- und Ölorkommen in Hannover. — Privatdozent Dr. W. BACHMANN (Hannover) über Adsorption und ihre technischen Anwendungen, insbesondere die Verwendung von aktiver Kohle und von Kieselsäuregel. — Geheimrat Dr. KOHLRAUSCH führte glänzende Versuche über Wechselstromerscheinungen mit dem Oszillographen vor.

In der physikalischen Fachsitzung sprach Studienrat Dr. E. GÜNTHER (Dresden) über thermoelektrische Unterrichtsversuche als neues Beispiel des Forschungsunterrichts (der Vortrag wird in dieser Zeitschrift erscheinen). — Studienrat SCHULZE (Hannover) über die Behandlung einfacher Empfangsschaltungen im Unterricht und deren Demonstration durch große Schalttafeln mit schematischen Schaltungsskizzen. — Studienrat Dr. KENTEL (Peine) berichtete über moderne Empfangsschaltungen unter Berücksichtigung ihrer Verwendbarkeit für Schulvorführungen (der Vortrag wird ebenfalls in dieser Zeitschrift erscheinen). — Endlich führte Oberstudienrat Direktor PFERSDORFF (Groß-Umstadt, Hessen) eine kinematische Darstellung des Feldverlaufs eines ungedämpft schwingenden Oszillators vor, der nach einer Hertzschen Idee von dem verstorbenen Geheimrat Münch hergestellt war.

In der chemisch-biologischen Fachsitzung sprach Prof. Dr. DÖRMER (Hamburg) über Erfahrungen aus dem chemischen Arbeitsunterricht. Eine ausführliche Wiedergabe des Vortrags erscheint demnächst in dieser Zeitschrift. — Studienrat Dr. MANNHEIMER (Mainz) sprach über die methodische Einstellung des Chemieunterrichts auf den Oberklassen. Er sprach sich gegen die übermäßige Betonung technologischer Einzelheiten auf der Oberstufe aus. Der eigentliche Bildungswert bestehe in der Erkenntnis der allgemeinen Gesetzmäßigkeit des Naturgeschehens und der Einsicht in den Zusammenhang der Einzeltatsachen. Der Chemieunterricht müsse ständig Anschluß an die Nachbarwissenschaften suchen und damit in eine allgemeine Naturgeschichte einmünden. Die chemischen Grundlagen des Werdens und Vergehens, den ewigen Kreislauf des Stoffes und seine Wandlungen erkennen zu lehren, müsse das Ziel des Unterrichts sein, eine in Wahrheit humanistische Aufgabe.

Über die Schulreform in Preußen und anderen deutschen Staaten und auch in Deutsch-Österreich wurde eine Reihe von Referaten erstattet, an die sich eine EntschlieÙung anschloß. Diese brachte besonders zum Ausdruck: Die Verteilung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsstunden auf die einzelnen Fachgebiete werde mit voller Klarheit zeigen, daß das den Naturwissenschaften eingeräumte Zeitausmaß nicht ausreicht, um die den einzelnen Fächern eigenen Bildungswerte zur Geltung kommen zu lassen.

Über die Frage der Lehrerausbildung wurde ebenfalls eine Reihe von Referaten gehalten, an die sich auch eine EntschlieÙung anschloß. In dieser wurde gefordert: 1. Mehr Berücksichtigung der Bedürfnisse des späteren praktischen Lehrberufs schon auf der Hochschule; 2. bessere Ausbildung der Referendare der Mathematik und der Naturwissenschaften in praktischer Werkstatt- und Laboratoriumsarbeit; 3. Berücksichtigung der besonderen Eigenart der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer in der Prüfung; 4. Einrichtung von Fortbildungskursen für die Studienassessoren und Studienräte; Fachberatung durch Oberstudienräte in zweckmäßiger Berücksichtigung der Bedürfnisse der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer.

Näheres über die Verhandlungen findet man in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften 1925, Nr. 4 und 5. (P.)

Aus Werkstätten.

Verkaufsvereinigung Göttinger Werkstätten für Feinmechanik, Optik und Elektrotechnik. Die Vereinigung hat, um Verwechslungen zu vermeiden, ihren Namen in **Vereinigung Göttinger Werke für Feinmechanik, Optik und Elektrotechnik** G. m. b. H.

umgeändert. Sie umfaßt die alten Göttinger

Firmen Sartoriuswerke, Gebr. Ruhstrat, Spindler & Hoyer, Elektroschaltwerk und Genossen u. a.

