

## Weitere Beiträge über die Benutzung eines selbsttätigen Wechselkontaktes und die Bestimmung sehr kleiner Kapazitäten.

Von Franz Hochheim in Weißenfels a. S.

Das Prinzip des selbsttätigen Wechselkontaktes und seine hauptsächlichsten Verwendungen sind in dieser Zeitschrift **30**, S. 117 ff. und **31**, S. 207 angegeben: benutzt wurde ursprünglich eine Stricknadel, die durch eine von Wechselstrom durchflossene Spule zu Schwingungen und dadurch Herstellung wechselnder Kontakte gezwungen wurde, durch die ein Kondensator auf dieselbe Spannung immer wieder auf- und entladen wird.

Beim Arbeiten mit dem Wechselkontakt treten also an Stelle von kontinuierlichem Gleichstrom regelmäßige Kondensatorentladungen: sie lassen die Begriffe Elektrizitätsmenge, Stromstärke, Kapazität usw. scharf hervortreten und bieten andererseits Meßmethoden für Kapazitäten und Induktivitäten.

Die Benutzung wechselnder Kontakte ist als solche nicht neu: wie in dieser Zeitschrift **30**, S. 45 zu sehen, hat bereits kein geringerer als WERNER v. SIEMENS sie zur Messung von Kondensatoren angewandt. Auch heute dienen in der messenden Physik selbsttätige Wechselkontakte besonders zu Kapazitätsbestimmungen (vgl. z. B. das Kapitel über elektrostatische Kapazität in KOHLRAUSCHS Lehrbuch der praktischen Physik); dabei gelangen dann allerdings nicht Geräte von so primitiver Gestalt wie das von mir benutzte zur Verwendung, sondern Apparate von hoher technischer Vollkommenheit<sup>1)</sup>.

Wenig bekannt dürfte die Benutzung von Wechselkontakten im Unterricht sein, speziell die Betätigung derselben durch Wechselstrom, zu der ich seinerzeit (1915) durch Herrn Prof. SCHÖNHALS in Naumburg a. S. angeregt wurde. Der Wechselkontakt ist hier, wie oben angedeutet und weiterhin zu zeigen, sehr vielseitig verwendbar.

Die Beschaffung eines technisch vollkommenen Wechselkontaktes kommt natürlich für Schulen der Kosten wegen nicht in Betracht, ist aber auch nicht nötig, da auch Messungen mit primitiveren Vorkehrungen Resultate ergeben, die für den Unterricht völlig ausreichen. Zur Zeit benutze ich eine von Herrn SCHÖNHALS hergestellte Apparatur (Fig. 1). *N* ist eine Stahllamelle, die bei *Zw* in einer kleinen Schraubzwinge befestigt und mit der Klemmschraube *K* leitend verbunden ist; *K* und *Zw* sind auf einem Brett mittels Ebonitunterlage festgemacht. *Sp* ist ein Hufeisenelektromagnet (Größe wie bei der elektrischen Klingel), der mit Wechselstrom (oder zerhacktem Gleichstrom) beschickt wird; die Hufeisenform empfiehlt sich gegenüber einer einfachen Spule dadurch, daß bei ersterer die Kraftlinien einen durch die Lamelle fast völlig geschlossenen

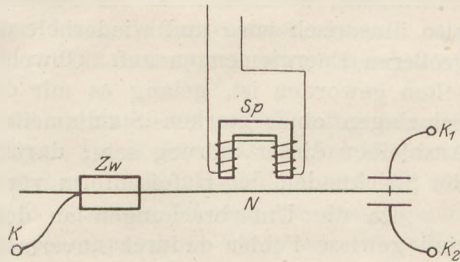


Fig. 1.

<sup>1)</sup> Eine sehr vollendete Form ist z. B. die von Giebe, vgl. E. Orlich, Kapazität und Induktivität, 1909, Braunschweig, Vieweg, S. 208.

Kreislauf im Eisen finden, wodurch die Lamellenschwingungen auch bei Erregung durch schwachen Wechselstrom hinreichend kräftig ausfallen<sup>1)</sup>. Die Schwingungen bewirken wechselndes Anschlagen der Lamelle an den Kontakten  $K_1$  und  $K_2$ , wodurch eine bei  $K$  angeschlossene Kapazität abwechselnd auf- und entladen wird.

Beim Betriebe des Wechselkontaktes sind verschiedene Störungen möglich, die man zu vermeiden trachten wird. Unvermeidlich, aber glücklicherweise ohne merklichen Einfluß auf die Resultate sind gelegentliche Unregelmäßigkeiten des Wechselstromes, der die Lamelle in Schwingungen setzt. Ursache von Fehlern können dagegen die folgenden Störungen sein. Zunächst können die Kontakte ( $K_1$  oder  $K_2$ ) dauernd oder vorübergehend aussetzen: ein auf Zeitmessung beruhender Versuch (Coulombmessung, Wärmemessung) kann dadurch illusorisch werden, da er vorzeitig unterbrochen wird. Die Kontakte müssen darum vor Anstellung der Versuche genau eingestellt werden, wodurch man vor dieser Störung sicher ist; von dem Gelingen dieser Einstellung kann man sich durch die unten beschriebene Telephonprobe überzeugen. An beiden Kontakten  $K_1$  und  $K_2$  bilden sich ferner stets größere oder kleinere Unterbrechungsfunken: bei Kontakten aus leicht schmelz- und verdampfbarem Metall kann darum besonders bei Entladung größerer Energiemengen (d. h. bei Benutzung größerer Kapazitäten und Spannungen) Lichtbogenbildung, d. h. Dauerstrom eintreten, der z. B. für angelegte Galvanometer verhängnisvoll wird. Die von mir früher benutzten Zinkkugeln (*ds. Zeitschr.* **30**, S. 117) und erst recht Quecksilberkontakte sind darum zu ver-

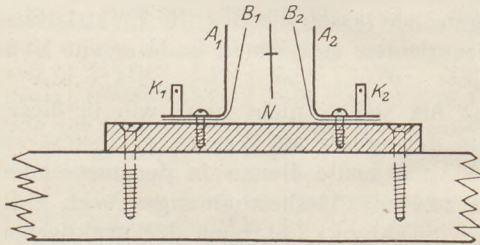


Fig. 2.

werfen; bei den jetzt benutzten Messingkontakten<sup>2)</sup> habe ich diese böse Erfahrung nicht wieder gemacht. Es empfiehlt sich aber bei Verwendung empfindlicher Strommesser in den Ladungs- oder Entladungskreis eine möglichst niedrige Sicherung<sup>3)</sup> zu legen. Derselben Ursache wie die Lichtbogenbildung entspringt eine andere ärgerliche Störung, nämlich das Kleben der Lamelle an einem Kontakt infolge Anschweißens, wodurch auch der Versuch unterbrochen, ein auf Zeitmessung beruhender also illusorisch wird und wiederholt werden muß. Auch diese Störung tritt nur bei größeren Energiemengen auf. Obwohl sie bei guter Einstellung der Kontakte sehr selten geworden ist, gelang es mir doch nicht, sie völlig zu vermeiden: kräftiges Schwingen einer starken Stahllamelle (vgl. oben) dürfte die beste Gewähr für das Ausbleiben dieser Störung sein; darum gebe ich jetzt der Lamelle den Vorzug vor der Stricknadel, der Hufeisenform vor der einfachen Spule.

Da die Unterbrechungen an den Kontakten nach sehr kurzer Zeit erfolgen, sind gewisse Fehler dadurch unvermeidlich, daß die Ladungen und Entladungen bei Unterbrechung noch nicht ganz vollendet sind. Diese Fehler sind aber bei den meisten Versuchen sehr gering; es wird unten auf sie näher eingegangen (vgl. S. 208 f.). Um sie möglichst herabzudrücken, wird man die Berührungszeiten so lang wie möglich machen.

Die Kontakte an dem von Herrn SCHÖNHALS hergestellten und von mir zur Zeit benutzten Gerät haben darum folgende Form (Figur 2):  $A_1$  und  $A_2$  sind starke

<sup>1)</sup> Die Schwingungen sind so kräftig, daß es durchaus nicht nötig ist, die Lamelle auf eine bestimmte Schwingungszahl abzustimmen: sie folgt in recht weiten Grenzen den Änderungen der Wechselstromfrequenz, wie sich durch die unten angegebene Telephonprobe zeigen läßt.

<sup>2)</sup> Am besten wären natürlich Platinkontakte.

<sup>3)</sup> Als solche nehme ich z. B. die Sicherungen der Hitzdrahtvoltmeter von Hartmann & Braun. — Nicht einschalten darf man zur „Sicherung“ hohe Widerstände, z. B. Glühlampen; diese würden die Ladungs- bzw. Entladungsvorgänge verlangsamen und dadurch zu ganz falschen Resultaten führen. Vgl. S. 208 f.

Messingbügel,  $B_1$  und  $B_2$  federnde Messingblättchen; zwischen  $A_1$  und  $B_1$  bzw.  $A_2$  und  $B_2$  wird etwas gefaltetes Papier oder Watte gebracht und zweckmäßig mit Fischleim befestigt, wodurch die Schwingungen der  $B_1$  und  $B_2$  einigermaßen aperiodisch werden; die Lamelle  $N$  ist an der Spitze mit einem Eisenstift durchbohrt, der gegen die Blättchen schlägt. An den Klemmschrauben  $K_1$  und  $K_2$  werden Ladungs- und Entladungskreis angelegt. Der ganze Kontaktteil der Figur 2 ist durch eine Ebonitplatte von dem Grundbrett getrennt. Auch diese Einrichtung ist jedenfalls noch verbesserungsbedürftig und -fähig, da die Reinigung der Federn von sich bildendem Oxyd nicht ganz leicht ist und die genaue Einstellung durch Verschiebung des Papiers oder der Watte geschehen muß: ein durch Schrauben regulierbarer Kontakt wäre jedenfalls vorzuziehen<sup>1)</sup>. Immerhin gestattet auch diese Apparatur recht brauchbare Resultate zu gewinnen.

Der Betrieb des Wechselkontaktes geschieht, wie oben gesagt, zweckmäßig durch Wechselstrom, der der Spule  $S_p$  (Fig. 1) zugeführt wird: ein Vorversuch ohne Benutzung der übrigen Apparatenteile ( $K$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ) kann dem Auge und Ohr des Schülers recht deutlich zeigen, daß die Lamelle unter dem Einfluß des Wechselstroms schwingt. Die vielseitige Verwendbarkeit des Wechselkontaktes ließ es aber wünschenswert erscheinen, ihn auch dort benützungsfähig zu machen, wo kein Wechselstrom zur Verfügung steht<sup>2)</sup>.

Das geschieht dadurch, daß man der Spule  $S_p$  zerhackten Gleichstrom zuführt; zu dem Zwecke wird zwischen  $S_p$  und die Gleichstromquelle eine Gleichstromklingel geschaltet, von der zweckmäßig zur Erhöhung der Unterbrechungszahl die Kugel des Klöppels entfernt wird. Man darf hierbei, um kräftige Schwingungen zu erhalten, die Voltzahl der Gleichstromquelle nicht zu niedrig nehmen, da der Strom durch die zwei hintereinandergeschalteten Spulen (Klingel und  $S_p$ ) erheblichen Widerstand erfährt, auch remanenter Magnetismus sich geltend macht, der bei Wechselstrom vermieden wird. Die Benutzung der Klingel hat nur den einen Nachteil, daß der an sich nicht geräuschlos arbeitende Wechselkontakt dadurch noch mehr Lärm macht, wovon man sich nur durch Unterbringung der Klingel im Nebenzimmer befreien kann. Dies erweist sich als notwendig, wenn man, wie unten angegeben, die Kontaktfrequenz telephonisch festlegen will.

Bei Verwendung des Wechselkontaktes wird stets dieselbe Schaltung benutzt, die sich den Schülern darum leicht einprägt (Figur 3):  $N$  ist die Lamelle, die unter dem Einfluß des (nicht gezeichneten) Spulenstromes die Kontakte  $K_1$  und  $K_2$  abwechselnd berührt, dadurch den Kondensator  $C$  abwechselnd auf die Gleichstromspannung  $V$  aufladend und durch den Verbrauchsapparat  $G$  über die dreiteilige Klemme  $Kl$  entladend.

Diese Schaltung gebraucht man auch bei der oben erwähnten Telephonprüfung, die man zweckmäßig vor jeder Unterrichtsstunde, in der der Wechselkontakt gebraucht werden soll, vornimmt, um sich von der richtigen Einstellung der Kontakte zu überzeugen. Für  $C$  wird ein Papierkondensator, für  $V$  ein galvanisches Element, für  $G$  ein Telephon gesetzt. Sind die Kontakte in Ordnung, so gibt das Telephon einen reinen, tiefen, ununterbrochenen Ton von der doppelten Wechselstromfrequenz ( $2n$ ), da jede Stromphase die Lamelle anzieht; ist der Ton unregelmäßig oder bleibt ganz aus, so muß der Kontakt verbessert werden. Mit einer etwas größeren Voltzahl kann man den Ton auch leicht so laut machen, daß er in der

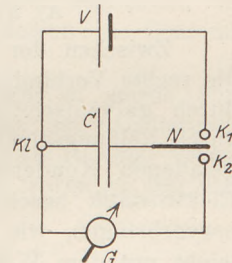


Fig. 3.

<sup>1)</sup> Die Physikalischen Werkstätten („Phywe“) in Göttingen wollen eine vervollkommnete Form in den Handel bringen.

<sup>2)</sup> Herr Schönhals hat auch einen Wechselkontakt gebaut, der direkt mit Gleichstrom erregt werden kann, und beabsichtigt hierüber in einem besonderen Aufsätze zu berichten.

näheren Umgebung des Telephons gehört wird, und dies empfiehlt sich dann, wenn man die Telephonprüfung im Unterricht dazu benutzt, die sekundliche Zahl der Kondensatorentladungen  $2n$  — ich nenne sie im folgenden zum Unterschied von anderen Frequenzen die Kontaktfrequenz — zu bestimmen: auf einem Monochord wird mit dem Steg der im Telephon gehörte Ton festgelegt, ebenso der Ton einer Normalstimmgabel; das reziproke Saitenlängenverhältnis gibt das Verhältnis von  $2n$  zur Stimmgabelfrequenz. Die immerhin zeitraubende Bestimmung von  $2n$  ist nicht immer nötig — man braucht sie besonders bei Kapazitätsmessungen —, häufig ist sie einfacher zu vollziehen: so lese ich, da ich den Wechselstrom mit einem rotierenden Umformeraggregat herstelle,  $2n$  an einem damit gekoppelten Tachometer ab oder bestimme es genauer mit Tourenzähler und Stoppuhr (Zählung der Sekundenzahl, in der die Maschine 1000 Umdrehungen macht). Bei Betrieb des Wechselkontaktes mit zerhacktem Gleichstrom dürfte aber die telephonische Bestimmung von  $2n$  das nächstliegende sein. Am bequemsten ist natürlich die Benutzung eines Frequenzmessers mit abgestimmten Zungen, dessen Besitzes sich aber wohl nur wenige Schulsammlungen freuen dürften.

Die Verwendung des Wechselkontaktes ist von mehrfacher Art.

#### A) Aufstellung bzw. Bestätigung von Gesetzen.

Zwischen der Elektrostatik und dem Galvanismus fehlt im Unterricht häufig die rechte Verbindung. Wenn auch gezeigt wird, daß ein empfindliches Elektrometer durch galvanische Elektrizität zu entsprechenden Ausschlägen veranlaßt wird wie durch Reibungselektrizität, so ist doch die Erkenntnis von Vorteil, daß die in einem geladenen Kondensator aufgespeicherten Elektrizitätsmengen, mit denen sich die Elektrostatik beschäftigt, beim Abströmen quantitativ genau dieselben Wirkungen hervorbringen, wie die von galvanischen Elementen erzeugten. Das kann nun sehr leicht mit dem Wechselkontakt gezeigt werden: die Begriffe, Spannung, Kapazität, Elektrizitätsmenge, Stromstärke, elektrische Energie gewinnen hierdurch eine weitere wesentliche Beleuchtung und Befestigung<sup>1)</sup>.

Ich gebe im folgenden die Versuchsergebnisse wieder, die ich im Unterricht des letzten Schuljahres (1921/22) gewonnen habe. Die Schaltung ist immer die der Figur 3. Für  $V$  wurden 110 bzw. 220 Volt der Gleichstrom-Lichtleitung<sup>2)</sup>, für  $C$  Batterien von Papierkondensatoren<sup>3)</sup> gesetzt, letzthin 12 bzw. 24  $MF$ , welche letztere durch Parallelschaltung einer zweiten 12  $MF$ -Batterie hergestellt wird. Vor den Schülern wurde zunächst die Gleichheit beider Batterien dadurch gezeigt, daß ein für

<sup>1)</sup> Es gilt dies natürlich nur für die quantitative Behandlung in den oberen Klassen und zwar gleichgültig, ob diese in O II oder I erfolgt, und gleichgültig auch, ob in der Elektrostatik die absoluten Einheiten aus den Eigenschaften des Feldes hergeleitet sind, oder ob in elementarer (an die Wärmelehre anknüpfender) Weise einfach die praktischen Einheiten zugrunde gelegt sind. Über beide Fragen habe ich mich früher (*ds. Zeitschr.* 30, S. 113) ausgesprochen, und mein Standpunkt ist noch derselbe. Eine Betrachtung des elektrischen Feldes kann auch am Schlusse der Elektrizitätslehre vor Behandlung der elektrischen Wellen erfolgen.

<sup>2)</sup> Führt die Lichtleitung Wechselstrom und ist kein Umformeraggregat von mindestens 200 Volt Gleichstrom vorhanden, dann muß man, wenn die Versuche nicht sehr lange dauern sollen, zu Batterien von Trockenelementen oder Akkumulatoren seine Zuflucht nehmen; letztere kann man sich leicht selbst bauen, da sie nur ganz geringe Kapazität haben müssen. Gleichrichter (Hg — oder elektrolytische) eignen sich jedenfalls für diese Versuche nicht, da sie keine gleichbleibende, sondern pulsierende Spannung haben.

<sup>3)</sup> Auf die Ungenauigkeit der angegebenen Werte von käuflichen Papierkondensatoren habe ich schon (*ds. Zeitschr.* 30, S. 121) hingewiesen. In den letzten Jahren habe ich die trübe Erfahrung gemacht, daß eine im Kriege gekaufte Batterie von damals genau 15  $MF$  ganz erheblich an Kapazität nachgelassen hat, nämlich nur noch etwa 12  $MF$  hat, während die früher gekauften Kondensatoren ihre Kapazität behalten haben. Man muß also vor Anstellung der Versuche die Batterien prüfen (vgl. Kapazitätsmessungen unter B 1) und *ds. Zeitschr.* 30, S. 121) und mit ihrer wirklichen Kapazität rechnen.

$G$  gesetztes Galvanometer (Figur 3), wenn abwechselnd beide Batterien bei gleicher Spannung  $V$  durch den Wechselkontakt auf- und entladen wurden, gleiche Ausschläge zeigte. Nun wurden folgende Kombinationen gebildet:

a) 12 MF 110 V	b) 24 MF 110 V	c) 12 MF 220 V	d) 24 MF 220 V
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Die genaue Kenntnis der Kontaktfrequenz  $2n$  ist für diese nur orientierenden Versuche nicht nötig; wir rechneten mit  $2n = 60$ , da unser Umformer ungefähr 30 Umdrehungen pro sek. macht.

1. Chemische Wirkungen (30, S. 118): Für  $G$  (Figur 3) wird eine Zersetzungszelle<sup>1)</sup> von verdünnter  $H_2SO_4$  gesetzt oder deren zwei in Serie.

Die Versuche ergaben in den Fällen  $a-d$  jedesmal 2,8 ccm  $H_2$ , wenn die Versuchsdauer bei

a) 5 Min.	b) und c) 2½ Min.	d) 1¼ Min.
-----------	-------------------	------------

betrug, und dieselbe Menge  $H_2$  entwickelte sich bei Hintereinanderschaltung zweier Zellen in jeder. Es gibt also dieselbe Coulombzahl (hier z. B. für a)  $12 \cdot 10^{-6} \cdot 110 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 5 = 23,76$ ) stets die gleiche Menge  $H_2$ , und die zersetzten Mengen sind den Coulombs genau proportional. Damit ist es wohl begründet, die Coulombzahlen durch die Zersetzungsmengen zu messen: 1 Coulomb äquivalent 0,174 ccm Knallgas oder 0,116 ccm  $H_2$  normal<sup>2)</sup>.

2. Magnetische Wirkungen (30, S. 119). Für  $G$  (Figur 3) wurde eine Tangentenbussole mit 20 Windungen gesetzt. Hierbei ist es nötig, um oszillierende Entladungen zu vermeiden, der Bussole einen Widerstand von etwa 10 Ohm vorzuschalten. Die Ausschläge (Mittel aus 4 Ablesungen) und ihre  $tg$  waren in den vier Fällen:

a) $8\frac{1}{4}^\circ$ 0,33	b) $33\frac{1}{8}^\circ$ 0,65	c) $32\frac{3}{4}^\circ$ 0,64	d) $52\frac{3}{8}^\circ$ 1,30
---------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Die magnetischen Wirkungen sind also den Ampères proportional, denn die Coulombs pro sek. sind in den einzelnen Fällen:

a) $12 \cdot 10^{-6} \cdot 110 \cdot 60 = 0,08$	b) 0,16	c) 0,16	d) 0,32
---	---------	---------	---------

3. Thermische Wirkungen (30, S. 119). Für  $G$  (Figur 3) wurde ein in 120 ccm Wasser gesenkter Draht von etwa 10 Ohm Widerstand gesetzt. Jede Temperaturmessung wurde nach 3 Minuten Stromdurchgang vollzogen. Die Resultate waren an Erwärmungen und entwickelten Kalorienzahlen:

a) $1,4^\circ C$ 0,17 Kal	b) $3,0^\circ$ 0,36	c) $6,4^\circ$ 0,77	d) $12,5^\circ$ 1,5
------------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Die Versuche zeigen hinreichend genau die Proportionalität der Ladungsenergien bzw. Stromarbeiten mit den Voltcoulombs. Ein weiterer Versuch nach  $d$ ) (24 MF und 220 Volt), bei dem zwei annähernd gleiche Drähte von etwa je 10 Ohm in 0,12 bzw. 0,14 kg Wasser gesenkt und in Serie geschaltet waren, ergab Erwärmungen von  $6,0^\circ C$  bzw.  $5,6^\circ C$ , d. h. pro Draht 0,72 bzw. 0,78 Kal., zusammen also das Resultat von  $d$ ): es findet mithin eine Verteilung der Energie auf die Drähte statt (im Gegensatz zu den Coulombs, vgl. Versuchsreihe 1!).

Übrigens ergeben thermische Versuche am leichtesten ungenaue Resultate und bedürfen darum einer besonders sorgfältigen Einstellung der Kontakte ( $K_1$  und  $K_2$ ); denn im Momente des Losreissens wird der Widerstand an den Kontakten sehr groß,

<sup>1)</sup> Ich benutze hierbei jetzt Zellen, die der von Friedr. C. G. Müller angegebenen (Phys. Technik, Fig. 201, S. 286) nachgebildet sind.

<sup>2)</sup> Man darf natürlich nicht etwa diese gesetzlich festgelegten Zahlen mit ungenau geeichten Kondensatoren „herleiten“ wollen!

was das Auftreten der Unterbrechungsfunken durch Erhitzung erklärt, in denen ein Teil der Energie verzehrt wird.

4. Die Ladungsenergie eines Kondensators. Vgl. 30, S. 120. Der Versuch verläuft wie unter 3d), bedarf aber genauer Bestimmung der Größen  $C$  (vgl. unten),  $V$  und  $2n$ . Die leicht zu berechnende Kalorienzahl pro Entladung sei  $a$ , dann ist die Kondensatorenergie  $x \cdot C \cdot V^2 = a$  Kal., woraus sich  $x$  etwa gleich der Hälfte von  $0,00024$  Kal. =  $\frac{1}{2}$  Joule berechnet. Auch wenn man im Besitze eines gut gegen Wärmeverluste geschützten Stromkalorimeters ist, wird man gerade bei diesem Versuche kein Präzisionsresultat erhalten können, da eben ein nicht unerheblicher Teil der Ladungsenergie bei der Funkenbildung am Wechselkontakt aufgezehrt wird. Ich erhielt (allerdings mit einem einfachen Glaskolben) immer Werte zwischen  $0,00010$  und  $0,00011$  Kal. So wird man sich mit einem nur ungefähren Resultat begnügen müssen, das aber immerhin den charakteristischen Wert  $\frac{1}{2} CV^2$  Joule für die Ladungsenergie des Kondensators erkennen läßt.

#### B) Messungen.

Es lassen sich Kapazitäten von Kondensatoren und Konduktoren, Dielektrizitätskonstanten und Spuleninduktivitäten messen.

1. Die Kapazitätsmessungen sind didaktisch dadurch besonders wertvoll, daß sie den Zusammenhang zwischen strömender und statischer Elektrizität aufrecht erhalten; an den Plattenkondensator und die Konduktoren lassen sich ferner leicht Betrachtungen über das elektrische Feld anknüpfen. Die ersten Messungen schließen sich ungezwungen den anderen Messungen (Strom, Spannung, Widerstand) an; auf späterer Stufe (bei den elektrischen Wellen) finden die feineren Messungen ihren Platz. Das Messungsverfahren mit Hilfe des Wechselkontaktes ist sehr einfach: an Stelle von  $V$  (Figur 3) tritt eine genau gemessene Gleichstromspannungsquelle,  $G$  ist ein Galvanometer von bekanntem (oder zu messendem) Reduktionsfaktor; es zeige den Strom  $J$  an. Die Kontaktfrequenz ( $2n$ ) muß hier genau bekannt sein und wird nach einem der oben angegebenen Verfahren bestimmt. Es ist dann

$$C = \frac{J}{2n \cdot V} \dots \dots \dots (1)$$

Die Messungen vollziehen sich sehr schnell, und man kann leicht von einer ganzen Reihe der verschiedensten Kondensatoren die Kapazitäten nacheinander messen. Für den Anfang eignen sich vor allem Papierkondensatoren und Leydener Flaschen (auch in Parallel- und Serienschaltung), sowie Drehkondensatoren. Über die Resultate solcher Messungen vgl. *d. Zeitschr.* 30, 121. Beim Plattenkondensator und den Konduktoren ist, wie gleich zu zeigen, eine Korrektur nötig, die am besten der späteren Stufe vorbehalten bleibt; doch kann man dem Anfänger leicht bei ersterem das Anwachsen der Kapazität mit abnehmendem Plattenabstand und bei Einschiebung einer dielektrischen Platte demonstrieren und hat den Vorteil, dies auf doppelte Art tun zu können, nämlich mit dem Elektrometer (Sinken des Ausschlages bei Näherung der Platten) und ganz unabhängig davon mit dem Wechselkontakt und Galvanometer (Steigen des Ausschlages bei Näherung).

Gewisse Besonderheiten sind bei der Messung sehr kleiner Kapazitäten zu beachten: Von größter Wichtigkeit ist zunächst eine genügende Empfindlichkeit des benutzten Galvanometers, aber auch genügende Ausnutzung vorhandener Empfindlichkeit; man projiziere den Ausschlag auf möglichst große Entfernung! Galvanometer pflegen ferner nicht extra gut gegen die Erde isoliert zu sein; die bloße Berührung mit einem Außenleiter einer 220-Voltleitung kann darum schon einen erheblichen Ausschlag hervorrufen. Es gelingt nur mit großer Mühe, alle Teile ad hoc so zu isolieren, daß diese Störung fortfällt; besser ist es, man arbeitet überhaupt hierbei nicht mit beiden Außenleitern, sondern mit einem Außenleiter und dem Nullleiter und legt letzteren an die dreiteilige Klemme in Figur 3. Endlich spielt die

Eigenkapazität des Wechselkontaktes und die der Zuleitungen<sup>1)</sup> hier eine erhebliche Rolle und darf nicht vernachlässigt werden: aber man muß auch den richtigen Wert dafür nehmen! Die folgenden Versuchsergebnisse werden dies genauer zeigen.

Es wurde z. B. ein kugelförmiger Konduktor von 8,4 cm Radius gemessen, dessen theoretische Kapazität also  $8,4:(9 \cdot 10^{11}) = 9,33 \times 10^{-12}$  Farad ist. An der linken Seite von  $V$  in Figur 3 liegt der Nullleiter oder die Wasserleitung<sup>2)</sup>, an der rechten ein Außenleiter der Lichtleitung; der Konduktor tritt an Stelle der rechten Seite von  $C$  und die linke Seite ist die Erde, so daß die dreiteilige Klemme überflüssig ist und das einfachere Schema der Figur 4 entsteht. Bei  $V = 122$  Volt und einer Kontaktfrequenz  $2n = 2000/35$  wurden die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werte für  $C$  gefunden:

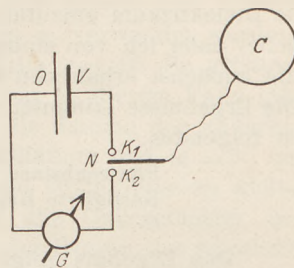


Fig. 4.

	Kapazität in Farad Differenz gegen a)	
a) Konduktor mit Wechselkontakt und Draht	$22,4 \times 10^{-12}$	
b) Wechselkontakt allein	$10,2 \times 10^{-12}$	$12,2 \times 10^{-12}$
c) Wechselkontakt mit gestrecktem Draht	$15,3 \times 10^{-12}$	$7,1 \times 10^{-12}$
d) Wechselkontakt mit zurückgebogenem Draht	$12,2 \times 10^{-12}$	$10,2 \times 10^{-12}$

Die ursprüngliche Messung (a) ergab nämlich einen Galvanometerausschlag von 22 cm, d. h. bei einem ad hoc gemessenen Reduktionsfaktor von  $7,1 \cdot 10^{-9}$  Amp. nach der obigen Formel (1) den viel zu großen Wert  $22,4 \times 10^{-12}$  Farad. Nun wurde zunächst die Kapazität des Wechselkontaktes für sich bestimmt (b), ihr Abzug vom Werte (a) ergab für den Konduktor den immer noch zu großen Wert  $12,2 \times 10^{-12}$ . Die Kapazität des den Konduktor mit dem Wechselkontakt verbindenden Drahtes muß also auch berücksichtigt werden. Es wurde darum an den Wechselkontakt der Draht wieder angeschlossen, wobei ihm die ursprüngliche gestreckte Form gelassen wurde, als wenn er noch an dem Konduktor befestigt wäre, und der Abzug des gefundenen Wertes (c) von (a) ergab nunmehr für den Konduktor den zu kleinen Wert  $7,1 \times 10^{-12}$ . Die Überlegung, daß die Elektrizitätsansammlung in dem vom Konduktor gelösten Drahte infolge der Spitzenwirkung größer sein müßte als bei Verbindung mit dem Konduktor, führte endlich darauf, den Draht im Kreise herum an den Wechselkontakt zurückzuführen, also doppelt an diesem zu befestigen, wobei dann die Elektrizitätsverteilung ungefähr als dieselbe angenommen werden kann, wie bei angeschlossenem Konduktor. Nunmehr ergab sich nach Abzug des gefundenen Wertes (d) von (a) für den Konduktor der ungefähr richtige Wert von  $10,2 \times 10^{-12}$  Farad. Für einen kleineren Konduktor des theoretischen Wertes  $5,2 \times 10^{-12}$  fand sich auf dieselbe Weise  $6,2 \times 10^{-12}$ . Bemerkenswert ist, daß Versuche mit Drähten verschiedener Dicke das Endresultat nicht merklich beeinflussten. Eine größere Genauigkeit ist nicht gut möglich, da kleinere Ausschläge als cm nicht sicher zu beobachten sind. Die erhaltenen Resultate sind aber auch deswegen nicht unbefriedigend, da der eine Konduktor durch eine Messingschraube von einigen Zentimetern im Ebonitfuß, der andere durch eine zylindrische Messinghülse am Glasfuß befestigt ist, wodurch natürlich die Kapazität etwas über den theoretischen Wert erhöht wird. Ich halte es jedenfalls für einen Vorteil, daß man imstande ist, auch so kleine Kapazitäten wie Konduktoren wenigstens ungefähr durch einen schnellen Versuch festzulegen.

Die Eigenkapazität des Wechselkontaktes und der Zuführungsdrähte ist, wie man sieht, so groß, daß sie auch bei anderen kleinen Kapazitäten berücksichtigt

<sup>1)</sup> Auch bei den dünnsten Drähten ist die Kapazität überraschend groß; vgl. hierüber die Abhandlung von Friedr. C. G. Müller (*d. Zeitschr.* **30**, 249).

<sup>2)</sup> In letzterem Falle muß man die Spannung zwischen dem benutzten Außenleiter und der Wasserleitung messen, da der Nullleiter nicht immer genau Erdspannung hat.

werden muß, so bei dem Plattenkondensator, dem ich, weil er den einfachsten Fall eines elektrostatischen Feldes darstellt, den größten didaktischen Wert beilege; bietet er doch z. B. die beste Gelegenheit, die Begriffe der Feldstärke und des Potentials im Dielektrikum einzuführen. Analog den Versuchen in ds. Zeitschr. **30**, 121 (2. Tabelle) habe ich vor einem Jahre und kürzlich neue Versuche gemacht, bei denen aber die zunächst erhaltenen Werte durch Abzug der Eigenkapazitäten korrigiert wurden. Die Ergebnisse stimmten in beiden Fällen fast genau überein: das zuletzt gewonnene ist folgendes:

Plattenabstand $d$ in cm	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Korrigierte Kapazität in $10^{-12}$ Farad	91	63	49	40	34
$C \cdot d$	18,2	18,9	19,6	20,0	20,4

Das Ergebnis zeigt zunächst die ungefähre Proportionalität der Kapazität mit dem reziproken Plattenabstand gemäß der Formel  $C = c \cdot F/d$ , wo  $c$  die „Dielektrizität“ oder Kapazität pro ccm,  $F$  die Flächengröße ist; es ergibt sich aber auch die allmähliche Abweichung von der Formel mit zunehmendem Plattenabstand, und es bietet die Erklärung, daß ein Teil der Feldlinien bei größer werdendem Abstand nach der Erde statt nach der auf Null gehaltenen Platte strebt, keine Schwierigkeit: das ist m. E. auch der natürliche Übergang zum Felde des Konduktors, dem nicht mehr homogenen Felde<sup>1)</sup>! Aus dem naturgemäß am meisten der Formel entsprechenden Werte von  $C$  bei 0,2 cm Plattenabstand ergibt sich endlich für die „Dielektrizität“  $c$  der dem wirklichen sehr nahe Wert  $10^{-12} : (\pi \cdot 3,52) = 10^{-14} \cdot 9,05$  statt  $10^{-12} : (\pi \cdot 3,60) = 10^{-14} \cdot 8,84$  Farad.

Bei größeren Kondensatoren (von der Ordnung der Leidener Flaschen ab aufwärts) kommt natürlich die Eigenkapazität des Wechselkontakts und der Drähte nicht mehr in Betracht; dagegen kann sich bei sehr großen Kapazitäten (z. B. Papierkondensatoren) als Fehlerquelle die Eigentümlichkeit des Wechselkontakts geltend machen, daß die Unterbrechungen an den Kontakten nach sehr kurzer Zeit erfolgen, die unter Umständen nicht für die Vollständigkeit der Entladung hinreicht. Um über den jeweiligen Fehler orientiert zu sein, habe ich die Dauer einer Berührung in folgender Art bestimmt: für  $C$  wurden 15 MF, für  $G$  eine Spule ( $L = 7 \cdot 10^{-3}$  Henry) gesetzt; der Entladungsstrom wurde außerdem mit der Braunschen Röhre analysiert (vgl. **29**. S. 1 ff.). Die Oszillationsfrequenz berechnet sich aus  $C$  und  $L$  zu etwa 500/sek. Nun ergab das Bild der Entladungskurve im rotierenden Spiegel gerade einen Berg und ein Tal, dann riß die Kurve ab: die Berührung dauert also etwa  $\frac{1}{500}$  Sek. Bei Messung größerer Kapazitäten muß man also trachten, in  $\frac{1}{500}$  Sek. die Entladung möglichst zu vollenden. Dazu ist zunächst erforderlich, daß die Entladung aperiodisch und nicht oszillierend ist: denn eine Oszillation kann bei größerer Kapazität, wie das Kurvenbild zeigt, vorzeitig unterbrochen werden, so daß die Entladung ganz unvollständig wird. Versuche mit einem Papierkondensator und einem Wiedemann-Galvanometer schwächster Empfindlichkeit an der Braunschen Röhre ergaben, daß die Vorschaltung von 10 Ohm im Entladungskreise die Entladung gerade aperiodisch macht. Mehr Widerstand einzuschalten, ist wieder schädlich, da die Entladung dadurch verlangsamt, also auch wieder unvollständig wird. Die theoretische Berechnung ergibt z. B., daß für  $\frac{1}{500}$  Sek. bei 24 MF und 20 Ohm ein Fehler von etwa  $1\frac{1}{2}\%$ , bei 10 Ohm nur von  $0,02\%$  zu erwarten ist, während für 12 MF schon bei 20 Ohm der Fehler nicht mehr als  $0,023\%$  sein dürfte. So kleine Fehler würden am Galvanometer gar nicht merklich sein. Aber

<sup>1)</sup> Berücksichtigt man andererseits die Arbeit, die man beim Auseinanderziehen der Platten eines geladenen, isolierten Kondensators zu leisten hat, und die gleichzeitige Zunahme der Spannung, so gewinnt man auch für letzteren Begriff nun die richtige Vorstellung. Die Hypothese von der Verschiebung der Elektronen im Dielektrikum schließt sich hier naturgemäß an: je weiter die Kondensatorplatten auseinandergezogen werden, einen um so größeren Teil des Dielektrikums muß man polarisieren, was eben den Arbeitsaufwand erklärt.



in Wirklichkeit sind die Fehler größer, da im Moment des Losreißen der Widerstand in unkontrollierbarer Weise zunimmt. Bei Messung an dem betr. Wiedemann-Galvanometer hatte ich folgende Ausschläge, die die wirklichen Verhältnisse wiedergeben, wobei zwei Batterien (I und II) von nominell 12 MF einzeln und parallel (3. Reihe) geschaltet bei verschiedenen Vorschaltwiderständen  $w$  verwendet wurden:

$C$	$w = 0$	$w = 10$	$w = 20$
I	2,6	2,7	2,6
II	2,9	3,0	2,9
I + II	5,0	5,6	5,2

Offenbar erhält man im Falle  $w = 10$  die größten, d. h. besten Werte und nur in diesem Falle gibt die 3. Reihe fast genau die Summe der anderen, während bei  $w = 0$  (Oszillation) und  $w = 20$  (zu langsamer Stromabfall) die letzte Reihe zu kleine Werte zeigt. Nicht für alle Galvanometer bedeutet natürlich  $w = 10$  den Beginn der Aperiodizität.

Als Regel für Messung größerer Kapazitäten ergibt sich so das Folgende: Man verwende möglichst Galvanometer von geringer Empfindlichkeit und Widerstand oder drücke durch einen Shunt kleinen Widerstandes die Empfindlichkeit so weit herab, daß sie für den betreffenden Kondensator gerade ausreicht; dann setze man soviel Widerstand vor die Verzweigung, daß der Ausschlag maximal wird. — Übrigens lassen sich an Papierkondensatoren Präzisionsmessungen schon wegen des dielektrischen Rückstandes nicht machen. Aber Messungen nach dem angegebenen Verfahren ergeben doch Resultate, die für Schüler genau genug sind und auch als Grundlage der unter A) verwandten Kapazitäten ausreichen. Bei kleineren Kapazitäten ( $< 1 MF$ ) sind die angegebenen Vorsichtsmaßregeln überflüssig;  $1/500$  Sek. reicht völlig aus um sowohl eine Oszillation, als eine durch hohen Galvanometerwiderstand verlangsamte Entladung bis auf einen unmerklichen Rückstand durchzulassen.

2. Wie man mit dem Wechselkontakt für die Dielektrizitätskonstanten befriedigende Werte erhalten kann, habe ich in ds. Ztschr. 30, S. 122 gezeigt.

3. Die Messung von Induktivitäten.

Während man bei Kapazitätsmessungen die Entladungen durch den Wechselkontakt möglichst aperiodisch zu gestalten sucht, kann man die bei kleinen Ohmschen Widerständen auftretenden oszillatorischen Entladungen am Wechselkontakt zur Bestimmung der Induktivität von Spulen leicht benutzen. In der Abhandlung dieser Zeitschr. 31, S. 197 habe ich auf S. 207 ein Verfahren angegeben, das diesen Zweck erfüllt. Die dortige Figur 8, nebenstehend als Fig. 5 wiedergegeben, zeigt wieder das Schaltungsschema der Fig. 3 dieser Abhandlung: nur liegen im Entladungskreis ( $K_2 GKL$ ) in Serie die zu messende Spule  $L$  und ein Hitzdrahtampèremeter  $A$ ; parallel zur Spule ist ein Hitzdrahtvoltmeter gelegt. Man braucht weder die Spannung  $V$  noch die Kontaktfrequenz  $2n$  zu kennen, wird erstere nur so bemessen, daß beide Hitzdrahtinstrumente ablesbare Ausschläge zeigen, und sich vorher überzeugen, daß die Instrumente auch richtig zeigen; eventuell muß man Korrektionstabellen anlegen. Außerdem bedarf man der genauen Kenntnis der Kapazität des verwendeten Papierkondensators  $C$ . Zeigt das Voltmeter den Spannungsabfall  $E$ , das Ampèremeter den Strom  $J$  an, so ist

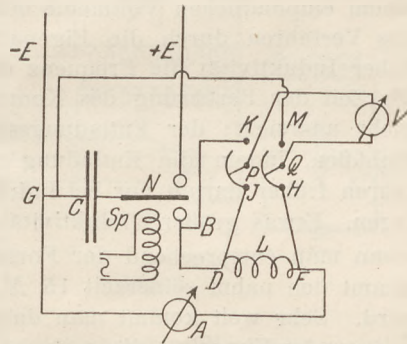


Fig. 5.

$$L = C \cdot \left(\frac{E}{J}\right)^2 \dots \dots \dots (2)$$

Ist die zu messende Induktivität so klein, daß neben ihr die Induktivität des übrigen Entladungskreises nicht vernachlässigt werden darf, so ist noch eine zweite Messung

nötig, bei der das Voltmeter parallel zum ganzen Entladungskreise gelegt wird. Sind die nunmehrigen Angaben der Instrumente  $E'$  und  $J'$ , so ist

$$L = C \cdot \frac{E \cdot E'}{J \cdot J'} \cdot \dots \dots \dots (3)$$

In der Figur 5 ist eine Wippenschaltung entworfen, die die beiden Messungen unmittelbar nacheinander auszuführen gestattet. Über die Ableitung der Formeln und die Resultate der Messungen, die in  $OI$  bei der Behandlung der Wechselströme vollzogen werden, vgl. **31**, S. 208—210. Die Messungen vollziehen sich äußerst schnell und liefern, wie die Tabelle **31**, S. 211 zeigt, recht brauchbare Resultate. Allerdings unterliegt die Anwendbarkeit des Wechselkontaktverfahrens zur Bestimmung von Induktivitäten gewissen Einschränkungen. Zunächst setzen die einfachen Formeln voraus, daß die zu messenden Spulen eisenfrei sind und daß ihr Ohmscher Widerstand gegenüber dem induktiven vernachlässigt werden kann: das ist z. B. nicht der Fall bei Sekundärspulen von Funkeninduktoren, aber auch nicht bei sog. Resonanzspulen nach Oudin oder Seibt; diese würden auch kaum die verhältnismäßig starken Entladungsströme ohne Schaden ertragen. Die untere Grenze für Messungen ist nur durch die Empfindlichkeit und den Ohmschen Widerstand des Hitzdrahtvoltmeters gegeben: so gelang es mir noch, die Induktivität eines einfachen Drahtkreises von 5 cm Radius zu messen, und es würde sich wohl auch für einen geraden Draht ein genauerer Wert gewinnen lassen (vgl. *ds. Ztschr.* **31**, 211) mit einem empfindlichen Voltmeter höheren Widerstandes<sup>1)</sup>. Nach oben hin ist dagegen das Verfahren durch die Eigenart des Wechselkontaktes insofern begrenzt, als bei hoher Induktivität die Frequenz der oszillierenden Entladung so niedrig wird, daß die Zeit der Berührung des Kontaktes<sup>2)</sup> für ein Ausschlagen der Entladung nicht mehr ausreicht; der Entladungsstrom kann so seinen periodischen Charakter ganz einbüßen, indem die Entladung nur noch einseitig stattfindet. Ich habe das Verfahren früher darum nur bei Induktivitäten angewandt, deren Werte unter  $10^{-3}$  Henry lagen. Etwas größere Induktivitäten kann man mit dem Verfahren doch noch messen, wenn man entsprechend der Formel  $T = 2\pi \cdot \sqrt{LC}$  die verwandte Kapazität kleiner nimmt (ich nahm seinerzeit 15 *MF*), wodurch die Oszillationsfrequenz wieder erhöht wird. Sehr weit kommt man dabei aber aus dem Grunde nicht, weil bei Verkleinerung der Kapazität die gesamte Ladungsenergie schließlich so gering werden kann, daß das Hitzdrahtampèremeter nicht mehr anspricht; außerdem verlieren hierdurch die einfachen Formeln ihre strenge Gültigkeit, da die Voltmeterströme sowohl die Oszillationsfrequenz als die Dämpfung stärker beeinflussen: die für größere Induktivitäten gewonnenen Resultate haben also mehr orientierenden Wert, und das gleiche gilt für Spulen, deren Ohmscher Widerstand nicht ganz klein ist. Auch ungefähre Resultate können aber zuweilen willkommen sein, z. B. bei der Bemessung von Stufen- spulen für Schwingungskreise (Antennen), da man die feinere Abstimmung doch mit Drehkondensatoren bewirken wird.

### C. Elektrische Schwingungen.

Die Möglichkeit schneller Messungen von Kapazitäten und Induktivitäten ist besonders wertvoll für die Behandlung der elektrischen Schwingungen; erst durch die Kenntnis dieser Größen hat man hierbei festen Boden unter den Füßen, da man in jedem Falle mit Leichtigkeit die Schwingungszahl berechnen kann<sup>3)</sup>. Man kann den Wechselkontakt aber auch unmittelbar als Hilfsapparat bei elektrischen

<sup>1)</sup> Unser Instrument hat nach Entfernung des Vorschaltwiderstandes bei einer Empfindlichkeit von 0,6 Volt nur einen Widerstand von 20 Ohm. Es ist wohl anzunehmen, daß sich bei Verwendung eines dünneren Hitzdrahtes beides steigern ließe.

<sup>2)</sup> Vgl. oben S. 208 f.

<sup>3)</sup> Vgl. hierüber z. B. *ds. Ztschr.* **31**, S. 210 und 212.

Schwingungen benutzen. Zunächst kann er nach Figur 3 als Schwingungserzeuger dienen (wie bei den Induktivitätsbestimmungen, vgl. oben), wenn an Stelle von  $G$  eine Spule tritt. Da die Kontaktfrequenz einem tiefen Ton entspricht, der innerhalb des Hörbarkeitsbereichs liegt, kann man sich die akustische Aufnahme (vgl. oben die Telephonprobe) bei den Schwingungen zunutze machen. So habe ich Wellenlängen gemessen: neben die Spule ( $G$  in Figur 3) wurde ein (von der „Elmag“ bezogener) Wellenmesser mit angeschlossenem Telephon gesetzt: die Einstellung des Wellenmessers auf die der Oszillationsfrequenz entsprechende Wellenlänge ließ im Telephon ein deutliches Maximum des Kontakttones erkennen. So hatte ich mit dem Wechselkontakt nach B 1) die Kapazität eines Glimmerkondensators  $C=6,62 \cdot 10^{-9}$  Farad, die Induktivität einer Spule nach B 3)  $L=3,8 \cdot 10^{-5}$  Henry bestimmt, woraus  $\lambda=947$  m folgt; das Tonmaximum war bei Einstellung des Wellenmessers auf  $\lambda=945$  m zu hören. Solche Versuche kann man natürlich vielfach variieren. Für den Wellenmesser, der nicht überall vorhanden sein wird, kann ein anderer abstimbarer Schwingungskreis mit Detektor und Telephon gesetzt werden, den man mit dem durch den Wechselkontakt erregten Kreis in Resonanz bringen kann. Bei allen diesen Versuchen ist der Wechselkontakt Schwingungserreger, also quasi ein Summer. In dessen wird man im allgemeinen einen wirklichen Summer wegen des höheren Tones vorziehen; doch kann der Wechselkontakt für einen nicht vorhandenen oder defekten Summer als Ersatz herangezogen werden. — Eine andere Verwendung des Wechselkontaktes bietet die Möglichkeit, ihn als Unterbrecher zu benutzen, wobei man zweckmäßig beide Kontakte  $K_1$  und  $K_2$  verbindet: um einen höheren Ton zu erhalten (Figur 6). So kann er dazu dienen, das Prinzip des Tickers zur Aufnahme ungedämpfter Schwingungen zu zeigen: der ungedämpfte Röhrenkreis  $I$  wirkt auf einen Tonprüfer oder einen anderen aperiodischen Schwingungskreis  $II$ , in dessen Telephonleitung der Wechselkontakt  $N$  liegt; bei Annäherung der Spulen beider Kreise hört man deutlich den Kontaktton, der bei Entfernung wieder verschwindet; es sind also die von  $I$  herrührenden Schwingungen, die den Detektor erregen, und der Wechselkontakt verwandelt diese kontinuierliche, im Telephon an sich nicht wahrnehmbare Erregung in einen hörbaren Ton. Übrigens empfiehlt es sich, bei diesen immerhin lautschwachen Versuchen den Wechselkontakt im Nebenzimmer unterzubringen, um durch das Geräusch desselben nicht gestört zu werden.

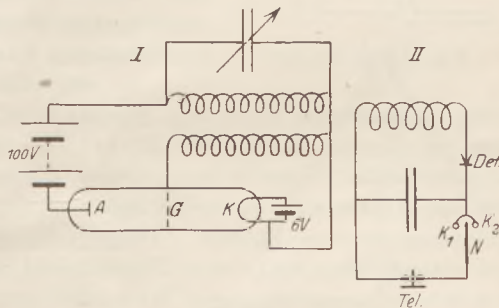


Fig. 6.

Der Wechselkontakt besitzt also Eigenschaften, die ihn zum Schulapparat geeignet machen: leichte Herstellbarkeit, Übersichtlichkeit der Anordnung, die bei allen Versuchen wiederkehrt, und vielseitigste Verwendbarkeit; dabei liefert er Resultate, die sich meist in sehr kurzer Zeit gewinnen lassen und an Genauigkeit allen Anforderungen entsprechen, die man an Schulversuche stellen kann.

## Einige Polarisationsversuche.

Von Prof. Diehl in Alsfeld in Hessen.

Das Interesse für Polarisationsversuche im Unterricht ist mit Recht stets lebhaft gewesen und in den letzten zwei Jahrzehnten erheblich gewachsen. Insbesondere war es GRIMSEHL, der diesem Gebiet seine Aufmerksamkeit gewidmet hat, wie u. a. seine Arbeit in dieser Zeitschrift (18, 321—331) und sein Lehrbuch der Physik dartun.

Wie man für das Verständnis dieser optischen Erscheinungen vorarbeiten kann, zeigte u. a. P. SPIES (*ds. Ztschr.* 21, 85) an Seilwellen, die mit Schnur und Elektromotor sehr leicht und schön vorgeführt und mit gabelförmigen Polarisatoren polarisiert werden können<sup>1)</sup>. Bei gekreuzter Stellung der Gabeln (am besten aufstellbar angefertigt), läßt sich zeigen, daß keine Schwingung den Analysator, also die zweite Gabel, verläßt. Sehr zweckmäßig dürfte es nun sein, eine dritte Gabel zwischen die beiden gekreuzten Polarisatoren in den beiden wichtigsten Lagen, der Parallel- und der Diagonalstellung einzuschalten, um zu zeigen, wie es möglich ist, daß trotz gekreuzter Stellung der Polarisatoren Schwingungen den Analysator verlassen können, und unter welchen Bedingungen dies geschieht. Man erkennt sofort, daß nur dann jenseits des Analysators Schwingungen auftreten oder, optisch gesprochen, daß das Gesichtsfeld aufgehellt wird, wenn die eingeschaltete Gabel, die hier eine Schwingungsrichtung eines doppelbrechenden Präparates vorstellt, nicht mit der Richtung eines der beiden Polarisatoren zusammenfällt. Der Vergleich mit dem Verhalten eines doppelbrechenden Plättchens wird noch besser, wenn man sich eine Vorrichtung aus geglättetem Draht, wie Figur 1 zeigt, biegt, die den beiden Schwingungsrichtungen entspricht. Eine isotrope Platte läßt sich zweckmäßig durch einen mit Holzgriff versehenen Drahttring veranschaulichen, der nicht vollständig geschlossen ist, damit man die schwingende Schnur (an einem Knoten) bequem in den Ring hineinbringen kann.

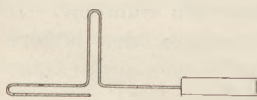


Fig. 1. ( $1/12$  nat. Gr.)

Es soll sich nun in erster Linie um die Aufgabe handeln, polarisiertes Licht von gewöhnlichem Licht unterscheiden zu können. GRIMSEHL hat zu diesem Zweck (*ds. Ztschr.* 18, 321) einen Pyramidenanalysator und damit anzustellende Versuche beschrieben, die nie ihre Wirkung verfehlen und unmittelbar an die MALUSSCHEN Versuche mit auf der Rückseite geschwärzten Glasplatten angeschlossen werden können. Dabei schalte man zwischen Polarisator und Analysator an irgend einer Stelle eine Glimmertafel ein, auf der durch zwei weiße Papierstreifen die Schwingungsrichtungen erkennbar gemacht sind. Bei den Versuchen nach MALUS sieht man komplementäre Farben, deren Erklärung zurückzustellen ist, nacheinander bei Drehung des analysierenden Spiegels auftreten, beim Pyramidenanalysator GRIMSEHLS erscheinen die Farben gleichzeitig weithin sichtbar, wobei eine Drehung der Glimmerplatte in ihrer Ebene die Bedingungen erkennen läßt, die das Farbenbild zustande kommen lassen. Vor allem ist darauf hinzuweisen, daß auch bei gekreuzten Polarisatoren nach dem Einschalten der Glimmerplatte Licht den Analysator verläßt. Als Polarisator verwende ich einen Glasplattensatz aus 12 guten Platten.

Diese Versuche lassen sich nun in der mannigfaltigsten Art abändern. Insbesondere liegt bei der Reflexion der polarisierten Lichtwellen am Analysator die Frage nach dem Schicksal des in die Glasplatten eindringenden Lichtes sehr nahe. Es wurde deshalb der Pyramidenanalysator GRIMSEHLS derart abgeändert, daß jede der 4 geschwärzten Glasplatten der Pyramide durch je zwei aufeinander liegende durchsichtige Platten ersetzt ist, die man an den äußersten Ecken, aber auch nur da, mit einer Spur Kanadabalsam verkittet. Diese 4 Paare stehen auf einem Zinkblechquadrat von  $\sim 8$  cm Quadratseite, dessen Ränder  $\sim 2$  mm hoch aufwärts gebogen sind, um ein Abgleiten der Plattenpaare zu verhindern. Senkrecht durch die Mitte der quadratischen Blechscheibe geht ein 3—4 mm starker Draht als Achse, auf die von oben ein gut bleistift dickes Holzzyllinderchen aufgeschoben wird, gegen dessen oberes Ende die Glasdreiecke sich anlegen und mit einem Kork von oben durch leisen Druck festgehalten werden. Aus dem Zinkblechquadrat sind 4 kreisrunde oder auch dreieckige Stücke herausgeschnitten, damit man das durch die Plattenpaare hindurchgehende Licht verfolgen kann, wenn man die Vorrichtung auf den

<sup>1)</sup> *Anm. der Schriftleitung.* Man vergl. auch W. Volkmann, *Natur und Schule I* (1902) und diese *Zeitschrift* 16, 97 (1903).

für den Pyramidenanalysator GRIMSEHLS vorgesehenen weißen Schirm aufsetzt (Fig. 2 zeigt die Vorrichtung etwas schematisiert).

Diese abgeänderte Form zeigt die analysierenden Reflexionserscheinungen recht gut und läßt nach Einschaltung des Glimmers die komplementären Farben außen und innen deutlich erkennen. Freilich sind die vom durchfallenden Licht erzeugten farbigen Bilder wesentlich schwächer als die reflektierten, aber immer sicher zu erkennen. Es entsteht ein prächtiges Farbenbild, das den Beschauer mit der Vorstellung vertraut macht, daß die am Analysator reflektierten Wellen und die ihn durchdringenden senkrecht zueinander polarisiert sind und über die Güte der Reflexionspolarisatoren den Glasplattensätzen gegenüber aufklärt.

Ganz ähnliche Ergebnisse zeigt folgende Abänderung.

Aus Gelatinefolie, die farblos und dünner als Schreibpapier ( $d = 0,05$  mm) in Rollen käuflich ist, werden kongruente Kegelmäntel derart hergestellt, daß man aus der Folie 4 oder 5 kreisrunde Scheiben ( $r = 6$  cm) mit der Schere schneidet. Aus der Mitte jeder Scheibe stanzt man mit gutem Korkbohrer ein konzentrisches Loch ( $2r_1 = 1,5$  cm), schneidet jede Scheibe einmal radial auf und biegt sie durch Einlegen in einen passenden Glastrichter so zusammen, daß gerade ein doppelwandiger Kegel entsteht. Bezeichnet  $\rho$  den

Radius der Grundfläche des Kegels, so findet man aus der Beziehung  $2 \cdot 2\pi\rho = 2\pi r$  für den Winkel  $\varphi$  zwischen Seitenlinie und Achse des Kegels den Wert  $30^\circ$  und für den Einfallswinkel  $60^\circ$ , wenn das Licht parallel der Achse auf den Kegelmantel auffällt. Da die von mir verwendete Gelatine, unter dem Mikroskop nach dem Einbettungsverfahren von SCHRÖDER v. D. KOLK (siehe z. B. ROSENBUSCH-WÜLFING, Mikroskop. Physiographie IV. Aufl. I. 1. S. 258) untersucht, einen Brechungsindex 1,533 besitzt, ist der Polarisationswinkel ziemlich genau

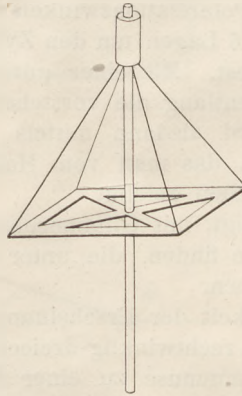


Fig. 2. ( $3/8$  nat. Gr.)

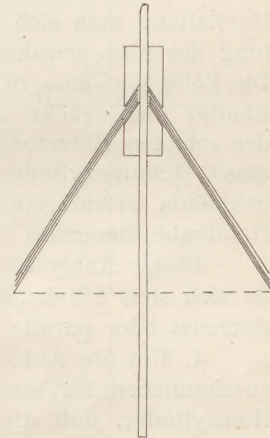


Fig. 3. ( $1/2$  nat. Gr.)

$57^\circ$ . Unsere Kegelmäntel zeigen einen um  $3^\circ$  zu großen Winkel, was aber ohne Belang ist. Die Randkanten längs des radialen Schnittes lassen sich durch einfaches, vorsichtiges Anfeuchten und Andrücken festkleben. Diese 4—5 Doppelkegel können dann auf einem 3—4 mm dicken Draht als Achse mittels auf den Draht aufgesteckter, passend konisch gedrehter Holzzyylinderchen so befestigt werden, daß das Ganze sich wieder auf dem weißen Schirm drehbar aufsetzen läßt (Fig. 3 zeigt einen axialen Schnitt des Analysators).