Ein soeben herausgegebenes Preisverzeichnis von Unterrichtsapparaten enthält u. a. geodätische Instrumente für Schulzwecke, ein Schulfernrohr für Fernsicht und astronomische Beobachtungen, eine neue Ruhstratschalttafel.

Eine neue Wechselstrombogenlampe. Von Leppin & Masche, Berlin SO 16, Engelufer 27.

Aus Anlaß der Mitteilung der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht über die elektrische Anlage in der Schule (*ds. Ztschr.* 37, 251–256) haben wir eine Wechselstrombogenlampe hergestellt, die zu dem Transformator von 60 Volt Leerlauf, 35 Volt bei 15 Amp. paßt und die doppelte Lichtstärke bisheriger Projektionswechselstrombogenlampen gleicher Stromstärke gibt. Wie bei unserer seit 12 Jahren gebauten Gleichstrombogenlampe stehen die Kohlen parallel, aber nicht über, sondern nebeneinander. Die Zündung wird bewirkt, indem man von vorn her einen dünnen Kohlenstift gegen die Kohlen spitzen hält und nach Berührung mit beiden lang-

sam wieder herauszieht. Wenn die Lampe auch einer Gleichstrombogenlampe weder an Lichtstärke noch an Helligkeit der Kraterfläche gleichkommt, so ist sie doch für physikalische Versuche sehr brauchbar und Lichtquellen anderer Art weit überlegen. Die bisherigen Wechselstrombogenlampen übertrifft sie an Helligkeit und Ruhe des Lichtes und an bequemer Handhabung. Der erforderliche Transformator kostet nur einen kleinen Bruchteil des für Gleichstrombogenlampen erforderlichen Umformers und kommt mit der kleinen Steckdose für 6 Amp. aus, so daß auch weniger bemittelten Schulen die Beschaffung einer guten Lichtquelle für optische Versuche möglich wird.

Korrespondenz.

Zu dem Artikel „Grün als subtraktive Mischfarbe“ von Herrn Oberstudienrat Prof. Dr. M. GEBHARDT (*ds. Ztschr.* 38, 91) möchte Unterzeichneter vom chemischen Standpunkt aus einige Bemerkungen bzw. Ergänzungen hinzufügen, um die Physiker, die den instruktiven Versuch wiederholen wollen, vor etwaigen Mißerfolgen beim Mischen der beiden farbigen Lösungen zu bewahren. Befolgt man die Anweisung, sich „eine möglichst konzentrierte Lösung von Kaliumbichromat einerseits und Kupfersulfat andererseits“ herzustellen, so kann man beim Mischen zuweilen auf Niederschläge von braunem Kupferchromat stoßen. Man hat es eben mit zwei mehr oder weniger stark ionisierten Salzlösungen zu tun, die beim Mischen gewöhnlich zu chemischen Umsetzungen führen. Mischt man z. B. 1 ccm konz. Kupfersulfatlösung mit 2 ccm konz. Kaliumbichromatlösung, so erhält man sogleich ein braunes Kupferchromat. Auch ohne sichtbaren Niederschlag gibt sich die angedeutete chemische Einwirkung dadurch zu erkennen, daß in der Mischung der Tyndallkegel auftritt, der in den molekulardispersen Ausgangslösungen fehlt. — Ferner erscheint der Farbton der konz. Bichromatlösung als kein sehr günstiger Ausgangspunkt, wenn man nachweisen will, daß Gelb mit Blau gemischt Grün gibt. Jene Lösung gilt allgemein als „rot“; kaum wird sie als gelbrot oder gelborange angesprochen, da das Rot doch zu stark überwiegt. Um die rote Lösung mehr ins Gelbe überzuführen und dadurch dem Versuch erst die genügende Beweiskraft zu geben, muß man sie erheblich, etwa auf das 6–7fache, verdünnen; selbst dann ist der rötliche Farbton noch ziemlich störend. Gibt man also zu je 1 ccm abgekühlter konz. Kaliumbichromatlösung (100 g Wasser lösen bei 10° 8,5, bei 20° 13, bei 100° 102 g) je 6 ccm Wasser, und fügt zu 25 ccm Kupfersulfatlösung (die man, mit dem Verfasser, konzentriert verwenden kann) in einem Hofmannschen Kelchglase 20–25 ccm jener verdünnten Bichromatlösung, so erhält man eine geeignete grüne Lösung. Bei diesen Dosierungen geht man von einem leidlichen Gelb aus, und der Versuch gelingt ohne besonders störende Nebenwirkungen.