Mit und ohne Glimmerplatte zeigt dieser Analysator die sehr lehrreichen Erscheinungen. Die Verteilung von Hell und Dunkel (also ohne Glimmer) ist ganz wesentlich besser zu sehen als mit der von GRIMSEHL beschriebenen schwarzen Glaskugel (ds. Ztschr. 18, 322 u. Lehrbuch). Beim Drehen des Analysators ändert sich nichts. Die komplementären Farben sind außen und innen außerordentlich deutlich.

Nach diesem Versuch läßt sich mit Glimmerplatte zeigen, daß auch ein gewöhnlicher Glastrichter, durch dessen Stiel ein passender Draht gesteckt wird, die komplementären Färbungen, außen sehr hell, innen schwach, aber erkennbar, auftreten läßt. Die reflektierten Lichtflecke werden besonders schön, wenn man den Trichter innen mit Lack schwärzt.

Auch zylindrische Analysatoren aus Gelatinefolie sind in mehreren Bauarten zu verwenden.

1. Ein 10 cm langer, gerader Hohlzylinder von 3—4 cm Dicke wird aus einem rechteckigen Stück Folie hergestellt, so daß seine Wand aus 6 Lagen besteht. Aus Gründen der Haltbarkeit wird er mit Grund- und Endfläche aus kreisrunden, dünnen Brettchen versehen, die eingeleimt werden. (Das Holz unbrauchbar gewordener Reißschienen ist für solche Zwecke vorzüglich geeignet.) Eines dieser Brettchen erhält zur bequemen Handhabung einen passenden Stiel. Unter Verwendung eines Glimmerblattes zeigt dieser Analysator die typischen Farben innen und außen und ganz besonders reizvolle Erscheinungen, wenn man ihn etwa 10—20 cm vor dem weißen Schirm in allen möglichen Lagen hält.

Anschließend hieran führe man die farbigen Bilder mit einem weiten Reagenzglas und einem schlanken Becherglas vor.

2. Zwei etwa 4 cm lange mit Grundflächen aus Holz versehene Gelatinehohlzylinder werden auf einem 2 cm breiten Leistchen, das als Handhabe dient, so mittels Leim befestigt, daß ihre Längsachsen senkrecht aufeinander und mit der Handhabe in einer Ebene liegen. Wir sehen unter Verwendung des Glimmerblattes lange Reflexbilder, die in komplementären Farben von oben nach unten bzw. von links nach rechts den weißen Schirm durchziehen.

3. Nicht uninteressant ist auch ein schiefer Hohlzylinder aus Gelatine, für dessen Herstellung man sich einen Holzzyylinder auf der Drehbank dreht, der unter Beachtung des oben erwähnten Polarisationswinkels mittels Gehrungssäge abgeseigt wird. Die Folie legt man in  $\sim 6$  Lagen um den Zylinder, befeuchtet vorsichtig die beiden Ränder und drückt sie fest. Mit einer guten Schere kann man dann den Kanten des schiefen Holzmodells entlang die vorstehende Folie abschneiden. Der abgenommene Gelatinezylinder wird alsdann mittels eines elliptischen, mit weißem Papier beklebten Grundbrettchens, das man vom Holzmodell abgeschnitten hat, auf ein als Handhabe dienendes Leistchen geleimt.

Dieser Analysator zeigt, mit Glimmerplatte verwendet, in allen Lagen Farben, da sich stets Flächenstücke finden, die unter dem Winkel von  $57^\circ$  zum Polarisator gekreuzt oder parallel stehen.

4. Um die Abhängigkeit der Erscheinungen von der Anzahl der Lagen zu veranschaulichen, legt man ein rechtwinklig-dreieckiges Stück Folie so um einen passenden Holzzyylinder, daß die Hypotenuse zu einer Schraubenlinie wird. Im übrigen wird der vom Holzmodell abgenommene Gelatinezylinder behandelt wie oben angegeben. Er überzeugt von der Tatsache, daß die reflektierten Lichtflecke in ihrer Deutlichkeit von der Anzahl der Lagen so gut wie unabhängig sind, die Innenbilder aber mit wachsender Zahl der Lagen in deutlicheren Farben auftreten.

Über 10 Lagen wird man nicht hinausgehen, da die Trübung der nie ganz reinen und farblosen Gelatine zu sehr überhand nimmt.

Zum Schluß lassen sich noch kleine kugelförmige verbrauchte Glühlampen verwenden, deren Spitze abgeschliffen und deren Innenwand mit Lack geschwärzt werden kann. Man steckt sie mit der Fassung auf weiße Pappscheiben.

Die geschilderten Vorrichtungen können alle in kleineren Ausmessungen unter Verwendung eines Glimmerblättchens in einem einfachen Polarisationsapparat subjektiv verwendet werden. Natürlich sieht man nur die Innenbilder. Selbst ein ganz kleines Glastrichterchen zeigt die Erscheinung, besonders wenn man die Glimmerplatte um eine ihrer Schwingungsrichtungen dreht, wobei der Farbenwechsel der Erscheinung zugute kommt. Bei all den oben geschilderten objektiven Versuchen steht unmittelbar vor dem Kondensator des mit 6—8 Amp. brennenden Projektionsapparates der Glasplattensatz, dessen vorderes Ende eine Sammellinse ( $f = 15$  cm) trägt. Diese vereinigt das Licht auf die aus Papier oder Blech gefertigten Blenden, die scharf abgebildet und dem Analysator möglichst angepaßt werden. Der weiße Schirm steht in 2 m Entfernung.

## Beiträge zur direkten Messung der Fallbeschleunigung.

Von Dr. A. Wendler in Erlangen.

1. Von den Methoden zur direkten Messung von  $g$  auf Grund der Fallformel  $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$  verdient das WHITING-Pendel besondere Beachtung wegen der Durchsichtigkeit des Meßprinzips und der Verwendung von Hilfsmitteln lediglich mechanischer Art. Die Anordnung, wie sie aus Hahns Handbuch für physikalische Schülerübungen (S. 146) bekannt ist, liefert den Wert von  $g$  mit einer Genauigkeit von 2–3%. Das Fallgewicht greift hier unter Vermittelung zweier Rollen und eines längeren Fadens am unteren Ende der Pendelstange an. Die relativ große Länge des Fadens, der nach dem Abbrennen möglicherweise noch mit etwas Reibung an der Rolle vorbeistreift, kann, indem er verzögernd wirkt, eine Fehlerquelle bedingen.

Man kann nun ein mindestens gleich gut funktionierendes Whiting-Pendel zusammenstellen mit Hilfe des wohl in allen Sammlungen vorhandenen Metallstangenpendels, welches unten eine schwere Messinglinse trägt und mit den Schneiden in den

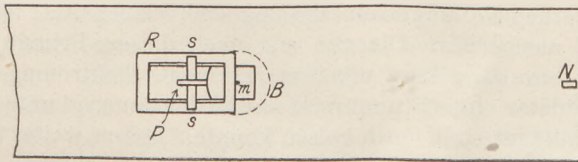


Fig. 1 a.

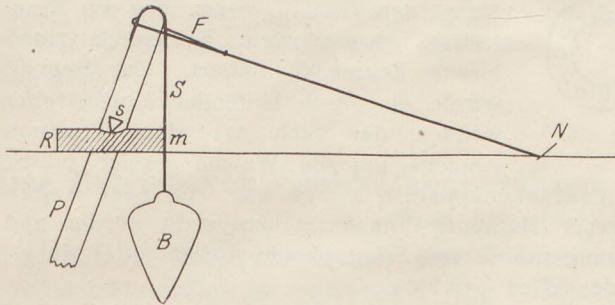


Fig. 1 c.

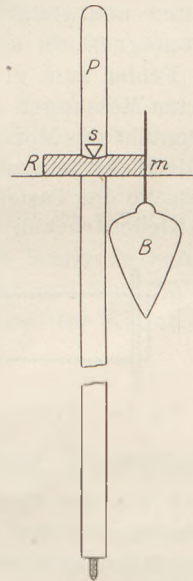


Fig. 1 b.

Stahlpfannen eines kardanisch einstellbaren Messingrahmens aufgehängt ist. Will man den Apparat als WHITING-Pendel verwenden, so nimmt man die schwere Linse ab und befestigt (Fig. 1 a) den Metallrahmen auf einem entsprechend ausgeschnittenen, genügend langen und starken Brett, das unter Verwendung von Klammern, Holzkeilen und einer Wasserwaage in irgend einer Weise in genügender Höhe horizontal so befestigt wird, daß die Schneiden in ihren Pfannen gut aufliegen und das Pendel beim Schwingen nicht schlenkern kann. Zufällig besaßen wir nun ein in Fig. 1 a im Grundriß, in Fig. 1 b im Aufriß angedeutetes schweres Senkel von einem solchen Äquatordurchmesser, daß es die vertikal stehende Pendelstange berührte, wenn die Schnur bei  $m$  (Fig. 1 b) den Rahmen berührte.

Die in Fig. 1 c gezeichnete Befestigungsart, wo die mittelstarke über die Rundung der Stahlstange geschlungene Schnur  $S$  von der durchzubrennenden Fadenschlinge  $F$  gehalten und zur Berührung bei  $m$  gebracht wird, hat den Vorzug, daß nach dem Abbrennen von  $F$  die Schnur ohne merkliche Störung abgleiten kann.

Man erkennt aus Fig. 1 c, daß die in die Rechnung eingehende Zeit  $\tau$ , die von der gezeichneten Anfangsstellung bis zur Vertikalstellung verstreicht, immer genau die gleiche ist. So ergab sich die halbe einfache Schwingungsdauer aus einer größeren

Anzahl von Stoppuhrbestimmungen im Mittel zu 0,430 Sek. Die zugehörige Fallstrecke ergibt sich aus  $s = H - h$ , wo, vom Boden gemessen,  $H$  die Höhe bis zum Äquatorrand des Senkels und  $h$  die Höhe der vom Senkel beim Anschlag an der beruhten Pendelstange erzeugten (ersten) Marke ist. Die Werte von  $s$  aus 6 Messungen waren z. B. 0,884; 0,900; 0,902; 0,895; 0,885; 0,906, das Mittel 0,895, woraus sich für  $g$  der Wert 9,68 mit einer Genauigkeit von 1,3% ergab. Die aus obigen Zahlen für  $g$  sich ergebenden Einzelwerte sind: 9,56; 9,74; 9,76; 9,68; 9,57; 9,80.

An Stelle des birnförmigen Fallkörpers  $B$  wird man besser einen Doppelkegel benutzen, dessen Kreisdurchmesser gleich ist dem oben erwähnten Äquatordurchmesser des Körpers  $B$ . Will man die Schwingungsdauer variieren, so wird man kleine Zusatzkörper verwenden, welche in verschiedener Höhe am linken Rand der Pendelstange angeschraubt werden können.

2. Die Methoden mit elektromagnetischer Auslösung leiden bekanntlich an dem Übelstande, daß infolge der magnetischen Nachwirkung der Moment des Abfallens hinter dem der Auslösung ein klein wenig zurückbleibt, wodurch zu große Fallzeiten und somit zu kleine Werte für  $g$  resultieren. Indem man zwischen dem Elektromagnetkern und der eisernen Fallkugel ein Messingblech einschaltet, läßt sich dieser Fehler zum größten Teil ausmerzen. Die von mir nach diesem Prinzip durchgeführten Messungen seien hier nur ganz kurz erwähnt: Element, Elektromagnet und Ruhekontakt des Morsetasters bildeten einen Stromkreis, so daß der dauernd unter Strom liegende Elektromagnet die Stahlkugel eben noch halten konnte. Indem weiter auf der Arbeitsseite des Tasters an diesem ein kleiner Schreibpinsel fest angebracht war, konnte beim Niederdrücken die Auslösung erfolgen und zugleich eine erste Marke notiert werden.



Fig. 2a. (1:5)

Fig. 2b.

Beim Auffallen der Kugel auf den Knopf des Tasters, bezw. das am Knopfe befestigte abgeschrägte Korkstück wurde die zweite Zeitmarke notiert. Zur Registrierung wurde ein rasch laufender Morsestreifen verwendet, der nach Art eines Transmissionsriemens um die Walzen zweier im Schüler-

praktikum verwendeten Chronographenapparate gelegt war, die nach Angabe von SCHÜRTE von der Firma KROEPLIN (Hamburg-Pinneberg) hergestellt werden und u. a. zur Bestimmung der Schwingungszahlen von Stimmgabeln dienen. Bei einer ausgeführten Messung ergab sich der Wert  $g = 9,65$ .

3. Zu dem schönen von SCHÜRTE in dieser Zeitschrift (31, 128; 1918) beschriebenen photographischen Verfahren möchte ich noch einige Ergänzungen geben. An Stelle des vielleicht nur mit einiger Umständlichkeit lichtdicht zu machenden Projektionsapparates läßt sich mit Vorteil der Photographenapparat verwenden, in dessen Inneres man ein durch eine Akkumulatorenbatterie gespeistes Glühlämpchen in Brennweitenentfernung von der Linse aufstellt. Die Abdunkelung durch ein schwarzes Tuch auf der einen Seite des Apparates und durch die Blende auf der anderen Seite ist dann eine vollständige. Der Verschluß ist dabei so eingestellt, daß der beim Versuche benötigte Lichtstrahl durch die kleinste Öffnung der Blende erzeugt wird. An Stelle der Stimmgabel bei der Anwendung von SCHÜRTE kann man den oben erwähnten SCHÜRTEschen Chronographen verwenden, über dessen Walze (s. Fig. 2a und 2b) ein Kartenring gesteckt ist, der 12 Löcher, die der Reihe nach mit der Blendenöffnung korrespondieren und somit den Lichtstrahl periodisch auf die Platte fallen lassen, in gleichem Abstände trägt. Die Handhabung der photographischen Fallplatte erfolgt in ähnlicher Weise, wie das aus der Abhandlung von SCHÜRTE bekannt ist.

4. Zuletzt möchte ich noch kurz auf eine Methode aufmerksam machen, die ich trotz ihrer prinzipiellen Einfachheit noch nirgends beschrieben gefunden habe. Auf der mit meßbarer Geschwindigkeit gleichmäßig gedrehten Achse der Zentrifugalmaschine ist ein oben offener Karton- oder Blechzylinder durch den Boden hindurch mit einer



einige cm über den Zylinderrand herausragenden Kartonscheibe fest aufgeschraubt, so daß er mit dieser Scheibe an der Achsendrehung teilnimmt (Fig. 3 a). Der Zylinder hat etwa 40 cm Höhe und 15 cm Durchmesser, so daß also leicht die Befestigungsschraube mit der Hand zu erreichen ist. Am oberen Ende des Zylinders ist um diesen herum ein Morsestreifen geklebt, auf dem die Anfangsmarke im Moment der Auslösung dadurch verzeichnet wird, daß eine photographische Klammer (Fig. 3 b), welche zugleich die von unten her zu berührende Fallkugel zu halten hat, mit einem seitwärts angebrachten Farbpinsel oder dgl. durch den auf die Klammer ausgeübten Fingerdruck zur kurzdauernden Berührung mit dem Morsestreifen gebracht wird. Der Punkt, in dem die Markierung einsetzt, ist unter Berücksichtigung der Drehrichtung leicht festzustellen, und kann dann mit einem Senkel auf den unteren Kartonsstreifen herabgelotet werden, auf dem die Kugel beim Aufschlagen, indem sie unten berußt oder mit Farbe geschwärzt wurde, die zweite Marke erzeugt. Ist  $b$  die am Rande der Scheibe gemessene Bogenentfernung dieser beiden Marken,  $U$  der Scheibenumfang und  $T$  die mit der Stoppuhr bestimmte Umlaufzeit des Zylinders, so ist die Fallzeit offenbar  $t = \frac{b \cdot T}{U}$ . Die Fallhöhe  $h$  vom unteren Rand der Kugel ist ebenfalls leicht

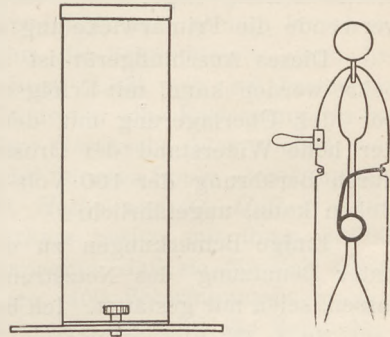


Fig. 3 a. (1:10).

Fig. 3 b. (2:3).

zu messen. Die Klammer ist natürlich unverrückbar in einem Stativ zu befestigen, am besten so, daß die eine drehbare Hälfte festgeklemmt wird und nur die andere Hälfte, welche den Pinsel trägt, beim Druck auf die oberen Äste der Klammer ausweichen kann.

## Der Betrieb von Glühkathodenröhren mit dem Netzstrom. Z

Von M. Dehnen, Königsberg i. Pr.

Im Heft III, Mai 1922, S. 126 gibt Keutel im Absatz 3 seiner Abhandlung „Die Glühkathodenröhre im Unterricht“ eine Schaltung an, mit deren Hilfe er den Netzstrom zum Betrieb der G. K. R. verwendet. Ich selbst habe mich, da ich den Ankauf und die Herstellung einer Hochspannungsbatterie vermeiden wollte, seit geraumer Zeit mit der gleichen Frage beschäftigt und ebenfalls ein Anschlußgerät konstruiert, das für meine Versuche völlig ausreichte. Naturgemäß handelt es sich auch hier um eine Kombination von Drosselspulen und Kondensatoren, welche die Maschinenschwingungen von der Apparatur fernhalten soll<sup>1)</sup>

Figur 1 zeigt die Schaltung.  $C_1$  ist ein großer Kondensator von etwa 10 Mikروفarad, der den Maschinenschwingungen einen bequemen Weg bietet; ich verwende parallel geschaltete Telephonkondensatoren.  $D_1$  und  $D_2$  sind Drosselspulen, welche den Maschinenschwingungen den Weg zur Apparatur versperren sollen; sie können einen Ohmschen Widerstand von der Größenordnung 1000 Ohm besitzen, da ein solcher dem viel größeren Röhrenwiderstand gegenüber keinen merklichen Spannungsverlust verursacht.

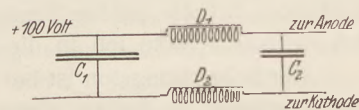


Fig. 1.

<sup>1)</sup> Neuerdings habe ich aus dem Buche von Thurn, „Das drahtlose Telegraphieren und Fernsprechen mit Hilfe von Kathodenröhren“ (Seite 47) ersehen, daß die Telefunken-Gesellschaft ein nach demselben Prinzip gebautes Gerät bei ihren „Rundfunk-Empfängern“ verwendet. Leider fehlen, wie immer, die Angaben über die Größe der Kondensatoren und Drosselspulen.

$C_2$  ist ein Kondensator von etwa 2 Mikrofarad, der den Schwingungen der Röhrenschaltung den notwendigen Stromschluß bietet.

Benutzt man den Netzstrom auch zum Heizen des Glühfadens, so muß die Drossel  $D_2$ , da sie in der vom Anoden- und Heizstromkreis gemeinsam benutzten Minus-Leitung liegt, einen möglichst geringen Ohmschen Widerstand haben. Ich verwende die Primärwicklung eines Transformators.

Dieses Anschlußgerät ist auch bei Senderschaltungen, wenn es hier auch entbehrt werden kann, mit Erfolg zu verwenden, da es die ungedämpften Schwingungen vor der Überlagerung mit den Maschinenschwingungen schützt; außerdem macht der hohe Widerstand der Drossel  $D_1$  den Kurzschluß, der innerhalb der Schaltung durch Berührung der 100 Volt-Leitung mit einer der andern Leitungen leicht entstehen kann, ungefährlich.

Einige Bemerkungen zu den wichtigsten Versuchen, die sich mit der G. K. R. unter Benutzung des Netzstroms und Zuhilfenahme des Anschlußgeräts ausführen lassen, seien mir gestattet. Ich benutze die von Keutel gewählte Einteilung (bis Nr. 5).

Zu 1. (Elektronenemission). Man beachte die Ablenkung des Elektronenstromes im magnetischen und elektrostatischen Felde, die zwar nicht wie bei den Crookeschen Röhren direkt sichtbar ist, sich aber am Milliamperemeter bemerkbar macht.

Zu 2. (Gitter). Ferner die Wirkung der Aufladung des Gitters durch elektrostatische Influenz. Die Übertragung von Wechselfspannungen z. B. eines Telephoninduktors auf das Gitter zeigt aufs deutlichste die Gleichrichter- und Relaiswirkung der G. K. R.

Zu 3. (Verstärker). Die Maschinengeräusche sind im Verstärker zunächst hörbar. Sobald aber Detektorströme zugeführt werden, treten jene völlig zurück; wenn die Morsezeichen aufhören, schaukeln sich die Maschinenschwingungen, oft erst nach geraumer Zeit, allmählich wieder ein.

Zu 4. (Röhrensender). Als Selbstinduktion für den Schwingungskreis verwende ich eine Zylinderspule (Durchmesser 6 cm, 50 Windungen besponnener Kupferlitze), in ihr drehbar zur Rückkoppelung eine kleinere Spule (Durchmesser 4 cm, 40 Windungen); die erste bildet zusammen mit einem Drehkondensator einen Schwingungskreis mit einer Frequenz von  $1/2$  Million pro Sek. Da die innere Spule drehbar ist, kann die Rückkoppelung reguliert werden; auch ist es möglich zu zeigen, daß die Schwingungen aufhören, wenn der Wickelungssinn der Spule der falsche ist. Zum Nachweis der Schwingungen verwende ich den bei Keutel in seiner Nr. 5, Absatz 2, geschilderten aperiodischen Detektorkreis mit angeschlossenem Galvanometer, welches Ausschläge bis zu mehreren Milliampere zeigt.

Zu 5. (Schwebungsempfang). Die Achsen der Zylinderspulen bringe ich in horizontale Lage. Die Induktionswirkung ist bei parallel gestellten Windungen eine so starke, daß die beiden Sender einige Meter von einander aufgestellt werden können. Den Indikator halte ich in die Mitte.

Der Schwebungston ist bei der überaus leichten Veränderlichkeit der Schwingungskreise schwer zu finden; denn in einem „quietschenden“ Geräusch, das sich beim Drehen des einen Drehkondensators zeigt, haben wir den ganzen Bereich der Hörbarkeit zweimal durchlaufen. Es gilt also, diese Stelle aufzusuchen und festzulegen. Um den Ton allmählich abändern zu können, schalte ich parallel zum Drehkondensator einen zweiten Kondensator, bestehend aus 2 Rechtecken ( $2 \times 6$  cm) Stanniol an langen Stielen aus Isolationsmaterial. Durch Nähern und Entfernen der Platten erhalte ich die „Feinabstimmung“. Auch die Einführung von Platten aus Hartgummi, Glas, Holz usw. zwischen die Platten des Kondensators, das Eintauchen dieser in Petroleum bringt eine merkliche Veränderung des Tones hervor (Bestimmung von Dielektrizitätskonstanten). Bei Benutzung eines Verstärkers können diese Tonänderungen einem ganzen Auditorium deutlich hörbar gemacht werden.

Stellt man den Sender ohne Feinabstimmung weiter ab und versieht den Anodenstromkreis mit einer Taste, so läßt sich ohne Verwendung von Antennen der „Schwebungsempfang“ vorführen, wobei der zweite Sender die Rolle des „Überlagerers“ spielt.

6. Für die Audionschaltung gilt das zu 3. Gesagte.

7. Zur Vorführung der drahtlosen Telephonie benutze ich die Methode der „Gitterbesprechung“. Zwischen Gitter und Rückkoppelungsspule schalte ich einen Kondensator von einigen 1000 cm und parallel zu ihm die Sekundärseite einer Induktionsspule, deren Primärspule im Mikrophonkreis liegt. Läßt man, am besten im Nebenraum, in das Mikrophon hineinsprechen, so gibt der in eine Entfernung bis zu  $\frac{1}{2}$  m gebrachte Detektorkreis die Sprache und andere Geräusche klar wieder, vor allem, wenn man die Rückkoppelung durch Drehen der inneren Spule „lose“ macht.

8. Der Röhrensummer (*vergl. ds. Zeitschr. 20, Heft 4 und 21, Heft 3*). Die Primärspule des Eingangstransformators eines Verstärkers besitzt mit ihren 35000 Windungen eine so große Selbstinduktion und Eigenkapazität, daß sie für sich allein ein schwingungsfähiges Gebilde niederer Frequenz (ca. 400 Schwingungen in der Sek.) darstellt. Schalte ich sie in den Anodenstromkreis, während die Sekundärspule zur Rückkoppelung benutzt wird, so höre ich ohne weiteres einen Ton. Beim Parallelschalten von Kondensatoren erhalte ich einen mehr oder weniger tieferen Ton. Die Feststellung der Schwingungszahlen beim Zuschalten bekannter Kapazitäten gestattet nach der Schwingungsformel die Bestimmung der Selbstinduktion und der Eigenkapazität der Spule. Jetzt bin ich in der Lage, jede unbekannte Kapazität von der Größenordnung Leidener Flaschen aus ihrem Ton bequem zu bestimmen. Noch schneller komme ich zum Ziele, wenn ich den Ton der unbekanntenen Kapazität mit den Tönen bekannter Kapazitäten vergleiche. Es empfiehlt sich, die letzteren in einem ganzen Satze, ähnlich einem Gewichtssatz, zu ordnen. Die Schaltung in Reihe und die Parallelschaltung gestatten aus wenigen Kondensatoren eine ganze Reihe von Kapazitätsstufen herzustellen.

## Chemische Technik und chemischer Unterricht.

Von Prof. R. Winderlich, Oldenburg i. O.

Als die Chemie am Franckeschen Pädagogium in Halle unter die Schulfächer aufgenommen wurde, geschah es „zur Befriedigung einer unschuldigen Kuriosität“. Als dann vor genau 100 Jahren der chemische Schulunterricht zum ersten Male amtlich gebilligt wurde, geschah es mit Rücksicht auf die wachsende Bedeutung der Chemie für Gewerbe und Industrie.

Dieser Gesichtspunkt des Wissens ist lange Zeit der einzige gewesen, was zur Folge hatte, daß die Chemiker und ihr Unterricht von den Vertretern der Geisteswissenschaften nicht für voll angesehen wurden, und daß man den chemischen Unterricht für besonders leicht hielt. Mit den grundlegenden methodischen Arbeiten von ARENDT und WILBRAND begann ein Umschwung. Fortan legten die Methodiker besonderen Nachdruck auf den geistigen Bildungswert des Unterrichts. In der induktiven Logik der Chemie fanden sie ein Gegenstück zu dem geistigen Turngerüst der Grammatik in den Sprachen. Das bloße Wissen trat zurück gegenüber dem Verstehen.

Die Vertreter des intellektuellen Bildungsziels verfeinerten ihre Methoden fort-dauernd und nahmen mit Einführung der Schülerübungen als neues Ziel die Ausbildung der Hand und der Sinne, vornehmlich des Auges, hinzu. Mit dem Verstehen einte sich das Können.

Durch die innige Zusammenarbeit der Lehrer und Schüler im engen Laboratorium kam die Erkenntnis, daß jede einseitige Verstandesbildung nur Halbheit ist. Die Lehrer drangen tiefer ein in die Seelen ihrer Zöglinge und erfuhren die Notwendigkeit einer Charakterbildung. Zum Wissen, Verstehen und Können muß auch

das richtige Wollen kommen. So ward als höchste Aufgabe der Schule die Erziehung zum Staatsbürger erkannt.

Wie steht die chemische Technik zu dieser Aufgabe? In der Zeitschrift für angewandte Chemie wird immer nachdrücklicher Technologie als Prüfungsfach verlangt und, diesem Verlangen eines Berufskreises entsprechend, lesen wir in der Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht den ernsthaften Vorschlag, daß die Lehramtsanwärter eine Zeitlang, ein Jahr oder länger, in Fabriken arbeiten sollen, um technisch geschult zu werden.

Es ist nicht schwer für die chemische Technologie den Nachweis zu erbringen, daß sie den Aufgaben der Schule zu dienen vermag. Sie führt zu wertvollem Wissen von Stoffen und Vorgängen, von Erzeugung und Bedarf, von wirtschaftlichen Zusammenhängen, wie es die reine Chemie niemals kann, weil sie bewußt von all dem absieht, um desto genauer das innere Wesen der Stoffe und Vorgänge zu erschließen. Alles ist in der Technik anders als im Laboratorium; hier sind die Stoffe rein, dort sind die Rohstoffe oft Musterkarten der mannigfaltigsten Einzeldinge; im Laboratorium dienen wenige Gramm zu den Versuchen, die Zeit spielt keine wesentliche Rolle, die Arten des Heizens und Kühlens, überhaupt alle Hilfsmittel werden durch den Grundsatz der Handlichkeit und Bequemlichkeit bestimmt; die Technik hingegen arbeitet mit riesigen Stoffmengen, ihr Abfall bildet oft eine schwere Sorge, der Verbrauch an Zusatzstoffen, der im Laboratorium kaum in Rechnung fällt, schwillt in der Praxis erstaunlich an, der Tropfen zum Ansäuern einer Flüssigkeit wird in der Fabrik zu Kilogrammen, die Dauer der Vorgänge stellt einen sehr wesentlichen Faktor dar, die Wärmewirtschaft muß sorgsam durchdacht und überwacht werden, sie wird wie der Bau und Betrieb aller Apparate von der zwingenden Forderung der Billigkeit, größten Nutzbarkeit und Sicherheit beherrscht. Das alles zu wissen ist gewiß von Wert für jeden, der sich irgend einmal mit volkswirtschaftlichen Fragen beschäftigt, im Grunde genommen also für jeden Menschen, der einmal zur Wahlurne geht, um einem Abgeordneten seine Stimme zu geben, damit er im Reich, im Staat oder in der Stadt auch über wirtschaftliche Dinge mitentscheiden kann. Nicht minder wichtig ist es zu wissen, welche Gefahren viele Betriebe in sich bergen. Die Giftigkeit von Blei, Quecksilber, Chrom, Phosphor, Arsen, der Dämpfe von Anilin und Terpentin und tausend anderen Dingen, die Feuergefährlichkeit vieler Gase und Flüssigkeiten haben zu zahlreichen gesetzlichen Vorschriften geführt, die unter allen Umständen beachtet werden müssen, und die jeder Gebildete hygienisch und sozialpolitisch würdigen sollte.

Neben dem Wissen erzeugt die Beschäftigung mit chemischer Technologie, namentlich beim Eingehen auf die allmähliche Ausgestaltung einer Industrie auch ein richtiges Verständnis für die Notwendigkeit, die Eigenschaften und Reaktionen der Stoffe bis ins kleinste genau zu durchforschen. Wer mit der Geschichte der Chemie vertraut ist, kann hier eine Menge Beispiele heranziehen, um zu zeigen, wie mit fortschreitender Erkenntnis die Industrie besser und billiger zu arbeiten vermochte. Die Le Blanc-Soda verdrängte die Pflanzenaschen, dann bedrohte die Ammoniak-Soda das Bestehen der Fabriken, die nach Le Blanc arbeiteten; durch Aufarbeiten des lästigen Kalziumsulfidrückstandes wußten die bedrängten Betriebe sich lebensfähig zu erhalten, bis sie jetzt durch die steigenden Kohlenpreise und die unerträglich gewordenen Kosten für den Verschleiß ihrer Apparate von neuem in Gefahr sind, im Wettkampf zu erliegen. —

Phosphor nach BRANDS Verfahren aus dem *Sal microscosmicum* zu gewinnen, fällt niemandem mehr ein. Im 17. Jahrhundert mußte Phosphor mit Gold aufgewogen werden; er wurde leichter zugänglich und billiger durch GAHNS Entdeckung, die SCHEELE bekannt gab, daß die Knochenerde nach Aufschluß mit Säuren durch Reduktion mit Kohle Phosphor liefert. Nach diesem Verfahren, das technisch brauchbar ausgestaltet wurde, ist lange gearbeitet worden. Es wurde überholt durch WÖHLERS Entdeckung, daß Quarz für die Reduktion brauchbar ist. WÖHLER hatte „Pulver

von schwarzgebrannten Knochen (Beinschwarz) mit etwa dem halben Gewicht feinem Sande und noch etwas Kohlenpulver gemengt und in einer tönernen Retorte mit angeklebtem Vorstoß, der in ein Gefäß mit Wasser mündete, in einem Zugofen bis zu starker Weißglut erhitzt. Das sich in Menge entwickelnde Kohlenoxydgas fing bald an, sich von selbst zu entzünden und verbrannte mit glänzender Phosphorflamme. Nach Unterbrechung des Versuchs fand sich in dem Vorstoß gegen  $\frac{1}{2}$  Drachme Phosphor<sup>1)</sup>“. WÖHLERS Entdeckung wurde industriell erst nach dem Aufschwung der Elektrotechnik ausgewertet, als im Bogenlicht die notwendige Hitze auf bequeme und billige Weise erzeugt werden konnte. An die Stelle des beschwerlichen unterbrochenen Betriebes trat ein Dauerbetrieb.

An jedem solchen Beispiel ist der Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Technik deutlich zu machen. Das Beispiel der Phosphorgewinnung zeigt zugleich, daß wissenschaftlich Erforschtes durchaus nicht sofort technisch möglich ist, und gibt Gelegenheit auf die Wichtigkeit der Erfinderphantasie hinzuweisen. In WÖHLERS Versuchen lag die Tatsache eingeschlossen, daß Phosphor bei Gegenwart von Kiesel nicht verbrennt. Diese Tatsache gewann weltwirtschaftliche Bedeutung, als GILCHRIST THOMAS aus ihr den Schluß zog, daß es für das Frischen phosphorreicher Eisensorten notwendig ist, den Konverter oder den Frischherd mit kieselsäurefreiem Futter auszukleiden.

Durch solche Einblicke in die Verschlungenheit der Wissenschaft, Technik und Wirtschaft werden die Schüler stets gefesselt und es ist leicht, sie dazu anzuregen, irgend eine hierhergehörige Frage zu bearbeiten. Vor einiger Zeit besuchte ich mit Oberprimanern der Oberrealschule zu Oldenburg die Werkanlagen der Kaffee-Handels-Gesellschaft, kurz Kaffee Hag, in Bremen. Ihre großzügigen Anlagen waren ursprünglich nur für Kaffee gedacht; sie mußten während des Krieges aus Mangel an Rohstoff für andere Zwecke nutzbar gemacht werden. Davon ist manches geblieben. Zwar wird dem Kaffee wieder das Kaffein entzogen und das Erzeugnis aufs peinlichste sorgfältig und sauber geröstet und maschinenmäßig verpackt; es werden in den Laboratorien die spannenden Untersuchungen über die Aromastoffe des Kaffees fortgesetzt, aber es ist die Erzeugung pharmazeutischer Präparate hinzugekommen, z. B. des Natriumboroformiates. Vor allen Dingen ist die Umwandlung geringwertiger Weichhölzer in hochwertige, schwere Harthölzer hinzugetreten. Die frischen Stämme werden im Werk noch im Saft geschnitten, gedämpft und getrocknet; nach ausreichender Lagerung werden sie in große Autoklaven gebracht, in denen sie mit Asphalt und Bitumen umhüllt, durch aufgepreßtes Wasser einem Druck von 300 Atmosphären ausgesetzt und durch Dampfschlangen geheizt werden. In wenigen Stunden schrumpfen die Holzgewebe zusammen, das Eigengewicht steigt auf 1,6, die Hölzer werden dunkel, ohne daß etwa Asphalt in die Gefäße und Zellräume eintritt, die Preßlinge sind sehr hart und fest und zeigen schon nach dem einfachen Schneiden so glatte Flächen, als seien sie poliert, sie besitzen eine so hohe Elastizität, daß eine Kugel beim Aufwerfen auf den Boden mehrere Meter hoch steilert. Ob wirklich ein Ersatz für Pockholz, Teakholz, Ebenholz vorliegt, wird die Zeit lehren; ausgeschlossen ist es nicht. — Der Erfolg des Besuches war, daß einer der Teilnehmer am nächsten Tage zur Landesbibliothek ging und sich Bücher über Kaffee und Holz geben ließ, um sich ein Bild von der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Stoffe zu verschaffen. Der junge Mann will Volkswirtschaft studieren.

Ich bin der Ansicht, daß durch mehr oder minder freiwillige Arbeiten, die auf Grund eines starken Anreizes unternommen werden, das Können ganz bedeutend gefördert wird, und die Technik bietet für unsere Schüler Anreiz in Hülle und Fülle. Wir wollen unsere Augen nicht vor der Tatsache verschließen, daß nicht alle unsere Zöglinge die Arbeit im chemischen Laboratorium lieben, sobald einmal die erste

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. (1829) 17, 178.

Neugier befriedigt ist. Aber ich habe noch keinen gefunden, der nicht für die eine oder andere Seite der Technik zu begeistern war: für den Sieg des Menschen über die Naturkräfte, für die Apparate und Maschinen, für die kaufmännischen Fragen nach Rohstoff und Absatz, für die geschichtliche Entwicklung einzelner Industriezweige, für das Zusammenballen der Menschen in den Industriezentren und seine sozialen Folgen, für den Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Technik, zwischen Industrie und Landwirtschaft, für den Einfluß der Technik auf Zivilisation und Kultur.

Ein Lehrer, dem es gelingt, seine Schüler zu fesseln, wird stets die Macht haben, sie zu erziehen. Wenn er nicht ganz ungeschickt ist, wird es ihm gelingen, das rechte Wollen zu wecken und innerlich gefestigte Persönlichkeiten heranzubilden. Mehr denn je brauchen wir in unserem Vaterlande Männer von hohem, ethischem Wert, die offene Augen, scharfen Verstand und werktätige Hände haben für die Aufgaben des Alltags und der Zukunft. Adel der Seele allein ist wertlos, denn es nützt nichts mit seinem Geist im Wolkenkuckucksheim zu leben und davon zu träumen, wie die Welt sein sollte. Technisches Können allein ohne geschärftes Gewissen ist gefährlich: Die Verbrecherhelden, welche in den Kinos verherrlicht werden, leisten Bewundernswertes und sind eine Geißel der Menschheit. Um tüchtige Staatsbürger zu haben, müssen Wissen und Verstehen, Können und Wollen zur höchstmöglichen Vollkommenheit gebracht werden. In erster Linie muß die Schule hierzu alles tun, was in ihren Kräften steht, dabei kann sie an der Technik nicht achtlos vorübergehen.

An der Technik kann die Schule nicht achtlos vorübergehen, aber sie darf sie nicht zum Mittelpunkt ihres Unterrichts machen, denn sie hat nicht die Aufgabe, Chemiker und Ingenieure heranzubilden, sondern die Grundlage zu schaffen, auf der die eigentliche Berufsausbildung erfolgreich stattfinden kann. Es hat für die Schule keinen rechten Wert, die verwickelten Vorgänge in den Bleikammern durchzusprechen. Von Nitrosylschwefelsäure und Nitrosulfonsäure brauchen Schüler nichts zu wissen, zumal bei richtigem Gange des Betriebes die Bleikammerkristalle überhaupt nicht auftreten. Für die Schüler genügt es, daß die Stickoxyde als Sauerstoffüberträger wirken, daß NO den Sauerstoff bindet, und daß die entstandenen höheren Oxyde durch SO<sub>2</sub> wieder reduziert werden, und daß diese kostbaren Vermittler den abziehenden Gasen entrissen und dem Kreislauf wieder zugeführt werden müssen. Männer wie BERZELIUS und MITSCHERLICH haben sich keine andere Vorstellung von dem Umsatz gemacht und BERZELIUS hatte sogar eine Schwefelsäurefabrik besessen. Was für ihn hinreichte, wird für die lernenden Anfänger nicht zu wenig sein, wenn man bedenkt, daß die Vorgänge nach dem Urteil der Sachverständigen überhaupt noch nicht restlos aufgeklärt sind. Entsprechendes gilt für zahlreiche andere Fälle. Die Schule darf sich nicht in Einzelheiten verlieren, sie muß vielmehr das Wesentliche, den Kern herauschälen.

Die Schule kann auch nicht wahllos jeden beliebigen technischen Vorgang für ihre Zwecke verwerten. Sie hat unter den zahlreichen Industrien eine geeignete Auswahl zu treffen. Es ist gewiß lehrreich, die Fabrikation des Kupfervitriols zu besprechen, weil dieses Sulfat zum Bekämpfen der Pflanzenschädlinge in weitesten Kreisen bekannt ist. Trotzdem meine ich, daß es im allgemeinen genügt, auf die Löslichkeit des Kupfers in Schwefelsäure bei Gegenwart von Sauerstoff durch einen einfachen Versuch hinzuweisen — durch längeres Durchleiten eines Sauerstoffstromes durch aufgeschlämmtes Kupferpulver in Schwefelsäure —, und daß es überflüssig ist, auf technische Einzelheiten einzugehen, auf das Umschmelzen der Kupferabfälle und des Altkupfers zu Granalien, auf die Lösetürme und auf die Rinnen und Bottiche für die Kristallisation, auf den Unterschied der Bodenkristalle und Wandkristalle, auf die verschiedene Farbtiefe der Kristalle infolge verschiedener Reaktion der Lösung, auf das Abschleudern der Mutterlauge und auf die Verunreinigungen. Nur dann, wenn derartige, immerhin seltene, abseitige Industrien in der Nähe des Schulortes

vorhanden sind, so daß womöglich zahlreiche Menschen auf Gedeih und Verderb mit ihnen verknüpft sind, wird auch der chemische Schulunterricht sich näher mit ihnen befassen, oder wenn eine Zufallsgelegenheit die Schüler mit Werken ähnlicher Art bekannt macht. So habe ich bei mehrmaligem Besuch der großen Hütte in Oker a. Harz mit Primanern nicht versäumt, auch die Kupfervitriollaugerei mit anzusehen. Im allgemeinen hat sich der Unterricht wohl auf die unentbehrlichsten Dinge unserer Wirtschaft zu beschränken: auf Kohle und Eisen, Glas und Tonwaren, die starken Mineralsäuren, künstliche Düngemittel, Nahrungs- und Genußmittel, alltägliche Gebrauchsstoffe wie Salz, Soda und Seife, Farben und Heilmittel. Ein Unterricht, der die Schüler mit den hochinteressanten Siliziumverbindungen, den Silanen und ihren Halogenabkömmlingen, mit Disiloxan und Prosiloxan bekannt machte, aber die Glasfabrikation nur flüchtig streifte, wäre zu verurteilen; und ebenso zu verwerfen wäre es, sich vornehmlich auf technische Dinge zu beschränken und auf umfassende und aufklärende Theorien zu verzichten. Für die Schulen brauchen wir die Grundzüge der Wissenschaft, belebt durch technische Anwendungen.

Um die chemische Technik in den Unterricht einzugliedern, kann man verschiedene Wege einschlagen. In vielen methodischen Leitfäden findet man technische Vorgänge als Ausgang für den Unterricht gewählt, z. B. beginnt SCHEID mit dem Kalkbrennen. Es ist unzweifelhaft, daß ein solches Verfahren die jugendlichen Geister anregt und günstige Gelegenheiten bietet, theoretisch und praktische Dinge herauszuarbeiten. Es geht hier wie im Leben: nicht die Wissenschaft war zuerst, sondern das Gewerbe; es gibt ja auch heute noch viele chemisch arbeitende Gewerbe und Industrien, die weit davon entfernt sind, wissenschaftlich durchforscht zu sein. Aber durch einen methodisch alles vorschreibenden Lehrgang fühlen sich gerade die selbständigen Naturen unerträglich beschränkt.

Ein zweiter Weg wird in den Lehrbüchern für die Oberstufe bevorzugt: einzelne Industrien werden im Anschluß an den wissenschaftlichen Lehrstoff oder in einem Anhang geschildert. Die Verfasser dieser Bücher wollen die Lehrer nicht bevormunden, sie wollen ihnen die Freiheit der Auswahl und der Methode lassen. Das ist gut, bietet aber die Gefahr, daß der Anhang aus Zeitmangel geopfert wird.

Bücher sollten zu einem Urteil über den Wert oder Unwert eines Unterrichts erst in zweiter Linie herangezogen werden, denn Schulbücher sind ein Notbehelf; sie sind niemals dafür bestimmt, den Lehrer zu binden, sie sollen vielmehr dem Schüler die häusliche Arbeit ermöglichen. Ein tüchtiger Lehrer, der seinen Stoff meistert, wird bald den einen, bald den anderen Weg beschreiten, um der Begabung und Vorbildung seiner Schüler gerecht zu werden. Er wird auch nicht versäumen, die jungen, eindruckshungrigen Menschenkinder ausreichend vorbereitet in geeignete Betriebe zu führen. Über das Gesehene haben die Schüler Bericht zu erstatten, teils mündlich, teils schriftlich. Bei den Akten der Oberrealschule Oldenburg liegt ein ganzer Stoß ausgewählter Schülerberichte. Aus ihnen kann jeder neu eintretende Fachlehrer sofort ersehen, welche Gewerbe und Industrien der Umgegend einen Besuch lohnen, was sie bieten, und wie sie im Laufe der Zeit sich stetig fortschreitend verändert haben.

Neben den Berichten über Besuche der Werkanlagen habe ich zuweilen von Primanern Vorträge über Untersuchungen halten lassen, die für die Entwicklung der chemischen Technik von besonderem Werte gewesen sind, z. B. über BUNSENS Untersuchungen des Hochofenganges und der Gichtgase, über die erste Anwendung des erhitzten Gebläsewindes, über FABER DU FAURS geniale Verwertung der Gichtgase. Ich möchte hierzu den Wunsch aussprechen, daß Herr DANNEMANN sein eben neu aufgelegtes Buch „Aus der Werkstatt großer Forscher“ durch einen weiteren Band ergänzt, der sich vornehmlich auf technisch wertvolle Arbeiten bezieht. Herr DANNEMANN sitzt ja jetzt an der Quelle, am Deutschen Museum in München,

Im klassischen Zeitalter der Griechen und Römer wurden die Vertreter der Technik als Menschen niederen Ranges über die Achsel angesehen. Das hat lange nachgewirkt; ganz frei sind manche Kreise in Deutschland auch heute noch nicht von solcher Voreingenommenheit. Hier kann die Schule mithelfen, gegenseitiges Mißverstehen zu beseitigen. Das heranwachsende Geschlecht muß den Wert einer hochentwickelten Technik kennen, und es muß andererseits sich hüten, gegen die Gefahren einer übertriebenen Industrialisierung blind zu sein.

### Kleine Mitteilungen.

#### Über die Auswertung von Stimmgabelkurven bei Freifallversuchen.

Von Friedrich C. G. Müller, Berlin-Lichterfelde.

Die Gesetze des freien Falles bieten insofern ein Sonderproblem, als sie aus den allgemeinen dynamischen Gesetzen, wie sie im Unterricht mittels des Reifenapparats oder der Atwoodschen Fallmaschine entwickelt werden, in schlüssiger Weise nicht hergeleitet werden können<sup>1)</sup>. Ja es ist streng genommen, kaum zulässig, vom Fall auf einer schwach geneigten Ebene auf den senkrechten Fall zu schließen. Denn wer kann voraus wissen, ob die Schwere einer Masse beim schnellen Fall nicht eine andere wird, wie in der Ruhe oder bei stark verringerter Beschleunigung? Demgemäß hat auch eine große Zahl von Fachmännern es sich angelegen sein lassen, schulmäßige Freifallapparate herauszubringen. Leider kommt die Mehrzahl nur darauf hinaus, für vereinzelte Fallstrecken die zugehörige Zeitstrecke zu bestimmen, um die so erhaltenen Wertpaare als Stichproben für die vorausgesetzte Formel  $s = g/2 \cdot t^2$  in Rechnung zu bringen. Ein solches Verfahren gibt, auch mit aller Umständlichkeit, keine Anschauung des Fallvorgangs. Schon näher zum Ziel kommt die von HEINRICH<sup>2)</sup> erfundene und in einfachster Weise durchgeführte Methode, durch einen schweren Fallkörper ein leichtes, senkrecht geführtes Papierband nachziehen zu lassen und mittels eines schnell-schwingenden Federpendels mit Zeitmarken zu versehen, aus deren Abständen durch ein graphisches Verfahren der Verlauf der Bewegung dem geistigen Auge sichtbar gemacht wird.

Eine vollkommene Lösung der Aufgabe konnten nur diejenigen Versuchsanordnungen erhoffen lassen, bei denen auf phonographischen Wege eine genau mit dem Fallbeginn einsetzende, lückenlose Fallwellenlinie entsteht. Die älteren Apparate dieser Gattung verwenden Stimmgabeln tiefer Tonlage aus dem guten Grunde, daß dadurch möglichst große und gut sichtbare Kurven erzielt werden. Indessen ist bei solchen langwelligen Kurven die Zeitmessung weniger genau und die Wellenlänge kein genaues Maß für die Momentangeschwindigkeit. Deswegen entschied sich Verfasser schon vor langen Jahren für die 435-Gabel, zumal bei dieser auch die Feststellung der Schwingungszahl durch Vergleich mit der amtlich mit dem Stempel 435 versehenen Normalgabel vor der Klasse mit größter Genauigkeit einfach und mühelos durchführbar ist. Jede Schulsammlung sollte außer der geeichten 435-Gabel noch zwei auf Resonanzkästen stehende kräftige Gabeln von derselben Schwingungszahl enthalten, von denen eine mit elektrischem Antrieb ausgerüstet ist, um den Ton dauernd auf bestimmter Stärke festhalten zu können. Dem Verf. stand das im MAX KOHLschen Preisverzeichnis unter Nummer 22788 abgebildete Modell zur Verfügung. Dieses gestattet, vorausgesetzt daß man sich mit seiner richtigen Handhabung vertraut gemacht hat, bei Anwendung eines einzigen großplattigen Bleisammlers, Schwingungsweiten von 2 mm herauszubringen. Man hat das zurückgeschraubte Kontaktplättchen behutsam bis zur leisen Berührung vorzuschrauben, wobei ein schwacher Ton einsetzen wird. Dann dreht man die Schraube, dem anschwellenden Ton folgend, etwas

<sup>1)</sup> Vergl. Höfler, d. Zeitschr. VII, 281.

<sup>2)</sup> Ds. Zeitschr. 30, 18, 1918.



weiter vor. Nach Ankittung der Schreibspitze gab die Gabel mit der Schwester-gabel 21 Schwebungen in 30 Sekunden zum Zeichen, daß ihre Schwingungszahl auf 434,3 herabgegangen war. Diese Zahl bleibt übrigens unverändert, wenn auch die Schreibspitze dem berußten Streifen anliegt.

Bei meinem in ds. Zeitschrift (28, 17, 1915) beschriebenen Freifallapparat dient als Fallkörper ein an einem Elektromagneten freischwingend aufgehängtes fast 1 kg schweres Eisenlineal von 60 cm Länge, auf dem ein berußter Kartonstreifen von 3 cm Breite mittels Klebwachs befestigt ist. Der bei einer Vorführung binnen wenigen Minuten mit 3—4 parallelen Wellenzügen beschriebene Streifen wird nach dem Fixieren mit dünner Lacklösung, zugleich mit vorhandenen älteren Streifen, der Klasse übergeben.

Das von der Natur selbst so wunderbar fein aufgezeichnete Stück Weltordnung verfehlt seinen starken Eindruck auf die Schüler nicht. Die dicht beieinanderliegenden Wellenzüge der verschiedenen Einzelversuche zeigen, abgesehen vom Phasenunterschied, vollkommene Gleichheit. Das stetige Anwachsen der Geschwindigkeit liegt unmittelbar zutage. Um das Gesetz der Geschwindigkeitszunahme zu ergründen, faßt man eine Welle, vom Auslaufende in den Zirkel oder zwischen zwei Bleistiftmarken eines Papierstreifens und sucht die Stellen nahe dem Anfang, wo genau 2 oder 3 Wellen auf die nämliche Strecke kommen und es zeigt sich, daß die Abstände der Streckenmitte vom Anfangspunkt sich wie 1 : 4 : 9 verhalten. Dieses Quadratgesetz entspricht der den Schülern längst bekannten Formel  $s = c^2/2b$  für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Mithin ist der Freifall eine derartige Bewegung. Nun muß auch das Wegzeitgesetz gelten. Dies nachzuprüfen wird eine Auszählung der Wellen erforderlich; dem stellt sich aber der Umstand entgegen, daß die ersten 3 Wellen zu einem etwa 0,2 mm breiten Strich zusammengedrängt sind. Erst die vierte läßt sich mit der Lupe erkennen.

Diese Schwierigkeit wurde früher von mir in der Weise umgangen, daß ich die erste sichtbare Welle mit 4 bezeichnete und von ihr aus weiter zählte. Ein Wellenberg nahe dem Ende, z. B. der auf die Zahl 140 entfallende, wird höchstens um  $\pm 1$ , also um 1 Prozent, abseits der richtigen Stelle liegen. Um diese Ungenauigkeit nahezu auszutilgen, berechnete ich aus der Strecke 0—140 und der Zeit 140/434,3 rückwärts die der 20 zugehörige Fallstrecke — es sind 10,4 mm — und nahm sie in den Zirkel, um damit genau von Anfang an in die Wellenlinie einzuschneiden. Von dem so erhaltenen Punkte 20 aus, der, je nach der Phase beim Fallbeginn, zwischen zwei Wellenberge zu liegen kommt, zählt man durch und markiert und beziffert dekadeweis mittels einer Nadel.

In den letzten Jahren hat Verf. ein einfacheres und doch scharfes Verfahren der Auszählung in Anwendung gebracht auf Grund des Gesetzes, daß im ersten Viertel einer Fallstrecke genau eben so viele Wellen liegen müssen, wie in den folgenden 3 Vierteln. Man nimmt eine beliebige, zweckmäßig 100 bis 125 mm lange Strecke in den Zirkel und trägt sie vom Beginn des Wellenzuges aus, der sich scharf markiert, viermal ab, den ersten und letzten Teilpunkt deutlich in die Kurve einschneidend. Zählt man dann die zwischen den Punkten 1 und 4 liegenden Wellen, einen Bruchteil auf Zehntel abschätzend, so gilt die gefundene Zahl auch für das erste Viertel 0—1. Sie sei beispielsweise 69,6. Nun schreibt man diese unbequeme Zahl nicht etwa an den Teilpunkt, sondern geht von ihm um 0,4 Wellen weiter und gelangt so zum Punkt 70. Dieser wird dann Ausgangspunkt für die dekadeweise Markierung und Bezifferung der ganzen Welle.

Aus den in der angedeuteten Weise markierten Wellenzügen können jederzeit die Fallgesetze und der Wert  $g$  mit aller Schärfe von den Schülern ermittelt werden.

**Streusandbilder für Schwebungs- und Interferenz-Wellenlinien.**Von **Wilhelm Grosch** in Sonderhausen.

Eine Verknüpfung von Gedanken aus den Aufsätzen: „Eine einfache Versuchsanordnung zur Erläuterung von Interferenz und besonders von Schwebungserscheinungen“ von Dr. ERICH GÜNTHER und „Das Parallelogrammpendel“ von ADOLF KELLER, beide in Heft I dieses Jahrganges der Zeitschr., führte mich zu der Zusammenstellung einer einfachen Vorrichtung, die selbsttätig Interferenz- und Schwebungskurven aufzeichnet, so wie ich sie mir schon lange gewünscht habe.

Zwei schwerbelastete, in gleicher Richtung schwingende Parallelogrammpendel werden durch einen zur Schwingungsrichtung senkrecht stehenden, drehbar aufliegenden Steg verbunden. In der Mitte des Steges ist ein Streusandtrichter angebracht, unter ihm wird ein längerer Streifen Zeichenpapier oder ein Brett gleichmäßig weggezogen, so daß sich auf ihm die Wellenlinien aufzeichnen (Gesamtbild Fig. 1). Haben die Pendel gleiche Länge, Schwingungsweite und Phase, so wird der Steg gleichgerichtet mitgeführt, der Trichter in der Mitte macht also die Bewegung mit. Haben die Pendel dagegen entgegengesetzte Phase, so dreht sich der Steg um seine Mitte hin und her, der Trichter bleibt also in Ruhe (Fig. 2). Bei beliebigen Schwingungen der beiden Pendel ist der Ausschlag der Mitte stets gleich der halben algebraischen Summe der Ausschläge der Pendel, somit kommt eine Interferenzbewegung zustande.

Jedes Parallelogrammpendel besteht aus zwei gleichen Brettchen ( $\sim 10 \times 18$  cm); eins kommt oben an das Stativ, das andere dient als Schwingbühne. In die Längsseiten der Brettchen kommen in gleichem Abstände je 2 Nägel. An zwei gleich langen, um die Nägel gelegten Schlingen aus dünnem Bindfaden (Heftzwirn) wird das untere Brettchen aufgehängt.

Als Stative verwende ich für Schwebungsversuche Hockerstühle, die oberen Brettchen werden einfach auf der Unterseite des Sitzes befestigt, wo sie ungestört bleiben können. Für Interferenzversuche muß eins der Stative wesentlich höher und verstellbar sein. Ein weiteres Brettchen wurde darum mit einer Stativmutter versehen, so daß es auf ein hölzernes Photographenstativ geschraubt werden kann; die 3 Beine lassen sich leicht so stellen, daß sie die Bewegung der Fäden nicht stören, wenn man 2 Beine durch die Schlingen steckt. Achten muß man auf wasserrechte Einstellung des Brettchens. Bei den vierbeinigen Stativen ist dagegen auf festen Stand zu achten,

gegebenenfalls sind Holz- oder Papier-Keile unterzuschieben. Auch die Belastung ( $\sim 2$  kg) muß feststehen; auffällig ist,

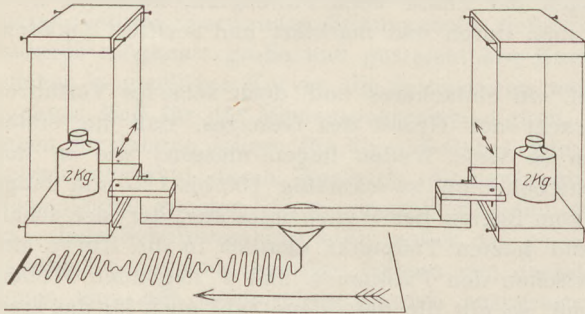


Fig. 1.

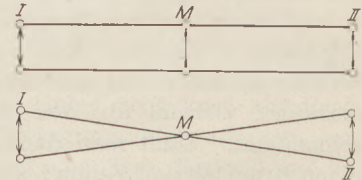


Fig. 2.

wie rasch die Schwingungsenergie bei wackeligem Stand aufgezehrt wird, während sie bei festem Stand lange vorhält. Achten muß man auch darauf, daß die Schwingungsrichtung zum Steg senkrecht steht.

Je länger der Steg ist (1,5 – 2,5 m), desto besser ist es, man gewinnt größeren Bewegungsraum für den Schriftstreifen. Ein nicht zu kurzer Steg stört die Schwingungen der Pendel gar nicht, sie schwingen mit ihm sogar ruhiger als ohne ihn, denn er vernichtet nur schädliche Längsschwingungen, während er auf die Querschwingungen

keinen Einfluß hat. Der Steg soll aber bei genügender Festigkeit auch wieder nicht zu schwer sein. Ich benutze eine leichte, aber lange Latte, wie sie in Möbelfabriken abfallen. Auf den Enden sind Klötzchen und darauf wieder Lattenstücke genagelt, so daß der Schwerpunkt tiefer als die Unterstützungspunkte liegt. Durch die freien Lattenenden gehen Nägel, die auf den Schwingbühnen ruhen sollen; man darf sie hier ruhig kräftig eindrücken, damit der Steg nicht auch seinerseits pendeln kann. Wirkung der Reibung ist bei den großen Hebelarmen und der geringen Drehung nicht zu befürchten.