Es liegt nahe, statt des roten Bichromates das gelbe Monochromat zu verwenden, das eine rein gelbe Lösung gibt; diese ist aber leider ganz unbrauchbar, denn sie gibt, auch in Verdünnungen, sofort mit Kupfersulfatlösung ein tiefbraunes Kupferchromat. — Um von einem wirklichen Gelb auszugehen und überhaupt Stoffe zu benutzen, die keine ausgesprochenen Salze darstellen, und die nicht oder nur wenig ionisiert sind, bieten sich verschiedene Farbstoffe der organischen Chemie dar; man müßte sie aber besonders beschaffen, während die beiden obigen Salze in jedem Laboratorium vorliegen. Man kann aber auch von den Farbstoffen des „Original-Wilhelm Ostwald-Norm-Farbkasten“ (in einfachster Form schon zu 0,80 Mk. erhältlich) ausgehen. Das dortige „Gelb“ gibt, trotz seines nicht gerade sehr vertrauenerweckenden Aussehens, eine vorzügliche, rein gelbe Lösung. Stellt man sich mittels Tuschpinsels eine solche her, filtriert sie in ein Hofmannsches Kelchglas und fügt von einer Lösung der 6. Farbe, des „Eisblau“ (das viel ausgiebiger ist als das Gelb), nur eine geringe Menge hinzu, so erhält man ein leuchtendes, sehr dauerhaftes Grün; das Gemisch zeigte auch nach mehreren Wochen keinerlei Veränderung.

Die vorstehenden Zeilen wollen weniger auf Mängel hinweisen, als vielmehr mit dazu beitragen, daß der zweckmäßige Mischungsversuch im Unterricht im Anschluß an den reizvollen Inhalt des Aufsatzes „Goethe im Physikunterricht“ (*ds. Ztschr.* 38, 1 u. 57), auch wirklich, und zwar mit Sicherheit und Leichtigkeit, ausgeführt werde.
O. Ohmann.

Zum elektrischen Ventil, von A. LÖWENHERZ in Heft 2 dieses Jahrgangs, S. 94. Die Firma Dr. Stöhrer & Sohn (jetzt Fritz Kohl G. m. b. H.) in Leipzig teilt uns mit, daß die Vorrichtung bereits auch in ihrem Preisverzeichnis F.N. über Holtzsche Fußklemmen bekanntgegeben und unter Nr. 50240 abgebildet ist. Man vergleiche auch Weinhold, Demonstrationen, 3. Aufl., Fig. 424. Die Vorrichtung kann auch zur Erläuterung des Detektors dienen.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1925.

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

W.Z. 0h	Juli						August						Sept. 3
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
♃ {	AR 8h 5m	8.41	9.12	9.39	10.1	10.19	10.32	10.38	10.37	10.28	10.13	9.56	9.52
	D +22,2 ^o	+19,9	+17,2	+14,4	+11,5	+8,9	+6,6	+4,9	+4,2	+4,6	+6,3	+8,7	+10,9
♀ {	AR 8h 17m	8.43	9.7	9.32	9.55	10.18	10.42	11.4	11.26	11.48	12.10	12.32	12,53
	D +21,2 ^o	+19,8	+18,2	+16,3	+14,3	+12,1	+9,8	+7,4	+4,9	+2,4	-0,2	-2,8	-5,4
♁ {	AR 6h 54m	7.15	7.35	7.55	8.15	8.35	8.54	9.13	9.32	9.51	10.10	10.28	10.46
	D +22,9 ^o	+22,3	+21,7	+20,8	+19,8	+18,7	+17,5	+16,1	+14,6	+13,0	+11,4	+9,6	+7,8
♂ {	AR 8h 32m	8.45	8.58	9.11	9.23	9.36	9.48	10.1	10.13	10.25	10.37	10.49	11.1
	D +20,1 ^o	+19,3	+18,4	+17,5	+16,5	+15,5	+14,5	+13,4	+12,3	+11,1	+9,9	+8,7	+7,5
♃ {	AR 19h 19m		19.14		19.9		19.4		19.0		18.57		18.56
	D -22,4 ^o		-22,6		-22,8		-22,9		-23,0		-23,1		-23,2
♃ {	AR 14h 24m				14.25				14.28				14.33
	D -11,7 ^o				-11,9				-12,2				-12,7