Den Streutrichter stellt man sich aus einem Blatt Zeichenpapier her: man zeichne einen Kreis von etwa 7 cm Halbmesser mit 4 Nasen wie Fig. 3 zeigt, schneide ihn aus und schneide längs  $A M$  ein; dann lege man Ecke  $A$  über  $N_2$  und  $P_2$  hinweg bis zum Punkte  $B$ ; so entsteht ein Kegel von  $60^\circ$  Öffnung; dabei fällt Nase  $N_1$  auf  $N_2$  und  $P_1$  auf  $P_2$ ; man biege die Nasenpaare um und hefte sie mit Reißnägeln auf die vorher bezeichneten Stellen der Unterseite des Steges, wo nun der Trichter hübsch steif und fest sitzt. Von der Spitze schneide man mit der Schere ein wenig ab, so daß eine passende Ausflußöffnung entsteht. Verstopfungen kommen bei feinem Sande kaum vor, doch halte man für alle Fälle eine Stricknadel bereit.

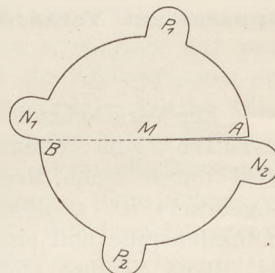


Fig. 3.

Beim Versuche werden die Pendel aus der Ruhelage gezogen und losgelassen. Falls dabei auch Längsschwingungen entstanden sein sollten, warte man einen Augenblick bis der Steg sie vernichtet hat, dann gieße man den Sand in den Trichter und ziehe von der Lage der untergelegten Papierstreifen ein Blatt nach den andern ab. Die richtige Geschwindigkeit hat man bald heraus; bei Schwebungen gilt es recht viele Schwingungen auf das Blatt zu bringen, darum muß man hier etwas langsamer ziehen als bei Interferenzkurven.

Zur Herstellung der Schlingenpaare beachte man die Beziehung: halbe Schlingenlänge = Pendellänge + Abstand der Nägel. Es empfiehlt sich, etwa 5 Paare vorrätig zu halten, entsprechend den Pendellängen I 25 cm, II  $30\frac{1}{4}$  cm, III 36 cm, IV 81 cm, V 100 cm. III und IV ergibt als Verhältnis der Schwingungszahlen

$$v = \sqrt{\frac{81}{36}} = \frac{3}{2}, \text{ also die Quinte. Es ergibt sich damit eine Schar verschiedener}$$

Kurven je nach dem Phasenunterschied, alle aber zerfallen in kongruente, charakteristische Abschnitte. Bei guter Abstimmung erhält man zuverlässig Kurve  $a$  in Fig. 4 ( $y = \sin 3\varphi + \sin 2\varphi$ ), wenn man das kürzere Pendel in dem Augenblicke losläßt, in dem das längere Pendel durch die Ruhelage streicht und Kurve  $b$  ( $y = \cos 3\varphi + \cos 2\varphi$ ), wenn man beiden Pendeln gleichzeitig den größten Ausschlag gibt. Verstimmt man eins der Pendel ein wenig, was einfach durch Umwickeln

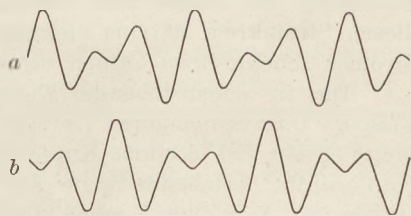


Fig. 4.

der Fäden um je einen der Nägel bewirkt wird, so gehen die Kurven allmählich ineinander über. Mit I und V erhält man  $v = \sqrt{\frac{100}{25}} = \frac{2}{1}$ , also die Oktave; mit III

und V  $v = \sqrt{\frac{100}{36}} = \frac{5}{3}$ . II und III liefern Schwebungen, bei denen nach je  $11\frac{1}{2}$

Schwingungen ein Ruhepunkt wiederkehrt, denn  $v = \sqrt{\frac{36}{30\frac{1}{4}}} = \sqrt{\frac{144}{121}} = \frac{12}{11}$ ; bei I

und III kehrt schon nach je  $5\frac{1}{2}$  Schwingungen der Ruhepunkt wieder,  $v = \sqrt{\frac{36}{25}} = \frac{6}{5}$ .

Die Zubehöerteile der Vorrichtung nehmen im Sammlungsschrank kaum Platz fort; die gebrauchsfertige, bei sorgfältiger Anfertigung der Teile sauber und sicher arbeitende Zusammenstellung läßt sich in wenigen Minuten aufbauen. Das Gerät ist auch für Schülerübungen sehr geeignet. Aus überall vorhandenen Stoffen können sich die Schüler alles Zubehör selbst anfertigen; das Zustandekommen der mannigfachen, formschönen, für die Akustik, Optik und Funkentelegraphie so wichtigen Kurven macht ihnen viel Freude.

### Apparat zur Veranschaulichung der Telephonübertragung und anderer physikalischer Vorgänge.

Von M. Kedves in Budapest.

Zur Veranschaulichung der Wirkungsweise des Bellschen Telephons verfertigte BOSSHARD<sup>1)</sup> zum erstenmal ein Anschauungsmittel für Schulzwecke. Das Sprechgerät wird durch einen Magnet und eine Induktionsrolle, die am Ende des Magneten angebracht ist, gebildet. Das Empfangsgerät besteht aus einem Magneten, einer Induktionsrolle und einer Eisenplatte, die vor dem Magneten an einer Feder befestigt ist. Beim Versuch wird dem Magnet ein Eisenstück genähert und entfernt, infolgedessen entsteht in der Induktionsrolle ein induzierter Strom, der die Eisenplatte

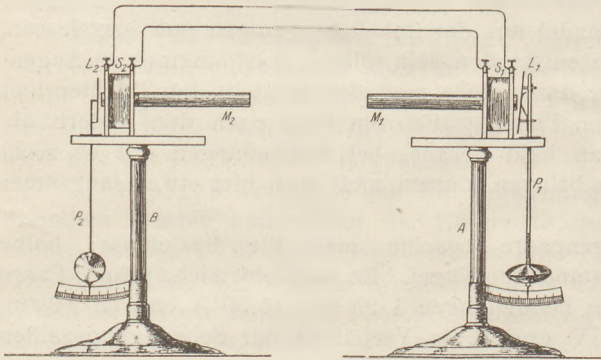


Fig. 1. ( $1/7$  nat. Gr.)

bewegt. Anstatt des Sprechgeräts kann auch ein Mikrophon eingeschaltet werden, zwecks Veranschaulichung der Tätigkeit des Mikrophons.

Dieses Anschauungsmittel ist mit verschiedenen Verbesserungen allgemein verbreitet. Die Wirkungsweise ist aber nicht immer befriedigend, da die Bewegung der Platte bei vielen Apparaten dieser Art kaum bemerkbar ist. Diesen Nachteil wollte PENSELER<sup>2)</sup> beseitigen, indem er die kleine

Bewegung der Platte zum Öffnen und Schließen eines Stromkreises benützte. In diesen Stromkreis ist eine elektrische Klingel eingeschaltet, die beim Schließen des Stromes schellt, beim Öffnen verstummt.

Das in nebenstehender Figur dargestellte Anschauungsmittel besteht aus zwei Teilen. Das Sprechgerät (A) steht auf einer Säule, die sich aus schwerer Grundplatte erhebt und in einem Kupfertischchen endet. Auf letzterem ist eine aus isoliertem Kupferdraht bestehende Spule ( $S_1$ ) befestigt, in die ein permanenter Magnet ( $M_1$ ) eingefügt ist. Vor dem Magnet steht eine kreisförmige Eisenplatte ( $L_1$ ), die am oberen Ende eines Pendels ( $P_1$ ) elastisch befestigt ist. In der Platte des Tischchens befindet sich ein Einschnitt für das Pendel, dessen Achse auf zwei am Tischchen angebrachten Platten ruht. Das linsenförmige Gewicht des Pendels ist aus Blei und mittels einer Schraube verschiebbar. Unter dem Ende des Pendels befindet sich eine Skala, an der die Schwingungen ablesbar sind.

Das Empfangsgerät (B) besteht gleichfalls aus einem Gestell, Tischchen und Spule wie oben, aber in letzterer steckt anstatt des Magnetes eine Eisenstange ( $M_2$ ). Vor dieser ist eine am oberen Ende eines leichten Pendels befestigte kreisförmige Eisenplatte ( $L_2$ ) angebracht. Die Anordnung des Pendels am Tischchen ist ebenso

<sup>1)</sup> Bosshard, *ds. Zeitschr.* 2, S. 133 (1889).

<sup>2)</sup> Penseler, *ds. Zeitschr.* 6, S. 30 (1903).

wie bei *A*. Das Pendel ist aus Stahldraht gefertigt und magnetisiert. Die daran befestigte Eisenplatte ist ebenfalls magnetisch, da sie die Kraftlinien des Pendels sammelt. Nur mittels dieser Veränderung von *B* gegen *A* konnten die unten angegebenen Resultate erlangt werden. Am unteren Ende des Pendels  $P_2$  ist ein aus kreisförmigen Platten bestehendes Gewicht befestigt und unter diesem eine Skala angebracht, zwecks Ablesung der Schwingungen. Länge und Schwingungsdauer dieses Pendels sind konstant im Gegensatz zu dem anderen, dessen Länge und Schwingungszeit mittels Heben oder Senken des Bleigewichtes verändert werden kann. Die zwei Pendel können daher leicht auf gleichzeitige Schwingungen eingestellt werden.

Zwecks Veranschaulichung der Wirkungsweise des Bellschen Telefons verbinden wir beide Geräte durch Leitungsdrähte und stellen sie womöglich auf zwei Tische, oder doch in größere Entfernung voneinander, damit die Schwingungen des Pendels  $P_1$  nicht — durch Vermittlung des Tisches — auf das zweite Pendel übertragen werden können. Das Pendel des Gerätes *A* wird so weit aus seiner Ruhelage gebracht, daß Platte  $L_1$  den Magnet beinahe berührt (auch eine eventuelle Berührung beeinflußt den Versuch nicht); dann wird das Pendel losgelassen. Beim Schwingen nähert und entfernt sich die Platte  $L_1$  abwechselnd dem Magnet. Die beschleunigende und hemmende Wirkung des Magnets beim Annähern und Entfernen der Platte suchte ich durch Anwendung des 435 g wiegenden Bleigewichtes zu vermindern. Übrigens können beide Wirkungen außer acht gelassen werden, da sie sich gegenseitig eliminieren. Beim Annähern verringert sich die Kraft des magnetischen Feldes: infolgedessen wird ein Strom in der Spule induziert. Beim Entfernen der Platte vergrößert sich die Kraft des magnetischen Feldes. Dieser Umstand induziert in der Spule einen Strom, der dem vorigen entgegengesetzt gerichtet ist. Beim Nähern formt sich die Arbeit des Magnets, beim Entfernen aber die des Pendels zu elektrischer Energie um.

Der im Gerät *A* induzierte, abwechselnde Strom gelangt in das Gewinde des Gerätes *B* und magnetisiert die darin befindliche Eisenstange. In Übereinstimmung mit dem Wechsel der Stromwicklung wechseln auch die magnetischen Pole der Stange. Durch diese Polwechsel wird die konstant magnetische Platte  $L_2$  in Schwingung versetzt. Da beide Pendel gleiche Schwingungsdauer haben, so summieren sich die Einwirkungen und es treten gut wahrnehmbare Schwingungen des Pendels  $P_2$  auf. Wenn die Anfangsamplitude von  $P_1$  40 mm ist, so erhält Pendel  $P_2$  eine Amplitude von 10—12 mm. Die größte Stärke des in *B* induzierten Stromes war bei meinen Versuchen 0,000038 Ampère, sank aber rapide.

Die Tätigkeit der Mikrophon-Telephone kann auch veranschaulicht werden, indem man an Stelle des Gerätes *A* ein Mikrophon und ein elektrisches Element in den Stromkreis einschaltet. Es kann das allgemein bekannte Stangen-Mikrophon verwendet werden. Durch Berühren oder Klopfen des Mikrophons werden am Pendel  $P_2$  starke Schwingungen hervorgerufen. Bei Benützung eines Platten-Mikrophons können die Schwingungen dadurch verstärkt werden, daß man in den Apparat im Tempo der Schwingungen schwach hineinbläst, oder silbenweise hineinspricht.

Da beim Apparat die Resonanz-Erscheinung benützt wird, kann man diesen auch zur Demonstration der Resonanz bei gleichzeitig schwingendem Pendel verwenden. Bei diesem Versuch müssen die Pendel — ebenso wie vorher — auf gleiche Schwingungsdauer eingestellt werden. Die zwei Pendel können nur in dem Falle zu gleichzeitigen Schwingungen gebracht werden, wenn beide innerhalb des Winkels bleiben, bei welchem die Schwingungszeit konstant ist. Diese Bedingung kann aber bei den zu demonstrierenden Erscheinungen nicht erfüllt werden, deswegen ist der Ablauf der Resonanz-Erscheinung folgender. Das Pendel ( $P_1$ ) fängt seine Schwingung mit einem Ausschlagswinkel von  $12^\circ$  an. Gleichzeitig verringert sich — obwohl in kleinem Maße — auch die Schwingungszeit. Das zweite Pendel ( $P_2$ ) ist anfangs ruhig, seine Schwingungen wachsen allmählich, gleichzeitig wächst die

Schwingungszeit. Nach einiger Zeit werden die Schwingungen beider Pendel gleich groß. In diesem Moment tritt die totale Resonanz ein und die Schwingungszeit des Pendels ( $P_2$ ) wächst am stärksten. Die während der lokalen Resonanz erhaltenen Stöße vergrößern die Schwingung und die Schwingungszeit des Pendels  $P_2$  in dem Maße, daß dessen Schwingung größer wird, als die des Pendels  $P_1$ , deshalb bleibt die Phase bei Pendel  $P_2$  gegenüber dem Pendel  $P_1$  zurück, so daß die zwei Pendel nach und nach in entgegengesetzte Phasen gelangen. Im weiteren Verlauf verringert sich die Schwingung des Pendels  $P_2$  ständig, bis sie auf einen Moment ganz ausbleibt, worauf sich die beschriebene Erscheinung vom Anfang wiederholt. Zeitweise gelangt Pendel  $P_2$  in so starke Schwingungen, daß sich diese plötzlich verringern und sprunghaft wieder in Phase gelangen. Diese Erscheinung wiederholt sich mehrere Male während der Schwingung des Pendels  $P_1$ .

Wenn wir das Gewicht des Pendels  $P_1$  heben oder senken, so entsteht die Resonanz immer bei anderer Amplitude, endlich wird die Schwingung bei  $P_2$  klein und kurzzeitig, es entsteht die aus der Akustik bekannte Erscheinung der Schwebung.

Der Apparat kann auch zur Veranschaulichung der Energieumwandlung dienen. Muster  $A$  kann als einfacher Generator eines Wechselstromes,  $B$  als einfacherer Synchronmotor beobachtet werden. Apparat  $A$  verwandelt die Bewegungsenergie des Pendels in elektrische und Apparat  $B$  die elektrische in Bewegungsenergie. Gleichzeitig wird die Arbeitsübertragung veranschaulicht.

Zwischen Modell B und einem gewöhnlichen Hörtelephon ist der wesentliche Unterschied, daß bei B ein Weicheisenkern an Stelle des Magneten in der Spule angebracht, und die Platte magnetisiert ist. Infolgedessen wird ein in die Spule von B kommender schwacher Strom nicht die Stärke eines Magneten vergrößern resp. verringern, sondern er magnetisiert einen Weicheisenkern, der somit anziehend resp. abstoßend auf die konstant magnetisierte Platte einwirkt. Ich habe ein gewöhnliches Hörtelephon dem Modell B entsprechend umgeändert. Auch in dieser Anordnung funktionierte das Telephon befriedigend, aber nicht so gut wie vorher.

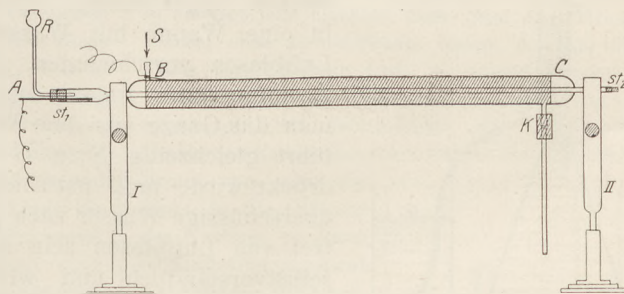
Es ist daher nicht ausgeschlossen, daß obiges Gerät bei entsprechender Ausführung auch zu Hörzwecken gut verwendbar sein könnte, hauptsächlich in Fällen, wo — wie bei der Telephonie ohne Draht — schwache Ströme in den Apparat gelangen.

Zur Veranschaulichung der Resonanz und Umwandlung der Energie kann Modell A auch so verfertigt werden, daß man den Magneten in der Spule beseitigt und dafür am oberen Ende des Pendels die Platte durch einen kürzeren und dünneren Magneten ersetzt. Bei der Schwingung des Pendels wird sich dieser Magnet in der Spule hin- und herbewegen und infolge der magnetischen Induktion in der Spule einen Strom erzeugen, der stärker ist als der durch die vorige Einrichtung induzierte.

## Für die Praxis.

**Der Liebigsche Kühler als Ozonapparat.** Von H. Zeitler in Berlin (Kirschner-Oberrealschule). Infolge der ungeheuren Preissteigerung für wissenschaftliche Apparate ist es der großen Mehrzahl der Schulen heute nicht mehr möglich, ihre Unterrichtssammlungen im erwünschten oder auch nur notwendigen Umfange auszugestalten und es besteht eine große Gefahr für den chemischen und vielleicht noch mehr für den physikalischen Unterricht darin, daß die Versuche — mit der Kreide an der Wandtafel gemacht werden. Daß dies der Tod des Experimentalunterrichts wäre, braucht hier nicht weiter ausgeführt zu werden. Jedenfalls müssen wir Chemie- und Physiklehrer uns energisch umsehen, wie wir unsere Versuche mit möglichst wenig Aufwand von Mitteln und unter bestmöglicher Ausnutzung der vorhandenen Apparate ausführen können. Hierzu soll der nachfolgende Versuch ein Beitrag sein.

Ein Liebig'scher Kühler dürfte in jedem Schullaboratorium vorhanden sein. Besitzt man einen, der ganz aus Glas hergestellt ist, so kann man ihn in  $\frac{1}{4}$  Stunde bequem in einen Ozonisator umwandeln. Die innere Röhre, durch die sonst die zu verdichtenden Dämpfe geleitet werden, wird mit Wasser gefüllt, dem man einige Tropfen  $H_2SO_4$  zugesetzt hat. Beide Enden sind mit gut sitzenden Gummistopfen  $st_1$  und  $st_2$  verschlossen. In  $st_1$  ist ein starker Kupferdraht  $A$  eingeführt. Außerdem trägt dieser Stopfen eine rechtwinklig gebogene Glasröhre  $R$ , welche die beim Einsetzen austretende Flüssigkeit aufnimmt.  $R$  trägt zweckmäßig oben eine Erweiterung.



Die äußere Fläche des Kühlers bedeckt man mit Metallfolie. Statt des teuren Stanniols benutze ich Folien aus einer Aluminium-Zinklegierung, die aus Zigarettenschachteln stammen. Man klebt die Folie nicht an, sondern hält sie dadurch fest, daß man sie mit einem dünnen Kupferdraht spiralig umwickelt. Dieser Draht endigt bei Rohr  $B$ ,

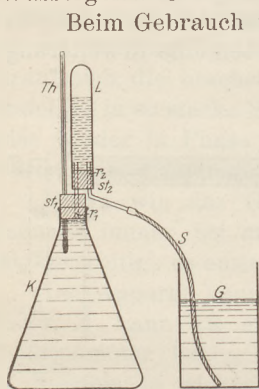
um das er mehrmals herumgewickelt wird und führt weiterhin zu einem Induktorium, dessen andere Klemme mit  $A$  in Verbindung steht. Der Kühler wird durch zwei hölzerne Retortenhalter mit eisernen Füßen festgehalten und zeigt so vollständig ausreichende Standfestigkeit und Isolation. Man muß nur darauf achten, daß der Belag in der Gegend von  $B$  und  $C$  nicht zu nahe an die heraustretende Röhre geführt wird, sonst schlagen hier Funken über. Bei  $S$  wird Luft oder besser Sauerstoff eingeleitet, bei  $K$  tritt das Sauerstoff-Ozongemisch aus. Man bringt auf  $K$  einen durchbohrten Korkstopfen, auf den man auf der anderen Seite nach Bedarf eine Glasröhre, Trichterröhre oder einen Vorstoß u. ä. aufsetzt.

Da der Abstand zwischen Belag und leitender Flüssigkeit verhältnismäßig groß ist, so wird der Wirkungsgrad dieses Apparates hinter dem einer gleich langen Siemensröhre zurückstehen müssen. Jedenfalls wähle man einen möglichst langen Kühler. Mit einem solchen von 70 cm wirksamer Länge wurde unter Anwendung eines mittelgroßen Induktoriums bei Einführung von Sauerstoff und einer Durchströmungsgeschwindigkeit von  $\sim 1$  Ltr. in 5 Min. in 1000 ccm des austretenden Gasgemisches 11,6 mg Ozon gefunden (jodometrisch; Volumen auf Normalbedingungen reduziert). Eine Siemensröhre von 24 cm wirksamer Länge gab unter denselben Bedingungen 14,5 mg Ozon. Zur Beobachtung des Sauerstoffstromes schalte man eine Waschflasche mit  $H_2SO_4$ , nicht mit Wasser vor, da trockener Sauerstoff eine bessere Ausbeute gestattet (vgl. *ds. Zeitschr.* 1914, 100). Mit der beschriebenen Liebig-Ozonröhre konnten folgende Versuche mit ausgezeichnetem Erfolg angestellt werden: Bläuung von Jodkalistärkepapier, Schwärzung eines Silberblechs, Entfärbung von Indigopapier (in wenigen Minuten), kräftiges Rauchen, aber nicht Entflammen von Terpentinöl, Desodorierung von übelriechendem Wasser, Oxydation von Ammoniak. Diese Versuche gelangen ebensogut wie mit der 24 cm-Siemensröhre. Die Liebigröhre reicht also für die üblichen Schulversuche vollständig aus.

Zu bemerken ist noch, daß der Kühler in etwa 10 Min. abmontiert und seinem gewöhnlichen Zweck zurückgegeben werden kann.

**Einfache Vorrichtung zum Nachweis der im Wasser gelösten Gase.** Von H. Zeitler, Berlin (Kirschner-Oberrealschule). Der Apparat ist so einfach, daß er in ganz kurzer Zeit von jedem Physik- oder Chemielehrer selbst hergestellt werden kann. Er besteht aus folgenden Teilen:  $K$  ist ein Erlenmeyerkolben von  $\frac{1}{2}$ —1 Liter

Inhalt. Er ist oben mit einem doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Die eine Bohrung nimmt ein Thermometer auf, die andere die Röhre  $r_1$  von 4—5 mm innerem Durchmesser, die unten nicht über die Begrenzungsfläche des Stopfens hinausreichen darf.  $r_1$  ist oben in einen zweiten Gummistopfen eingesetzt, auf den das Reagenzglas  $L$  paßt.  $r_2$  stellt durch den Schlauch  $S$  die Verbindung mit dem Wassergefäß  $G$  her.



Beim Gebrauch wird zunächst  $K$  bis zum Überfließen mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllt.  $st_1$  wird samt  $Th$  und  $st_2$ , die stets verbunden bleiben, abgenommen.  $L$  wie auch  $st_1$ ,  $st_2$ ,  $S$  bringt man in eine Wanne mit Wasser und taucht unter, damit alle Luftblasen verschwinden. Noch unter Wasser wird  $st_2$  auf  $L$  aufgesetzt. Indem man  $S$  am Ende zudrückt, nimmt man das Ganze aus dem Wasser heraus, setzt  $st_1$  auf  $K$  und führt gleichzeitig  $S$  in  $G$  über. Während  $st_1$  in  $K$  eingedrückt wird, muß natürlich  $S$  schon offen sein, damit das überschüssige Wasser nach  $G$  abfließen kann. Daß alle Teile frei von Luftblasen sein müssen (auch der Schlauch!), ist selbstverständlich und wird nach geringer Übung leicht erreicht.

Jetzt setzt man das Ganze auf einen Dreifuß und erhitzt, bis das Thermometer etwa  $90^\circ$  zeigt. Dann macht man die Flamme klein oder nimmt sie ganz weg und wartet so lange, als noch Luftblasen emporsteigen. Die etwa am Glase haftenden Blasen entfernt man durch leichte Erschütterung des Kolbens. Die Luft sammelt sich unter  $st_1$  und schlüpft durch  $r_1$  nach  $L$ . Das von ihr verdrängte Wasser geht nach  $G$ . Schließlich läßt man die ganze Vorrichtung erkalten. Die Gase in  $L$  nehmen jetzt infolge der Temperaturverminderung einen kleineren Raum ein, während aus  $G$  eine entsprechende Menge Wasser emporsteigt.

Will man den Versuch quantitativ ausführen, so muß  $L$  geeicht und der Inhalt von  $K$  durch Auswägen bestimmt werden. Vor der Ablesung stellt man den äußeren Luftdruck durch Heben des Gefäßes  $G$  auf das Niveau der Flüssigkeit in  $L$  her. Aus einem Liter Wasserleitungswasser von  $10^\circ$  wurden bei einem Versuch  $\sim 18$  ccm Gase erhalten (bei Zimmertemperatur!). Sehr genaue Ergebnisse wird man nicht erwarten dürfen, doch dürfte die Versuchsanordnung infolge ihrer Einfachheit für Demonstrations- und Übungsversuche geeignet sein.

**Das Leuchten des Phosphors.** Von H. Zeitler in Berlin (Kirschner-Oberrealschule). Die nachfolgende Versuchsanordnung hat sich als geeignet erwiesen, das Leuchten des Phosphors im Dunkeln auch einer größeren Zahl von Hörern sichtbar zu machen.

Man löst ein gut erbsengroßes Stück gelben Phosphors in 5—10 ccm Schwefelkohlenstoff auf und gießt dann die Lösung auf ein Eisenblech, dessen Format z. B.  $15 \times 20$  cm sein kann, so daß sie sich gleichmäßig ausbreitet. Nach den Verdunsten des Lösungsmittels spannt man das Blech senkrecht in ein Stativ. Es findet nun eine lebhaft oxydation des fein verteilten Phosphors statt, jedoch keine Entflammung, da das Metall kühlend wirkt. Die Erscheinung ist prachtvoll und auch aus größerer Entfernung zu sehen. Es empfiehlt sich, das Blech nach dem Gebrauch unter dem Abzug kräftig zu erhitzen, um den sonst schwer ganz zu beseitigenden Phosphor zu zerstören.



### Berichte.

#### 1. Apparate und Versuche.

**Zwei Versuche aus der Akustik.** Von W. BURSTYN (*Zeitschr. f. techn. Physik III, Nr. 5, 1922*). 1. Zu einer neuen Art von Pfeife können die nahtlosen Metallrohre dienen, die seit einigen Jahren für biegsame Hochdruckleitungen benutzt werden. (Ein solches Rohr, aber von anderen Dimensionen als die bei den Versuchen benutzten, ist in Fig. 1 abgebildet<sup>1)</sup>. Ihre Biegsamkeit beruht darauf, daß in sie ein ziemlich tiefer Spiralgang eingedrückt ist. Die Rohre haben bei 13 mm äußerem Durchmesser eine Wandstärke von 0,2 mm und eine lichte Weite von 8 mm, die Ganghöhe der ungefähr sinusförmigen Spirale beträgt etwa 3,5 mm. Bläst oder saugt man durch ein solches Rohr (etwa von 30 cm Länge), so erhält man einen ziemlich reinen Pfeifton, dessen Höhe von der Stärke des Blasens abhängt. Grundton und Oktave sind schwer zu erhalten, leicht dagegen der zweite und die folgenden Obertöne, von denen sich selbst außerordentlich hohe noch rein und stark erzeugen lassen, besser als mit einer gewöhnlichen Lippenpfeife. Der Ton entsteht dadurch, daß die eingedrückte Spirale als vielfache Lippe wirkt. Bemerkte sei noch, daß ein Rohr mit weniger tiefer Spirale nicht tönt, ebensowenig die gewickelten Spiralschläuche aus Metall. Ob ein Rohr, dessen Rippen nicht spiralförmig sondern drehrund verlaufen, sich ebenso verhält, ist nicht untersucht worden.



Fig. 1.

2. Für einen Versuch über Schallstrahlung wurde in einen Karton eine rechteckige Öffnung von solcher Breite geschnitten, daß die Zinke einer Stimmgabel eng, aber ohne Berührung, hineinpaßte. Wurde die Stimmgabel angeschlagen

<sup>1)</sup> Die Rohre werden unter der Bezeichnung DWM-Schläuche von den deutschen Waffen- und Munitionsfabriken zu Karlsruhe i. B. angefertigt.

und, wie Fig. 2 zeigt, in diesen Ausschnitt gehalten, so war der Ton vielfach verstärkt; der verstärkte Ton war verhältnismäßig frei von Obertönen. Besonders gut war die Wirkung bei tiefen Stimmgabeln. Die Erklärung ist folgende: Wenn die Stimmgabel in freier Luft schwingt, so erzeugt jede einzelne Zinke fast nur örtliche Wirbel ohne Fernwirkung, indem die von der Zinke fortgeflossene Luft in kurzen krummen Bahnen zur anderen Seite der Zinke, von der sie angesaugt wird, herumfließt; die Stromlinien ähneln den Kraftlinien eines kurzen Magnetstabes. Bringt man aber die Zinke in die Öffnung des Kartons, so kann die Luftströmung nicht mehr diesen Weg nehmen, die Zinke wirkt vielmehr nun ähnlich wie eine pulsierende Blase und strahlt ihre Energie in die Ferne aus. Hierbei werden die Obertöne, im Gegensatz zu der Wirkung eines Resonanzbodens, fast gar nicht verstärkt. Der Versuch gelingt auch, wenn man an Stelle des Kartonausschnitts den Spalt einer Schranktür oder dgl. benutzt. Selbst wenn man die Zinke zwischen zwei Finger hält, ist die Verstärkung deutlich merkbar, in geringerem Grade auch, wenn man die Zinke nur einseitig abschirmt, indem man sie dem Rande einer zur Schwingungsrichtung senkrechten Platte nähert. Auch die Wirkungsweise eines Schalltrichters führt der Verfasser auf den gleichen Vorgang zurück. Bei einem Grammophon richtet der Schalltrichter nicht nur, sondern vermehrt auch die ausgestrahlte Schalleistung. Der Trichter wirkt wie eine eng anschließende gekrümmte Platte, die den Raum in zwei ungleiche Hälften zerlegt. Überdies bewirkt er, daß die Luft von der Membran nicht in parallelen, sondern in radialen Bahnen ausgestrahlt wird, wobei ein ungelinderter, nicht durch Wirbelbildung beeinträchtigter Abfluß erfolgen kann. Durch Ansetzen eines zweiten Trichters, wie in der Grammophontechnik bereits geschehen, kann man auch die andere Seite der Membran vollständig ausnutzen. P.

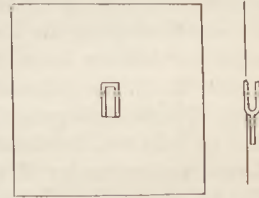


Fig. 2.

aus. Hierbei werden die Obertöne, im Gegensatz zu der Wirkung eines Resonanzbodens, fast gar nicht verstärkt. Der Versuch gelingt auch, wenn man an Stelle des Kartonausschnitts den Spalt einer Schranktür oder dgl. benutzt. Selbst wenn man die Zinke zwischen zwei Finger hält, ist die Verstärkung deutlich merkbar, in geringerem Grade auch, wenn man die Zinke nur einseitig abschirmt, indem man sie dem Rande einer zur Schwingungsrichtung senkrechten Platte nähert. Auch die Wirkungsweise eines Schalltrichters führt der Verfasser auf den gleichen Vorgang zurück. Bei einem Grammophon richtet der Schalltrichter nicht nur, sondern vermehrt auch die ausgestrahlte Schalleistung. Der Trichter wirkt wie eine eng anschließende gekrümmte Platte, die den Raum in zwei ungleiche Hälften zerlegt. Überdies bewirkt er, daß die Luft von der Membran nicht in parallelen, sondern in radialen Bahnen ausgestrahlt wird, wobei ein ungelinderter, nicht durch Wirbelbildung beeinträchtigter Abfluß erfolgen kann. Durch Ansetzen eines zweiten Trichters, wie in der Grammophontechnik bereits geschehen, kann man auch die andere Seite der Membran vollständig ausnutzen. P.

#### 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Der Streit um die Existenz des Elektrons.** Vor Jahresfrist habe ich an dieser Stelle über den damaligen Stand der wichtigen Frage nach der Existenz und Größe des Elektrons berichtet und mußte am Schluß meiner Ausführungen die Entscheidung über die Existenz des Millikanschen Elektrons oder der Subelektronen Ehrenhaft's noch offen lassen. Wohl schienen die Ergebnisse der Ehrenhaft'schen Experimente zweifelhaft zu sein, doch war bis dahin

ungen die Entscheidung über die Existenz des Millikanschen Elektrons oder der Subelektronen Ehrenhaft's noch offen lassen. Wohl schienen die Ergebnisse der Ehrenhaft'schen Experimente zweifelhaft zu sein, doch war bis dahin

noch keine bessere oder mit der Auffassung vom Elektron vereinbare Auslegung seiner Messungen gefunden (1). Heute aber läßt sich auf Grund von Versuchsergebnissen von R. Bär in Zürich (2) u. a. diese Frage zugunsten des Millikanschen Elektrons von der Ladung  $4,77 \cdot 10^{-10}$  elektrostat. Einheiten entscheiden.

Wie im vorigen Bericht erläutert ist, werden bei den Messungen kleinste Stoffteilchen durch elektrostatische Anziehung und Abstoßung zwischen Kondensatorplatten gerade in der Schwebe erhalten. Notwendig ist also die möglichst genaue Bestimmung dieser sog. Haltepotentiale  $V$ . Derartige Messungen sind natürlich stets mit Fehlern behaftet, als deren Hauptquelle die Brownsche Bewegung angesehen werden muß, die eine Bewegung der Teilchen nach oben oder unten vortäuschen kann, selbst wenn die elektrische Kraft die Schwerkraft gerade kompensiert. Um die Haltepotentiale so genau wie möglich zu erhalten, bestimmten Ehrenhaft und Konstantinowsky (3) die Potentiale  $V_h$  bzw.  $V_k$ , bei denen das Teilchen gerade noch fällt bzw. steigt. Dann muß das Haltepotential  $V_i$  zwischen beiden liegen. Ist  $mg$  das Gewicht eines Teilchens,  $e$  seine Ladung und  $e E$  die darauf wirkende elektrische Kraft, so ist im Falle des Gleichgewichts

$$mg = e E. \quad (I)$$

Ist  $V_i$  die in Volt gemessene Potentialdifferenz zwischen den Kondensatorplatten mit dem Plattenabstand  $d$ , so ist  $E = \frac{V_i}{300 d}$ ; folglich

$$mg = \frac{e \cdot V_i}{300 d} \quad (II)$$

Wenn die Ladung  $e$  eines Teilchens aus  $n$  Elementarladungen  $\varepsilon$  besteht, d. h.  $e = n \cdot \varepsilon$  ist, so wird aus (II):

$$mg = \frac{n_i \varepsilon V_i}{300 d}. \quad (III)$$

Demnach ist  $V_i n_i = \text{const}$ , d. h. je größer die Zahl der Elementarladungen eines Teilchens ist, desto kleiner ist das Haltepotential. Werden demselben Teilchen nacheinander verschiedene Ladungen erteilt, so müssen die zugehörigen Haltepotentiale  $V_1, V_2, V_3 \dots$  der Bedingung genügen:

$$V_1 : V_2 : V_3 : \dots = \frac{1}{n_1} : \frac{1}{n_2} : \frac{1}{n_3} : \dots, \quad (IV)$$

worin  $n_1, n_2, n_3 \dots$  kleine ganze Zahlen sind, z.

$$\text{B. } 47,5 \text{ Volt} : 71,1 \text{ Volt} = \frac{1}{3} : \frac{1}{2}.$$

Solche Messungen beweisen die quantenhafte Zusammensetzung der Elektrizität um so mehr, je enger die oben erwähnten Grenzpotentiale  $V_h$  und  $V_k$  zusammenliegen und je mehr Ladungsmessungen ausgeführt sind.

Derartige Untersuchungen an Aluminiumpartikelchen liegen von R. Bär (4) vor. Die Teilchen wurden durch Bestrahlung mit ultraviolett Licht positiv geladen und durch Ionisierung der Luft wieder entladen. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen weisen sehr bestimmt auf eine atomistische Struktur der Elektrizität hin. Die von Ehrenhaft und Konstantinowsky gegen diese Messungen erhobene Einwände (3) sind von Bär einwandfrei widerlegt worden (2 u. 5). Somit hält Bär die Frage nach der Konstitution der Elektrizität für erledigt. Nun bleibt noch zu untersuchen, wie groß das elektrische Elementarquantum in absolutem Maße ist. Gerade in der Beantwortung dieser Fragen weichen Millikan und Ehrenhaft weit voneinander ab. Die Widersprüche zwischen den Messungsergebnissen beider Forscher und ihrer beiderseitigen Anhänger aufzuklären, war also die wichtigste Aufgabe, die Bär auch gelöst hat (2).

In meinem früheren Bericht (1) sind die Voraussetzungen erläutert, die Ehrenhaft seinen Ladungsmessungen zugrunde gelegt hat. Hierin sind die Fehler zu suchen, die die Ursache zu den Abweichungen der Ehrenhauptschen Messungsergebnissen sind. Daß hieran nicht das Widerstandsgesetz, das der Fallbewegung der Partikelchen zugrunde gelegt wird, schuld ist, weist Bär (2) durch theoretische Entwicklung der Formel nach, die mit der von Ehrenhaft verwendeten übereinstimmt. Zwar spielt dabei das Verhältnis der freien Weglänge  $l$  zum Teilchenradius  $a$  eine Rolle, die bei dickeren Teilchen, wie sie Millikan verwandte, nur untergeordnet ist, jedoch mit abnehmender Teilchengröße bedeutender wird, wie besonders Messungen von M. Knudsen und S. Weber (6) dargetan haben. Die großen Abweichungen der Ehrenhauptschen Messungen von den Millikanschen aber können hierin nicht ihre Ursache haben. Das beweisen auch Versuche von K. Wolter (7). Zur Verkürzung der freien Weglänge  $l$  arbeitete er in komprimierten Gasen mit Teilchen der Millikanschen Größe ( $4,5 \cdot 10^{-10}$  cm Radius). Zunehmender Gasdruck müßte aber, sofern der Fehler im Widerstandsgesetz läge, zu denselben Überschreitungen der Elektronenladung führen wie sie Ehrenhaft bei konstantem Druck, also konstantem  $l$  mit abnehmender Teilchengröße fand. Trotz wiederholter Versuche mit Teilchen verschiedener Materialien zeigte sich doch niemals irgend ein Einfluß des Luftdrucks auf die Größe der Subelektronen. Damit ist die Gültigkeit des Stokesschen Widerstandsgesetzes auch für die Größe der Messpartikelchen nachgewiesen.

Weiter hatte Ehrenhaft bei seinen Versuchen vorausgesetzt, daß die Dichte der Partikel dieselbe wie die des kompakten Materials sei. Die Woltersche Messmethode gestattet nun aber, die Ladung der Teilchen ohne irgend welche Voraussetzungen über ihre Dichte zu bestimmen. Denn wenn man Messungen an denselben Partikelchen bei verschiedenen Drucken, denen bekannte freie Weglängen  $l$  entsprechen, ausführt, so läßt sich aus den Gleichungen des Widerstandsgesetzes der Radius  $a$  und die Dichte  $\sigma$  der Teilchen eliminieren. Andererseits läßt sich auch  $a$  und  $\sigma$  berechnen. Derartige Versuche hat Bär (2) an Platin-, Selen- und Parafinpartikelchen von derselben Größenordnung wie die Ehrenhaftens angestellt. Dabei ergaben sich stets elektrische Ladungen, die mit einer der Genauigkeit des Widerstandsgesetzes entsprechenden Annäherung mit der Elektronenladung oder einem kleinen Vielfachen dieses Wertes übereinstimmten. Rechnete aber Bär, wie Ehrenhaft es getan hatte, mit der Dichte des kompakten Materials, so erhielt er namentlich an *Pt*-Partikelchen dieselben Unterschreitungen des Elektronenwertes wie Ehrenhaft. Es lagen also bei den Bär'schen Messungen die gleichen Bedingungen vor wie bei Ehrenhaft. Somit ist nun einerseits einwandfrei die Existenz des Elektrons als kleinste Elektrizitätsmenge nachgewiesen, andererseits aber auch der Fehler Ehrenhaft's aufgedeckt, der in der falschen Annahme liegt, daß die Partikelchen die gleiche Dichte haben wie das kompakte Material.

Legt man die Bär'schen Ladungsbestimmungen zugrunde und berechnet die Dichte der Teilchen, so stellt sich heraus, daß diese von Teilchen zu Teilchen bei demselben Stoff in einem großen Intervall schwankt, sofern das Material aus fester Substanz besteht. Die Dichte bzw. Gestalt der Partikel verschuldet demnach die Subelektronen. Nun hat aber Ehrenhaft solche Partikel nach Mikrophotographien wiedergegeben und ihre Kugelgestalt somit nachgewiesen. Jedoch ist die Größenordnung dieser Partikelchen erheblich höher als die der Teilchen, an denen Ladungsunterschreitungen beobachtet wurden. Worin die Ursache der variablen Dichte zu suchen ist, läßt sich nicht sagen. Ob sie durch fetzenförmige Gestalt oder durch schwammige Struktur zu erklären ist, muß dahingestellt bleiben.

Nun hat aber eine Schülerin Ehrenhaft's, J. Parankiewicz (8) auch Subelektronen an Ölpartikelchen, bei denen man doch eine Kugelgestalt annehmen muß, gefunden. Variable Dichte oder Gestalt kann hier nicht der Grund zum Auftreten der Subelektronen sein. Von anderen Forschern sind allerdings am gleichen

Material zahlreiche Messungen ausgeführt worden, ohne daß jemals die Ergebnisse zur Annahme von Subelektronen gedrängt hätten. Die Messungen von Parankiewicz hätten auch das gleiche Resultat gehabt, wenn die bei den leichten Ölpartikelchen sehr beträchtliche Einfluß der Brownschen Molekularbewegung hinreichend berücksichtigt worden wäre.

Die Brownsche Molekularbewegung ist direkt zur Größenbestimmung submikroskopischer Teilchen verwendet worden. Diese Methode ist zwar frei von irgend einer Annahme über die Dichte der Partikel und vom Widerstandsgesetz unabhängig. Sollen diese Messungen aber einen einigermaßen brauchbaren Wert liefern, so müssen sie in möglichst großer Zahl ausgeführt werden. Eine derartige Untersuchung hat E. Schmidt (9) an Selenteilchen ausgeführt, wobei er bis zu 1500 Fallzeiten desselben Teilchens gemessen hat. So erhielt er eine Teilchengröße von  $5 \cdot 10^{-6}$  cm Radius und Ladungswerte, die dem Millikanschen wohl nahe liegen.

Der Streit um das Elektron ist also nun endgültig entschieden: Die Elektrizität hat atomistische Struktur und die Ladung des Elementarquantums beträgt  $4,77 \cdot 10^{-10}$  el.-stat. Einheiten; sie muß als die kleinste sowohl positive wie auch negative Elektrizitätsmenge angesehen werden. Damit wird die gesamte Elektronentheorie von Neuem gestützt und mit ihr die moderne Atomistik, in der doch das Elektron eine vitale Rolle spielt. A. Wenzel.

#### Literaturübersicht.

1. Diese Zeitschr. 34. 129. 1921.
2. R. Bär: Ann. d. Phys. 67. 157. 1922 u. die Naturw. 10. 322 u. 344. 1922.
3. F. Ehrenhaft und Konstantinowsky: Ann. d. Phys. 58. 199. 1919.
4. R. Bär: Ann. d. Phys. 57. 161. 1918.
5. R. Bär und F. Luchsinger: Phys. Zeitschr. 22. 225. 1921.
6. M. Knudsen und S. Weber: Ann. d. Phys. 36. 981. 1911.
7. K. Wolter: Zeitschr. f. Phys. 6. 339. 1921.
8. J. Parankiewicz: Ann. d. Phys. 53. 551. 1917.
9. E. Schmidt: Zeitschr. f. Phys. 5. 27. 1921.

**Zur Ätherphysik.** Die Ätherphysik hat durch die Abwehr der Relativitätstheorie in den letzten Jahren von neuem großen Aufschwung erfahren<sup>1)</sup>. Durch sie ist der Streit um die Einsteinsche Theorie in ein anderes Stadium getreten: während sich die Kritik zuerst gegen die „ungeheuerlichen“ Folgerungen dieser Theorie wandte und sie deshalb ablehnte, bemüht man sich heute meist, diese Folgerungen und Resultate — sei es ganz oder zum Teil — zu übernehmen und nur zu ihrer Begründung einen andern Weg einzuschlagen, eben den über den

<sup>1)</sup> Vgl. den Bericht über das Ätherproblem, diese Ztschr. 1921, H. 5, S. 223 ff.

Äther. — Dabei tritt nun eine eigentümliche Umkehrung in der Reihenfolge der Probleme ein, wie wir sie schon im Zeitalter der klassischen Mechanik bei Galilei und Descartes beobachten können, eine Umkehrung, die auch philosophisch bedeutsam ist, weil sie bedingt ist durch eine grundsätzlich verschiedene Auffassung vom Sinne der Physik. Während nämlich Galilei und Einstein vom Bewegungsproblem ausgehen, kommt bei ihren Gegnern das mehrkonkrete Problem der Materie in den Vordergrund, und erst auf Grund seiner Lösung werden die Tatsachen der Bewegung zur Darstellung gebracht. Ist also bei jenen das letzte erreichbare Ziel der Physik das Gesetz, die funktionelle Abhängigkeit, so spielt bei diesen mehr die anschauliche Deutung dieser Gesetze eine Rolle, ihr Ziel ist die Gewinnung einer umfassenden Hypothese. Natürlich ist das Problem der Materie auch der phänomenologischen Physik nicht fremd. Das zeigen die Arbeiten von Mie<sup>1)</sup> und Einstein<sup>2)</sup>, die den Nachweis zu führen suchen, daß aus ihren Grundgleichungen die Möglichkeit stabiler Elementargebilde folgt. Das ist methodisch aber etwas ganz anderes als das, was die Ätherphysik will.

Aus der großen Zahl der Arbeiten zur Ätherphysik soll hier nur über einige neuere berichtet werden. Es handelt sich um Schriften von LENARD<sup>3)</sup>, MAAG und REIHLING<sup>4)</sup>, WIENER<sup>5)</sup> und FRICKE<sup>6)</sup>.

Der gemeinsame Ausgangspunkt aller ist der Äther als hypothetischer Weltbaustoff, ihr gemeinsames Ziel die anschauliche Erklärung und Ableitung der Naturgesetze aus den Eigenschaften dieses Äthers. Im wesentlichen wird dies Ziel für drei Problemkreise zu erreichen gesucht: 1. für den Aufbau der Materie, 2. für die Ableitung der Bewegungserscheinungen und 3. für

<sup>1)</sup> Ann. d. Phys. Bd. 37, 39, 40.

<sup>2)</sup> Das Relativitätsprinzip. 3. Aufl. Teubner 1920. S. 140 ff.

<sup>3)</sup> P. Lenard, Über Äther und Uräther. Leipzig 1921.

<sup>4)</sup> E. Maag u. K. Reihling, Vom Relativen zum Absoluten. I. Teil: Das Ätherrätsel und seine Lösung. Stuttgart 1921.

<sup>5)</sup> O. Wiener, Das Grundgesetz der Natur und die Erhaltung der absoluten Geschwindigkeiten im Äther. Leipzig 1921.

<sup>6)</sup> H. Fricke, Eine neue u. einfache Deutung der Schwerkraft. (Wolfenbüttel 1919). — Ein neuer Weg zur Aufklärung des Äther- und Schwerkraftproblems. (Phys. Ztschr. XXII, 1921, S. 636/9). — Klassische Mechanik, Relativitätstheorie oder Ätherphysik? (Astron 1, Ztschr. XV, (1921), S. 31/34).

das Rätsel der Schwerkraft. Die tatsächliche Durchführung zeigt — wie es ja nicht verwunderlich ist — eine große Mannigfaltigkeit von Lösungsversuchen, die sich zum Teil geradezu widersprechen.

LENARDS<sup>1)</sup> „diskontinuierlicher Äther“ ist kein Gas, soll überhaupt keine Art Materie sein, sondern etwas, was neben der Materie im Raum existiert<sup>2)</sup>. Er steht mit ihr in enger Verbindung („jedes Atom hat seinen Äther“) und fordert als Träger einen absolut ruhenden „Uräther“. Die Mitführungsversuche von Fizeau und Michelson werden verständlich, wenn man berücksichtigt, daß sich bei Michelson der ganze Vorgang im Äther der Erde (d. h. in relativer Ruhe zur Erde und „ihrem“ Äther) abspielt, bei Fizeau dagegen der Äther der Atome in der Röhre gegen den Äther der Erde bewegt ist und so die teilweise Mitführung bedingt. Im Zusammenhange hiermit steht die Annahme einer Lichtquantenhypothese. LENARD schlägt hier Wege ein, auf die schon früher Ritz hingewiesen hatte. Das Lichtquant ist vom Atom abgegebener Äther, der relativ zum umgebenden Äther (z. B. der Erde) mit Lichtgeschwindigkeit läuft, allmählich aber infolge des Nachlassens der Beeinflussung durch die emittierende Lichtquelle die absolute Lichtgeschwindigkeit annimmt, die relativ zum Uräther gemessen wird. Diese Geschwindigkeit behält das Quant auch dann bei, wenn es in neue Äthergebiete kommt. Durch diese Annahme kann LENARD den de Sitter'schen Messungen genügen, die auf eine Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle hinzuweisen scheinen und der Ritz'schen Hypothese Schwierigkeiten machten. So gelingt es LENARD, die Widersprüche der Elektrodynamik bewegter Körper durch Einführung einiger Hypothesen über den Äther zu beheben. Wesentlich ist dabei, daß, im Gegensatz zu den meisten andern Forschern, von einer Lorentz-Kontraktion der Körper keine Rede ist. —

Den Untersuchungen LENARDS ähneln in vielen Punkten die von MAAG und REIHLING. Ihnen erscheint der Äther als der gasförmige Aggregatzustand eines „Energistoffes“, dessen flüssiger Zustand das Elektron ist, dessen fester die Atomkerne sind. Jedes Atom hat seinen Äther, der mit den Elektronen und Kernen im Gleichgewichtszustand steht, so wie sich ein gesättigter Dampf mit seiner Stammflüssigkeit im Gleichgewicht befindet. Damit ist für sie das Problem des Elektrons und des Atomkerns gelöst. Die Versuche von Michelson und Fizeau

<sup>1)</sup> Vgl. d. Ztschr. 1921, Heft V, S. 223 ff.

<sup>2)</sup> a. a. O. S. 8 u. 10.

werden wie bei LENARD vereinigt. Das Zustandekommen der Strahlung wird erklärt als Störung des sonst im Gleichgewicht verlaufenden Energieaustausches innerhalb des Strahlers. Tritt die Störung zwischen dem Elektron bzw. Atomkern und dem Äther auf, so wird von dem Atom Energie ausgestrahlt oder absorbiert, tritt sie zwischen Elektron und Kern auf, so äußert sie sich als elektrische Ladung des Körpers. Der Unterschied zwischen beiden Arten besteht darin, daß die erste sich schnell ausgleicht, während die zweite nicht ohne weiteres zurückgeht. Ein Grund wird für diese Annahme nicht angegeben, aber sonst wäre die Hypothese unvollständig! Neben der Strahlung und der elektrischen Ladung besteht noch eine Restwirkung, die auch vorhanden ist, wenn der Körper mit seiner Umgebung im Gleichgewicht steht: es ist — ähnlich wie bei LORENTZ — die Schwerkraft.

Im Gegensatz zu LENARD und MAAG stehen die wieder unter sich verwandten Ausführungen WIENERS und FRICKES, die für einen kontinuierlichen Wirbeläther eintreten. In der Form sind beide grundverschieden. FRICKE will den gesunden Menschenverstand in der Physik zu Ehren bringen und wendet sich ebenso gegen Newton und LORENTZ wie gegen Einstein. Ihm ist die Anschaulichkeit alles. WIENERS Ziel ist „das Grundgesetz der Natur“ in mathematischer Form, sein Ausgangspunkt sind mehr erkenntnistheoretische Überlegungen: Notwendigkeit des Absoluten, reale Außenwelt, mechanistische Betrachtungsweise. Sein Grundgesetz ist der Hertzsche Satz von der „geradesten Bahn“, unter Ausschluß der Einwirkung entfernter Massen, d. h. in enger Verbindung mit dem Prinzip der Nahewirkung. Auch darf „in diesem Grundgesetz kein Bestimmungsstück vorkommen, das nicht durch unabhängig von uns bestehende Vorgänge bedingt aufgefaßt werden kann“ (S. 10). Daneben stehen die Erhaltungssätze für Stoff und Energie. Alle Energie ist Bewegungsenergie, und das Prinzip von der Erhaltung der Energie geht über in den Satz von der Erhaltung der absoluten Geschwindigkeit jedes Teilchens. Für den Äther muß sie im Mittel etwa Lichtgeschwindigkeit sein. Aus der so geforderten Unmöglichkeit einer Beschleunigung in der Bewegungsrichtung folgt sofort, daß ein umlaufendes Gebilde bei Bewegung seine Form ändern muß. Es ergeben sich, wenigstens als mögliche Lösungen, die Werte der Lorentz-Kontraktion und der Umlaufzeitänderung wie bei Einstein. Der Versuch von Michelson macht also keine Schwierigkeiten. Überhaupt ist das Verhältnis WIENERS zur Relativitätstheorie nicht das völliger Ablehnung. Seine Lehre steht zu der Einsteins etwa im Ver-

hältnis der kinetischen Gastheorie zur Thermodynamik. Die Bedeutung der R. Th. liegt nach ihm „in der Gewinnung eines neuen Grundsatzes, der mit Hilfe glücklicher Verallgemeinerung von Erfahrungstatsachen in einem gewissen Bereich zu richtigen Ergebnissen führt, ohne daß es nötig wäre, besondere Annahmen zu machen über die innere Gestalt der behandelten Vorgänge“<sup>1)</sup>. —

In der Lehre von der Gravitation, die WIENER als eine Grundeigenschaft allen Stoffes ansieht, kommt er allerdings zu andern (aber nur vorläufigen) Resultaten wie Einstein. Sein Gravitationsgesetz hat zwar die Newtonsche Form, weicht aber doch von ihm ab, da die Massen veränderlich sein und verschiedene Vorzeichen („barische“ und „antibarische“ Massen) haben können. Infolge der letzteren Möglichkeit kann die Gesamtmasse des Weltalls Null sein, und die Einsteinschen Spekulationen über die Endlichkeit der Welt fallen fort. — Ein Wort wäre noch über die Elementarteilchen der WIENERSchen Theorie zu sagen. Es handelt sich um Wirbelgebilde, aber nicht nach Art der Helmholtzschen Wirbelringe. Sie führen vielmehr schraubenförmige Bewegungen aus. WIENER nennt sie Archonen. Aus ihnen bestehen die Ätheratome, die Elektronen und Kerne, und auch als Licht schreiten sie durch den Raum. Allerdings, ein Elektron als Elektrizitätsatom gibt es überhaupt nicht. „Es handelt sich lediglich um den Ursprung elektrischer Kraftlinien in verhältnismäßig stabilen Bewegungsgebilden . . .“ (S. 65). Die Ehrenhartschen Subelektronen werden damit als möglich anerkannt, wenn auch Wiener nicht glaubt, daß die Unterschreitungen des  $e$ -Wertes so groß sind, wie Ehrenhaft sie angibt<sup>2)</sup>. —

Für Fricke, den letzten der angeführten Vertreter der Ätherphysik, ist das fließende Wasser das beste Modell für den Äther. Er lehnt die Atomistik ab und setzt einen kontinuierlichen Äther voraus, dessen stetiger Zusammenhang seine innere Reibung bedingt. Es war nach FRICKE ein Grundirrtum der bisherigen Physik, daß man beim flüssigen Äther die innere Reibung vergaß und die Verhältnisse der idealen Flüssigkeiten als auf ihn zutreffend ansah. Nur deshalb konnte man sich nicht mit ihm befreunden und behaupten, daß in ihm keine Transversalwellen möglich seien. Eine bald nach rechts, bald nach links gedrehte Kugel gibt in einer Flüssigkeit Transversalwellen, FRICKE beruft sich zum Beleg auf Versuche Robinsons<sup>3)</sup>, der in

<sup>1)</sup> a. a. O. S. 36.

<sup>2)</sup> Vgl. den vorstehenden Bericht.

<sup>3)</sup> Journal of Franklin-Institute, Philadelphia, Mai 1881, S. 201.