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

Δ	18h	18.	18.	18.	19.	19.	19.	20.	20.	20.	21.	21.	21.
	49m 43s	9.36	29.19	49.1	8.44	28.27	48.8	7.52	27.35	47.18	7.1	26.44	46.27
Zeitgl.	+4m 12s	+5.1	+5.39	+6.6	+6.19	+6.18	+6.0	+5.28	+4.41	+3.42	+2.30	+1.6	-0.26

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. St. Z.														
☉	Aufg.	3h 44m	3.48	3.54	4.0	4.7	4.15	4.23	4.32	4.40	4.48	5.57	5.4	5.14
	Unterg.	20h 24m	20.21	20.16	20.11	20.4	19.56	19.48	19.38	19.28	19.18	19.7	18.57	18.44
Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. St. Z.														
☾	Aufg.	19h 36m	23.3	0.31	3.32	8.43	14.43	20.0	22.13	0.1	4.22	10.3	16.4	19.28
	Unterg.	2h 59m	9.11	15.14	19.58	22.10	24.10	3.58	10.41	16.14	19.32	21.17	24.24	5.35

Mondphasen W.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Juli 20.	21h 39.9m	Juli 28.	20h 22.8m	Juli 6.	4h 53.8m	Juli 12.
	Aug. 19.	13h 14.7m	Aug. 27.	4h 46.1m	Aug. 4.	11h 59.0m	Aug. 11.	9h 10.7m
					Sept. 2.	19h 53.0m		

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

I		II		III		IV	
Juli 1.	22h 16.5m E	Aug. 2.	21h 7.6m A	Juli 5.	1h 15.4m E	Juli 6.	1h 11.9m E
" 9.	0h 10.7m E	" 9.	23h 2.3m A	" 22.	22h 30.7m A	Aug. 3.	20h 34.8m A
" 10.	20h 35.7m A	" 17.	0h 57.0m A	" 30.	1h 7.7m A	" 11.	0h 35.1m A
" 17.	22h 49.9m A	" 18.	19h 25.7m A	Aug. 16.	19h 41.7m A		
" 25.	0h 44.4m A	" 25.	21h 20.6m A	" 23.	22h 19.6m A		
		Sept. 1.	23h 15.5m A	" 31.	0h 57.7m A		

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

St.Z.	♀ Abendstern	♀ Abendstern (Zw, J)	♂ (Zw, L, J)	♃ (Steinbock)	♃ (Wg)
Juli 5.	Da 21,2h U 21,5h	Da 20,9h U 21,6h	Da 21,4h U 21,7h	Da 21,4h Dm 2,7h	Da 21,6h U 0,5h
" 15.	Da 21,1h U 21,4h	Da 20,8h U 21,4h	Da 21,3h U 21,2h	Da 21,2h Dm 2,9h	Da 21,5h U 23,9h
" 25.	Da 20,8h U 21,0h	Da 20,6h U 21,1h	—	Da 20,9h U 2,8h	Da 21,3h U 23,3h
Aug. 4.	—	Da 20,3h U 20,8h	—	Da 20,6h U 2,0h	Da 21,0h U 22,6h
" 14.	—	Da 20,0h U 20,4h	—	Da 20,3h U 1,3h	Da 20,7h U 22,0h
" 24.	—	Da 19,6h U 20,1h	—	Da 20,0h U 0,6h	Da 20,3h U 21,4h
Sept. 3.	—	Da 19,2h U 19,8h	—	Da 19,7h U 23,9h	Da 10,9h U 20,7h

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.
 W.Z. Merkur in Konjunktion mit Venus, Juli 11. 2h, 6' S. Merkur in Konjunktion mit Mars, Juli 11. 3h, 15' N. Merkur in gr. östl. Elong. 27° 11', Juli 28. 16h. Sternbedeckungen: α Tauri, A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Geh. Studienrat Professor Dr. F. Poske, Berlin-Dahlem.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.