Luft Polarisationserscheinungen beobachtet haben soll. Alle weiteren Einzelheiten für seinen Äther leitet Fricke aus Beobachtungen Rümelins an fließendem Wasser ab. Bei bestimmter Geschwindigkeit bilden sich Wirbelkörper, die ihre Größe verändern. Zwischen je zwei gleich bewegten Schichten liegt eine Schicht mit entgegengesetzter Drehrichtung. Allmählich vertauschen die Schichten ihren Drehsinn, sodaß eine „rythmische Pulsation“ zustande kommt, die scheinbar gleich einer elastischen Schwingung ist. Dieser „Normalzustand des Fließens“ im Äther ist das Urphänomen der Physik. Überall wirbelt und strömt Äther mit etwa Lichtgeschwindigkeit. Aus der Reibung im Äther erklärt sich das Verhalten des Lichtes bei der Brechung und Mitführung, und es besteht kein Gegensatz zwischen den Versuchen von Fizeau und Michelson, wird doch bei Michelson nicht nur die Luft, sondern das ganze Erdfeld mitgenommen, während es sich bei Fizeau um einen irdischen Versuch handelt, bei dem nur ein kleines Quantum Materie zur Wirkung kommt<sup>1)</sup>. —

Das Hauptgewicht aber legt FRICKE auf seine anschauliche Deutung der Schwerkraft, die er als Ätherströmung auffaßt. „Die Kraftlinien der Schwere lassen sich als die Stromfäden eines mit Lichtgeschwindigkeit strömenden, mit innerer Reibung behafteten Fluidums auffassen“<sup>2)</sup>. Die Newtonsche Formel erscheint dabei als Strömungsformel, auch die scheinbare Zeitlosigkeit der Übertragung, die Schirmwirkung der Materie (vgl. die Theorie von Lesage) und die Konstanz der Erdbeschleunigung in begrenzten Gebieten ergeben sich anschaulich aus dem Strömen mit innerer Reibung (a. a. O. S. 72/74). Aber nicht nur als beschleunigende, sondern auch als verzögernde Kraft spielt die Ätherströmung eine Rolle: neben die Schwere tritt die Trägheit. Beide sind nur verschiedene Äußerungen derselben Grunderscheinung. — Vollständig ist aber damit das Schwerkraftproblem nicht gelöst. Wenn die Schwere kein statischer Spannungszustand sein soll, so wird man fragen, wo das Energieäquivalent der in eine Masse einströmenden Schwereenergie ist. Und hier weist FRICKE nun auf einen Zusammenhang der Schwere mit der Wärme hin. Die Oberflächentemperaturen (abs.) der Planeten und der Sonne verhalten sich wie die Intensitäten der Schwere auf ihrer Oberfläche. So ist z. B. die Erdtemperatur nach Abzug der zugestrahlten Wärme etwa 200° abs., es müßte also auf der Sonne bei 27,6-facher Schwere-

wirkung eine Temperatur von etwa 5247° Cels. herrschen, ein Wert, der von anderen Beobachtungen nicht stark abweicht. Das entstehende Temperaturfeld ist aber noch nicht das vollständige Äquivalent, daneben ist das Trägheitsfeld zu beachten. Die Folgerungen, die FRICKE aus diesen Anschauungen für die Astronomie, Geophysik und Meteorologie zieht, können hier nicht dargestellt werden. —

In meinem Bericht über den Äther<sup>1)</sup> habe ich schon auf die psychologischen und erkenntnistheoretischen Verhältnisse hingewiesen, die den Gegensatz zwischen der Relativitäts-Theorie und der Ätherphysik verständlich machen können. Dieser Gegensatz scheint ein sehr tiefer zu sein. Wie Typen der Forschungsweise stehen sich die Vertreter der beiden Richtungen gegenüber. Aus dieser Einsicht folgt aber sofort, daß nicht Ausfälle gegen den Gegner, nicht hochmütige Ablehnung der Sache gerecht wird, sondern Verständnis. Mit dem Vorwurf der Verwechslung von „Beschreibungsobjekt und Beschreibungsmittel“<sup>2)</sup> kommt man nicht weit, man schätze lieber den Wert der beiden Methoden ab, beschränke sie auf ihr Anwendungsgebiet und mache sie dort nutzbar. Auf jeden Fall spielt die anschauliche Hypothese beim Suchen nach dem Gesetz oft eine große Rolle und wird gerade deshalb vom Lehrer auch gern benutzt werden, um Gedankengänge verständlich zu machen, die sonst zu abstrakt sind. Aber ebenso sicher ist, daß diese Hypothese doch eben nur Mittel ist, um zum Zweck zu gelangen, zum Gesetz. Dazu kommt, daß prinzipiell ein Modell, eine anschauliche Hypothese, die den Tatsachen entsprechen soll und mehr geben kann als eine vage Vorstellung, erst möglich ist, wenn man das Gesetz oder die Regel kennt. Theoretisch ist das Anschauliche das Sekundäre! — Aus der ganzen Natur der anschaulichen Hypothese folgt aber noch etwas, was vielen zur Gefahr wird. Ihre Unbestimmtheit verleitet zur Grenzüberschreitung. Die Analogie, die dem Genie so oft den rechten Weg gewiesen hat, sie kann auch ebenso oft zum Verhängnis werden. In kaum einer der besprochenen Arbeiten ist diese Gefahr ganz vermieden. Es sei nur auf die Versuche hingewiesen, die gefundenen Hypothesen sofort auf die ganze Welt, vor allem auf das organische Leben anzuwenden (FRICKE, WIENER). Das mag interessant sein, aber man darf nie vergessen, daß selbst die schönste Hypothese ohne tatsächlichen Untergrund, auch wenn sie gedanklich befriedigt, uns um nichts klüger macht und keine Erkenntnis ist! —

Sellien.

<sup>1)</sup> Man beachte die Analogie zwischen den Erklärungsversuchen Lenards, Maags und Frickes.

<sup>2)</sup> Schwerkraft S. 72.

<sup>1)</sup> D. Ztschr. 1921, H. V.

<sup>2)</sup> O. Kraus, Kantstudien XXVI, H.3/4, S. 454 ff.

5. Technik und mechanische Praxis.

**Stabdurchmesser und Gewinde bei physikalischen Unterrichtsapparaten.** In den Mitteilungen des Normenausschusses der Deutschen Industrie vom 11. März 1922 ist auf Seite 140 über eine Beratung vom 21. Januar 1922 berichtet, in der festgestellt wurde, daß die baldige Einführung der Gewindenormen nach Normenblatt 13 einem dringenden Wunsch der Industrie entspricht, daß sie aber auch jetzt möglich ist, da die von den Behörden als Voraussetzung geforderte Einigkeit vorhanden und darüber hinaus in weitgehendem Maße der Anschluß des Auslandes gesichert ist.

Ein Normenblatt muß den regelmäßigen Bedarf aller Fabrikationszweige decken und ist daher für ein Einzelgebiet unnötig reichhaltig. Der eigentliche Wert der Normung besteht aber in der Beschränkung auf die wirklich notwendige Auswahl. Aus dieser Erwägung veröffentlicht die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Berlin in nebenstehender Tabelle Vorschläge, die sich auf die Verwendung der Stabdurchmesser und Gewinde bei physikalischen Unterrichtsapparaten beziehen. Die Tabelle hebt die Durchmesser und Gewinde hervor, die zu bevorzugen sind und daneben diejenigen, zu denen man greifen kann, wenn die bevorzugten nur mit erheblichem Nachteil angewandt werden können. Die eingeklammerten Gewinde werden auch im Normenblatt als solche bezeichnet, die man vermeiden soll.

Eine noch engere Wahl ist angezeigt für das Improvisationsgerät: die Stative, Stiele, Kupplungen und elektrischen Klemmen für den Handgebrauch. Hier ist allerdings noch das bisher schon meist verwendete  $\frac{3}{8}$ " Ww Gewinde vorgeschlagen, obwohl es nach Beschluß des Normenausschusses für Gewinde ausgeschaltet werden sollte. Die photographische Industrie hält aber an diesem Gewinde unbedingt fest, und die Verwendung des photographischen Statives bei physikalischer Improvisation kommt doch sehr in Betracht.

In ähnlicher Weise wie es hier vorgeschlagen ist, haben bereits Sonderindustrien, z. B. der Lokomotivbau, die für den Einzelzweck zu große Auswahl der Normenblätter für sich eingeschränkt. Das ist durchaus nötig. Jede Fabrik beschränkt sich ganz selbstverständlich auf eine Auswahl aus dem Normenblatt, da liegt für gleichartige Fabriken eine Verabredung über gleiche Auswahl jedenfalls nahe und trägt den Nutzen der Normung weiter bis zum Verbraucher.

Stabdurchmesser zwischen 2 und 20 mm.

Vorzugs- durchmesser	Zusatz- durchmesser
3 mm	2 mm
5 "	4 "
7 "	6 "
10 "	8 "
13 "	12 "
16 "	14 "
20 "	18 "

Zulässig, aber möglichst zu vermeiden sind die übrigen im Normenblatt DIN 3 aufgeführten Durchmesser.

Gewinde zwischen 1 und 10 mm.

Vorzugs- gewinde	Zusatz- gewinde	Zulässige aber mög- lichst zu vermei- dende Gewinde
1	1,2	(4,5)
1,4	1,7	(5,5)
2	2,3	(7)
3	2,6	(9)
5	3,5	—
8	4	—
10	6	—

Ferner werden bevorzugt:

- für Stativstäbe 13 mm Stabdicke
- für Stiele (v. Linsen, Tischchen etc.) 7 mm und 13 mm Stabdicke,
- für Kuppelungen 5 mm und  $\frac{3}{8}$ " Ww Gewinde,
- für elektrische Klemmen 3 mm Gewinde.

Die Vorschläge sind so gedacht, daß sie sich zunächst auf Neukonstruktionen beziehen, ihre Anwendung auf die schon durchgearbeiteten Zeichnungen wird allmählich vor sich gehen unter Rücksicht auf vorhandene Bestände und Einrichtungen. Zunächst aber ist es nötig zu diesen Vorschlägen, besonders auch zur Frage des  $\frac{3}{8}$ " Ww Gewindes baldigst Stellung zu nehmen, damit sie bald zu einer Vereinbarung führen, nach der man sich richten kann. Die Zuschriften werden erbeten an die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht, Berlin W. 35, Potsdamerstraße 120. W. V.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus.** Zum Gebrauch bei Vorträgen und zum Selbstunterricht. Von Dr. MAX PLANCK. 208 S. Leipzig, S. Hirzel, 1922. M. 42,— geb. M. 66,—.

Das Buch bildet den dritten Band der Einführung des Verfassers in die theoretische Physik. Es geht von der Voraussetzung einer stetig im Raum verteilten Materie aus und legt demgemäß die von Maxwell begründete, von Hertz vollendete Theorie zu grunde. In den einzelnen Abschnitten sind die allgemeinen Gleichungen des elektromagnetischen Feldes in ruhenden Körpern, die statischen und stationären Zustände, die quasistationären und dynamischen Vorgänge behandelt. Am Schluß werden die Grenzen der Maxwell-Hertz'schen Elektrodynamik erörtert. Es wird einerseits die Invarianz der Grundgleichungen für die elektrodynamischen Vorgänge in bewegten Körpern beim Übergang zu einem beliebig bewegten Koordinatensystem dargelegt, andererseits auf die Unhaltbarkeit der Geltung dieser Elektrodynamik für beliebig bewegte Körper hingewiesen. Es wird dann die Bedeutung der Lorenz'schen Theorie des ruhenden Äthers und der Einsteinschen Relativitätstheorie für die Lösung dieser Schwierigkeit gekennzeichnet und betont, daß die Folgerungen aus der letzteren in keinem einzigen Fall zu einem Widerspruch mit der Erfahrung führen, vielmehr oft in auffallender Weise durch sie bestätigt werden. P.

**Lehrbuch der Physik.** Von O. D. CHWOLSON. 2. verb. und verm. Auflage. II. Band, 2. Abteilung: Die Lehre von der strahlenden Energie, herausgegeben von Gerhard Schmidt, Professor an der Universität Münster i. W. Mit 498 Abbildungen. 894 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn A. G. 1922. M. 80,—, geb. M. 100.

In diesem Bande ist die Optik in erweitertem Sinne behandelt, ohne daß aber auf die moderne „Optotechnik“ in dem Umfange eingegangen wäre wie in Lummers Darstellung in dem Lehrbuch von Müller-Pfaundler. Die neue Auflage ist von dem Herausgeber wesentlich umgearbeitet worden, er hat auch den Mut gehabt, vieles auszumerken, was nur historischen Wert hat, wie die älteren Untersuchungen über Wärmestrahlung, oder was den Lesern von der Schule bekannt ist, wie die Identität der Licht- und elektrischen Strahlen. Um so ausführlicher ist andererseits die Spektroskopie und die Lehre von Interferenz und Beugung behandelt. Auch die elektromagnetische Lichttheorie ist abgetrennt und fast ganz in den 5. Band verwiesen worden. Das Werk nimmt unter den gleichartigen jetzt zweifellos eine ganz hervorragende Stelle ein. P.

**Lehrbuch der Physik.** Von Dr. BERNHARD DESSAU, o. Prof. der Physik an der Universität Perugia. Vom Verfasser aus dem Italienischen übertragen. I. Band: Mechanik, Akustik, Wärmelehre. Mit 490 Abb. im Text. Leipzig. Joh. Ambrosius Barth, 1922, 667 S. M. 160,—, geb. M. 190,—.

Das Werk ist ursprünglich nach bewährten deutschen Muster für italienische Studierende geschrieben und hat diesen gewiß durch eine Reihe von Jahren gute Dienste für ihre erste Einführung in die Physik geleistet. Das Buch geht seinem Stoffausmaß nach, abgesehen von den Zustandsänderungen in der Wärmelehre, nicht erheblich über den Umfang besserer deutscher Schulbücher hinaus, von denen es sich auch in der Art der Behandlung (man vergleiche z. B. die Ableitungen der Potentialformel, der Zentrifugalkraft, des Foucault'schen Pendels) kaum unterscheidet. Auf die jüngste Entwicklung der Wissenschaft wird erst im Schlußabschnitt des zweiten Bandes (Optik und Elektrizitätslehre) eingegangen werden. P.

**Physikalische Demonstrationen.** Anleitung zum Experimentieren im Unterricht an höheren Schulen und technischen Lehranstalten. Von ADOLF F. WEINHOLD. 6. verm. u. verbesserte Auflage. Mit 702 Figuren im Text und auf 7 Tafeln. Herausgegeben von Dr. L. Weinhold. 1022 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1921. M. 180,—, geb. M. 210,—.

Das Werk des am 2. Juli 1917 verstorbenen Verfassers hat sein Sohn pietätvoll neu herausgegeben, ohne an der bewährten Eigenart des Buches etwas zu ändern. Er hat auch daran festgehalten, nur Selbsterprobtes aufzunehmen, und auf Vollständigkeit bezüglich der in den letzten Jahren von anderer Seite veröffentlichten Versuche verzichtet, um die wertvollen ausführlichen Anweisungen, die das Buch bisher auszeichneten, nicht verkürzen zu müssen. Nur einzelnes Veraltete wurde ausgeschieden, Unzutreffendes berichtigt, entbehrliche Fremdwörter ausgemerzt. P.

**Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung** und in ihrem Zusammenhange dargestellt von FRIEDRICH DANNEMANN. 2. Aufl. II. Bd.: Von Galilei bis zur Mitte des XVIII. Jahrhunderts. Mit 132 Abb. im Text und einem Bildnis von Galilei. 508 S. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 1921. M. 75.—, geb. M. 85.—.

Wie schon in der Anzeige von Band I (*ds. Zeitschr.* 3-I, 141) hervorgehoben, zeichnet sich das vorliegende Werk dadurch aus, daß es die geschichtliche Betrachtung der Entwicklung der Naturwissenschaften in den Zusammenhang mit der allgemeinen Kulturentwicklung stellt. Dies



kommt besonders in dem vorliegenden Band zum Ausdruck, der die kulturhistorisch bededtsame Epoche des Aufblühens der Naturwissenschaften umfaßt. Ein Eindringen in die Methode der Forschung ist nicht beabsichtigt, der Verfasser begnügt sich im wesentlichen mit einer Darstellung der Ergebnisse und mit dem Aufzeigen der Verbindungen, die zwischen den einzelnen Forschungsgebieten bestehen, sowie der Art, wie die neuen Entdeckungen von den Zeitgenossen aufgenommen wurden... Die Lösung dieser Aufgabe ist mit Sorgfalt und Sachkenntnis ausgeführt, dabei hat sich der Verfasser auch für diesen Band der Mitwirkung der Herren von Lippmann, E. Wiedemann und Würschmidt zu erfreuen gehabt, die den Text durchgesehen und ihn durch Verbesserungen und Zusätze vervollkommen haben. Das Buch bildet, wie der Verfasser mit Recht bemerkt, ein willkommenes Rahmenwerk zu den Ostwaldschen Klassikerausgaben und kann gleich dem ersten Band nur auf das nachdrücklichste empfohlen werden. P.

**Aus der Werkstatt großer Forscher.** Von Dr. FRIEDRICH DANNEMANN. 4. Aufl. Mit 70 Abb., größtenteils in Wiedergabe nach den Originalwerken, und einer Spektraltafel. 442 S. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 1922. M. 75.—, geb. M. 115.—.

Das Buch enthält „allgemein verständlich erläuterte Abschnitte aus den Werken hervorragender Naturforscher aller Völker und Zeiten“. Die 80 ausgewählten Stücke erstrecken sich von der Begründung der Zoologie durch Aristoteles bis zur Entdeckung der Radioaktivität (nach einem Vortrag von Elster aus dem Jahre 1909). Die Herausgabe dieses Werkes ist ungemein verdienstvoll, da es den Leser, und besonders den Schüler, in unmittelbaren Kontakt mit den großen Forschern bringt. Das Erscheinen einer vierten Auflage beweist, daß das Buch einem Bedürfnis entsprochen und Anklang gefunden hat. Es ist dem deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik gewidmet, an dem der Verfasser seit kurzem als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig ist. P.

**Astrophysik.** Dritte völlig neubearbeitete Auflage von J. Scheiners Populärer Astrophysik. Von Professor Dr. K. GRAFE, Observator der Hamburger Sternwarte in Bergedorf. Mit 17 Tafeln und 254 Fig. im Text. Leipzig, B. G. Tauber 1922 459 S. M. 125.—, geb. M. 145.—.

Während die verdienstvolle populäre Astrophysik des verstorbenen Scheiner nur für den gebildeten Laien bestimmt war, dürfte die neue Auflage auch weitergehenden Ansprüchen wissenschaftlicher Kreise genügen, ohne darum ihren Wert für das Laienpublikum einzubüßen. K. Graff

hat das Werk aufs gründlichste umgearbeitet und manche elementaren Dinge ausgeschieden oder gekürzt. Er hätte hierin namentlich in den Anfangskapiteln, die die astrophysikalischen Forschungsmethoden behandeln, noch weiter gehen können. Dagegen haben die glänzenden Forschungen des letzten Jahrzehnts eine völlige Umarbeitung des Hauptteiles des Buches nötig gemacht. Hier sind auch die Darstellungen der Sonne (wahrscheinlichster Wert der Solarkonstante 1,95 gr cal, Temperatur 5900° abs.), der Planeten, Monde und Kometen, die Fixsterne, Nebelflecken und Sternhaufen aufs eingehendste erweitert und ein Bild des Kosmos entworfen, erheblich abweichend von dem, das man sich vor etwa zehn Jahren machte. Überraschend ist u. a. die „mit einiger Annäherung an die Wirklichkeit“ aufgestellte Behauptung, daß die in jedem einzelnen Stern enthaltene Quantität der Materie ungefähr die gleiche (mit einem Spielraum von 1:10) ist, während Riesen- und Zwergsterne vergleichsweise selten sind. Zuzufolge der neuerdings gelungenen Abschätzung der wahren Sterndurchmesser ergibt sich (nach Shapley) für die nächsten kugelförmigen Sternhaufen eine Entfernung von 20000 Lichtjahren, für die kleinsten und lichtschwächsten eine solche von 200 000 Lichtjahren, für Sterne des Andromedanebels von der Klasse der Riesensterne gar als geringste Entfernung 1½ Millionen Lichtjahre! (Neuere Veröffentlichungen von anderer Seite lassen freilich eine Verkleinerung dieser Zahlen bis auf etwa 1/10 des Betrages noch als möglich erscheinen.) Weiteres hervorzuheben verbietet die Knappheit des Raumes; von der ungemainen Reichhaltigkeit des ausgezeichneten Werkes läßt sich leider keine Vorstellung geben. P.

**Leitfaden der Metallurgie** mit besonderer Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Grundlagen. Von Prof. Dr. W. FRAENKEL (Universität Frankfurt a. M.). Mit 87 Textfiguren VIII + 223 Seiten. Dresden-Leipzig, Theodor Steinkopff 1922. Geh. M. 45.—, geb. M. 52.—.

Das Buch sei jedem, der sich lernend oder lehrend mit Metallurgie zu beschäftigen hat, warm empfohlen. Es bringt so gut wie ohne jeden Ballast alles Wissenswerte in angenehmer Form und didaktisch vorzüglicher Anordnung. In einem allgemeinen Teil werden die wichtigsten metallurgischen Methoden von physikalisch-chemischem Standpunkt aus behandelt, die Haupttypen der Apparate (Röstöfen, Schmelzöfen) und die in Frage kommenden Materialien, auch die Heizmaterialien, durchgesprochen, so daß sich im zweiten speziellen Teil keine Wiederholungen ergeben. So ist ein klares, handliches und, was man jetzt so nennt, preiswertes Buch zustande gekommen. Roth, Braunschweig.

**Aus meinem Leben** von EMIL FISCHER. Berlin, Julius Springer 1922. Mit drei Bildnissen. 201 S. Geb. M. 180.—. (Aus E. FISCHERS gesammelten Werken, herausgegeben von M. BERGMANN.)

Auf dies ganz eigenartige Buch seien alle Schüler des seltenen Mannes eindringlich hingewiesen. Ein Gemisch von rheinischem Humor, tiefstem Ernst, kühler Menschenbetrachtung und heißem Forscherdrang. Als Korrelat diene die mit Liebe und fast philologischer Akribie abgefaßte Biographie EMIL FISCHERS von KURT HORSCH (Ber. der chem. Ges., Verlag Chemie). Beide zusammen ergeben ein vollständiges Bild des genialen Forschers (ein oft mißbrauchtes, hier gebotenes Wort!).  
*Roth, Braunschweig.*

**Elektrochemie wässriger Lösungen** von DR. FRITZ FOERSTER, o. Prof. a. d. techn. Hochsch. zu Dresden. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. (Handbuch der angew. phys. Chemie, herausgeg. von G. BREDIG. Bd. 1.) Mit 185 Abbildungen im Text. Leipzig 1922, Joh. Ambr. Barth, XX + 900 S. Geb. M. 200.—, geb. M. 230.—.

„Der Foerster“ war 1915 in zweiter Auflage erschienen und schnell vergriffen. Die neue Auflage des trefflichen, Theorie und Praxis gleich umfassenden Werkes, zeichnet sich durch eingehende Berücksichtigung der modernen Forschungen über den Aufbau der Atome und Ionen aus; im praktischen wie im theoretischen Teil ist fast alles wissenschaftswerte Neue nachgetragen; nur wundert es den Referenten, daß FOERSTER keine Stellung zu der Theorie von GHOSH nimmt, die die Abweichung der starken Elektrolyte von den einfachen Gesetzen zu erklären versucht. In Amerika, dem Lande, das uns auch wissenschaftlich am meisten Konkurrenz machen wird, findet die neue Lehre begeisterte Anhänger, bei uns ist die Aufnahme geteilt; um so lieber hätte man in einem führenden Werk das Für und Wider gegeneinander abgewogen gefunden.

Sonst ist das Buch warm zu empfehlen.

*Roth, Braunschweig.*

**Praktikum der Physikalischen Chemie**, insbesondere der Kolloidchemie für Mediziner und Biologen. Von Prof. Dr. med. LEONOR MICHAELIS, Berlin. Mit 32 Abb. Berlin, J. Springer 1921. 160 S. M. 26.—.

Die Übungen, die mit der quantitativen Bestimmung des Labfermentes und des Pepsins im Magensaft beginnen, dann die Hauptbegriffe der Kolloidchemie, die Flockung, Oberflächenspannung, Wasserstoffionenkonzentration usw. und schließlich die fermentative Spaltung des Rohrzuckers betreffen, sind aus der Praxis hervorgegangen und für die Praxis bestimmt. Treffliche Figurenskizzen unterstützen die klaren Anleitungen und Erläuterungen. Der Obertitel „Praktikum der Physikalischen Chemie“ ist je-

doch zu allgemein gefaßt, da das Buch fast nur Übungen zur Kolloidchemie und von sonstigem biologischen Interesse enthält. Ein Sachregister wäre erwünscht. Das Buch ist allen Praktikern sehr zu empfehlen.  
*O. Ohmann.*

**Einführung in die Physikalische Chemie für Biochemiker**, Mediziner, Pharmazeuten und Naturwissenschaftler. Von Dr. WALTHER DIETRICH. Mit 6 Abb. Berlin, J. Springer, 1921. 106 S. M. 20.—.

Das kurzgefaßte Buch behandelt zunächst die osmotischen Vorgänge im pflanzlichen Organismus, geht dann zu einigen rein physikalisch-chemischen Gebieten, wie Dissoziationstheorie und Gleichgewichten, über und wendet sich der Hauptsache nach kolloidchemischen Betrachtungen zu. Es bietet im wesentlichen Erläuterungen, keine bestimmten Übungen oder Versuchsreihen. Zur ersten Orientierung über die genannten Gebiete ist es trefflich geeignet und wird, obgleich es auch gründlicher in manche Dinge hineingeht, doch besonders dem Anfänger gute Dienste leisten.  
*O. Ohmann.*

**Wissenschaftliche Forschungsberichte.** Bd. I. **Analytische Chemie** von Dr. TH. DÖRING, Prof. a. d. Bergak. Freiberg i. Sa. Dresden u. Leipzig, Th. Steinkopff, 1921. 97 S. M. 12.—.

Ein neues Sammelwerk. Es wendet sich besonders an alle, die infolge der letzten Zeitumstände ein halbes Jahrzehnt lang aus ihrer gewohnten Beschäftigung herausgerissen waren und die entstandenen Lücken ausfüllen möchten. Das vorliegende Bändchen leitet die von Raph. Ed. Liesegang herausgegebene „Naturwissenschaftliche Reihe“ ein und verfolgt an der Hand genauester Literaturangaben in gründlicher Weise alle wesentlichen Fortschritte, die die analytische Chemie seit 1914 aufzuweisen hat. Das Buch geht den Analytiker, den Hochschullehrer und Forscher an, den Schulmann nur insofern als er gewillt ist, den neueren Forschungen auch auf dem wichtigen Spezialgebiet der Analyse zu folgen und darin nach einzelnen Reaktionen zu fahnden, die sich auch im praktischen Unterricht als methodisch wertvoll erweisen können. Er wird das inhaltreiche Buch keinesfalls ohne Erfolg aus der Hand legen. Der relativ mäßige Preis verdient noch besondere Erwähnung.  
*O. Ohmann.*

**Lehrbuch der Chemie für Höhere Lehranstalten.** Teil I Unterstufe. Von R. WINDERLICH, Prof. an der Oberrealschule zu Oldenburg i. O. Mit 79 Abb. Braunschweig 1922, F. Vieweg u. Sohn. VI u. 114 S. Geb. M. 16 + 20% Verlagszuschlag.

Das Buch ist, wenn wir ihm auch in einigen wesentlichen Punkten nicht zustimmen können, als eine Bereicherung der chemischen Lehrbuch-

literatur zu begrüßen. Es will vor allem „ein gut lesbares Buch“ sein. Sein äußeres Hauptkennzeichen ist eine fortlaufende erzählende Schreibart, die nur durch die Kapitelüberschriften unterbrochen wird; ähnlich wie in der Unterstufe von K. Scheid. Es hat das seine Licht- und Schattenseiten. Gewiß gleicht sich hierdurch solches Lehrbuch den üblichen literarischen Büchern mehr an und das Lesen wird erleichtert; andererseits liegt die Gefahr nahe, daß es sich zu sehr bloß mitteilend und darbietend verhält und daß die Dinge, auf deren Einprägung es vornehmlich ankommt, nicht genügend hervortreten. Der strebsame Schüler nimmt jedoch das Lehrbuch nicht zur Hand, um angenehm unterhalten zu sein, sondern um sich in die neue Wissenschaft hineinzuleben und sich deren Anschauungen und Gesetzmäßigkeiten fest einzuprägen. Hier kann nicht alles der Unterricht tun, hier muß das Lehrbuch durch markante typographische Gliederung des Stoffes gründlich nachhelfen. Noch mehr fällt ins Gewicht, daß die entwickelnde und untersuchende Methode mit ihrer kraftvollen begrifflichen Schulung — ein Hauptfortschritt der neueren chemischen Methodik — bei weitem nicht in dem Maße zur Anwendung gebracht wird, wie sie es verdient. Die Versuche werden zu oft nur dargeboten, zu wenig erheischt. Letzteres ist aber gerade das Belebende und geistig Bildende des chemischen Unterrichts. Hierzu kommt noch, daß auch, gleich im Anfange, hinsichtlich der chemischen Elemente nicht genetisch vorgegangen wird (vgl. *d. Ztschr.* 35, 91a). Den ersten Anfang bildet eine Erläuterung, nämlich die von Ostwald in den Vordergrund gestellte Unterscheidung von Körper und Stoff, wonach als „erste, grundlegende Aufgabe“ der Chemie etwas Subjektives, nämlich „der Erwerb einer Stoffkenntnis“ (S. 1) hingestellt wird; besser wäre es, von Chemie und ihrer Aufgabe erst zu sprechen, wenn Versuche mit ihren Ergebnissen vorliegen. Es folgt als „§ 2. Wichtige Metalle“ die nähere Beschreibung von 12 Metallen, darunter auch schon Magnesium und sogar Calcium. Diese Elemente (Blei, Kupfer usw.) werden also nicht durch Versuche aus Mineralien ermittelt, sondern einfach als gegeben betrachtet. Dasselbe geschieht (bereits S. 5) mit dem Phosphor und weiterhin mit anderen Elementen; selbst bei der Einführung des Natriums wird der Nachweis aus dem Steinsalz mittels der lehrreichen Flammenreaktion versäumt und nur mitgeteilt, „das Metall des Kochsalzes ist das Natrium“. Hier fehlt überall das Genetische, es fehlt auch die genügende Verknüpfung mit der Mineralogie, wie denn überhaupt die Mineralien im ganzen Buch eine unzureichende Berücksichtigung erfahren haben. Seiner weiteren Anlage gemäß

— es folgen „Schwefel u. Kohle; Schwefel, Phosphor, Säuren; Kalkbrennen...; Kohlensäuregas...; Pyrit...; Wasser...“ usw., bis hin zu „Quarz; Tonwaren, Glas; Pflanzenernährung...; Stärke; Zucker, Gärung; Brot“ — kennzeichnet sich das Buch als ein methodisches im üblichen Sinne. Der Lehrgang ist klar vorgezeichnet und will natürlich befolgt sein. Das ist auch gut so. Dem Lehrer bleibt bei einem methodischen Lehrbuche, im ganzen wie im einzelnen, doch noch genügend Freiheit, um seine Individualität zur Geltung zu bringen. — Da eine Reihe der Abbildungen aus dem akademischen Lehrbuche von K. A. Hofmann (desselben Verlages) stammt, so kommt es, daß zu einer Versuchsordnung (Fig. 57) die „Chlorbombe“ benutzt wird, deren Gebrauch sich im Schulchemieunterricht aus Sicherheitsgründen nicht empfiehlt. Auch sonst konnte der Unfallverhütung mehr Sorgfalt zugewendet werden; z. B. ist es gefährlich, zwecks Bestimmung des Luftgewichtes „mit der Luftpumpe eine größere Luftmenge“ in einen, der Fig. 24 nach, gewöhnlichen Stehkolben zu drücken; ebenso der Schülerversuch, Calciumgriß (wenn auch „in kleiner Probe“) mit Schwefel gemischt, im Probierglase zu erhitzen; beim Abbrennen von Natrium auf schwimmendem Fließpapier war auf das gefährliche Zerplatzen der heißen Ätznatronkugel hinzuweisen; der Satz: „Ein Gemisch aus Salpeter und feinem Eisenpulver füllt beim Erhitzen im Proberohr die Zylinder der Gaswanne mit ... Stickstoffgas“ ist als Angabe zu einem Schülerversuch viel zu unvollkommen. Auch sonst wären, namentlich für das vielfach übliche häusliche Arbeiten der Schüler, öfters genauere, ausgetrobbene Versuchsangaben erwünscht, die am besten in einem besonderen Anhange erfolgen, wie das verschiedentlich bereits üblich ist.

Auch hinsichtlich des Theoretischen ist manches zu beanstanden, z. B. in der „Atomlehre“ (§ 24): „Ein Atom ist das kleinste Teilchen einer Molekel, das nicht weiter zerlegt werden kann ohne seine Eigenschaften völlig zu verlieren“ und weiterhin „Wichtig ist allein, daß die Teilung in wesensgleiche Teile ein Ende hat und daß weitere Teilung wesensverschiedene Faktoren hervorbringt“; solche Fassungen sind einerseits durch unzureichendes Hineinziehen neuester Forschungen verfrüht, andererseits in dieser Allgemeinheit überhaupt methodisch verfehlt. — Ein fühlbarer Mangel ist das Fehlen eines Registers; da das Lehrbuch in den Händen der meisten Schüler das einzige Chemiebuch zu sein pflegt, so muß es auch zugleich Nachschlagebuch sein.

Diesen Mängeln stehen aber auch erhebliche Vorzüge gegenüber. Der in dieser Zeitschrift seit Jahrzehnten besonders betonten Forderung möglicher Anpassung des Lehrstoffes an das jugend-

liche Auffassungsvermögen (vgl. letzthin 35, S 93a), der nur wenige Lehrbücher entsprechen, wird hier weitgehend Rechnung getragen. Erreicht wird dies hauptsächlich durch die reizvoll plaudernde Erzählungsform. Unterstützt wird es noch durch eine geschickte Verflechtung des Historischen, indem vielfach Originalstellen, z. B. von Lucrez, Scheele, Lavoisier u. a. geboten werden, ähnlich wie wir das von den österreichischen Lehrbüchern von König und Matuschek lobend hervorheben konnten (*ds. Ztschr.* 28, 290). Hierin erblicken wir die am meisten originale Seite des Buches. Ferner reiht sich das Buch, wie schon aus der bisherigen Kennzeichnung hervorgeht erfreulicherweise denjenigen Lehrbüchern an, die die Schülerversuche mit dem ganzen Lehrgange verweben. Rühmend anzuerkennen ist auch das in mancherlei eingestreuten Bemerkungen sich zeigende mannhafte Eintreten für vaterländisches Denken der Schüler. So wird das Buch, ohne der Methodik eine neue Richtung zu geben, diese doch mehrfach günstig beeinflussen; die wenigen, die untersuchende und genetische Methode befolgenden Lehrbücher vermag es allerdings nicht zu ersetzen. *O. Ohmann.*

#### Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik.

Von Dr. ADOLF THOMÄLEN. 9. verbesserte Auflage. Mit 555 Textbildern. Berlin. Julius Springer, 1922. 396 S. Geb. M. 180,—.

Das Buch hat seit dem Jahre 1903 neun Auflagen erlebt, dies allein beweist schon seine Brauchbarkeit. Es will den Studierenden nicht bloß mit den elektrotechnischen Erscheinungen vertraut machen, sondern ihn auch zum „elektrotechnischen Denken“ erziehen. Es ist daher weder vorwiegend beschreibend noch konstruktiv, sondern erklärend; es will das Verständnis der Wirkungsweise elektrotechnischer Maschinen auf rechnerischem und zeichnerischem Wege fördern, ohne das Mathematische zu stark in den Vordergrund zu drängen. Es wird daher auch dem Nichtfachmann, der tiefer in das Gebiet eindringen will, eine wertvolle Hilfe bieten. *P.*

**Elektrotechnische Skizzierübungen.** Für Schüler und zum Selbstunterricht. Von EUGEN BAUMGARTER, Gewerbelehrer an der Gewerbeschule Pforzheim (Baden). 2. Auflage. 32 Tafeln mit Text. Verlag G. Braun, Karlsruhe i. B. Mk. 24,—.

Die Tafeln enthalten in systematischer Reihenfolge Aufgaben zum Schalten von Weckern, Lichtanlagen, Meßinstrumenten u. dgl., die durch Ausführung von Skizzen nach vorgeführten Mustern zu lösen sind. Auch für Schüler höherer Lehranstalten, die für solche Anlagen Interesse haben, dürften die Tafeln geeignet sein. *P.*

**Über die Strömungsvorgänge im freien Luftstrahl.** Von Dr. Ing. WALTER ZIMM. (Heft 234 d. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Verlag des Vereins deutscher Ingenieure, Verlagsbuchhandlung Jul. Springer Berlin 1921.) 36 S. M. 12,—.

Der Verfasser untersucht freie Strahlen von 3—12 m Anfangsgeschwindigkeit, die er mittels eines Ventilators, eines Beruhigungskastens und einer zylindrischen Düse von 5 cm Durchmesser erzeugt.

Zur Bestimmung der Luftgeschwindigkeit im Raum vor der Düse wird eine elektrische Hitzdrahtsonde benutzt, deren Ohmscher Widerstand mit wachsender Geschwindigkeit der Luft abnimmt, da sie durch diese gekühlt wird. Zur Eichung dient ein Staugerät, d. i. ein rechtwinklig gebogenes, mit der einen Öffnung gegen den Strom gestelltes Röhrchen mit angeschlossenen, empfindlichen Manometer. Die Ergebnisse, die in vielen Schaubildern dargestellt sind, bestätigen die theoretisch begründete Existenz einer sekundären Strömung, die durch die primäre (nur aus der Düse kommende) erzeugt wird und diese mantelförmig umgibt. Die sekundären Luftmengen wachsen mit zunehmender Entfernung von der Düse und erhöhter primärer Luftgeschwindigkeit und entziehen dem primären Strahl immer mehr Energie, die im Raume zerstreut wird.

Das für die Technik geschriebene Heft ist besonders für denjenigen Physiklehrer lesenswert, der für aerodynamische Versuche künstlichen Wind braucht. *Kisse.*

**Papierformate** von Dr. PORSTMANN. DIN Buch 1. Berlin. Normenausschuß der Deutschen Industrie. 1922. 36 S. M. 10,—.

In dieser Zeitschrift sind mehrfach Vereinheitlichungsvorschläge des Ausschusses für Formeln und Einheiten, sowie der Hauptstelle für naturwissenschaftlichen Unterricht gebracht worden. Das Porstmannsche Heft zeigt an einem Beispiel, das die weitesten Kreise angeht, welche großen Vorteile gewonnen werden können, wenn die Normung in sorgsamer Prüfung die Zusammenhänge aufdeckt, die in der Sache selbst begründet sind, und dem üppigen Wuchern von Zufall und Laune Einhalt tut. Für weitaus die meisten Zwecke genügt eine einzige Reihe von Formaten. Der größte Bogen hat 1 qm Fläche, sein Seitenverhältnis ist  $1:\sqrt{2}$ , so daß alle durch Falten erzielten kleineren Formate ihm ähnlich werden. Das gemeinsame Akten- und Geschäftsformat wird künftig 210 × 297 mm sein, die Postkarte 105 × 148 mm. *W. Va.*

## Vereine und Versammlungen.

**Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.** 25. Jahresversammlung zu Bonn vom 10.—12. April 1922.

Nachdem im vergangenen Jahr die erste Versammlung nach dem Kriege zu Göttingen stattgefunden hatte, war diesmal Bonn, trotz der feindlichen Besetzung, zum Ort der Tagung ausersehen, wo sich eine Ortsgruppe mit mehr als 100 Mitgliedern gebildet hat.

Am ersten Tage hielt nach den Begrüßungsansprachen G. R. KÜSTER, der Direktor der Bonner Sternwarte, einen Vortrag „Von der Fixsternwelt“, in dem er besonders ausführlich auf die erst in jüngster Zeit erworbenen Kenntnisse von den verschiedenen Klassen der Fixsterne und von ihrer Entwicklung einging. — Stud.-R. ACKERMANN (Bonn) sprach über „Die erziehlische Bedeutung der Himmelskunde“ und hob das ethische Moment hervor, das durch die Beschäftigung mit der Himmelskunde genährt und gefördert wird. — Ob.-St.-Dir. TIEDGE (Düsseldorf) sprach über „Die Notwendigkeit einer philosophischen Vertiefung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Der Zugang zur Philosophie sei durch die Naturwissenschaften besonders leicht gegeben. Ein zusammenfassender Abschluß des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts müsse in einem besonderen Kursus stattfinden, der sich aber nicht damit begnügen dürfe, ein systematisch-wissenschaftliches Lehrgebäude zu errichten; der Unterricht müsse vielmehr eine Kulturkunde werden, die die Grundlagen und die Zusammenhänge unserer gesamten Kultur umfasse. —

In der physikalischen Fachsitzung führte Geh.-R. Prof. Dr. SPIES (Berlin) „Die elektrische Anziehung nach Johnson-Rahbek“ an der Hand instruktiver Apparate vor, die von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Dr. Erich F. Huth) in Berlin zur Verfügung gestellt waren. (Vgl. diese Zeitschr. 1922, H. 1.) — Univ.-Prof. Dr. GREBE (Bonn) gab in einem Vortrage über die Streuung der Röntgenstrahlen einen interessanten Ausschnitt aus der neuesten Forschung. — St. R.-Dr. GÜNTHER (Dresden) regte zu stärkerer Pflege der Problemphysik in einem besonderen von ihm erprobten Sinne an und führte als Beispiel eine Reihe von Sätzen und Versuchen über reduzierte Pendellänge und minimale Schwingungsdauer einfacher, ebener, schwingungsfähiger Gebilde vor. Er demonstrierte auch die Versuchsanordnung zur Herstellung von mechanischen Interferenz- und Schwebungserscheinungen, die in dieser Zeitschr. 1922, H. 1 beschrieben ist. — Herr Ob.-St.-R. DR. GERHARDT

(Dresden) führte Interferenz- und Schwebungserscheinungen mit hochfrequentem Wechselstrom vor, bei denen das Telephon zum objektiven Nachweis benutzt wurde. — St.-R. MICHAELIS zeigte Versuche mit physischen Pendeln für Schülerübungen (*ds. Zeitschr.* 27, 215). — Th. WULF vom Ignatius-Kolleg in Valkenburg führte einen Apparat zum Nachweis und zur Messung der allgemeinen Massenanziehung im Unterricht vor. Der Apparat ist im vorigen Heft dieser Zeitschrift beschrieben worden.

In einer allgemeinen Sitzung am 11. April hielt Univ.-Prof. Dr. KONEN einen zwei-stündigen Vortrag über „Das Atom als Planetensystem“. Er konnte an einen Vortrag anknüpfen, den er bei der Tagung des Vereins zu Münster vor 11 Jahren über einige Probleme und Ergebnisse der Spektroskopie gehalten hatte. In der seitdem verflossenen Zeit ist die enge Verknüpfung jener Ergebnisse mit dem Problem der Atomphysik erkannt worden. Es war besonders reizvoll zu hören, wie der Vortragende diese Verknüpfung darlegte und so den Zugang zu seinem Thema gewann. Auf die Einzelheiten näher einzugehen erübrigt sich hier, zumal diese den Lesern zum großen Teil aus den Berichten dieser Zeitschrift bekannt sind. Aber es darf gesagt werden, daß der Vortrag durch die Kunst der Darstellung und die Übersichtlichkeit des Dargebotenen als ein Glanzpunkt der Tagung allgemein anerkannt wurde.

In derselben Sitzung sprach St.-R. Dr. JUNGBLUTH (Bonn) über „Moderne Theorien im naturwissenschaftlichen Unterricht“. Er bejahte die Frage der Einbeziehung dieser Theorien in den Unterricht, da ihre Erörterung unter methodisch geschickter Führung eine Schule des Denkens bedeute, und durch die Einstellung der Jugend auf die großen Zusammenhänge des Wissens gefordert werde. Für die Begrenzung des Stoffes seien nicht amtliche Vorschriften erwünscht, vielmehr Freiheit für den Lehrer zu fordern: der Vortrag nahm auch Stellung gegen die Forderung von A. Stock, die Lehre von der elektrolytischen Dissoziation und von der Ionentheorie vom Unterricht auszuschließen. — St.-R. B. BAVINK (Bielefeld) vertrat als Korreferent die bereits in dieser Zeitschr. 1921 Heft 6, erhobenen Forderungen. In der sehr lebhaften Diskussion sprach man sich im allgemeinen gegen eine zu starke Heranziehung der neueren Theorien aus. POSKE als Vorsitzender wies darauf hin, daß auf der Göttinger Versammlung 1908 eine Verminderung des Lehrstoffes gefordert worden sei, um für gründlichere Behandlung Platz zu schaffen; bei den Vorschlägen BAVINKS bestehe die Gefahr, einer Vermehrung des Stoffes auf Kosten der Gründ-

lichkeit. — GÜNTHER (Dresden): Nicht auf den Umfang des Stoffes komme es an, der Geist der Forschung müsse gepflegt, das Experiment nicht vernachlässigt werden. — v. HANSTEIN (Berlin): Die Schule müsse zwar an neue Probleme herantreten, wie weit zu gehen sei, hänge von der Persönlichkeit des Lehrers und von dem Stand der Klasse ab. — MAURER (Minden): Aller Fortschritt fuße auf Tatsachen; in den Forderungen des Korreferenten liege die Gefahr, daß der Tatsachensinn nicht genug herangebildet werde. — DÖRMER (Hamburg): warnt vor zu viel Theorie; wichtiger sei es, die Schüler mit der wirklichen Handhabung der Gesetze vertraut zu machen, dazu seien besonders die Schülerübungen geeignet. — OHMANN (Berlin): Die Schüler haben vielmehr das Bedürfnis, die Dinge selbst kennen zu lernen als theoretische Erörterungen zu hören. — DIECK (Sterkrade): bei Beschränkung des Lehrstoffes dürften keinesfalls die Kapitel fehlen, die den Sinn für die Technik erschließen. — GEBHARDT (Dresden): spricht sich gegen strenge Vorschriften über die Auswahl des Stoffes aus; dem Lehrer sei Freiheit zu gewähren. — ERPEL (Düsseldorf): Die Volkshochschulen fordern die modernen Theorien; es sei aber nicht immer leicht, dieser Forderung zu genügen, z. B. beim Zeemaneffekt. — POSKE betont zum Schluß, bei aller Anerkennung des Wertes theoretischer Betrachtungen sei doch das Hauptgewicht auf die Pflege des Wirklichkeitsdenkens zu legen.

In der Fachsitzung für Physik, Chemie und Biologie sprach St.-R. Dr. MORZIOLO (Koblenz) über „Grundfragen der Geologie und allgemeinen Naturgeschichte“; Prof. Dr. SMALIAN (Hannover) über „Konzentration im naturwissenschaftlichen Unterricht“; Prof. OHMANN (Berlin) „Über neue Gesichtspunkte zur Unfallverhütung in gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht“; ein Vortrag von St.-R. MANNHEIMER (Mainz) über „Umgestaltung des Chemieunterrichts der Oberstufe in Richtung der allgemeinen Naturgeschichte“ konnte aus Mangel an Zeit nicht zur Verhandlung kommen.

In der mathematischen Fachgruppe sprach St.-R. LUCKEY (Elberfeld) „Zur Bedeutung

der Nomographie für die Geschichte der Mathematik und für den Unterricht“; Prof. Dr. RUDOLPH (Koblenz) „zur Ableitung der Lorentztransformation im Physikunterricht der oberen Klassen“; Prof. Dr. W. DIECK (Sterkrade) über einige Erbstunden im Bereiche der Elementarmathematik; St.-R. MALSCH (Weidenau) über „Die Stellung der Schüler zur mathematischen Unterrichtsreform“.

In der letzten allgemeinen Sitzung am 12. April hielt Prof. Dr. von HANSTEIN einen Vortrag über „Biologie und Volkswirtschaft“, und Rektor SENNER (Frankfurt a. M.) erörterte die Frage „Welche Forderung stellt die Not der Zeit an den naturwissenschaftlichen Unterricht“. Die von letzterem aufgestellten Leitsätze betrafen hauptsächlich die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion und die Einrichtung eines landwirtschaftlich gerichteten Volksschulunterrichtes.

In der Geschäftssitzung wurden von LIETZMANN (Göttingen) Leitsätze zur Schulreform vorgeschlagen und einstimmig angenommen, die den preußischen Erlaß über die Gabelung auf der Oberstufe und die Denkschrift über die deutsche Oberschule und Aufbauschule zum Gegenstand hatten (das Nähere in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften 1922, Nr. 3/4).

Mit der Tagung war eine Ausstellung von Unterrichtsmitteln verbunden, unter denen sich besonders zahlreiche physikalische Apparate befanden, ausgestellt von E. Leybolds Nachf. in Köln, Ruhstrat in Göttingen, Göttinger Verkaufsvereinigung ebenda, Physikalische Werkstätten ebenda u. a. Das physikalische Institut der landwirtschaftlichen Hochschule hatte eine Reihe bemerkenswerter physikalischer Apparate eigener Konstruktion ausgestellt, St.-R. MAEY (Bonn) eine Reihe von Geräten für Schülerübungen.

Von Besichtigungen seien die der Ringsdorff-Werke A.-G. in Mehlem (Dynamobürsten) und der Mannstädterwerke in Troisdorf (Hochofen, Walzwerk, Maschinenfabrik, Kunstschmiede, Kraftzentrale) erwähnt.

Der Tagung wohnten über 300 Teilnehmer bei, die durch den Verlauf in hohem Maße befriedigt waren.

P.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

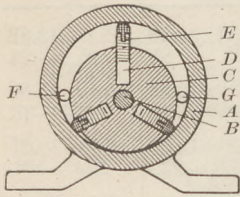
### Ein Luftkompressor.

Von der Verkaufsvereinigung Göttinger Werkstätten für Feinmechanik, Optik und Elektrotechnik G. m. b. H. Göttingen.

Der neue Luftkompressor mit federlosen Lamellen ersetzt die alten Tretgebläse nicht nur vollkommen, sondern übertrifft dieselben bei weitem.

Das Gehäuse (A) des Kompressors besteht aus einem gußeisernen Hohlzylinder, in dessen Verschlussplatten exzentrisch je ein Lager angebracht ist. Die in ihnen laufende Welle (B) trägt einen zylindrischen Eisenkörper (C), der in gleichen Abständen 3 radiale Schlitze (D) aufweist. In diesen Schlitzen befinden sich ver-

schiebbare Messingplatten mit Vulkan-Fiber (E), deren Breite gleich der Länge des Zylinders ist. Die Welle ist auf der einen Seite nach außen durchgeführt und trägt dort eine Schnurscheibe.



Wird die Welle und damit der innere Zylinder (C) gedreht, so werden durch zentrifugale Kraftwirkung die Messingplatten (E) mit den Fiber-Lamellen an die Wände des Hohlzylinders gepreßt,

wodurch ein luftdichter Abschluß entsteht. Die Eintritts-(F) und Austritts-Öffnung (G) für die Luft sind nun so angeordnet, daß die Luft jedesmal an der Stelle eintritt, wo die Schieber am meisten aus der Trommel herausragen, d. h., das abgeschlossene Volumen am größten ist. Die mitgerissene Luftmenge wird durch Verkleinerung der Kammer komprimiert und strömt infolgedessen unter erhöhtem Druck aus der Austrittsöffnung (G) heraus. Hieraus erhellt, daß die beförderte Luftmenge und der Druck in linearer Abhängigkeit von der Tourenzahl steht. Unter der Voraussetzung, daß der Abschluß der Luftkammern absolut luftdicht ist, lassen sich also beliebig hohe Drucke erzielen, bezw. beliebige Luftmengen fördern. Dagegen ist der Leistungsverbrauch nicht mehr proportional dem erzielten Drucke. Der durch die Drucksteigerung nutzbar gemachten Energie, die durch die Volumenverhältnisse der Luftkammern und die Tourenzahl festgelegt ist, stehen die Energieverluste durch die Reibung der Schieber an der Wand des Hohlzylinders gegenüber. Kann der Abstand der reibenden Kante der Schieber vom Drehpunkt aus im Mittel als konstant, die Reibung in linearer Abhängigkeit von der Geschwindigkeit angenommen werden, so sind die Reibungsverluste proportional der Tourenzahl und proportional der Normalkomponente der auf die Schieber wirkenden Zentrifugalkräfte (d. h.

proportional dem Quadrat der Umlaufgeschwindigkeit), so daß also die Energieverluste mit der 3. Potenz der Tourenzahl steigen. Daraus erhellt, daß ein Optimum bei einer bestimmten Tourenzahl erreicht werden muß, dessen Lage bei den einzelnen Exemplaren verschieden ist und von der Dichtigkeit der Luftkammern abhängt. Die Optima liegen zwischen 1200 und 1800 Touren pro Minute und ändern sich bei längerem Gebrauch im Sinne der steigenden Tourenzahlen. Zum Betriebe genügt je nach Größe des Kompressors ein gewöhnlicher kleiner Motor von  $\frac{1}{16}$  bis  $\frac{1}{6}$  PS. mit Regulieranlasser, wie er in den meisten Laboratorien vorhanden ist.

Die Luftkompressoren finden hauptsächlich Verwendung an Stelle der Tretgebläse in Glasbläsereien, glastechnischen Werkstätten und Laboratorien. Ferner im physikalischen Unterricht zur Demonstration von akustischen Versuchen aller Art (z. B. Helmholtz-Pfeife). Da der Luftstrom sehr gleichmäßig ist, kann der Luftkompressor auch zur Bestimmung von Schwebungen nach der Tonhöhe verwendet werden (z. B. bei der Galtonpfeife zur akustischen Bestimmung von hochfrequenten Wechselströmen). — Der Luftstrom ist wesentlich stärker als bei Verwendung der gewöhnlichen Tretgebläse. Man kann deshalb z. B. bei Gebläsepistolen ganz kleine Düsen verwenden, bekommt somit ganz spitze Stichflammen, die in der Glühlampen-Fabrikation, sowie in der Fabrikation von Hochvakuum-Apparaten (Röntgenröhren, Thermosflaschen) usw. benötigt werden.

Die Kompressoren werden in 3 Größen hergestellt, für fast alle oben beschriebenen Versuche genügt jedoch:

Größe I, Äußerer Durchmesser 75 mm, Gewicht  $1\frac{1}{2}$  kg, Umdrehungszahl in der Minute ca. 1800, Antriebskraft  $\frac{1}{16}$  PS, Leistung ca. 0,3 kg pro qcm. Preis (im April 1922) M. 437,50.

Die Größe II und III gehen bis zur Leistung 1,1 kg pro qcm. Auch werden die Kompressoren mit Motor und Regulierwiderstand gekoppelt geliefert.

### Korrespondenz.

Max Koppe, † 9. Juli 1922. Mit ihm ist einer unserer ältesten Mitarbeiter dahingeshieden. Schon das erste Heft der Zeitschrift (Oktober 1887) brachte von ihm einen wertvollen Aufsatz über den Foucaultschen Pendelversuch. Zahlreiche weitere Beiträge sind gefolgt, die sich gleich sehr durch mathematischen Scharfblick wie durch starken Wirklichkeitssinn auszeichneten. Durch seine mit ungemeiner Sorgfalt ausgeführten „Tafeln der scheinbaren Bahnen der beweglichen Gestirne“, deren erste für das Jahr 1891

im 4. Jahrgang erschien, hat er sich ein dauerndes Denkmal in unserer Zeitschrift gesetzt. Wer wird sich bereit finden, dieses Werk fortzusetzen?

Koppe war am 6. April 1853 (an demselben Tage wie Alois Höfler) zu Berlin geboren. Im Schuldienst tätig war er seit dem 1. Oktober 1876, zuerst lange Jahre am Andreas-Realgymnasium, dann am Luisenstädtischen Realgymnasium, zuletzt an der 14. Realschule zu Berlin. In den Ruhestand war er im Jahre 1918 getreten.

# Himmelserscheinungen im November und Dezember 1922.

12h = Mittag, 0h und 24h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1h.)

MEZ 0h	November						Dezember							
	1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	31	
♄ {	AR	13h 14m	13.38	14.6	14.36	15.7	15.38	16.11	16.44	17.18	17.53	18.28	19.3	19.37
	D	- 6°	- 8°	- 11°	- 14°	- 17	- 19	- 22	- 23	- 24	- 25	- 25	- 25	- 24
♀ {	AR	16.28	16.29	16.26	16.19	16.9	15.57	15.46	15.37	15.32	15.31	15.34	15.40	15.50
	D	- 28°	- 27	- 27	- 26	- 24	- 22	- 21	- 19	- 17	- 16	- 16	- 16	- 16
☉ {	AR	14h 22m	14.41	15.1	15.22	15.42	16.3	16.25	16.47	17.8	17.30	17.53	18.15	18.37
	D	- 14,1°	- 15,7	- 17,1	- 18,5	- 19,7	- 20,7	- 21,6	- 22,4	- 22,9	- 23,3	- 23,4	- 23,4	- 23,2
♂ {	AR	20h 14m	20.29	20.43	20.58	21.12	21.26	21.40	21.54	22.8	22.22	22.36	22.50	23,3
	D	- 22°	- 21	- 20	- 19	- 18	- 17	- 15	- 14	- 13	- 11	- 10	- 8	- 7
♃ {	AR		14.2		14.10		14.18		14.26		14.33		14.40	
	D		- 11°		- 12°		- 13°		- 13		- 14		- 14	
♅ {	AR				13.1				13.8				13.14	
	D				- 4°				- 5°				- 5°	

Δ = Sternzeit - mittl. ☉ Zeit im Mer. v. Stargard; Zeitgl. = mittl. ☉ Zeit - wahre ☉ Zeit.

Δ {	14h	14.	15.	15.	15.	16.	16.	17.	17.	17.	18.	18.	
	37m 50s	57.33	17.15	36.58	56.41	16.24	36.7	55.49	15.32	35.15	54.58	14.40	34.23
	Zeitgl.	- 16 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	- 16.19	- 16.1	- 15.20	- 14.18	- 12.57	- 11.17	- 9.20	- 7.10	- 4.49	- 2.21	+ 0.9

Breite von Berlin. Je 5<sup>ter</sup> Aufgang und folgender Untergang des oberen ☉-Randes. Ortszeit.

☉ Aufg.	6h 55m	7.5	7.13	7.22	7.31	7.40	7.47	7.54	8.0	8.5	8.9	8.11	8.11
	16h 31m	16.22	16.14	16.7	16.0	15.54	15.51	15.47	15.46	15.46	15.47	15.50	15.55

Breite von Berlin. Je 5<sup>ter</sup> Aufgang und folgender Untergang des oberen ☾-Randes. Ortszeit.

Nov.	☾ Aufgang	2d 3h 51m	7. 6.28	12.11.39	17.18.15	22.23.19	28. 1.33
	☾ Untergang	2d 17h 15m	7.22.20	13. 1.40	18. 4.12	23. 8.40	28.13.58
Dez.	☾ Aufgang	3d 3h 46m	8. 8.17	13.14.34	18.20.24	23.23.16	29. 1.13
	☾ Untergang	3d 19h 17m	8.23.14	14. 1.37	19. 5.19	24.10.41	29.15.58

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
			Okt. 27d 24h 26m		Nov. 4d 19h 37m		Nov. 12. 8.53	
	Nov. 19d 1h 6m		Nov. 26. 9. 15		Dez. 4. 12. 24		Dez. 11.17.41	
	Dez. 18. 13. 20		Dez. 26. 6. 53					

Der Mond tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises.

Sternbild Länge	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs	
	25°	55°	85°	115°	145°	175°	205°	235°	265°	295°	325°	355°	
Nov.	3,5d	5,9	8,3	10,6	12,8	14,9	17,0	19,0	21,1	23,3	25,7	28,2	Nov.
Nov.	30,8	3,2	5,5	7,8	10,0	12,2	14,3	16,4	18,5	20,7	23,1	25,5	Dez.
Dez.	28,0	30,6											

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

Tag	♀ Morgenstern vormittags	Tag	♀ Morgenstern vormittags	♂ (Sb, Ws) nachmittags	♃ (Wg) vormittags	♃ (Jungfrau) vormittags
Okt. 27	A 5,0h D <sub>m</sub> 5,8h	Okt. 27		D <sub>a</sub> 5,8 U 9,6	(Nov. 6; 6,0h)	A 4,8 D <sub>m</sub> 5,7
Nov. 6	A 5,3 D <sub>m</sub> 6,0h	Nov. 16	(Dez. 2; 7,0)	D <sub>a</sub> 5,3 U 9,7	A 5,5 D <sub>m</sub> 6,3	A 3,7 D <sub>m</sub> 6,2
16	6,3h	Dez. 6	A 6,3h D <sub>m</sub> 7,2	D <sub>a</sub> 5,1 U 9,8	A 4,6 D <sub>m</sub> 6,8	A 2,5 D <sub>m</sub> 6,6
		26	A 4,8h D <sub>m</sub> 7,4	D <sub>a</sub> 5,2 U 9,9	A 3,7 D <sub>m</sub> 7,0	A 1,3 D <sub>m</sub> 6,9
		32	A 4,6h D <sub>m</sub> 7,4	D <sub>a</sub> 5,2 U 10,0	A 3,4 D <sub>m</sub> 7,0	A 1,0 D <sub>m</sub> 6,9

A = Aufgang; U = Untergang; D<sub>a</sub> und D<sub>m</sub> = Abend- und Morgendämmerung.

Winteranfang Dezember 22, 16h MEZ.

Venus als Morgenstern im größten Glanz: Dezember 31, sichtbar 2,7 Stunden. M. Koppe (†).

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.